平成 21 年度

竜串地区自然再生事業竜串湾内

泥土除去工事実施設計業務

報　告　書

平成 22 年 3 月

中国四国地方環境事務所

目　　次

第１編　総　論

１．　適　用　----------1-1-1

２．　業務名　----------1-1-1

３．　業務期間　----------1-1-1

４．　業務目的　----------1-1-1

５．　実施設計業務区域　----------1-1-2

６．　業務内容　----------1-1-2

７．　使用する主な図書及び基準　----------1-1-4

第２編　泥土除去工事実施設計業務

１．　泥土除去の検討　----------2-1-1

１．１．　SPSS によるゾーニング　----------2-1-1

（１）　ゾーニング方法　----------2-1-1

（２）　ゾーニング結果　----------2-1-4

１．２．　泥土除去工の諸元　----------2-1-11

（１）　作業能力の算定　----------2-1-11

（２）　泥土除去区画面積　----------2-1-15

（３）　泥土除去区画体積　----------2-1-16

（４）　作業日数　----------2-1-16

２．　送泥計画の検討　----------2-2-1

２．１．　目的　----------2-2-1

２．２．　大碆東工区送泥方法の検討　----------2-2-1

２．３．　送泥計画　----------2-2-1

３．　仮設設備の配置計画の検討　----------2-3-1

３．１．　水処理設備砂分の分級効果を高める方策の検討

-------2-3-1

（１）　平成 20 年度工事における砂分の
分級に関する問題点と改善策　---------2-3-1
（２）　砂分の分級効果改善策の比較　----------2-3-1
３．２．　水処理フロー　----------2-3-4
３．３．　土量変化量　----------2-3-5
３．４．　水処理設備の選定　----------2-3-6
３．５．　水処理設備の参考配置と参考フロー　---------2-3-14
３．６．　水処理ヤード予定地　----------2-3-16
３．７．　水処理ヤード予定地のヤード造成計画　-------2-3-17
（１）　水処理ヤード造成計画図　----------2-3-17
（２）　水処理ヤード計画面積及び盛土体積の計算
--------2-3-19
３．８．　水処理ヤード造成に関する特記事項　---------2-3-21
４．　現位置分級器の作業効率向上のための改造等の検討
---------2-4-1
４．１．　目的 ----------2-4-1
４．２．　分級室の構造方式の改造検討（模型実験）
---------2-4-2
（１）　目的　----------2-4-2
（２）　仕切り壁分割数の検討試験　----------2-3-2
（３）　整流（流速分布）試験　----------2-3-10
４．３．　水流発生装置の検討 ----------2-4-18
（１）　目的　----------2-4-18
（２）　水流発生装置（細粒分の巻き上げについて）
--------2-4-18
４．４．　現位置分級器の改造について ----------2-4-20
（１）　底質に混在する木片・ゴミ等の
トラブルシューティング対策　--------2-4-20

（２）　塑性状粘性質への対応　----------2-4-21
５．　全体平面計画（設計図面）　----------2-5-1
６．　施工計画、施工管理計画　----------2-6-1
６．１．　施工方法の検討　----------2-6-1
６．２．　施工管理計画の検討　----------2-6-3
（１）　事前調査　----------2-6-3
（２）　泥土除去作業　----------2-6-3
（３）　品質管理および出来形管理　----------2-6-3
６．３．　作業タイムテーブル　----------2-6-5
６．４．　全体工程計画　----------2-6-6
７．　施工内容の検討及び評価　----------2-7-1
７．１．　施工能力の算出　----------2-7-1
（１）　平成 21 年度泥土除去実績　----------2-7-1
（２）　作業能率の検討結果　----------2-7-3
７．２．　現位置分級器による作業能率の評価 ----------2-7-3
（１）　作業能率の比較　----------2-7-3
（２）　現位置分級器の作業状況　----------2-7-4
（３）　現位置分級器作業の結論および今後の課題
-------2-7-5
８．　底質改善に着目した代替工法（水処理施設）の検討
-------2-8-1
８．１．　目的　----------2-8-1
８．２．　底質改善技術の現状把握　----------2-8-1
８．３．　海上における水処理工法の検討　----------2-8-7
（１）　従来工法　----------2-8-7
（２）　代替工法　----------2-8-8
（３）　排水処理装置　----------2-8-9
（４）　海上における水処理に向けて　----------2-8-16

８．４．　現地実証試験に向けた小型排水処理装置の検討
-------2-8-17
（１）　排水処理装置比較　----------2-8-17
（２）　現状装置(凝集沈殿＋機械脱水)の小型化
-------2-8-18
（３）　比較装置(遠心分離による固液分離及び脱水)
-------2-8-26
９．　排水処理装置のコンパクト化に向けた検討　----------2-9-1
９．１．　目的　----------2-9-1
９．２．　小型の排水処理装置を用いた現地実証試験実施計画
----------2-9-2
（１）　実証試験対象地点の選定　----------2-9-2
（２）　各試験の概要と方法　----------2-9-3
９．３．　実証試験実施状況　----------2-9-10
（１）　処理排水の低減化試験　----------2-9-10
（２）　小型排水処理装置の現地試験　----------2-9-11
９．４．　試験結果及び考察　----------2-9-17
（１）　処理排水の低減化試験　----------2-9-17
（２）　小型排水処理装置の現地試験　----------2-9-24
９．５．　実証試験まとめ　----------2-9-28
（１）　結論　----------2-9-28
（２）　課題点　----------2-9-28
９．６．　粉体凝集剤の比較テスト　----------2-9-29
（１）　目的　----------2-9-29
（２）　粉体凝集剤の選定　----------2-9-29
（３）　試験方法　----------2-9-29
（４）　試験結果　----------2-9-31

（５）　考察　----------2-9-32
９．７．　海上における水処理工法の検討　----------2-9-33
（１）　処理水及び脱水ケーキ　----------2-9-33
（２）　水処理装置の組み合わせ　----------2-9-33
（３）　水処理船の選定　----------2-9-35
（４）　課題点　----------2-9-35

第1編　総　論

1.　適　用

本報告書は、平成 21 年度竜串地区自然再生事業のうち、竜串湾内泥土除去工事実施設計業務に関する内容及び結果等を記すものである。

2.　業務名

平成 21 年度竜串地区自然再生事業竜串湾内泥土除去工事実施設計業務

3.　業務期間

自　平成　２１年　６月　２６日

至　平成　２２年　３月　３０日

4.　業務目的

本業務は竜串自然再生事業の一環として、湾内の濁りの原因の一つとされる海底に堆積した泥土の除去を行うことを目的に、泥土除去工事の実施設計を行うものである。平成 20 年度実施設計業務において平成 17 年度に策定した基本計画の見直しを行っており、この計画に基づき、検討を行った。

また、次年度以降には泥土混じり砂地点や爪白・弁天島周辺海域での工事実施が予定されており、その場合の海域の物理的・化学的環境の改善を促進させるための対策が必要であり、底質環境の改善に着目した代替工法について検討し、自然再生事業の実施計画に反映させるものとした。

なお、排水処理装置のコンパクト化に向けては、処理排水量の低減化及び海上水処理を目指すにあたり、平成 21 年度泥土除去工事の中で行う小型の排水処理装置の現地試験実施計画を作成し、試験で得られたデータより、評価、検討を実施した。

5.　実施設計業務区域

本業務の対象となる竜串湾を図 1-5-1 に示す。

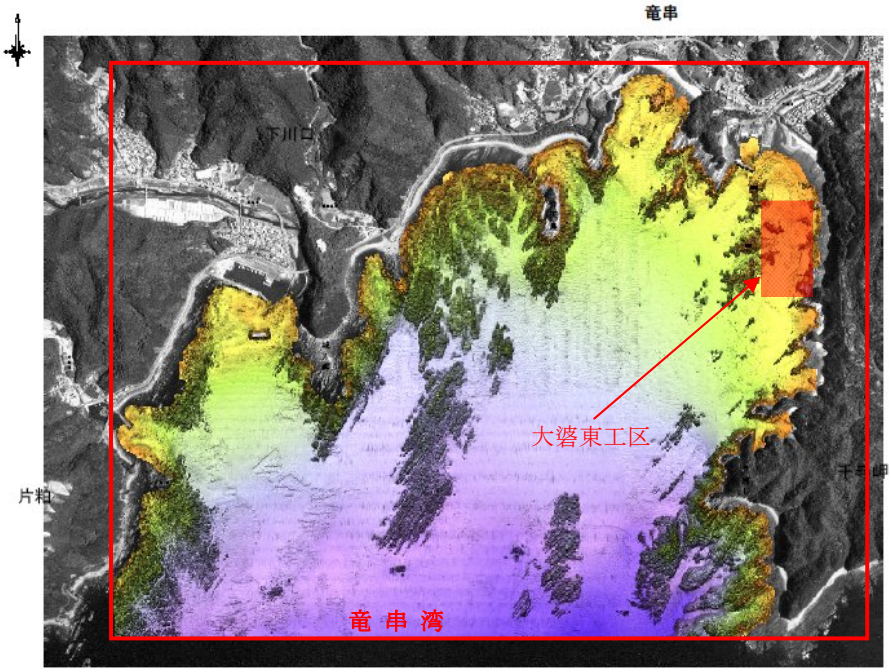


図 1-5-1　業務対象区域

6.　業務内容

図 1-5-1 に示す泥土除去工事予定区域について泥土除去工事の実施設計作業を実施した。

本業務における作業項目および作業内容を以下に示す。

① 資料検討

貸与資料等の把握ならびに作業計画の方針を確立した。

② 泥土除去の検討

平成 20 年度底質詳細調査、平成 21 年度底質詳細調査（大碆東工区）の結果をうけ、大碆東工区泥土除去の方法および泥土除去地点の検討を行い、泥土除去施工図を作成した。

③ 送泥計画の検討

大碆東工区における泥土除去の方法および排出土砂の処理方法を考慮し、送泥方法を検討し送泥計画および計画図を作成した。

④ 仮設設備の配置計画の検討

設計条件、周辺環境条件、経済性等を考慮し排出土砂の処理方法、余水の水処理設備の検討および処理ヤードの適地選定を行い、平面配置図を作成した。

平成 20 年度泥土除去工事の結果を踏まえ、水処理設備について除去泥土に含まれる砂分の分級効果を高める方策の検討を実施した。

⑤ 現位置分級器の作業効率向上のための構造等の検討

平成 20 年度工事の木片、ゴミ等の混在による装置目詰まりの課題を踏まえ、現位置分級器の作業効率向上のために、分級室の構造方式の改造検討を実施した。また、分級に用いる水流発生装置の検討、分級影響範囲の検討を行った。なお、模型実験を実施し、現象を確認評価した上で、現位置分級機の改造等の設計検討を実施した。

⑥ 全体平面計画

泥土除去範囲、送泥ルート、泥水処理プラントの位置関係が把握できる全体平面図を作成した。

⑦ 数量計算

詳細数量を計算した。

⑧ 施工計画施工管理計画

泥土除去方針の検討および全体工程計画を作成した。

⑨ 特別仕様書の作成

工事実施に必要な特別仕様書を作成した。

⑩ 概算工事費の算定

各工種の単価表を作成し概算工事費を算出した。

⑪ 施工内容の検討および評価

工事中の施工内容をデータ化し施工能力、品質管理状況等から工法等の施工内容を評価し、課題点を抽出検討した。

⑫ 底質改善に着目した代替工法（水処理施設）の検討

今後、対象とする海底が泥土混じり砂など底質中に含まれる泥土成分が少ない海域や、現行のような陸上水処理施設が設置できない海域での泥土除去工事も予想されるため、海上に水処理施設を設置し、効率的、経済的に泥土除去工事を進める必要があることから、海上における水処理工法の検討を実施した。

⑬ 排水処理装置のコンパクト化に向けた検討

処理排水の低減化及び海上水処理を目指すにあたり、H21 年度泥土除去工事の中で行う、小型の排水処理装置を用いた現地試験実施計画を作成する。試験で得られるデータより、評価、検討を実施した。

また、現状の水処理で使用している液体凝集剤よりハンドリング性に優れた粉体凝集剤の適用について、ビーカーテストレベルで検討した。

⑭ 点検照査

各項目の点検照査、とりまとめ及び報告書の作成を実施した。

7.　使用する主な図書及び基準

・平成 15 年度竜串地区自然再生推進計画調査（流域調査）報告書
・平成 15 年度竜串地区自然再生推進計画調査（海域調査）報告書
・平成 15 年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土除去実証試験）報告書
・平成 16 年度竜串地区自然再生推進計画調査（流域調査）報告書
・平成 16 年度竜串地区自然再生推進計画調査（海域調査）報告書
・平成 16 年度竜串地区自然再生推進計画調査（海底堆積土等調査）報告書
・平成 16 年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土除去実証試験）報告書
・平成 17 年度竜串地区自然再生推進計画調査（流域調査）報告書
・平成 17 年度竜串地区自然再生推進計画調査（海域調査）報告書
・平成 17 年度竜串地区自然再生推進計画調査（湾内濁り対策調査・基本計画検討）報告書
・平成 17 年度足摺宇和海国立公園大岐海岸園地・竜串地区空中写真測量業務報告書（１／２，５００平面図および電子データ）
・平成 18 年度竜串地区自然再生事業推進および流域調査業務報告書
・平成 18 年度竜串地区自然再生事業海域調査業務報告書
・平成 18 年度竜串地区自然再生事業竜串湾濁り対策調査および実施設計業務報告書
・平成 19 年度竜串地区自然再生事業推進等業務
・平成 19 年度竜串地区自然再生事業海域調査業務報告書
・平成 19 年度竜串地区自然再生事業竜串湾濁り対策検討調査業務報告書
・平成 19 年度竜串地区自然再生事業竜串湾内泥土除去工事実施設計等業務報告書
・平成 19 年度竜串地区自然再生事業水質調査等業務
・平成 20 年度竜串地区自然再生事業推進等業務
・平成 20 年度竜串地区自然再生事業海域調査業務報告書
・平成 20 年度竜串地区自然再生事業竜串湾濁り対策検討調査業務報告書
・平成 20 年度竜串地区自然再生事業竜串湾内泥土除去工事実施設計等業務報告書
・平成 20 年度竜串地区自然再生事業水質調査等業務
・設計業務請負共通仕様書（自然公園編）　環境省自然環境局
・日本工業標準規格（JIS）　日本規格協会
・港湾の施設の技術上の基準・同解説　（社）日本港湾協会
・港湾土木請負工事積算基準　（社）日本港湾協会
・国土交通省土木工事積算基準　国土交通省
・建設物価　平成 21 年 9 月　（財）建設物価調査会
・積算資料　平成 21 年 9 月　（財）経済調査会
・水理公式集　土木学会
・土木製図基準　土木学会

第2編　泥土除去工事実施設計業務

1.　泥土除去の検討

1.1.　SPSS によるゾーニング

(1) ゾーニング方法

① 区画の分割方法

大碆東工区について、平成 20、21 年度泥土堆積状況詳細調査の結果より SPSS 値ごとにゾーニングを実施した。泥土堆積状況詳細調査は 12.5m メッシュの区画により底質の状態を確認しており、ゾーニングは 12.5m メッシュにより区画割を行った。底質分布詳細調査によって実測された値をその区画の代表値とした（図 2-1-1 参照）。また、区画図を図 2-1-2 に示した。なお、大碆東工区で平成 18～20 年度にかけて実施された泥土除去工事では、同じ区画割で除去範囲等が管理されており、除去実施範囲についても同じ図中に示した。

●　：実測値（H21年度 泥土堆積状況詳細調査データ）

参　考

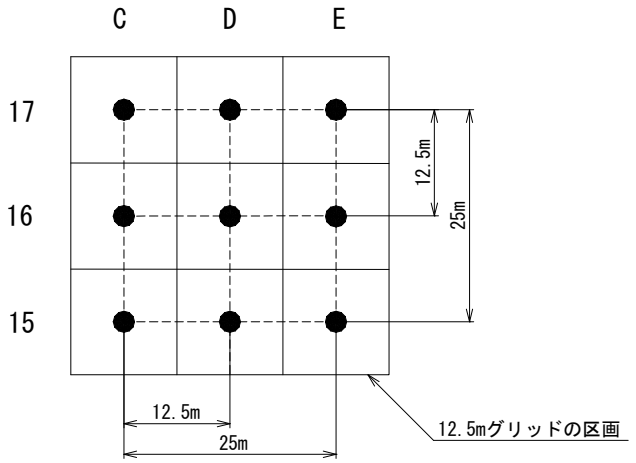


図 2-1-1　区画の分割方法

② 泥土除去区画の判定

12.5m グリッドの区画の各代表値をもとに泥土除去区画の判定を実施した。代表値は、各地点の SPSS 値（上中下の 3 層）と各層の層厚を用いた。判定のフローを図 2-1-3 に示す。

除去の判定値となる SPSS は 500kg/m^3 とし、SPSS の判定基準値における除去対象区を 12.5m グリッドの区画ごとに区分し SPSS によるゾーニングを行った。

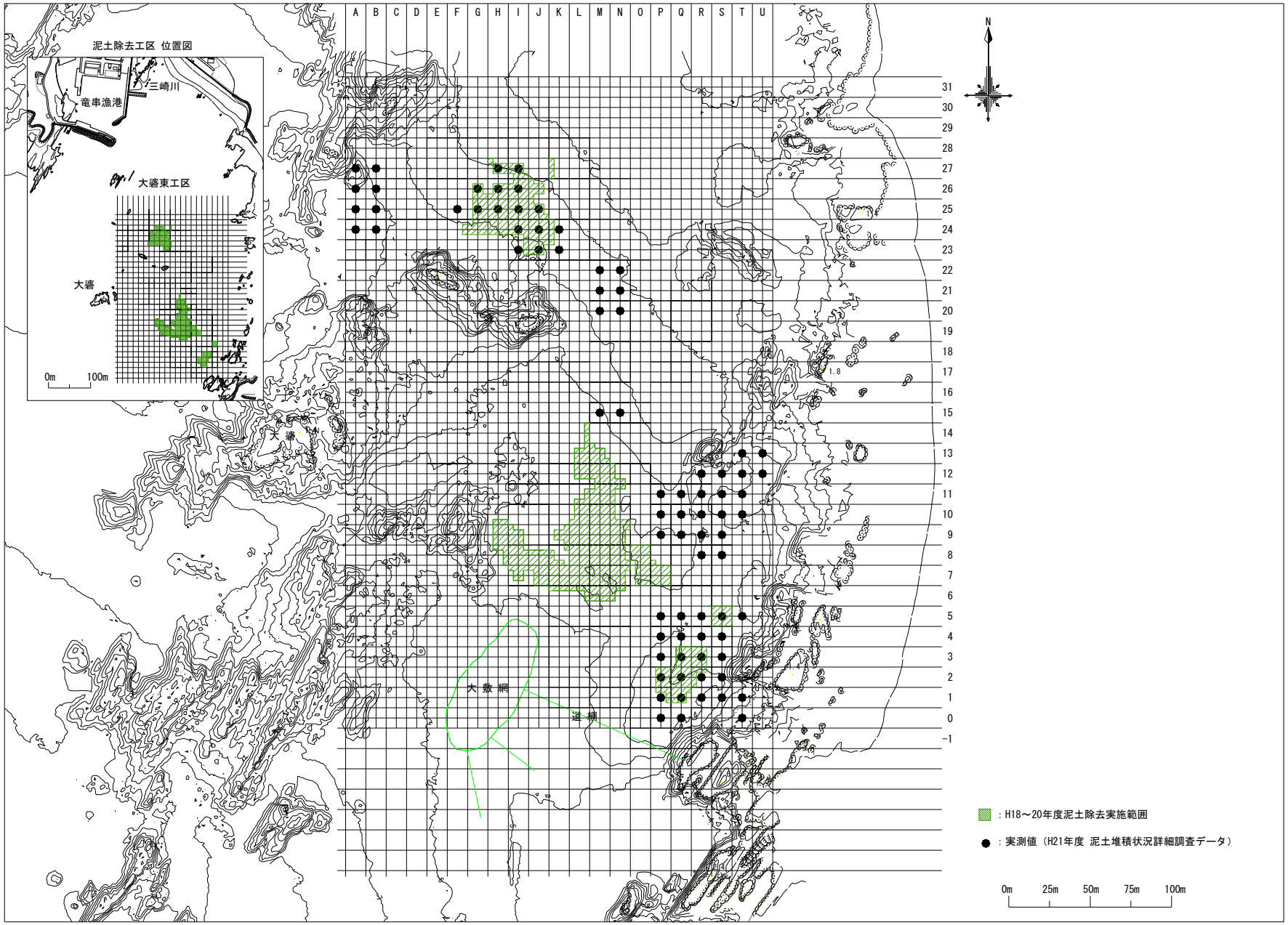
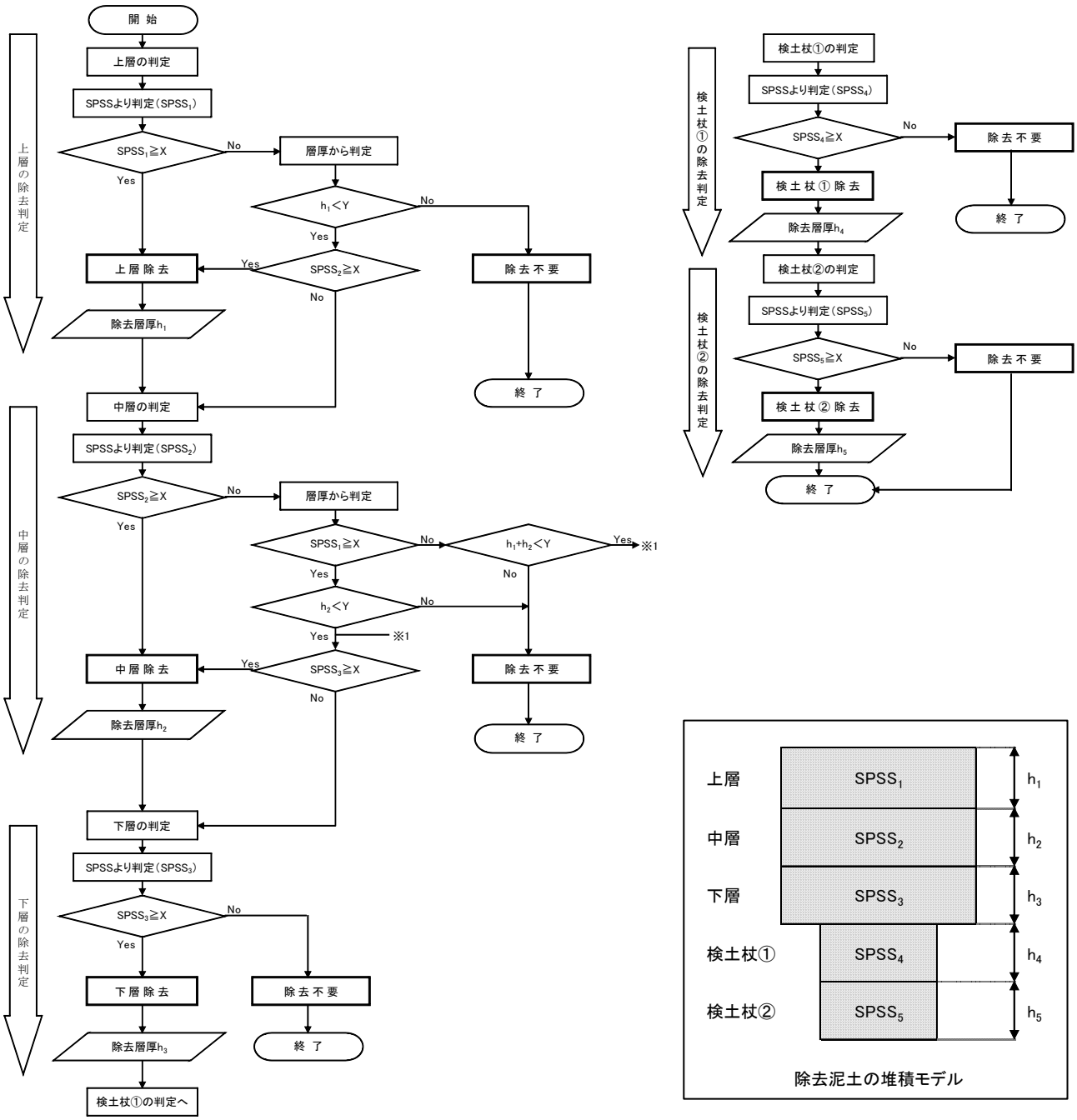


図 2-1-2　大碆東工区 区画図

大碆東工区の泥土除去区の判定及び除去厚さは底質の SPSS 値と層厚により、以下の判定フローにより決定した。



・SPSS の判定値：X　　X＝500

＜除去判定結果の凡例＞

◎：X≧500, ●：500＞X≧400, ○：400＞X≧300, ▲：300＞X≧200, △：200＞X≧100, ×：100＞X

・Y=20cm と仮定

*現地調査により泥土層の上に新たに堆積した砂質層の堆積厚さ 20cm が多く確認された為、仮定した。

図 2-1-3　泥土除去区画の判定フロー

(2) ゾーニング結果

① 区画データ

図 2-1-3 に示す判定フローに従い整理したデータを表 2-1-1、表 2-1-2 に示す。

泥土堆積状況詳細調査結果の柱状採泥試料が上層、下層の 2 層である場合、下層のデータを中層として扱った。

表 2-1-1～表 2-1-2 に示す土質区分の記号は土質区分：F；細粒土、S；砂、G；礫（コーラル含む）、O；有機物、M；廃棄物（魚網，ビニールゴミ）である。

表 2-1-1　大碆東工区　区画データ No.1

格子点番号		座標値		データ根拠	採泥年度	試料名	土質					SPSS					層厚（cm）					除去判定					500≧　の除去厚																		
							柱状コア			検土杖		柱状コア			検土杖		柱状コア			検土杖		柱状コア			検土杖		500≧の各層厚					500≦上部層が20cm以下，下部層が500≧					各層除去厚					合計除去厚	除去面積	除去体積
		X	Y				上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②			
A	24	-23784.5	-59200	実測値	H21	A-24	S	S/F	S/G	-	-	149	197	78	0	0	12	23	11	0	0	△	△	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	25	-23772	-59200	実測値	H21	A-25	S/F	S/G	-	-	-	122	80	0	0	0	18	27	0	0	0	△	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	26	-23759.5	-59200	実測値	H21	A-26	S/F	S/F	-	-	-	209	163	0	0	0	5	8	0	0	0	▲	△	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	27	-23747	-59200	実測値	H21	A-27	F/G	G/F	-	-	-	548	269	0	0	0	3	7	0	0	0	◎	▲	×	×	×	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	156.3	4.7
B	24	-23784.5	-59187.5	実測値	H21	B-24	S	F/S	S/G	-	-	73	788	91	0	0	12	29	14	0	0	×	◎	×	×	×	0	29	0	0	0	12	0	0	0	0	12	29	0	0	0	41	156.3	64.1
B	25	-23772	-59187.5	実測値	H21	B-25	S	F/S	S/F/O	-	-	77	810	590	0	0	19	32	3	0	0	×	◎	◎	×	×	0	32	3	0	0	19	0	0	0	0	19	32	3	0	0	54	156.3	84.4
B	26	-23759.5	-59187.5	実測値	H21	B-26	S/F	S	S	-	-	61	83	146	0	0	10	30	29	0	0	×	×	△	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	27	-23747	-59187.5	実測値	H21	B-27	S	S/F	S/G	-	-	47	86	182	0	0	18	22	27	0	0	×	×	△	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	25	-23772	-59137.5	実測値	H21	F-25	F	F/S	S/G	-	-	596	1114	390	0	0	7	10	14	0	0	◎	◎	○	×	×	7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	7	10	0	0	0	17	156.3	26.6
G	25	-23772	-59125	実測値	H21	G-25	F/O	F/G	S/G	-	-	559	559	259	0	0	5	15	11	0	0	◎	◎	▲	×	×	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	0	0	0	20	156.3	31.3
G	26	-23759.5	-59125	実測値	H21	G-26	S	S	S/F	-	-	69	187	457	0	0	16	24	18	0	0	×	△	●	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	25	-23772	-59112.5	実測値	H21	H-25	F	F/S	-	-	-	511	419	0	0	0	5	11	0	0	0	◎	●	×	×	×	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	156.3	7.8
H	26	-23759.5	-59112.5	実測値	H21	H-26	S	F/S	F/G	-	-	590	668	193	0	0	8	12	14	0	0	◎	◎	△	×	×	8	12	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	0	0	0	20	156.3	31.3
H	27	-23747	-59112.5	実測値	H21	H-27	F/S	S/F	S/G	-	-	565	258	146	0	0	15	10	12	0	0	◎	▲	△	×	×	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	156.3	23.4
I	23	-23797	-59100	実測値	H21	I-23	S/F	S/G	-	-	-	278	88	0	0	0	2	20	0	0	0	▲	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	24	-23784.5	-59100	実測値	H21	I-24	S/F	S/G	-	-	-	113	154	0	0	0	5	6	0	0	0	△	△	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	25	-23772	-59100	実測値	H21	I-25	S/F	S/G	S/G/F	-	-	176	48	526	0	0	9	16	15	0	0	△	×	◎	×	×	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	26	-23759.5	-59100	実測値	H21	I-26	S/F	F	S/G	-	-	466	630	239	0	0	10	11	14	0	0	●	◎	▲	×	×	0	11	0	0	0	10	0	0	0	0	10	11	0	0	0	21	156.3	32.8
I	27	-23747	-59100	実測値	H21	I-27	S	S/F	S/F	-	-	47	554	302	0	0	19	13	32	0	0	×	◎	○	×	×	0	13	0	0	0	19	0	0	0	0	19	13	0	0	0	32	156.3	50
J	23	-23797	-59087.5	実測値	H21	J-23	S	-	-	-	-	112	0	0	0	0	8	0	0	0	0	△	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	24	-23784.5	-59087.5	実測値	H21	J-24	S/F	S/G/F	S/G	-	-	211	113	173	0	0	10	10	10	0	0	▲	△	△	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	25	-23772	-59087.5	実測値	H21	J-25	S	F/S/O	S	-	-	146	845	60	0	0	12	23	16	0	0	△	◎	×	×	×	0	23	0	0	0	12	0	0	0	0	12	23	0	0	0	35	156.3	54.7
K	23	-23797	-59075	実測値	H21	K-23	S	F	S/G	-	-	104	1843	57	0	0	13	20	22	0	0	△	◎	×	×	×	0	20	0	0	0	13	0	0	0	0	13	20	0	0	0	33	156.3	51.6
K	24	-23784.5	-59075	実測値	H21	K-24	S	F	S/G	-	-	80	1067	114	0	0	12	17	31	0	0	×	◎	△	×	×	0	17	0	0	0	12	0	0	0	0	12	17	0	0	0	29	156.3	45.3
M	15	-23897	-59050	実測値	H21	M-15	S	S	-	-	-	51	109	0	0	0	11	34	0	0	0	×	△	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	20	-23834.5	-59050	実測値	H21	M-20	S	S/F	S	-	-	34	125	80	0	0	15	20	23	0	0	×	△	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	21	-23822	-59050	実測値	H21	M-21	S	F/S	S	-	-	48	315	180	0	0	33	7	19	0	0	×	○	△	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	22	-23809.5	-59050	実測値	H21	M-22	S	F/S	S	-	-	60	578	90	0	0	9	19	26	0	0	×	◎	×	×	×	0	19	0	0	0	9	0	0	0	0	9	19	0	0	0	28	156.3	43.8
N	15	-23897	-59037.5	実測値	H21	N-15	S	F/S	S	-	-	49	358	47	0	0	13	27	33	0	0	×	○	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	20	-23834.5	-59037.5	実測値	H21	N-20	S	F/S	S	-	-	35	1114	81	0	0	30	25	5	0	0	×	◎	×	×	×	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	21	-23822	-59037.5	実測値	H21	N-21	S	F/S	S	-	-	36	559	65	0	0	18	25	21	0	0	×	◎	×	×	×	0	25	0	0	0	18	0	0	0	0	18	25	0	0	0	43	156.3	67.2
N	22	-23809.5	-59037.5	実測値	H21	N-22	S	S/F	S	-	-	48	449	74	0	0	48	12	15	0	0	×	●	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	-24084.5	-59012.5	実測値	H21	P-0	S/F/O	F/O	S/F	-	-	102	1156	163	0	0	12	28	18	0	0	△	◎	△	×	×	0	28	0	0	0	12	0	0	0	0	12	28	0	0	0	40	156.3	62.5
P	1	-24072	-59012.5	実測値	H21	P-1	S/F	F	F/O	-	-	56	565	583	0	0	13	42	28	0	0	×	◎	◎	×	×	0	42	28	0	0	13	0	0	0	0	13	42	28	0	0	83	156.3	129.7
P	2	-24059.5	-59012.5	実測値	H21	P-2	F/O	F/G/S	S/G	-	-	406	243	92	0	0	20	20	28	0	0	●	▲	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	3	-24047	-59012.5	実測値	H21	P-3	S	S/F	S	-	-	63	165	167	0	0	9	44	25	0	0	×	△	△	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	4	-24034.5	-59012.5	実測値	H21	P-4	S	S/F	S	-	-	58	78	133	0	0	30	15	25	0	0	×	×	△	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	5	-24022	-59012.5	実測値	H21	P-5	S/F	F/O	S	-	-	48	333	49	0	0	13	32	15	0	0	×	○	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	9	-23972	-59012.5	実測値	H21	P-9	S	F/S	F/S	S/F	S/F	49	554	692	313	416	9	38	31	32	30	×	◎	◎	○	●	0	38	31	0	0	9	0	0	0	0	9	38	31	0	0	78	156.3	121.9

表 2-1-2　大碆東工区　区画データ No.2

格子点番号		座標値		データ根拠	採泥年度	試料名	土質					SPSS					層厚（cm）					除去判定					500≧　の除去厚																		
							柱状コア			検土杖		柱状コア			検土杖		柱状コア			検土杖		柱状コア			検土杖		500≧の各層厚					500≦上部層が20cm以下，下部層が500≧					各層除去厚					合計除去厚	除去面積	除去体積
		X	Y				上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②	上	中	下	①	②			
P	10	-23959.5	-59012.5	実測値	H21	P-10	S	F	S/F	S	S	63	177	134	247	239	23	17	36	34	30	×	△	△	▲	▲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	11	-23947	-59012.5	実測値	H21	P-11	S	F/S	S	-	-	37	406	52	0	0	26	32	11	0	0	×	●	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	-24084.5	-59000	実測値	H21	Q-0	S/F	F/S	F/O	-	-	91	109	83	0	0	15	18	15	0	0	×	△	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	1	-24072	-59000	実測値	H21	Q-1	F/S	F	F/G	F/S	-	577	870	668	767	0	7	38	18	47	0	◎	◎	◎	◎	×	7	38	18	47	0	0	0	0	0	0	7	38	18	47	0	110	156.3	171.9
Q	2	-24059.5	-59000	実測値	H21	Q-2	F/S	F/G/S	S/G/F	-	-	202	173	306	0	0	23	19	28	0	0	▲	△	○	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	3	-24047	-59000	実測値	H21	Q-3	S/F	F/S	F/S	F/S	-	90	158	857	420	0	15	15	43	37	0	×	△	◎	●	×	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	4	-24034.5	-59000	実測値	H21	Q-4	S/F	S/F	S/F	S/F	-	58	42	177	278	0	27	27	27	29	0	×	×	△	▲	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	5	-24022	-59000	実測値	H21	Q-5	S	F/O	S/F	F/S	S/F	58	526	192	630	258	11	26	30	33	30	×	◎	△	◎	▲	0	26	0	33	0	11	0	0	0	0	11	26	0	0	0	37	156.3	57.8
Q	9	-23972	-59000	実測値	H21	Q-9	S	S/F	F/S	S/F	-	73	58	161	283	0	17	33	24	36	0	×	×	△	▲	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	10	-23959.5	-59000	実測値	H21	Q-10	S/F	F/O	S/F	S/F	F/S	173	516	214	442	630	15	40	28	37	30	△	◎	▲	●	◎	0	40	0	0	30	15	0	0	0	0	15	40	0	0	0	55	156.3	86
Q	11	-23947	-59000	実測値	H21	Q-11	S	F/S	S	S	S	49	86	58	197	269	15	42	13	30	30	×	×	×	△	▲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	1	-24072	-58987.5	実測値	H21	R-1	S/F	F/O	S/G/F	-	-	75	457	328	0	0	17	33	7	0	0	×	●	○	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	2	-24059.5	-58987.5	実測値	H21	R-2	S/F	F/O	S/F	-	-	73	358	173	0	0	23	22	29	0	0	×	○	△	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	3	-24047	-58987.5	実測値	H21	R-3	F/S	F/O	F/S	F	F	521	767	692	799	799	26	41	11	32	30	◎	◎	◎	◎	◎	26	41	11	32	30	0	0	0	0	0	26	41	11	32	30	140	156.3	218.8
R	4	-24034.5	-58987.5	実測値	H21	R-4	S/F	F/O	F/S	F/S	-	79	668	747	259	0	12	33	25	31	0	×	◎	◎	▲	×	0	33	25	0	0	12	0	0	0	0	12	33	25	0	0	70	156.3	109.4
R	5	-24022	-58987.5	実測値	H21	R-5	S/F	F/O	S/F	S/F	-	72	548	218	269	0	15	30	33	32	0	×	◎	▲	▲	×	0	30	0	0	0	15	0	0	0	0	15	30	0	0	0	45	156.3	70.3
R	8	-23984.5	-58987.5	実測値	H21	R-8	S	F/S	S	-	-	63	542	137	0	0	12	40	25	0	0	×	◎	△	×	×	0	40	0	0	0	12	0	0	0	0	12	40	0	0	0	52	156.3	81.3
R	9	-23972	-58987.5	実測値	H21	R-9	S/F	F/S	F	S/F	-	49	65	625	353	0	31	26	19	34	0	×	×	◎	○	×	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	10	-23959.5	-58987.5	実測値	H21	R-10	S/F	F/O	F/S	S/F	S/F	51	331	645	427	590	30	25	25	40	30	×	○	◎	●	◎	0	0	25	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	11	-23947	-58987.5	実測値	H21	R-11	F/S	F/O	S/F	F/S	F/S	516	684	420	532	453	30	28	29	33	30	◎	◎	●	◎	●	30	28	0	33	0	0	0	0	0	0	30	28	0	0	0	58	156.3	90.7
R	12	-23934.5	-58987.5	実測値	H21	R-12	S	S/F	F/S	-	-	163	114	567	0	0	12	13	50	0	0	△	△	◎	×	×	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	1	-24072	-58975	実測値	H21	S-1	S/G	S	S/G	-	-	130	98	68	0	0	25	25	18	0	0	△	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	2	-24059.5	-58975	実測値	H21	S-2	S	-	-	-	-	34	0	0	0	0	6	0	0	0	0	×	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	3	-24047	-58975	実測値	H21	S-3	F/O	F/O	F/S	F/S	-	399	423	167	442	0	14	31	17	38	0	○	●	△	●	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	4	-24034.5	-58975	実測値	H21	S-4	F/S	F/O	S	F/S	F/S	479	1144	197	474	348	7	48	26	29	30	●	◎	△	●	○	0	48	0	0	0	7	0	0	0	0	7	48	0	0	0	55	156.3	86
S	5	-24022	-58975	実測値	H21	S-5	S/F	F/S	S/F	-	-	42	154	218	0	0	30	37	12	0	0	×	△	▲	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	8	-23984.5	-58975	実測値	H21	S-8	S/F	F/O	F/S	F/S	F/S	117	542	603	384	409	11	39	26	34	30	△	◎	◎	○	●	0	39	26	0	0	11	0	0	0	0	11	39	26	0	0	76	156.3	118.8
S	9	-23972	-58975	実測値	H21	S-9	S/F	F/S	F/O	F/S	-	55	394	442	369	0	16	19	47	28	0	×	○	●	○	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	10	-23959.5	-58975	実測値	H21	S-10	S	F/S	F/O/S	S/F	S/F	54	353	1740	565	466	15	25	38	32	30	×	○	◎	◎	●	0	0	38	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	11	-23947	-58975	実測値	H21	S-11	F/O	F/O/G	F/S	S/F	F	442	1867	541	221	684	14	34	30	32	30	●	◎	◎	▲	◎	0	34	30	0	30	14	0	0	0	0	14	34	30	0	0	78	156.3	121.9
S	12	-23934.5	-58975	実測値	H21	S-12	S	F/S	F/O	-	-	70	399	532	0	0	25	35	22	0	0	×	○	◎	×	×	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	0	-24084.5	-58962.5	実測値	H21	T-0	S	-	-	-	-	16	0	0	0	0	12	0	0	0	0	×	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	1	-24072	-58962.5	実測値	H21	T-1	S/G/F	-	-	-	-	78	0	0	0	0	7	0	0	0	0	×	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	5	-24022	-58962.5	実測値	H21	T-5	S/F	F/S	S/F	-	-	90	497	134	0	0	35	20	26	0	0	×	●	△	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	10	-23959.5	-58962.5	実測値	H21	T-10	S/F	F/S	F	-	-	68	1067	1540	0	0	53	12	22	0	0	×	◎	◎	×	×	0	12	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	11	-23497	-58962.5	実測値	H21	T-11	S/F	F/O	F	-	-	82	302	609	0	0	25	40	14	0	0	×	○	◎	×	×	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	12	-23934.5	-58962.5	実測値	H21	T-12	S	F/S	F/O	-	-	51	67	358	0	0	13	30	9	0	0	×	×	○	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	13	-23922	-58962.5	実測値	H21	T-13	S	S/F	S/G	-	-	57	112	77	0	0	3	9	7	0	0	×	△	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U	12	-23934.5	-58950	実測値	H21	U-12	S	-	-	-	-	80	0	0	0	0	5	0	0	0	0	×	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U	13	-23922	-58950	実測値	H21	U-13	S/G	-	-	-	-	47	0	0	0	0	10	0	0	0	0	×	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
																																										合計	4532.7	2146

② SPSS によるゾーニング図

図 2-1-3 に示すフローにより、ゾーニングした結果を図 2-1-4 に示す。

平成 21 年度泥土堆積状況詳細調査では、昨年行った調査と同様に、平成 18、19 年度に泥土除去工事を実施した範囲で一部コーラル、貝殻混じり粗砂と泥土が混在している状況が確認された。またこれらの地点の泥土堆積厚は薄層であった。泥土薄層堆積部は、泥土堆積厚が大きい地点と区別するため、黒太線で囲んでいる。

泥土薄層堆積部の基準は、現位置分級装置で泥土除去作業を実施することを想定し、35cm 未満とした。

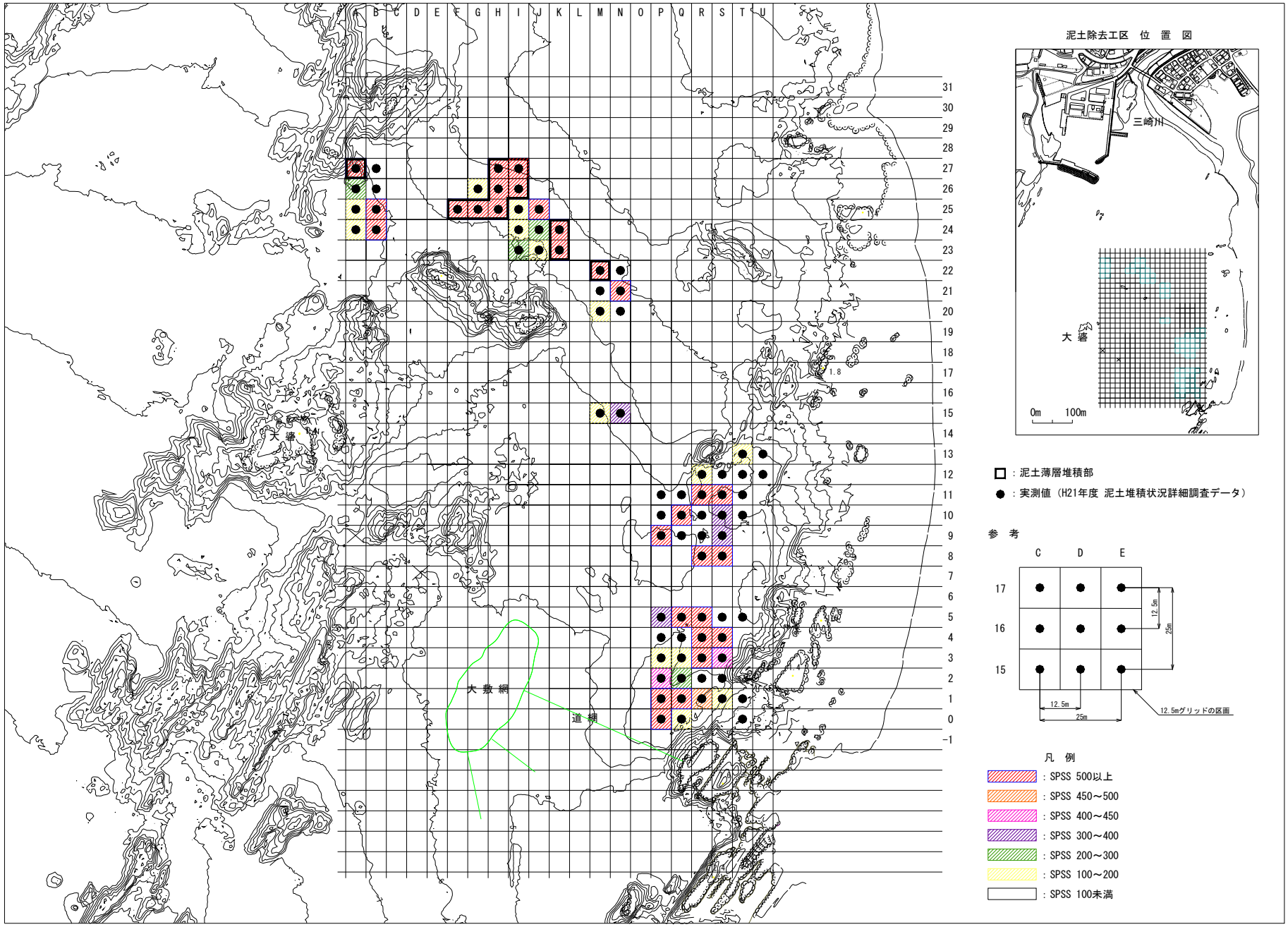
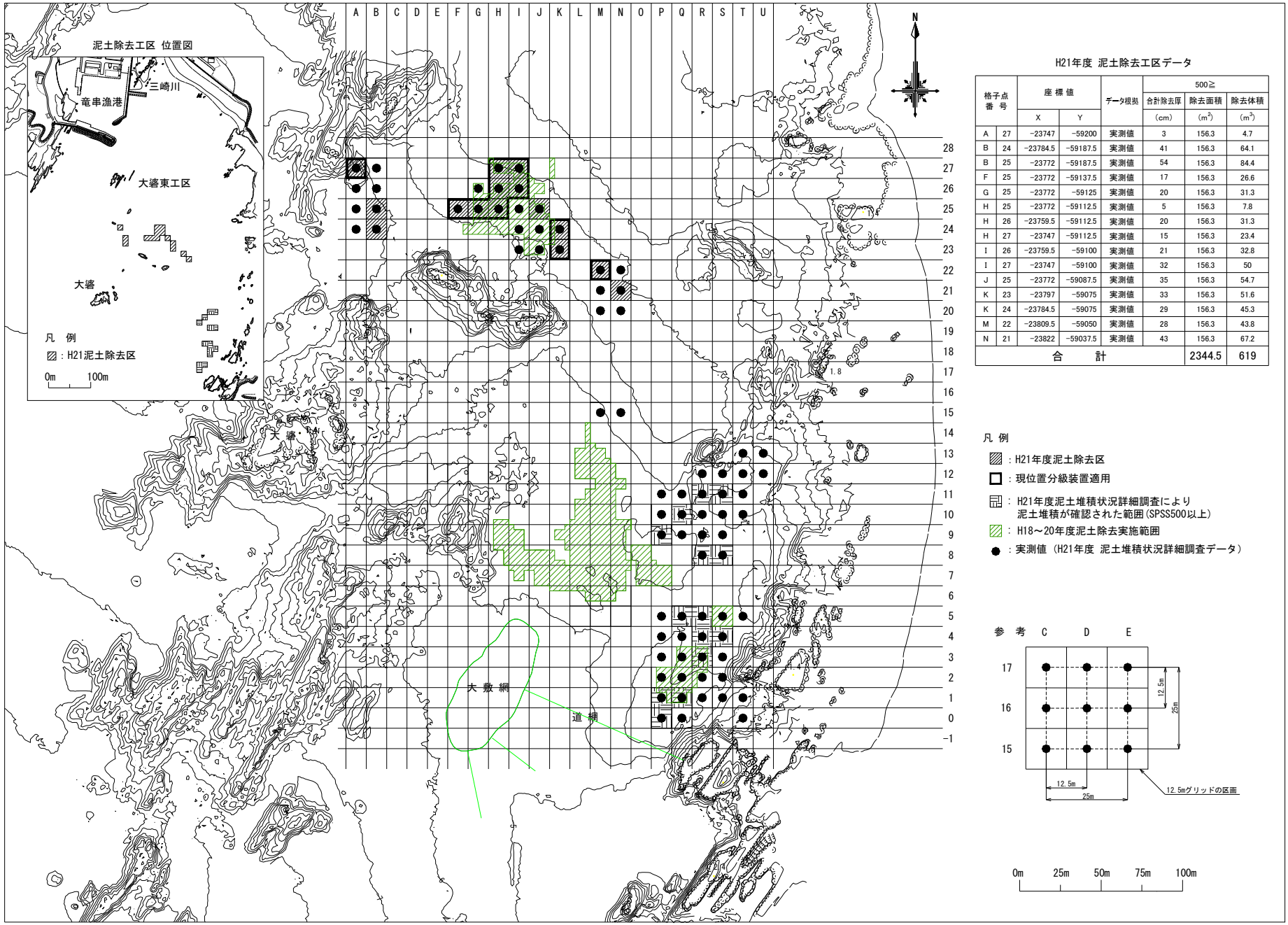


図 2-1-4　大碆東工区 ゾーニング図

③　泥土除去施工図

ゾーニング図より SPSS500kg/m^3 以上の範囲を示した泥土除去施工図を図 2-1-5 に示す。

また平成 18～20 年度に泥土除去工事を実施した範囲も図 2-1-5 内に示す。



H21年度 泥土除去工区データ

格子点番号		座標値 X	座標値 Y	データ根拠	500≧ 合計除去厚 (cm)	500≧ 除去面積 (m^2)	500≧ 除去体積 (m^3)
A	27	-23747	-59200	実測値	3	156.3	4.7
B	24	-23784.5	-59187.5	実測値	41	156.3	64.1
B	25	-23772	-59187.5	実測値	54	156.3	84.4
F	25	-23772	-59137.5	実測値	17	156.3	26.6
G	25	-23772	-59125	実測値	20	156.3	31.3
H	25	-23772	-59112.5	実測値	5	156.3	7.8
H	26	-23759.5	-59112.5	実測値	20	156.3	31.3
H	27	-23747	-59112.5	実測値	15	156.3	23.4
I	26	-23759.5	-59100	実測値	21	156.3	32.8
I	27	-23747	-59100	実測値	32	156.3	50
J	25	-23772	-59087.5	実測値	35	156.3	54.7
K	23	-23797	-59075	実測値	33	156.3	51.6
K	24	-23784.5	-59075	実測値	29	156.3	45.3
M	22	-23809.5	-59050	実測値	28	156.3	43.8
N	21	-23822	-59037.5	実測値	43	156.3	67.2
合 計						2344.5	619

図 2-1-5　大碆東工区 泥土除去施工図

1.2. 泥土除去工の諸元

(1) 作業能力の算定

① 泥土除去作業実績の整理

平成 21 年度泥土除去工事における作業能率（㎡/Day）は、平成 19、20 年度泥土除去工事で得られた実績より設定した。

平成 19、20 年度泥土除去工事では、ビニールゴミ、沈木および木・竹の根等の比較的小型の混在物が含まれる泥土堆積部に、障害物通過型ポンプを使用して作業しており、その実績を表 2-1-3～2-1-4 に示す。

また、コーラル等が混在した泥土堆積部あるいは泥土堆積が薄層である地点には現位置分級器を使用して海底表層の改質を実施しており、その実績を表 2-1-5 に示す。

整理した実績より施工深度と作業能率（㎡/Day）の関係を求めたグラフを図 2-1-6 に示す。

表 2-1-3　平成 20 年度泥土除去実績表（大碆東 B 工区-吸込み口）

格子点番号		除去厚 (cm)		除去面積 (㎡)		除去体積 (㎥)		ポンプ平均稼動時間	作業能率			施工効率	除去対象物状況
		設計	施工	設計	施工	設計	施工	(hr)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)		
P	2	24.3	138	156.3	117.2	38.0	162.0	33.5	4.8	3.5	**21**	0.12	塑性状粘性質、海底堆積支障物（沈木、木根）有り
Q	2	85	150	156.3	156.3	132.9	234.1	32.5	7.2	4.8	**28.9**	0.16	塑性状粘性質、海底堆積支障物（沈木、木根）有り
P	1	72	82	156.3	48.8	112.5	39.9	13.0	3.1	3.8	**22.5**	0.13	塑性状粘性質、海底堆積支障物（沈木、木根）有り
Q	1	24	102	156.3	97.7	37.5	99.5	13.3	7.5	7.4	**44.2**	0.25	塑性状粘性質、海底堆積支障物（沈木、木根）有り
R	3	－	142	156.3	117.2	－	166.4	19.3	8.6	6.1	**36.5**	0.20	塑性状粘性質、海底堆積支障物（沈木、木根）有り
R	2	－	165	156.3	58.6	－	96.5	13.8	7.0	4.3	**25.6**	0.14	塑性状粘性質、海底堆積支障物（沈木、木根）有り

表 2-1-4　平成 20 年度泥土除去実績表（大碆東 A 工区-吸込み口）

格子点番号		除去厚 (cm)		除去面積 (㎡)		除去体積 (㎥)		ポンプ平均稼動時間	作業能率			施工効率	除去対象物状況
		設計	施工	設計	施工	設計	施工	(hr)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)		
K	6	38.5	137.0	156.3	9.8	60.2	13.4	1.3	10.7	7.8	**46.9**	0.26	塑性状粘性質
K	7	39	69.5	156.3	97.7	61.0	67.9	8.5	8.0	11.5	**68.9**	0.38	塑性状粘性質
L	7	41.5	80.0	156.3	97.7	64.9	78.1	11.5	6.8	8.5	**51**	0.28	塑性状粘性質
L	8	－	58.4	156.3	127.0	－	74.2	6.8	11.0	18.8	**112.9**	0.63	塑性状粘性質
M	8	41.5	80.3	156.3	68.4	64.9	54.9	4.3	12.9	16.1	**96.6**	0.54	塑性状粘性質
M	9	39	58.8	156.3	156.3	61.0	91.8	21.5	4.3	7.3	**43.6**	0.24	塑性状粘性質
N	7	31	91.7	156.3	68.4	48.5	62.7	7.0	9.0	9.8	**58.6**	0.33	塑性状粘性質
N	8	36.5	84.0	156.3	68.4	57.0	57.5	8.5	6.8	8.0	**48.3**	0.27	塑性状粘性質
N	9	42	69.0	156.3	127.0	65.6	87.6	19.8	4.4	6.4	**38.6**	0.21	塑性状粘性質
N	10	35	54.3	156.3	68.4	54.7	37.2	6.5	5.7	10.5	**63.1**	0.35	塑性状粘性質

表 2-1-5　平成 20 年度泥土除去実績表（大碆東 A 工区-現位置分級器）

格子点番号		除去厚 (cm)		除去面積 (㎡)		除去体積 (㎥)		ポンプ平均稼動時間	作業能率			施工効率	除去対象物状況
		設計	施工	設計	施工	設計	施工	(hr)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)		
J	7	29.5	49.8	156.3	117.2	46.1	58.4	9.8	6.0	12.0	**72.1**	0.40	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
J	8	－	38.3	156.3	87.9	－	33.7	4.8	7.1	18.5	**111**	0.62	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
K	8	34	44.7	156.3	58.6	53.1	26.2	4.8	5.5	12.3	**74**	0.41	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
K	9	－	39.3	156.3	78.1	－	30.7	3.8	8.2	20.8	**125**	0.69	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
L	9	34	35.4	156.3	156.3	53.1	55.3	11.8	4.7	13.3	**79.8**	0.44	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
L	10	28.5	29.0	156.3	97.7	44.5	28.3	3.8	7.6	26.1	**156.3**	0.87	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
M	10	31.5	43.0	156.3	146.5	49.2	63.0	8.0	7.9	18.3	**109.9**	0.61	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
M	11	24	32.0	156.3	29.3	37.5	9.4	0.5	18.8	58.6	**351.6**	1.95	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施 ※作業能率算出対象外

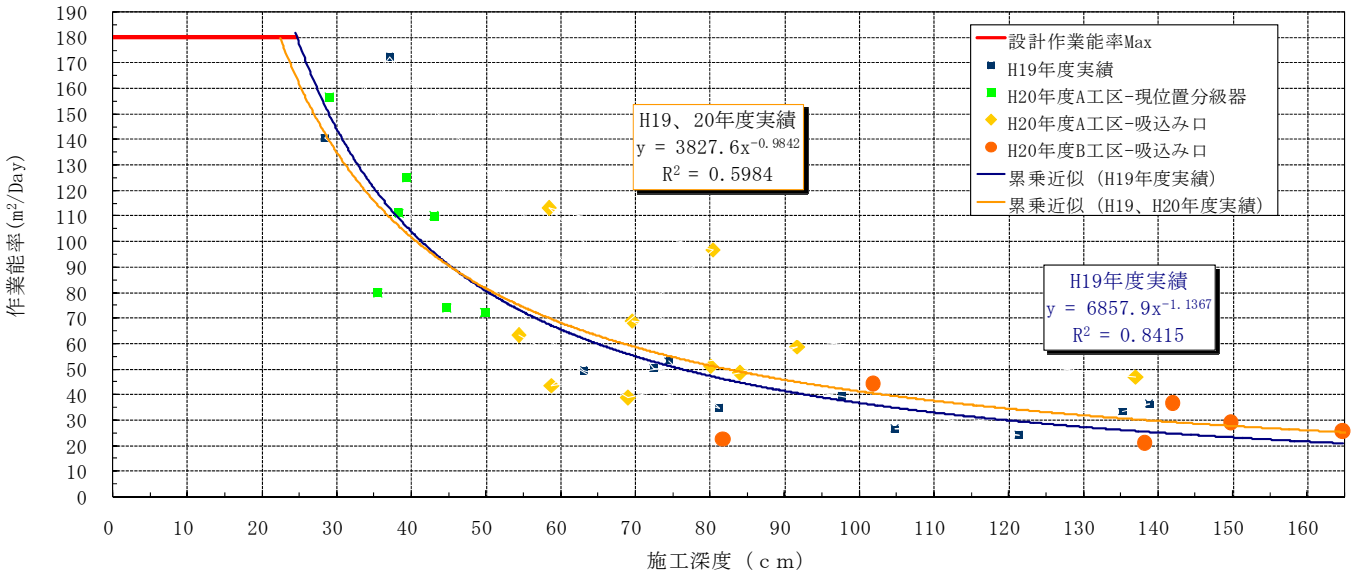


図 2-1-6　平成 19、20 年度泥土除去実績　大碆東工区　（施工深度×作業能率）

図 2-1-6 における累乗近似線より施工深度ごとの施工効率及び作業能率(m²/Day)を算定したものが表 2-1-6 である。

平成 21 年度泥土除去工事における設計作業能率(m²/Day)は平成 19 年度実績と平成 20 年度 A 工区の実績を合算した。

※施工深度 0～25cm における施工効率は除去厚が小さいため一定と仮定している。

表 2-1-6　平成 19、20 年度泥土除去　作業能率算定結果

施工深度 h (cm)		0<h≦25	25<h≦40	40<h≦50	50<h≦60	60<h≦70	70<h≦80	80<h≦90	90<h≦100	100<h≦110	110<h≦120	120<h≦130	130<h≦140	140<h≦150	h<150	備　考
項　目	除去対象物性状															
施工効率	塑性状粘性土質（H19年度実積）	1	0.78	0.51	0.4	0.33	0.28	0.24	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.13	
	塑性状粘性土質（H19、20年度実積）	1	0.73	0.5	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.2	0.18	0.17	0.16	0.16	
1日当り作業面積（㎡/day）	塑性状粘性土質（H19年度実積）	180	141	91	72	60	51	44	39	35	31	28	26	24	23	
	塑性状粘性土質（H19、20年度実積）	180	131	90	74	63	55	49	43	39	36	33	31	29	28	←H21設計作業能率

平成 20 年度大碆東 B 工区での泥土除去作業は、想定していた以上の沈木、漁具などの障害物が泥土に混在していたため、作業能率（㎡/Day）が大幅に低くなっている。また現位置分級器の作業能率は平成 19 年度の実績と比較すると低くなっている。

これは鉛直方向の底質改善に時間がかかったこと及び除去対象物が弁天島東工区の底質(液状シルト質)と異なり塑性状粘性質であったため、濁り成分の攪拌に時間を要したことが要因として推定される。

② 作業能率の検討結果

泥土除去作業実績から得られた作業能率を分類したものを下記に示す。

※(ⅱ)、(ⅲ)は実績より得られた作業能率の平均値とした。

※(ⅱ)の算出に当たり M11 グリッドは、除去対象面積が狭かったため、検討対象から除外した。

(ⅰ)吸込み口の作業能率

除去対象物：塑性状粘性質

作業能率：表 2-1-6 参照

※大碆東工区における 1 日のポンプ稼働時間を 6 時間として算出した

(ⅱ)吸込み口の作業能率（海底堆積支障物有り）

除去対象物：塑性状粘性質、海底堆積支障物（沈木、木片、漁具等）有り

作業能率：5m^2/hr

1 日のポンプ稼働時間を 6 時間とした場合

作業能率：30m^2/Day

(ⅲ)現位置分級装置で作業する場合

除去対象物：塑性状粘性質

作業能率：17.3m^2/hr

1 日のポンプ稼働時間を 6 時間とした場合

作業能率：104m^2/Day

(2) 泥土除去区画面積

SPSS のゾーニングの結果より泥土除去基準値 SPSS500kg/m³ 以上の泥土堆積部の泥土除去を実施する。表 2-1-7 はゾーニングの際、整理した区画データより抽出したものである。なおゾーニングデータで SPSS500kg/m³ 以上の泥土堆積が確認された範囲全ての除去を行うための工期は確保できないと判断されたことを踏まえ、平成 21 年度対象範囲を設けた。

表 2-1-8 に平成 21 年度対象範囲泥土除去区データを示す。また表 2-1-9 に SPSS500kg/m³ 以上の泥土堆積が確認された平成 21 年度対象範囲外となった区画データを示す。

表 2-1-7 より

平成 21 年度泥土除去面積：2,344.5 ㎡

表 2-1-7　大碆東工区泥土除去区画データ

	泥土薄層堆積部 (現位置分級器施工)	泥土堆積部 (吸込み口施工)	合計 (H21年度泥土除去区)
SPSS(kg/㎥)	500≧	500≧	500≧
除去面積(㎡)	1719.3	625.2	2344.5
除去体積(㎥)	348.6	270.4	619.0

表 2-1-8　泥土除去区データ（平成 21 年度対象範囲）

格子点番号		座標値		データ根拠	500≧				施工方法	施工効率	設計施工能率	推定実作業日数
		X	Y		合計除去厚 (cm)	除去面積;S (㎡)		除去体積 (㎥)			(㎥/Day)	(日)
A	27	-23747	-59200	実測値	3	156.3	=12.5m×12.5m	4.7	現位置分級器	-	104	1.50288462
B	24	-23784.5	-59187.5	実測値	41	156.3	=12.5m×12.5m	64.1	吸込み口	0.5	90	1.73666667
B	25	-23772	-59187.5	実測値	54	156.3	=12.5m×12.5m	84.4	吸込み口	0.41	73.8	2.11788618
F	25	-23772	-59137.5	実測値	17	156.3	=12.5m×12.5m	26.6	現位置分級器	-	104	1.50288462
G	25	-23772	-59125	実測値	20	156.3	=12.5m×12.5m	31.3	現位置分級器	-	104	1.50288462
H	25	-23772	-59112.5	実測値	5	156.3	=12.5m×12.5m	7.8	現位置分級器	-	104	1.50288462
H	26	-23759.5	-59112.5	実測値	20	156.3	=12.5m×12.5m	31.3	現位置分級器	-	104	1.50288462
H	27	-23747	-59112.5	実測値	15	156.3	=12.5m×12.5m	23.4	現位置分級器	-	104	1.50288462
I	26	-23759.5	-59100	実測値	21	156.3	=12.5m×12.5m	32.8	現位置分級器	-	104	1.50288462
I	27	-23747	-59100	実測値	32	156.3	=12.5m×12.5m	50	現位置分級器	-	104	1.50288462
J	25	-23772	-59087.5	実測値	35	156.3	=12.5m×12.5m	54.7	吸込み口	0.73	131.4	1.18949772
K	23	-23797	-59075	実測値	33	156.3	=12.5m×12.5m	51.6	現位置分級器	-	104	1.50288462
K	24	-23784.5	-59075	実測値	29	156.3	=12.5m×12.5m	45.3	現位置分級器	-	104	1.50288462
M	22	-23809.5	-59050	実測値	28	156.3	=12.5m×12.5m	43.8	現位置分級器	-	104	1.50288462
N	21	-23822	-59037.5	実測値	43	156.3	=12.5m×12.5m	67.2	吸込み口	0.5	90	1.73666667
					小計	2344.5		619.0			小計	24

表 2-1-9　泥土除去区データ（平成 21 年度対象範囲外）

格子点番号		座標値		データ根拠	500≧				施工方法	施工効率	設計施工能率	推定実作業日数	備考
		X	Y		合計除去厚 (cm)	除去面積;S (㎡)		除去体積 (㎥)			(㎡/Day)	(日)	
P	0	-24084.5	-59012.5	実測値	40	-	=12.5m×12.5m	-	吸込み口	-	-	-	大敷網に近い
P	1	-24072	-59012.5	実測値	83	-	=12.5m×12.5m	-	吸込み口	-	-	-	大敷網に近い
P	9	-23972	-59012.5	実測値	78	156.3	=12.5m×12.5m	121.9	吸込み口	0.31	55.8	2.80107527	
Q	1	-24072	-59000	実測値	110	-	=12.5m×12.5m	-	吸込み口	-	-	-	大敷網に近い
Q	5	-24022	-59000	実測値	37	156.3	=12.5m×12.5m	57.8	吸込み口	-	30	5.21	海底堆積支障物有り
Q	10	-23959.5	-59000	実測値	55	156.3	=12.5m×12.5m	86	吸込み口	0.41	73.8	2.11788618	
R	3	-24047	-58987.5	実測値	140	156.3	=12.5m×12.5m	218.8	吸込み口	-	30	5.21	海底堆積支障物有り
R	4	-24034.5	-58987.5	実測値	70	156.3	=12.5m×12.5m	109.4	吸込み口	-	30	5.21	海底堆積支障物有り
R	5	-24022	-58987.5	実測値	45	156.3	=12.5m×12.5m	70.3	吸込み口	-	30	5.21	海底堆積支障物有り
R	8	-23984.5	-58987.5	実測値	52	156.3	=12.5m×12.5m	81.3	吸込み口	0.41	73.8	2.11788618	
R	11	-23947	-58987.5	実測値	58	156.3	=12.5m×12.5m	90.7	吸込み口	0.41	73.8	2.11788618	
S	4	-24034.5	-58975	実測値	55	156.3	=12.5m×12.5m	86	吸込み口	-	30	5.21	海底堆積支障物有り
S	8	-23984.5	-58975	実測値	76	156.3	=12.5m×12.5m	118.8	吸込み口	0.31	55.8	2.80107527	
S	11	-23947	-58975	実測値	78	156.3	=12.5m×12.5m	121.9	吸込み口	0.31	55.8	2.80107527	
					小計	1719.3		1162.9			小計	41	

※Q5、R3、R4、R5、S4 グリッドは H20 年度泥土除去工事の状況より海底堆積障害の混在が想定されるため、作業効率 30㎡/Day とした（同グリッド周辺の施工実績の平均値）。

※P0、P1、Q1 グリッドは大敷網に近い位置であることを配慮し、泥土除去対象外とした。

(3) 泥土除去区画体積

泥土除去区画面積と同様に表 2-1-7 より

平成 21 年度 泥土除去体積（地山原泥量）：619 ㎥

(4) 作業日数

表 2-1-8 より、平成 21 年度 作業日数：24 日

2.　送泥計画の検討

2.1.　目　的

泥土除去に際し、除去した泥土の水処理ヤードまでの送泥方法を検討し送泥計画及び計画図を作成した。

2.2.　大碆東工区送泥方法の検討

平成 18～20 年度泥土除去工事では大碆東工区から竜串漁港内に設けた水処理ヤードまで仮設配管（φ150mm）を用いて送泥を実施している。送泥には除去に用いる先端の水中ポンプ（障害物通過型ポンプ）と竜串漁港入り口から約 100m 沖に設置したブースターポンプ（障害物通過型ポンプ）を使用した。

本実施設計においても昨年度同様、大碆東工区から海底仮設配管により送泥を実施する計画とした。

吸込み口で作業する場合、泥土とともに混在物が堆積していると想定されるため、障害物通過型ポンプを使用した。現位置分級器を使用する場合、礫やコーラル等の障害物は現位置（海底）において分級されるため、ポンプは排砂ポンプを用いるものとした。なお、三崎川河口部は工事期間中、漁業活動が実施される可能性があるため、三崎川河口部に近い送泥ルートは避けるものとした。

2.3.　送泥計画

大碆東工区の送泥計画を図 2-2-1 に示した。

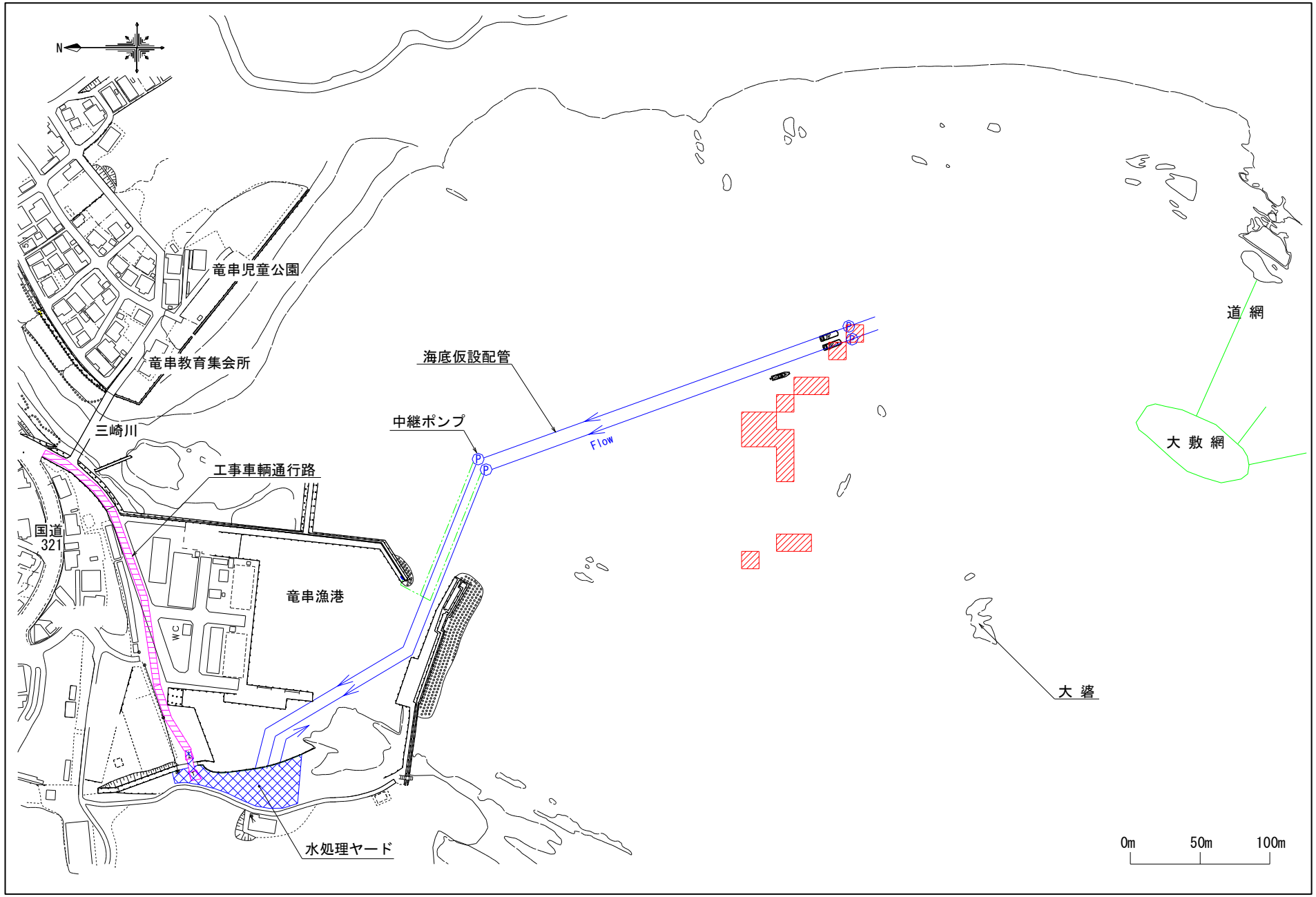

N
竜串児童公園
竜串教育集会所
三崎川
工事車輌通行路
国道
321
竜串漁港
WC
海底仮設配管
中継ポンプ
Flow
道 網
大 敷 網
大 碆
水処理ヤード
0m
50m
100m

図 2-2-1　送泥計画図

3.　仮設設備の配置計画の検討

3.1.　水処理設備砂分の分級効果を高める方策の検討

(1)　平成 20 年度工事における砂分の分級に関する問題点と改善策

平成 20 年度においては、泥土に混在する砂分の割合が平成 18、19 年度よりも高い工事エリアがあり、インバーター盤の使用による送泥量の調整、潜水士による含泥率の調整、作業員の運転管理範囲内での調整などでは対応できず、2 次処理設備（シックナー）へ砂が流入して、以下の問題が発生した。

・ シックナーの故障による作業停止

・ 脱水ケーキの性状低下

この改善策としては、サイクロンにバルブを設置してサイクロンからのオーバー水量（サイクロンに送泥される水量が一定量を超えた場合、分級を行わず次の設備へ送られる）を減らすことにより振動篩（ふるい）に送られる原水量を増やし、分級効果を高めることで対応した（写真 2-3-2、写真 2-3-3）。

仕様：スクリーン 1500×3600×3D
上段網目：0.7mm
湿式サイクロン
仕様：MD-9　φ230×6 基

写真 2-3-1　平成 19、20 年度 振動篩外観

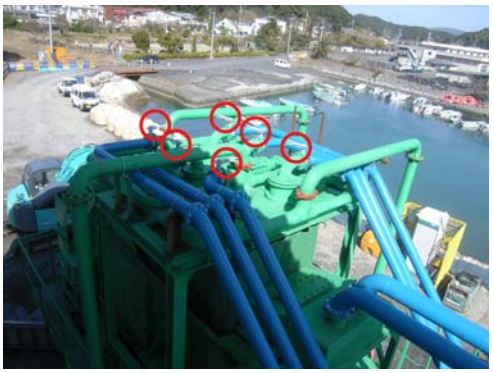


写真 2-3-2　平成 20 年度 振動篩外観

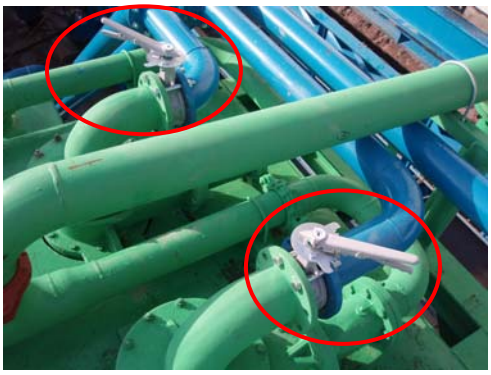


写真 2-3-3　サイクロンにバルブを設置

(2)　砂分の分級効果改善策の比較

平成 20 年度工事で行った砂分の分級効果の改善策はサイクロンに負荷がかかり続ける状態となるため、設備のトラブルにつながりかねない。よって、砂分の分級効果を高めるためには、現状の設備を考慮すると、サイクロン付振動篩で分級が困難である 0.7mm 以下の微細な砂分（75μm 以上）の分級ができる設備、またはフローを検討する必要がある。ただし、除去泥土に含まれる砂分の割合は変化が

大きいため、大掛かりな改造（最大値に設定する）は過剰設備になる可能性があり避ける必要がある。

今回の検討では、対策案として、微砂回収機案、サイクロン増設（改造）案、沈砂槽案を比較検討した（表 2-3-1）。

検討の結果、水処理設備の経済性、施工性を考慮し、微砂回収機としてスパイラル分級機を使用する案を採用した。

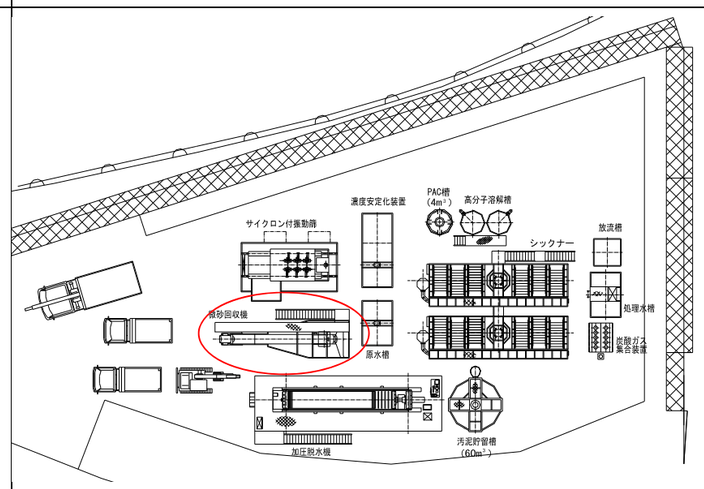
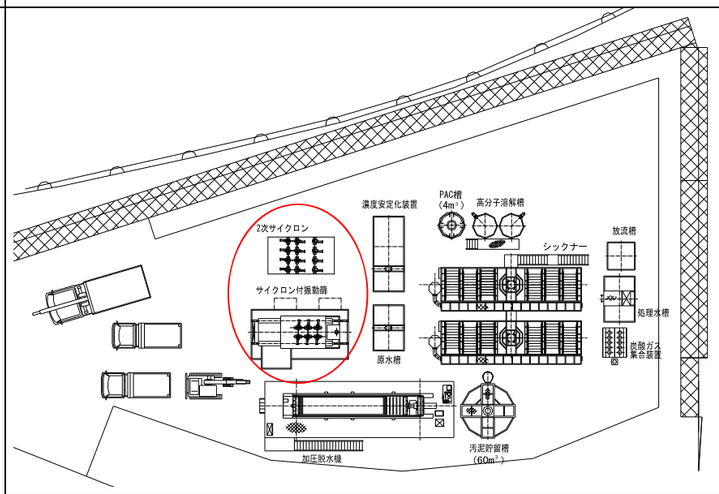
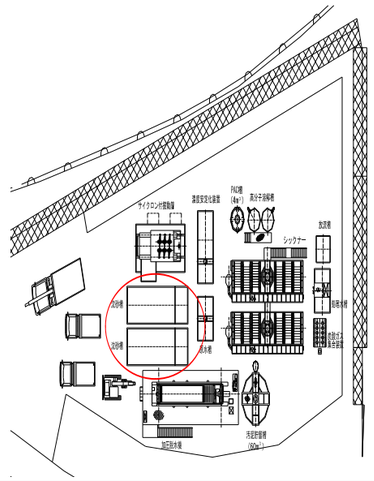
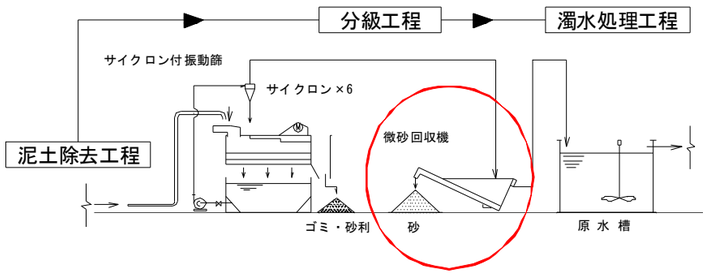
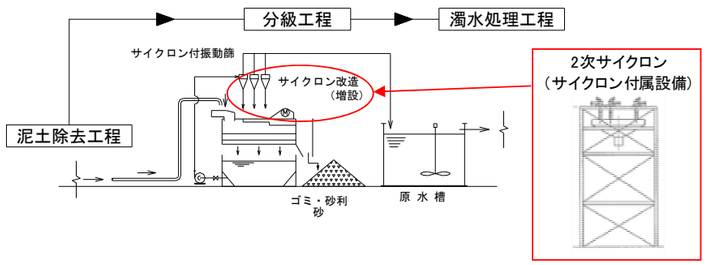
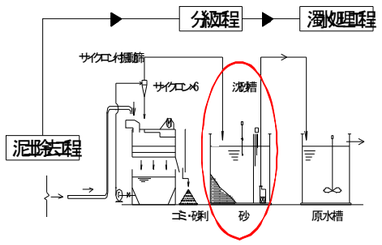
微砂回収機（スパイラル分級機）の外観を写真 2-3-4～2-3-6 に示した。

写真 2-3-4　微砂回収機（スパイラル分級機）
φ600×7500L

写真 2-3-5　微砂回収機（スパイラル分級機）

写真 2-3-6　砂分の分級状況

表 2-3-1　陸上水処理設備　砂分の分級効果改善策の比較

検討案	1）微砂回収機案	2）サイクロン改造（増設）案	3）沈砂槽案
概要	サイクロン振動篩で分級しきれない 0.7mm 以下の微細な砂分（75μm 以上）を微砂回収機（スパイラル分級機）で回収する。	平成 19、20 年度知恵土除去工事で使用したサイクロン振動篩は 6 基のサイクロンが付いている。これを増設することにより、分級効果を高める。	沈砂槽を新たに設置し、微細な砂分を沈降分離する。
概略配置図			
分級工程作業フロー			
メリット	・微砂の分級が自動で行うことができる。	・微砂の分級が自動で行うことができる。	・他案と比較し安価に実施可能である。
デメリット	・設備自体の費用が発生する。	・サイクロン改造（増設）に伴い、付属設備が必要となる。 ・改造費用が発生する。 ・他案と比較し費用が大きい。	・沈砂槽設置スペース（水処理ヤードの広さ）に問題がある。 ・沈砂槽内の堆積物の除去に新たな手間が発生する。
評価	○	△	×

3.2. 水処理フロー

泥土の処理方法は設計条件、周辺環境条件、経済性等を考慮し、フィルタープレスによる機械脱水を行い、脱水ケーキを適切に埋め立て処理するものとする。そのため、海水と混合した状態で送泥される泥土を適切に水処理する必要がある。

平成 18～20 年度大碆東工区の泥土除去工事で用いた水処理フローにしたがい、参考となる水処理機器を選定した。陸上に送泥されてくる泥水の濁度は一定でないため、凝集反応槽を設けて泥土除去原水濃度が希薄な場合でも所期の濁水処理性能が得られるような設備を選定した。

平成 20 年度工事で課題となった砂分の分級効果を改善させる方策として、微砂回収機（スパイラル分級機）を選定し、処理フローに取り入れた。図 2-3-1 に水処理フローを示した。

選定条件は、泥土と共に除去される、ゴミ類などの混在物を分離分級でき、泥土（細粒分）を含んだ排水を適切に処理し、濃縮したスラリーをフィルタープレスにより脱水可能な設備である。

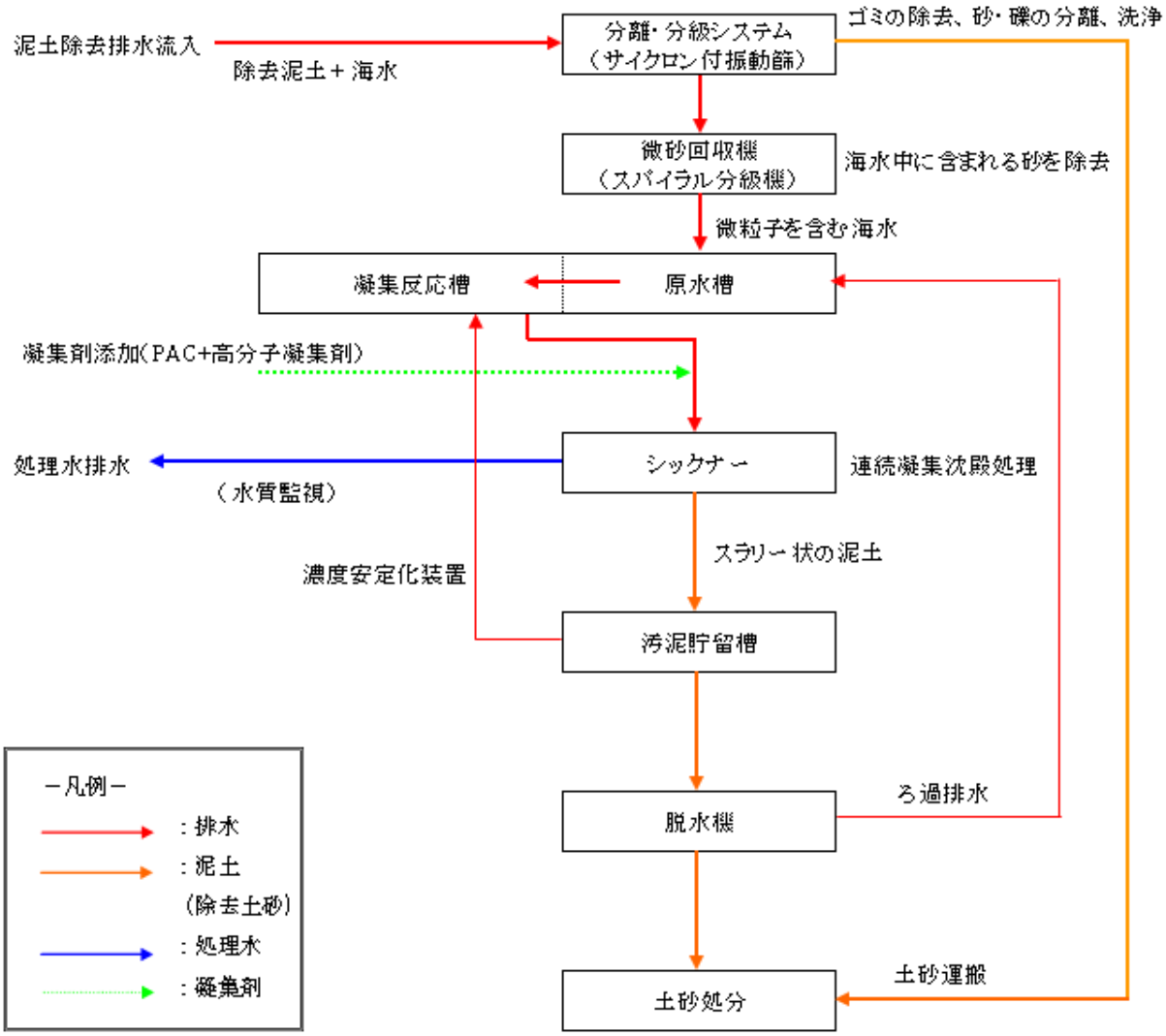


図 2-3-1　水処理フロー

3.3. 土量変化量

平成 15 年度の泥土処理実証試験より泥土除去における平均含泥率 3.5%（うち砂礫 2.5%、シルト・粘土 1.0%）と想定した場合の泥土除去にともなう土量変化量を示す（図 2-3-2 参照）。

この土量変化量に対応できる水処理設備を選定する必要がある。

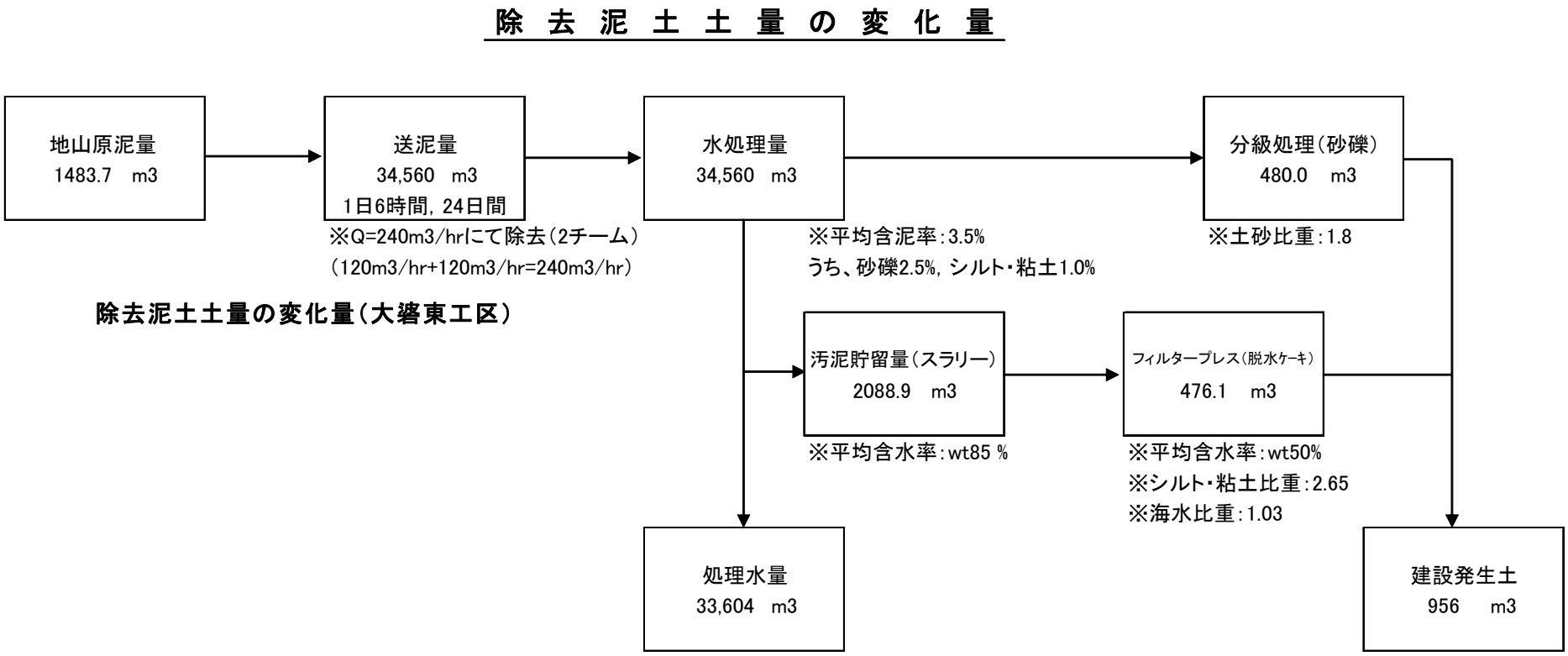


図 2-3-2 土量変化量

2-3-5

3.4.　水処理設備の選定

本概略設備計画は、泥土除去対策にともない発生する濁水の処理を目的としたものであり、その処理に必要な装置及び付属機器の詳細設計を行うものである。

【１】設備計画

〔１〕設備計画の概要

〔１〕－１　処理方法

連続凝集沈殿（機械沈殿）・機械脱水方式で行う。

〔１〕－２　運転時間

シックナー関係は　　6 時間とする。

〔１〕－３　計画条件

１．原水量	240　m^3/h	
２．原水SS	10,000　mg/㍑	（平均）実績より仮定
３．原水pH	7.5 ～ 8.5	
４．処理水SS	60　mg/㍑	
５．処理水pH	5.8 ～ 8.6	
６．処理水	放　流	
７．スラリー含水率	85 wt％（平均）	
８．脱水ケーキ含水率	50 wt％（平均）	
９．固形分比重	2.65	

（注）１．原水中に含まれる粒子径は０．１５ｍｍ（１００メッシュ）以下としそれ以上の粗粒子が混入する場合及び生コン（残コン）・異物等は前処理にて除去するものとする。

２．実運転における脱水機の稼動時間は原水性状により変動がある。

〔２〕物質収支

〔２〕－１　固形分の乾燥重量

$240m^3/h \times 10000\ mg/リットル \times 10^{-6} = 2.400\ t/h$

〔２〕－２　排出スラリー量

$$2.400 \times \frac{100}{(100 - 85)} = 16.000\ t/h$$

		比重	
固形分	2.400	2.65	0.906
水　分	13.600	1.03	13.600
	16.000	1.10	14.506 m^3/h
			87.036 m^3/日

〔２〕－３　脱水ケーキ量

$$2.400 \times \frac{100}{(100 - 50)} = 4.800\ t/h$$

		比重	
固形分	2.400	2.65	0.906
水　分	2.400	1.03	2.400
	4.800	1.45	3.306 m^3/h

〔３〕主要機器の選定

〔３〕－１　原水槽

滞留時間を　3 分とする。

$$240\ m^3/h \times \frac{3}{60} = 12.0\ m^3以上$$

よって原水槽は下記の槽を　1 基とする。

2.0m×3.0m×2.0mH　　(鋼板製)

〔３〕－２　処理水槽

滞留時間を　3 分とする。

$$240\ m^3/h \times \frac{3}{60} = 12.0\ m^3以上$$

よって処理水槽は下記の槽を　1 基とする。

2.0m×3.0m×2.0mH　　(鋼板製)

〔３〕－３　ｐＨ中和装置

炭酸ガス注入量W_C は次式により計算する。

$$W_C = 44\ kg/m^3 \times Q \times 10^{(X-14)} \times \alpha \quad (kg/h)$$

Ｑ：原水量　　240　m^3/h

Ｘ：ｐＨ値　　9

α：安全率　　３倍とする。

∴WC ＝ 44 kg/m3 × 240 × 10^(9 - 14) × 3

＝ 0.3 kg/h

気化器仕様

気化能力 60kg/h　　5kWヒーター

炭酸ガスボンベは　30　kgが　10　本なので、

30 kg × 10 ＝　300 kg

0.32 kg/h × 6 h ＝　1.9　kg/日

300 kg ÷ 1.92 kg/日 ＝　156　日

よって、約 156 日間の貯留となる。

〔３〕－４　ＰＡＣ注入装置

適正薬注量は近似原水データの実績より　100　mg/㍑とする。

使用量の計算

240　m^3/h ×　100　mg/㍑ × 10^{-3} ＝ 24.0 kg/h

ＰＡＣの液比重を1.2とすると毎時薬注量は

24 kg/h ÷ 1.2 ＝　20.0 ㍑/h ＝　0.333　㍑/min

従って注入ポンプの能力は 0.333 ㍑/min以上とします。

注入ポンプ仕様

定量ポンプ ～0.72㍑/min×100mH×0.2kW×1台

ＰＡＣ貯留槽は　4,000　㍑が　1 基なので

20 ㍑/h × 6 h ＝　120.0　㍑/日

4000 ㍑ ÷ 120 ㍑/日 ＝　33.3 日

よって、約 33 日間の貯留となる。

〔３〕－５　高分子注入装置

適正薬注量は近似原水データの実績より　3　mg/㍑とする。

使用量の計算

$240\ m^3/h \times 3\ mg/㍑ \times 10^{-3} = 0.72\ kg/h$

使用濃度を0.1%溶液（0.001 kg/㍑）とすると毎時薬注量は

0.72 kg/h ÷ 0.001 kg/㍑ ＝　720　㍑/h ＝　12.0 ㍑/min

従って注入ポンプの能力は 12 ㍑/min以上とします。

注入ポンプ仕様

定量ポンプ　～12.0㍑/min×50mH×0.4kW×1台

高分子溶解槽は　3 m^3槽が　2 槽なので、

6000 ㍑ ÷ 720 ㍑/h ＝　8.3　h

よって、約 8 時間の貯留となる。

〔３〕－６　凝集沈殿装置（シックナー）

処理水量：　Q ＝ 240 m^3/h

沈降速度：　V ＝ 4.5 m/h

沈降必要面積：　S ＝ Q／V ＝ 240 ／ 4.5 ＝ 53.34 ㎡

従って下記のシックナーを　2 基選定する。

寸　法　2.2m×9.0m×4.9mH

表面積　35.6 ㎡

台　数　2　台

〔３〕－７　微砂回収機（スパイラル分級機）

処理水量：　Q ＝ 240 m^3/h

沈降速度：　V ＝ 55 m/h　（粒子径：0.15mm以上）

沈降プール面積：S ＝ Q／V ＝ 240 ／ 55 ＝ 4.37 ㎡

従って下記の分級機を　1 基選定する。

寸　法　φ600×7500L

プール面積 10.0 ㎡

台　数　1　台

〔３〕－８　脱水機（フィルタープレス）

脱水機のろ過容積は固形分量、スラリー脱水性状及び脱水サイクルにより決定される。

※尚、スラリー性状不明の為、脱水試験の結果によっては設備の変動がある場合が考えられる。

シックナー稼動 6 時間で発生するスラリー量とケーキ量は、

スラリー量　14.506 m^3/h × 6 h ＝ 87.036 m^3

ケーキ量　3.306 m^3/h × 6 h ＝ 19.836 m^3

発生したスラリーを下記の脱水機で処理すると

ろ過面積　210.0 ㎡

ろ過容積　3.000 m^3

室　数　100 室

台　数　1 台

脱水サイクル　90 分/サイクル（加圧脱水　80 分＋開枠排土 10 分）とすると

$$19.836\ m^3 \div \frac{60\ min}{90\ min} \div 3\ m^3/サイクル = 9.9\ h$$

１日約　10 時間の稼動となる。

〔３〕－９　汚泥貯留槽

汚泥貯留槽は、下記のものを1基選定する。

汚泥貯留槽仕様

寸　法　φ3.5m×6.5mH

容　量　60 m^3

付属品　5.5 kW撹拌機

【２】機器一覧表

６０Ｈｚ　２００Ｖ関係				
番　号	機　器　名　称	台　数	機　器　仕　様	動力(kW)
1	原水槽	1	（鋼板製）　2.0m×3.0m×2.0mH 2.2kW撹拌機	2.2
2	処理水槽	1	（鋼板製）　2.0m×3.0m×2.0mH 濁度計取付台	
3	原水ポンプ	2	水中サンドポンプ 2.5m^3/min×18mH	30
4	ＰＡＣポンプ	2	ダイヤフラム定量ポンプ 0.72㍑/min×100mH	0.4
5	高分子ポンプ	3	ダイヤフラム定量ポンプ 12.0㍑/min×50mH	0.8
6	ＰＡＣ貯留槽	1	6m^3・ポリエチレン製 	
7	高分子溶解槽	2	4m^3・鋼板製　φ1.8m×1.8mH 2.2kW撹拌機	4.4
8	シックナー	2	鋼板製　集泥装置 2.2kW 2.2m×9.0m×4.9mH	4.4
9	逆洗ポンプ	2	タービンポンプ 0.36m^3/min×33mH	7.4
10	計装用コンプレッサー	2	圧力開閉式 430㍑/min×0.78～0.97MPa	7.4
11	送泥ポンプ	2	スラリーポンプ 0.3m^3/min×15mH	11
12	電磁流量計	2	積算計・記録計 150A	
13	濁度指示記録計	1	超音波洗浄・1ペン記録計 サンプリングポンプ	0.15
14	炭酸ガス集合装置	1	30kgボンベ×10本 	

番　号	機　器　名　称	台　数	機　器　仕　様	動力(kW)
15	自動気化器	1	Ｓ型　気化器 気化能力 60kg/h	5
16	ｐＨ調節計	2		
17	ｐＨ指示記録計	1		
18	ｐＨ装置 制御盤	2	鋼板製屋外型	
19	監視装置 制御盤	2	鋼板製屋外型	
20	シックナー操作盤	2	鋼板製屋外型	
21	放流水槽	1	（鋼板製）　1.8m×1.8m×1.5mH	
22	濃度安定化装置	1	（鋼板製）　2.0m×5.0m×2.0mH 2.2kW撹拌機	2.2
23	スラッジ循環ポンプ	1	スラリーポンプ 0.3m^3/min×15mH	5.5
24	濃度計	1		
25	振動篩付サイクロン分級機	1	スクリーン(1500×3600×3D) ｻｲｸﾛﾝ･ｱﾝﾀﾞｰﾀﾝｸ･ｻﾝﾄﾞﾎﾟﾝﾌﾟ・操作盤	112
26	非常用ポンプ	2	水中サンドポンプ 2.5m^3/min×18mH	30
27	微砂回収機	1	鋼板製　スパイラル 3.7kW φ600×7500L	3.7
28				
			シックナー関係　動力合計	226.55 kW

番　号	機　器　名　称	台　数	機　器　仕　様	動力(kW)
1	フィルタープレス	1	鋼板製 ろ過容積 3.0m^3・ろ過面積 210.0m^2	0.4
2	油圧ポンプユニット	1	圧力 14.7MPa　タンク容量 250ﾘｯﾄﾙ	5.5
3	高圧スラリーポンプ	1	スラリーポンプ 0.5m^3/min×50mH	18.5
4	ろ布洗浄ポンプ	1	3.9MPa	2.2
5	ケーキ引出しコンベア	1	600mmW×10000mmL	2.2
6	ろ液受装置	1	鋼板製 モーター　0.2kW	0.2
7	フィルタープレス架台	1	鉄骨鋼板製　3.8mW×12.8mL 脚・スカート	
8	プレス建屋	1	ﾌﾟﾚﾊﾌﾞ　3.6m×12.6m×2.7mH 蛍光灯0.04kW×8灯	0.32
9	汚泥貯留槽	1	60m^3 鋼板製　φ3.5m×6.0mH 7.5kW撹拌機	7.5
10	フィルタープレス操作盤	1	鋼板製　屋内自立型	
11	ろ液中継槽	1	3m^3・鋼板製　φ1.6m×1.8mH	
12	ろ液移送ポンプ	1	水中サンドポンプ 1.0m^3/min×10mH	3.7
13				
14				
			フィルタープレス関係　動力合計	40.52　kW
			２００Ｖ関係　動力合計	267.07　kW

3.5. 水処理設備の参考配置と参考フロー

水処理設備の参考配置図を図 2-3-3 に示す。また、水処理参考フローを図 2-3-4 に示す。

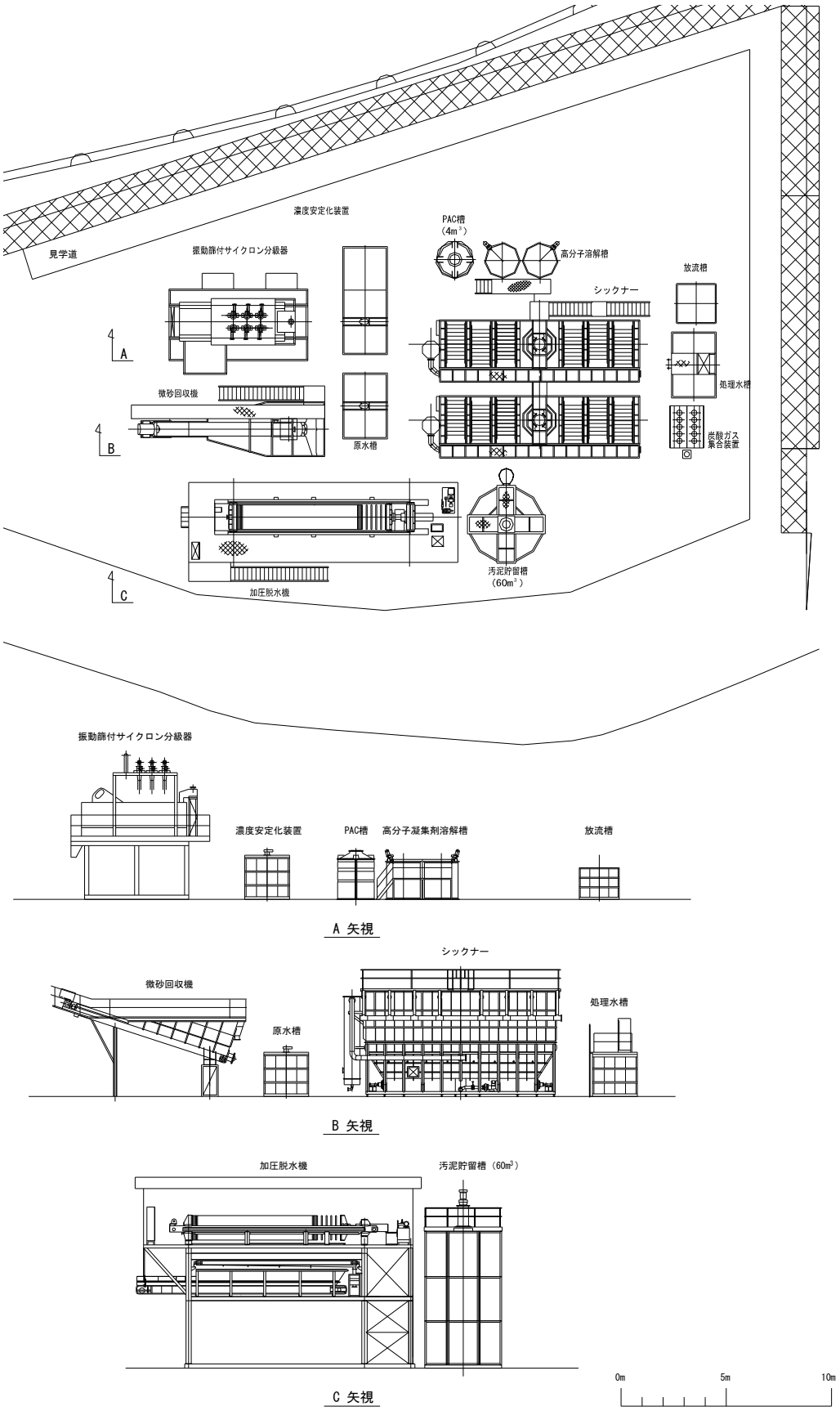


図 2-3-3　水処理設備参考配置図

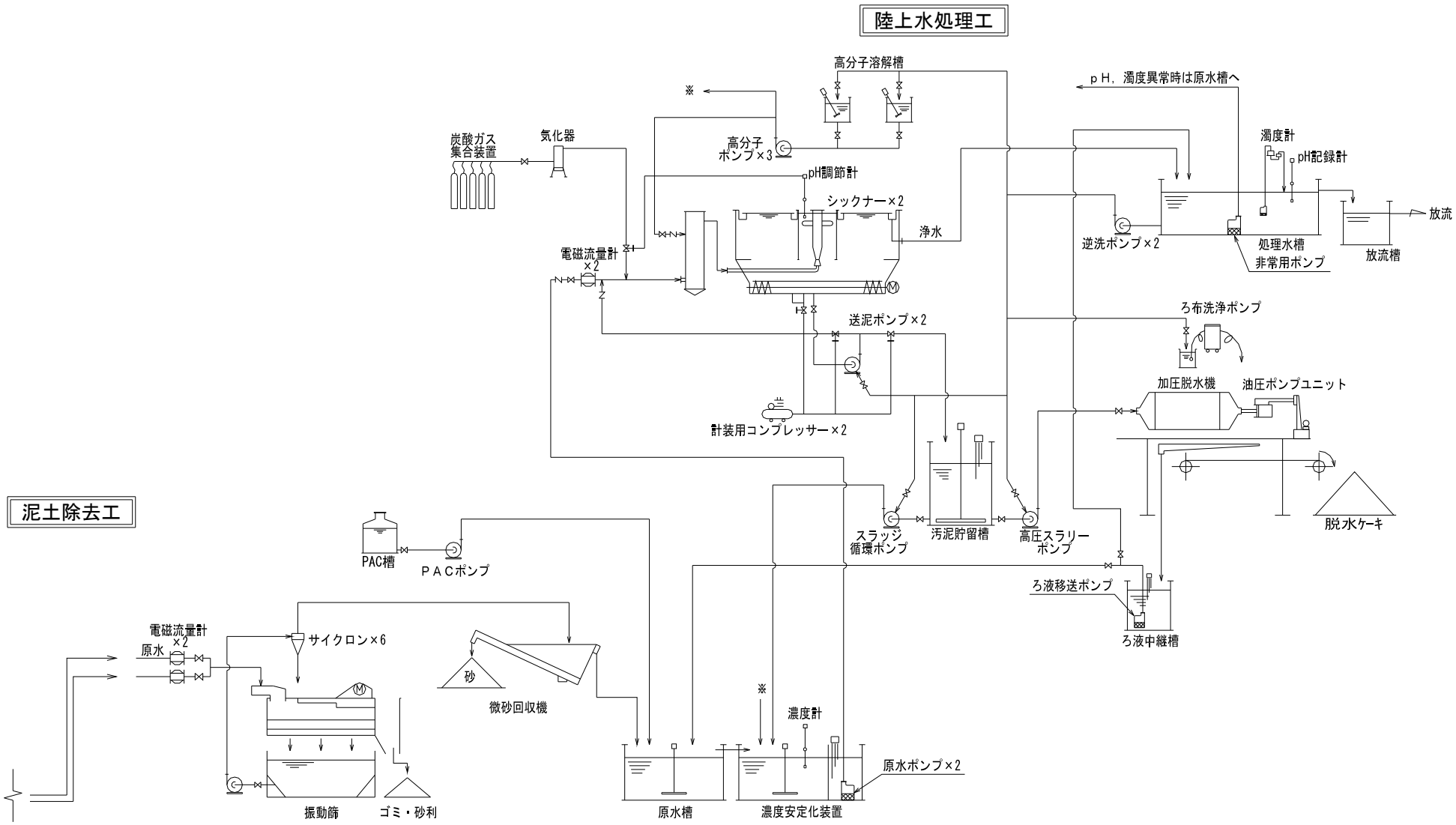


図 2-3-4　水処理参考フロー図

3.6. 水処理ヤード予定地

平成 18～20 年度泥土除去工事と同場所（竜串漁港奥部海岸）を水処理ヤード予定地とした（写真 2-3-7～2-3-9）。遊歩道などが隣接しているため観光客への影響が大きいと考えられるがバリケード等により安全を確保した上で、展示品等による情報発信を行う。また自然再生事業であるため積極的な環境学習の場として活用する。

なお、この土地は土佐清水市役所の管理地である。

写真 2-3-7　水処理ヤード予定地点位置

写真 2-3-8　水処理ヤード予定地点 全景

写真 2-3-9　竜串漁港奥部海岸

3.7. 水処理ヤード予定地のヤード造成計画

(1) 水処理ヤード造成計画図

水処理ヤードの造成に当っては、平成 20 年度泥土除去工事の残置盛土材と既設ふとんかごを流用する。また盛土材（再生クラッシャーラン）と水処理ヤード外周のふとんかご（根固めマット）は平成 20 年度泥土除去工事で利用後、太田建設残土処分場に仮置きしているものを流用する。

根固めマットの設置要領図を図 2-3-5 に示した。また水処理ヤードの造成計画図を図 2-3-6 に示す。

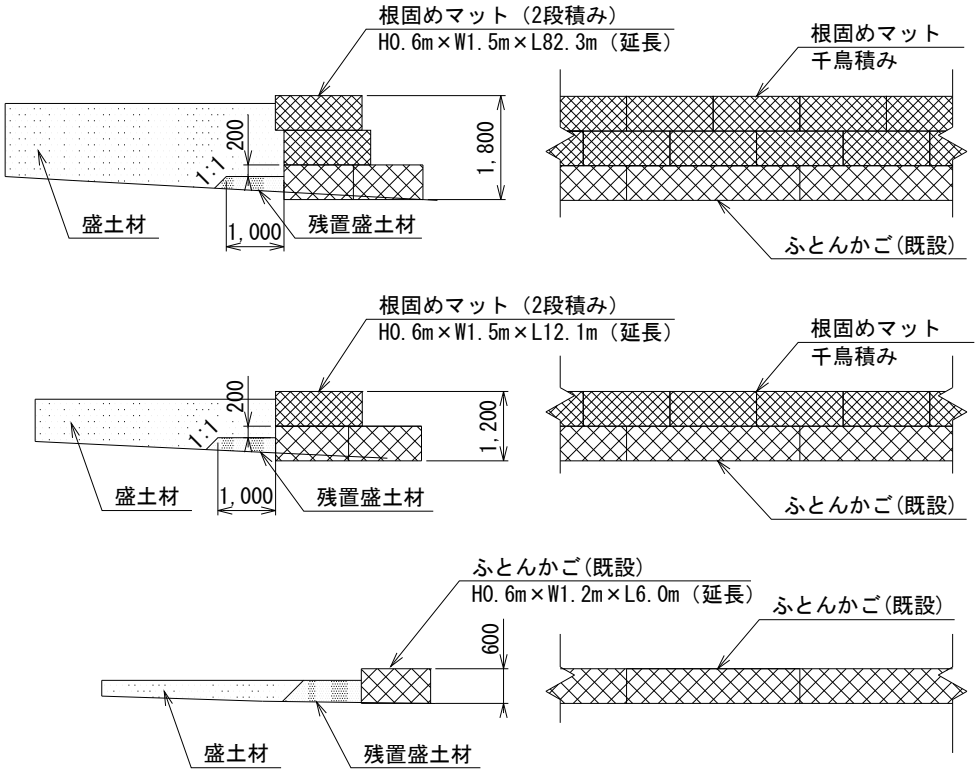
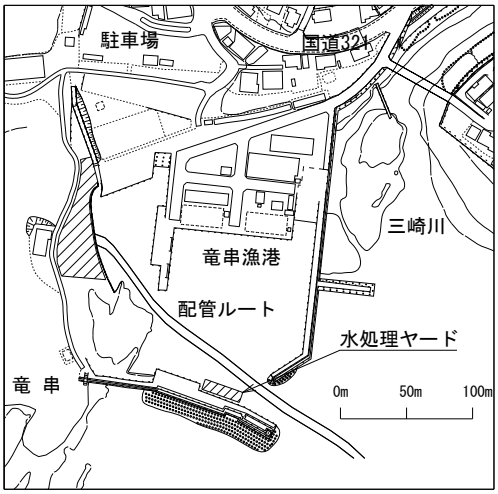


図 2-3-5　根固めマット設置要領図

水処理ヤード位置図



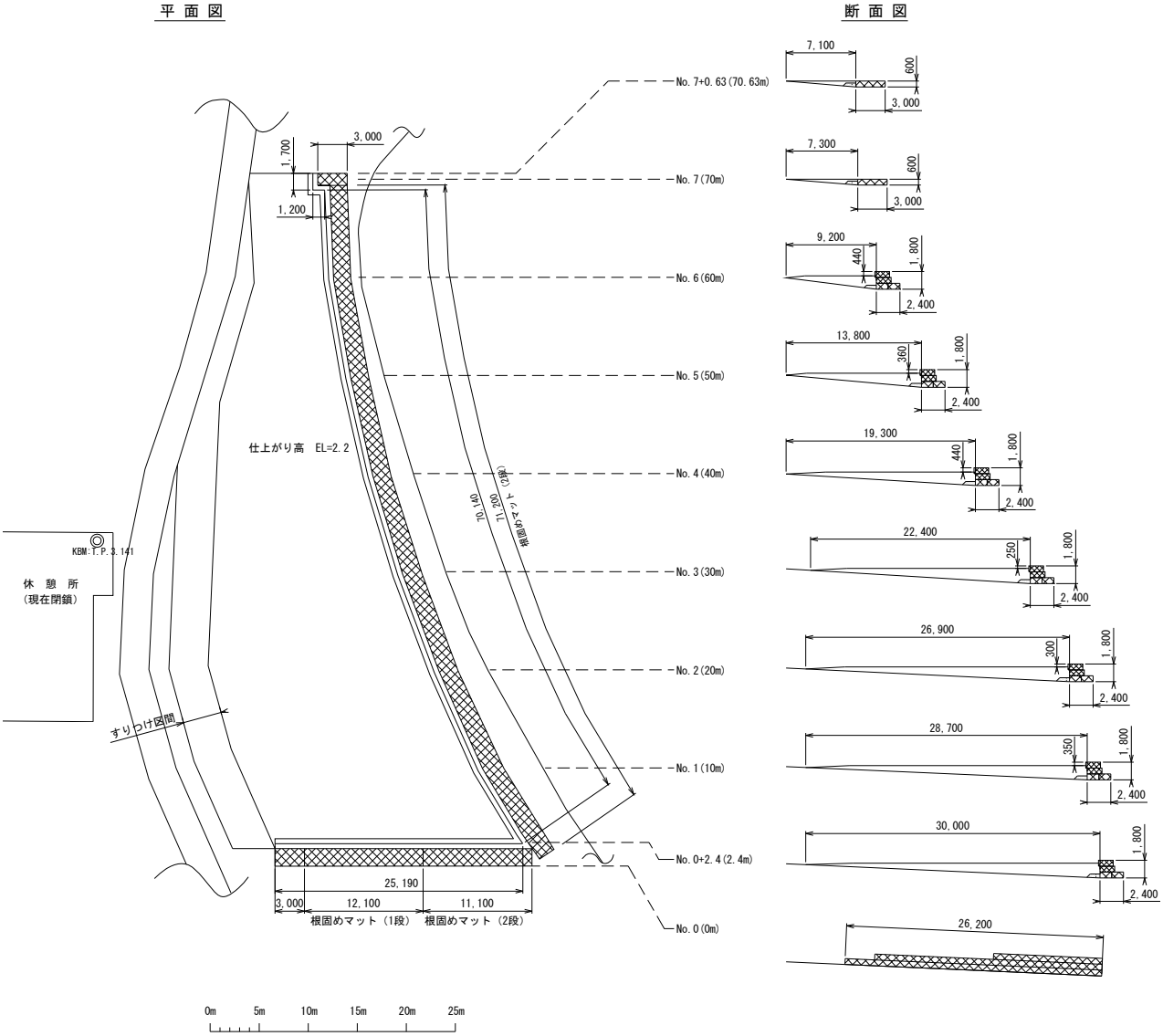


図 2-3-6　水処理ヤード造成計画図

(2) 水処理ヤード計画面積及び盛土体積の計算

① 面積の算定

水処理ヤード総平面積（図 2-3-7 の斜線部）を CAD データより算定した。

総平面積　1578.9 ㎡

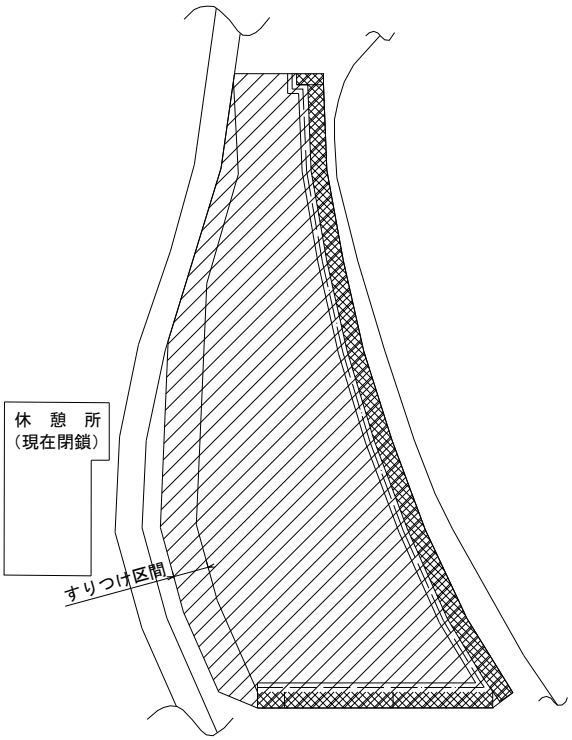


図 2-3-7　水処理ヤード総平面積算出

② 体積の算定

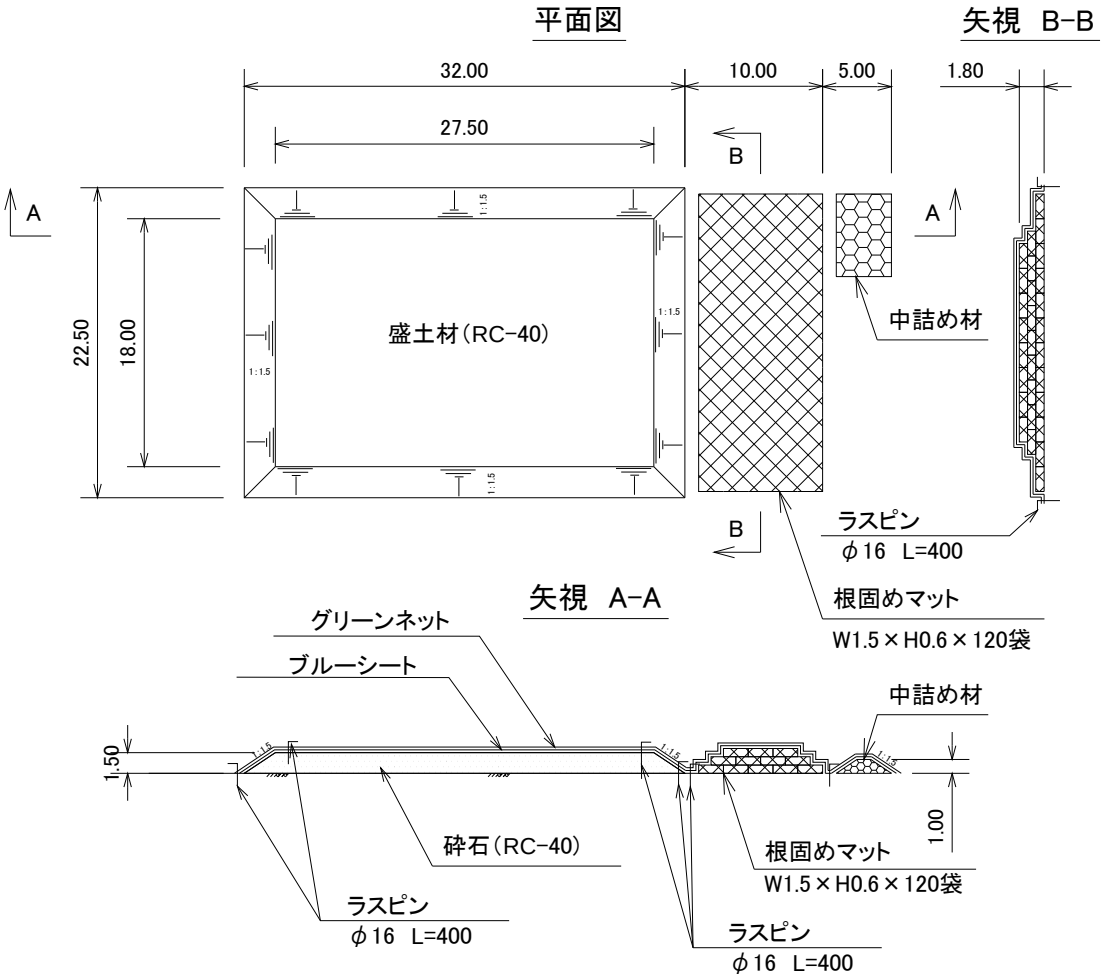
水処理ヤード盛土体積を算定した。

盛土材は平成 20 年度泥土除去工事終了後に運搬した数量と同数量を運搬するものとした。

図 2-3-8 に平成 20 年度泥土除去工事後の太田残土処分場の盛土材仮置図を示す。

平成 20 年度泥土除去工事後運搬数量　900 ㎥

よって、盛土体積　900 ㎥　となる。



盛土材・根固めマット仮置養生工 数量表			
品名	規格	単位	数量
盛土材	RC-40	m3	900.0
根固めマット	W1.5m×H0.6m	袋	120
養生材	ブルーシート	m2	1000.0
	グリーンネット	m2	1000.0

盛土材仮置養生工 数量計算書					
	算 定 式		数 量		備 考
A1	=18.0×27.5	=	495.0	(㎡)	盛土材天端
A2	=(27.5+32.0)*2.7÷2×2	=	160.7	(㎡)	盛土材法面(長辺)
A3	=(18.0+22.5)*2.7÷2×2	=	109.4	(㎡)	盛土材法面(短辺)
A4	=(1.5×5)×(1.5×12)	=	135.0	(㎡)	根固めマット平面
A5	=(1.5×34)×0.6	=	30.6	(㎡)	1段目(5列×12列)側面
A6	=(1.5×26)×0.6	=	23.4	(㎡)	2段目(4列×9列)側面
A7	=(1.5×22)×0.6	=	19.8	(㎡)	3段目(3列×8列)側面
A8	=1.0*2.6	=	2.6	(㎡)	中詰め材天端
A9	=(2.6+5.6)×1.8÷2×2	=	14.6	(㎡)	中詰め材法面(長辺)
A10	=(1.0+4.0)×1.8÷2×2	=	9.0	(㎡)	中詰め材法面(短辺)
A	=A1+A2+A3+A4+A6+A7 +A8+A9+A10	=	1000.0	(㎡)	

図 2-3-8 太田処分場盛土材仮置図

3.8. 水処理ヤード造成に関する特記事項

水処理ヤード予定地は、遊歩道と隣接し観光客の往来が多いため、安全に十分配慮し、工事関係者以外が区域に侵入できないようバリケードにより敷地境界を設ける必要がある。

但し、自然再生事業の理念にしたがい環境学習の場として利用できるようバリケードは閉鎖的ではないものとし、見学路を設ける等工夫する(写真 2-3-10 参照)。また説明パネル（写真 2-3-11）などにより情報を積極的に発信するものとする。

写真 2-3-10　バリケードフェンス及び工事見学路

写真 2-3-11　工事説明パネル

4.　現位置分級器の作業効率向上のための改造等の検討

4.1.　目的

現位置分級器は海底に堆積した細粒分を選択的に除去することを目的として、平成 19 年度弁天島東工区の泥土除去工事で使用が開始された装置で、安全性と作業性、処理する泥土の減容化可能性、従来の吸込み口での作業より作業効率が向上するなどの性能が確認されている。

平成 20 年度大碆東工区の泥土除去工事では同装置を海底表層の改質を目的として、コーラルと泥土等が混在して堆積する泥土、粘土シルト混じり砂（SPSS500kg/m^3 未満）を含む泥土の除去に使用した。

しかしながら、弁天島東工区に堆積する底質（液状シルト質）と大碆東工区に堆積する底質（塑性状粘性質）の違いや、泥土と混在するビニルゴミ・木片・藻などが原因で生じる分級室のトラブルにより、平成 19 年度工事実績と比較して作業効率が低下した。

海底表層の改質工法とは、細粒分（シルト・粘土）を分級除去し、海底面を砂質層・礫質層に改善することで直接的な濁り発生を抑止すると共に、覆砂的効果も期待するものである。この工法は SPSS500kg/m^3 未満の地点の対策としても有効な手段の一つである。

本検討では平成 20 年度工事において課題となった塑性状粘性質への対応及び、底質に混在する木片・ゴミ等のトラブルシューティング対策を目的とし、分級室の構造方式の改造検討、また分級に用いる水流発生装置の検討を行った。具体的には木片、ゴミ等の混在を考慮した分級構造方式の検討については、模型実験を実施し、現位置分級器の改造等の設計検討を行った。

平成 20 年度工事での泥土除去状況を写真 2-4-1～写真 2-4-3 に示した。

写真 2-4-1　現位置分級器作業状況

写真 2-4-2　大碆東海域底質状態

写真 2-4-3　現位置分級器の分級材料破損状況

4.2.　分級室の構造方式の改造検討（模型実験）

(1) 目的

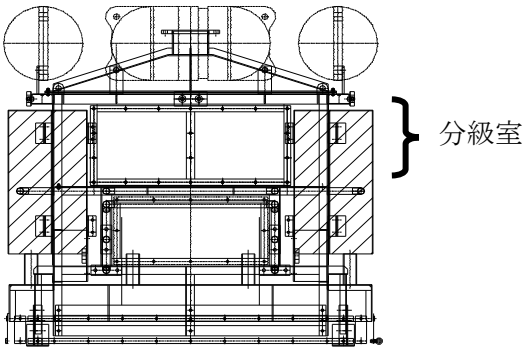


図 2-4-1　現位置分級装置

平成 20 年度までの工事で用いた現位置分級器は、分級効果を高めるため、ハニカムやパンチドメタル等の整流板を用いた分級室で流速の整流、均等化を行っている。しかしながらゴミの多い場所ではゴミが分級室入り口に吸い付き、分級室を閉塞させることにより問題が発生している。そこで底質に混在する木片・ゴミ等のトラブルシューティング対策として、既存の装置分級部(図 2-4-1)に用いているハニカム構造に換え、仕切り壁構造を検討し適切な分割数、流量調節を実験により決定することを目的とした。

本検討で行った模型実験項目は『仕切り壁分割数の検討試験』、『整流（流速分布）試験』である。

(2) 仕切り壁分割数の検討試験

1)　実験内容

（ｉ）分割パターン

分級部（縦 800mm、横 1250mm、高さ 445mm）を分割して、各々の性能を模型によって確認した。検討を行う分割パターンは下記のパターンとした。

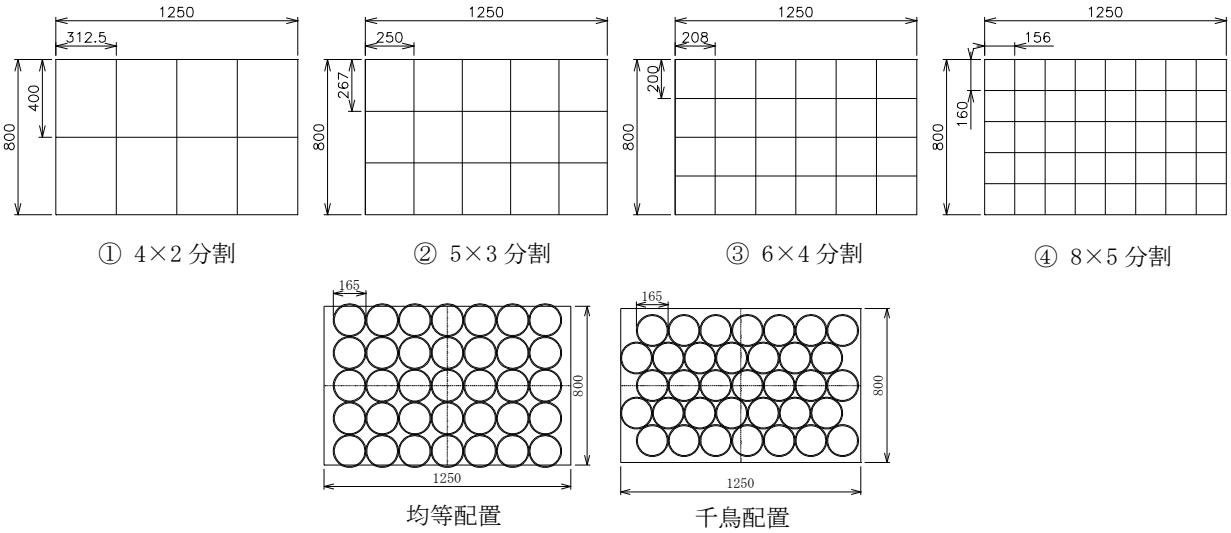
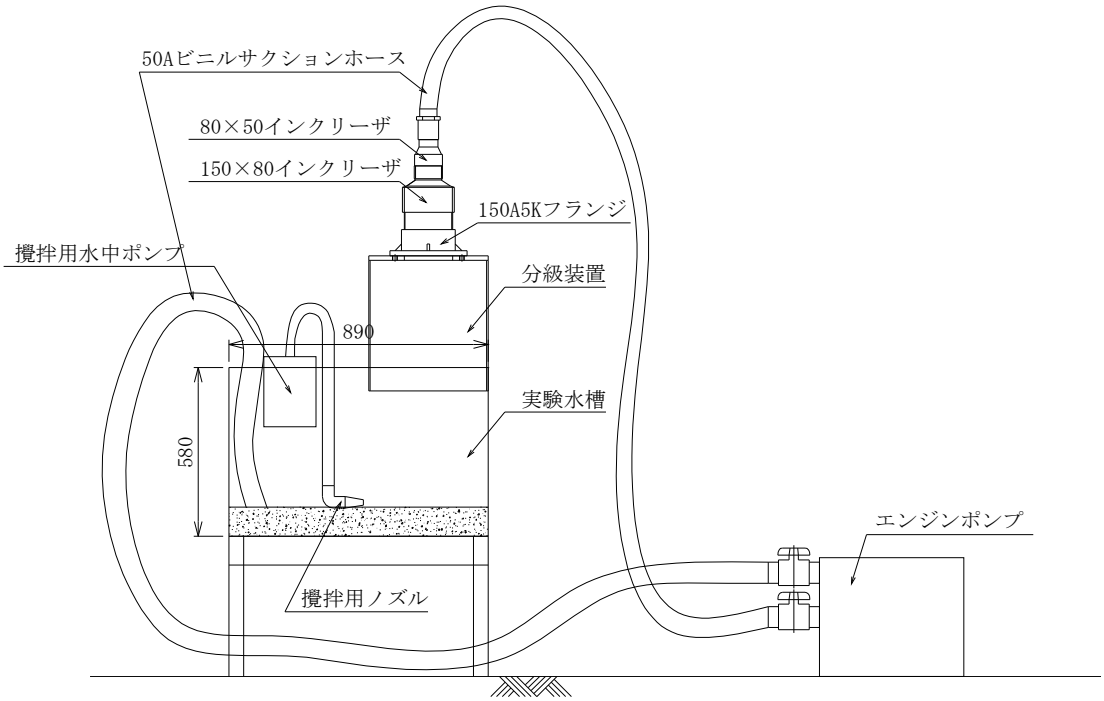


図 2-4-2　分割パターン

(ⅱ)分割パターン試験方法

土砂の分級は相似則が成立しないため、それぞれの分割パターンの１区画を実機サイズで製作し、分級性能を比較した。実験設備図を図 2-4-3 に、装置外観を写真 2-4-4 に示す。



実験水槽：L0.42m×W0.87m×H0.58m(内寸)、容量 212 リットル

エンジンポンプ：最大吐出量 500L/min、最大揚程 30m

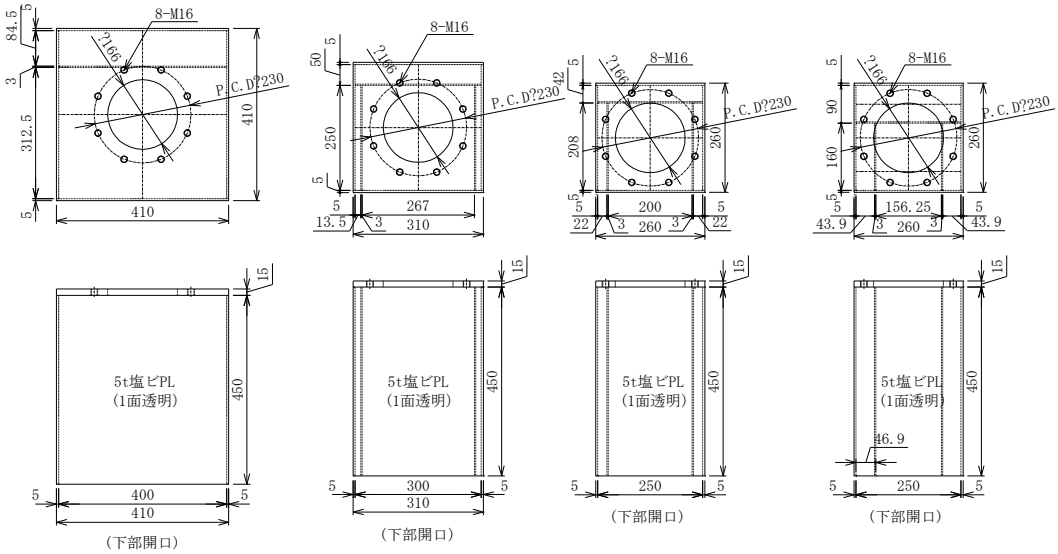
攪拌用水中ポンプ：最大吐出量 220L/min 最大揚程 10m

図 2-4-3　実験設備図

写真 2-4-4　実験装置外観

（iii）分割模型

製作した模型を図 2-4-4 に、写真を写真 2-4-5 に示す。



①4×2分割模型　②5×3分割模型　③6×4分割模型　④8×5分割模型

図 2-4-4　分割パターン 1 区画

①4×2 分割模型：吸引口内寸 W400mm×L312.5mm

②5×3 分割模型：吸引口内寸 W267mm×L250mm

③6×4 分割模型：吸引口内寸 W200mm×L208mm

④8×5 分割模型：吸引口内寸 W156mm×L160mm

写真 2-4-5　分割パターン 1 区画の模型

（ⅳ）試験条件

分級装置内の通過流速を 3cm/s に設定した場合、それぞれの管内流速と流量は表 2-4-1 の通りになる。これらの条件下で実験を実施した。

また、比較のため、φ150mm 管のみの実験も実施した。

表 2-4-1　試験条件

	分級装置内流速	φ150 管内 通過流速	実験流量
①4×2 分割	3cm/s	21.2cm/s	225L/min
②5×3 分割	3cm/s	11.3cm/s	120L/min
③6×4 分割	3cm/s	7cm/s	74.9L/min
④8×5 分割	3cm/s	4.2cm/s	44.9L/min
⑤φ150 管	3cm/s	3cm/s	31.8L/min

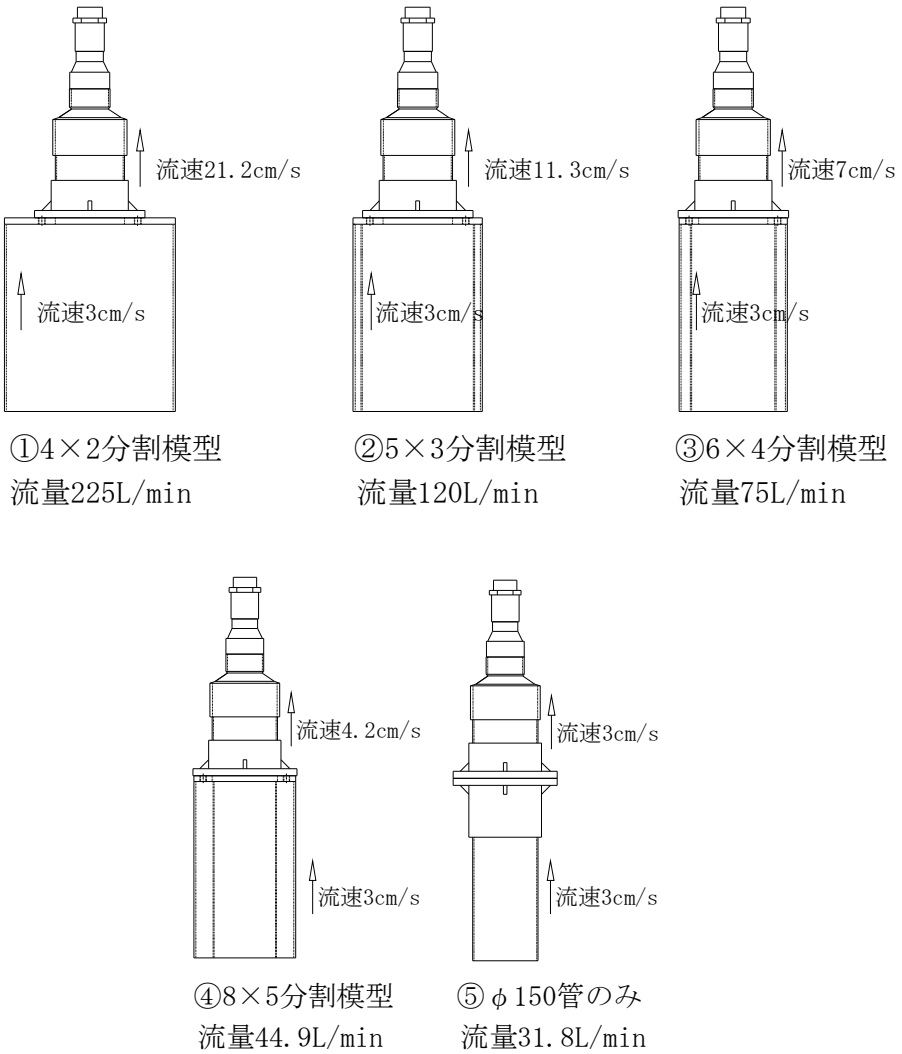
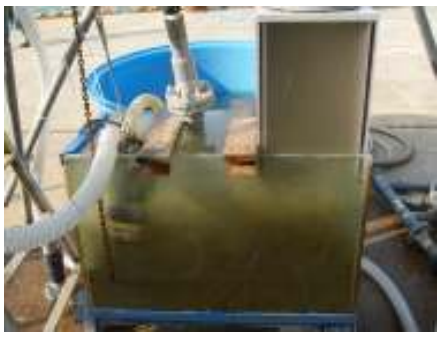


図 2-4-5　試験条件

2)　実験写真

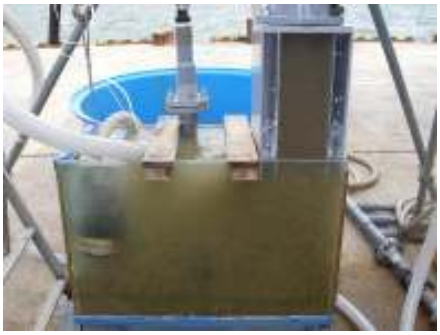
①4×2 分割

②5×3 分割



③6×4 分割

④8×5 分割



⑤φ150 管

写真 2-4-6　実験状況写真

3)　実験結果および考察（砂採取による比較）

目視では分級の様子の違いが確認しづらかったため、排水口から定量（45 リットル）の採水を行い、その中の細砂以上（粒径 75μm 以上）の砂を採取し比較した（写真 2-4-7）。

また、採取した砂の量を定量的に比較するため、各試料中の乾燥重量を測定した結果を表 2-4-2 に示す。

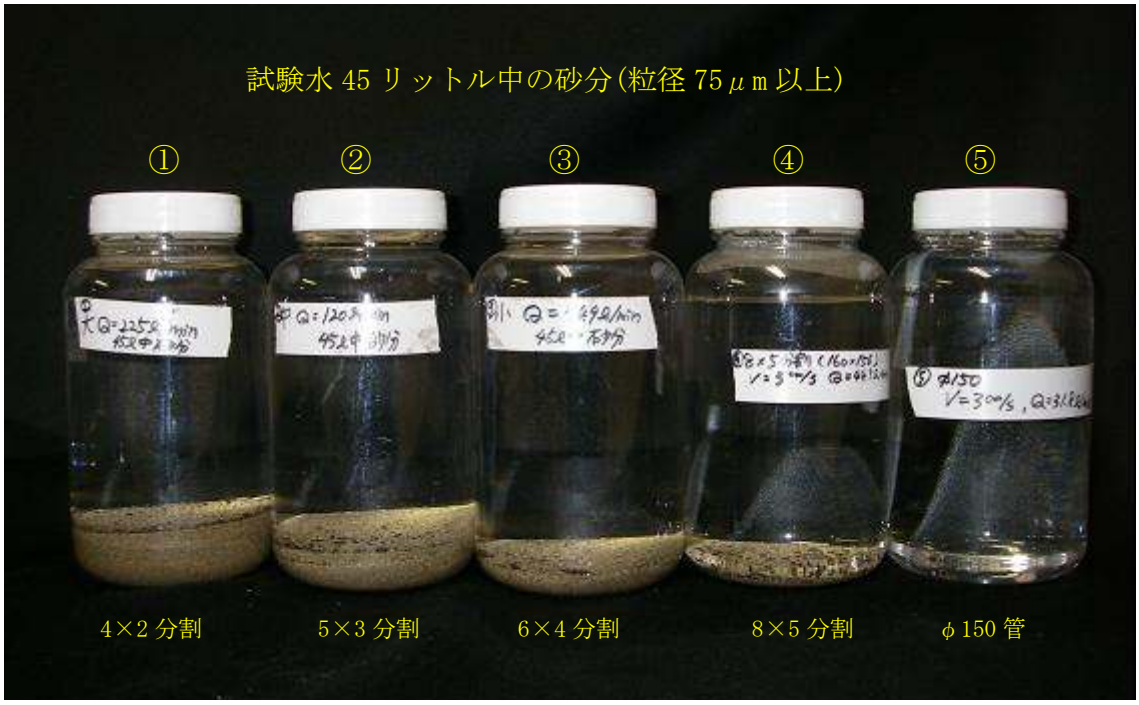


写真 2-4-7　砂採取による比較

表 2-4-2　試料①～⑤の乾燥重量

		①	②	③	④	⑤
乾燥重量	(g/45L)	144.79	103.54	56.13	13.94	0.21
	(g/L)	3.22	2.30	1.25	0.31	0.0047

この結果、⑤のφ150 管のみが最も砂の吸引量が少なかった。φ150 管のみの場合は分級部と上部吸込み口との断面積差が無く、急激に流速が速まる部分が無いため安定した吸引流速が保たれるためと推定された。

このことから分級部と上部吸込み口径との断面積差＝流速差が少ないものほど良いことが確認された。しかしながら実機において分級部に配管を多量に施工する場合、寸法上配置方法が難しいという課題がある。

そこで、角型(格子)の施工を考慮して、管以外で砂の吸引量が最も少なかった④8×5 分割と⑤φ150 管のみに限定して比較を行った。

4)　追加実験（分級部の形状による性能比較）

分級部の形状の違いによる性能を比較するため、上部吸込み口での流速を同じにして比較実験を行った。表 2-4-3 の⑥、⑦に試験条件を示す。

表 2-4-3　追加試験条件

	分級装置内流速	φ150 管内 通過流速	実験流量
④ 8×5 分割	3cm/s	4.2cm/s	44.9L/min
⑥ φ150 管	**4.2cm/s**	**4.2cm/s**	**44.9L/min**
⑤ φ150 管	3cm/s	3cm/s	31.8L/min
⑦ 8×5 分割	**2.1cm/s**	**3cm/s**	**31.8L/min**

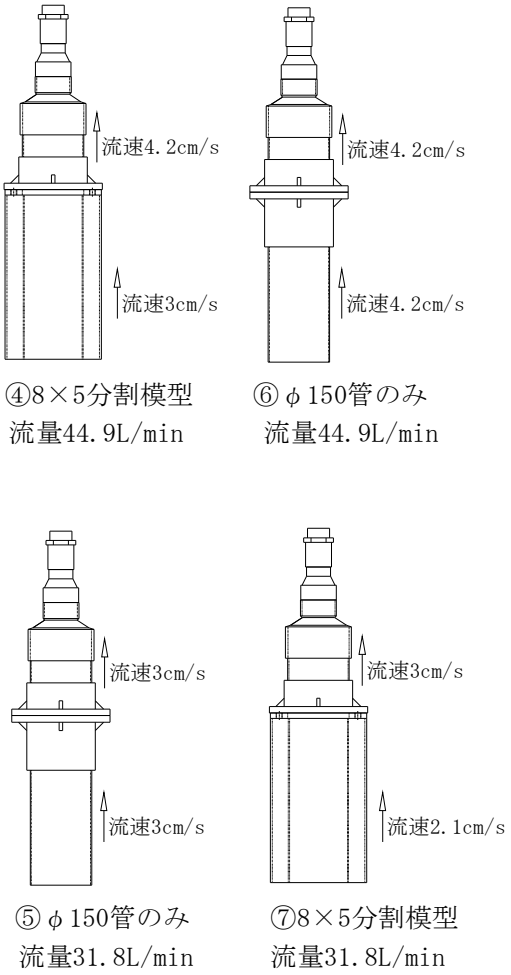


図 2-4-6　追加試験条件

⑥、⑦の試験条件で実験を行い、①～⑤の砂採取方法と同様の方法で砂を採取して比較した（写真 2-4-8、2-4-9）。また、採取した砂の乾燥重量を測定した結果を表 2-4-4、2-4-5 に示す。

写真 2-4-8　④8×5 分割（左）と⑥φ150（右）の採取砂の比較

表 2-4-4　試料④と⑥の乾燥重量

		④	⑥
乾燥重量	(g/45L)	13.94	20.27
	(g/L)	0.31	0.45

写真 2-4-9　⑦8×5 分割（左）と⑤φ150（右）の採取砂の比較

表 2-4-5　試料⑦と⑤の乾燥重量

		⑦	⑤
乾燥重量	(g/45L)	0.80	0.21
	(g/L)	0.018	0.0047

【仕切壁分割数の検討試験　結論】

吸込み口流速が同じ(＝流量)が同じであれば、角型(8×5 分割)でもφ150 管でも吸引した砂の量に大きな差は生じない。以上より、8×5 分割(1 区画 156mm×160mm)の形状を用い 1/3 縮尺模型の整流試験を行うものとした。

(3) 整流（流速分布）試験

1) 実験内容

（ｉ）実験方法および実験模型

砂を用いた分級部実験結果より、8×5 分割の格子を作成し、全体模型（1/3 縮尺）に組み込み、電磁流速計で各部の流速分布を計測しながら整流に最適な上部孔径の検討を実施した。

製作した 1/3 実機模型を図 2-4-7 に示し、1/3 実機模型の写真を写真 2-4-10 に、8×5 分割の格子の写真を写真 2-4-11 に示す。

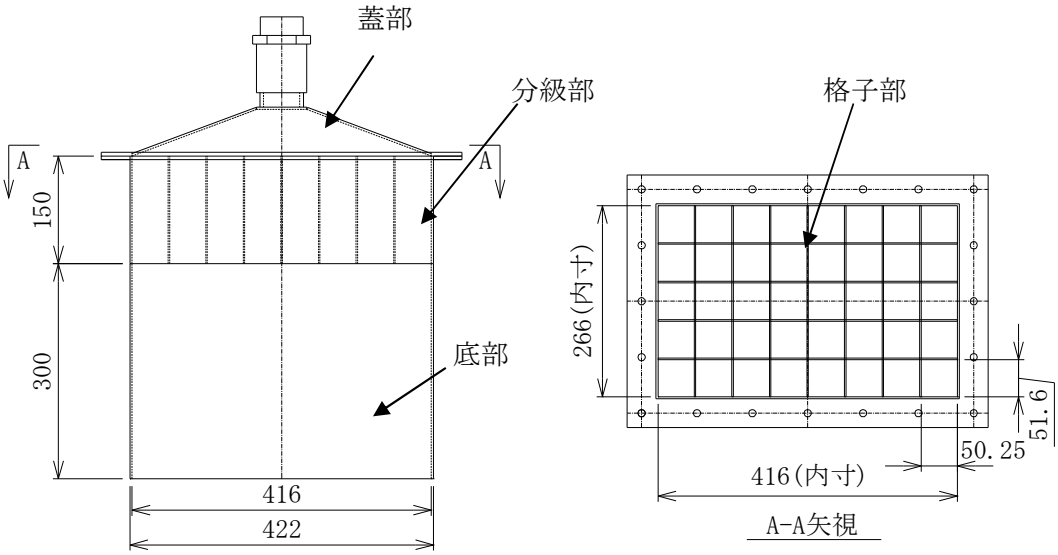


図 2-4-7　1/3 実機模型図

写真 2-4-10　1/3 実機模型写真

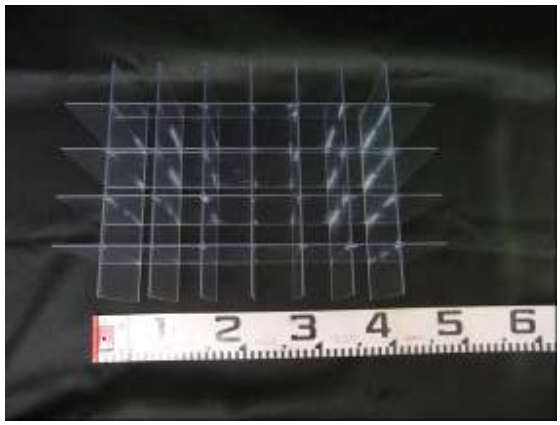


写真 2-4-11　格子写真

1/3 実機模型仕様

蓋部・・・材質：透明塩ビ、吸込み口径 50A

分級部・・材質：透明アクリル

格子部・・材質：透明塩ビ、厚さ 2mm。1 角寸法 50.25mm×51.6mm

底部・・・材質：透明アクリル

（ⅱ）実験設備図

整流（流速分布）試験の実験設備図を図 2-4-8 に示す。また電磁流速計取付状況、実験設備の写真をそれぞれ写真 2-4-12、2-4-13 に示す。

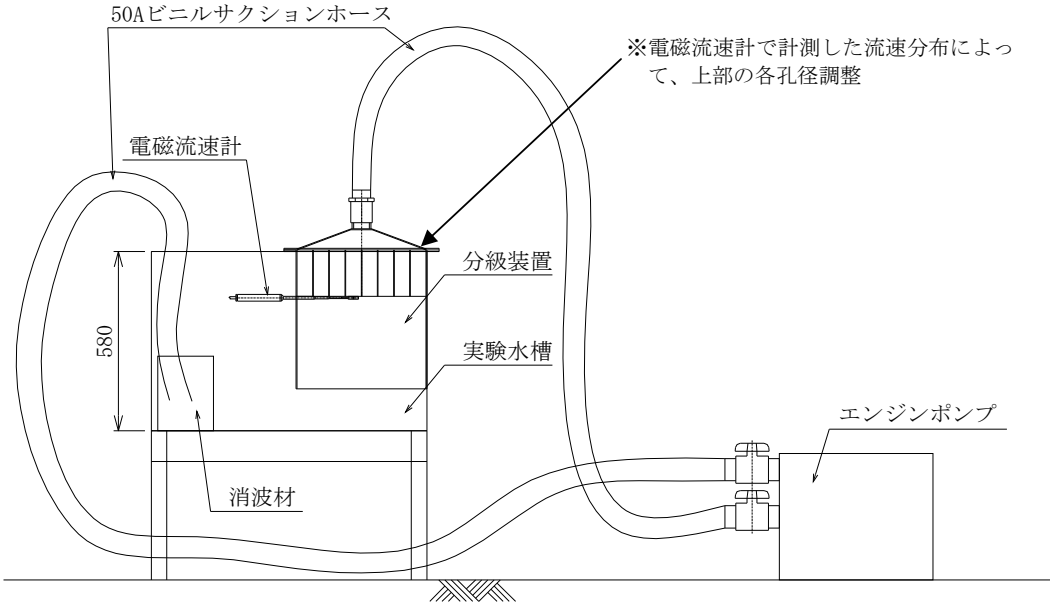


図 2-4-8　実験設備図

写真 2-4-12　流速計取付状況

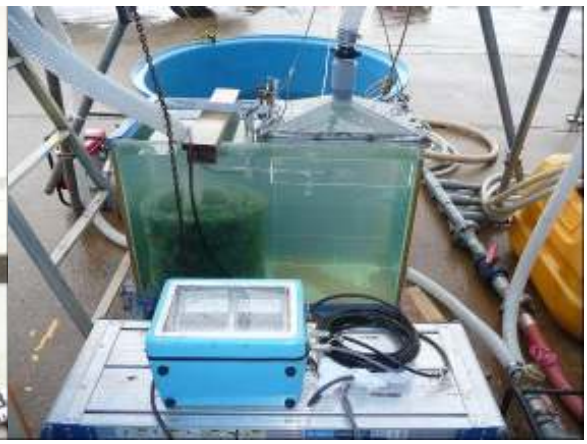


写真 2-4-13　実験設備写真

使用流速計

JFE アレック株式会社　製

2 軸型電磁流速計　ACM200-A

（ⅲ）試験条件

格子の上部孔径（オリフィス）の試験条件を表 2-4-6 に示あう。また各条件の縮尺模型の写真を写真 2-4-14 に示す。

表 2-4-6　上部孔径（オリフィス）試験条件

実験名称	試験条件	備考
比較対照実験	格子無し	
Case.1	格子のみ	
Case.2	オリフィスφ45(中央 4×3 ヶ所)	
Case.3	オリフィスφ45(14 箇所)、φ25(中央 6 ヶ所)	
Case.4	オリフィスφ25(22 ヶ所)	
Case.5	オリフィスφ25(6×5 ヶ所)	
Case.6	オリフィスφ25(6×5 ヶ所)、φ45(両端 10 ヶ所)	
Case.7	オリフィスφ25(全ヶ所)	

※模型は 1/3 縮尺であるため、模型寸法φ45 は実機寸法φ135、模型寸法φ25 は実機寸法φ75 である。

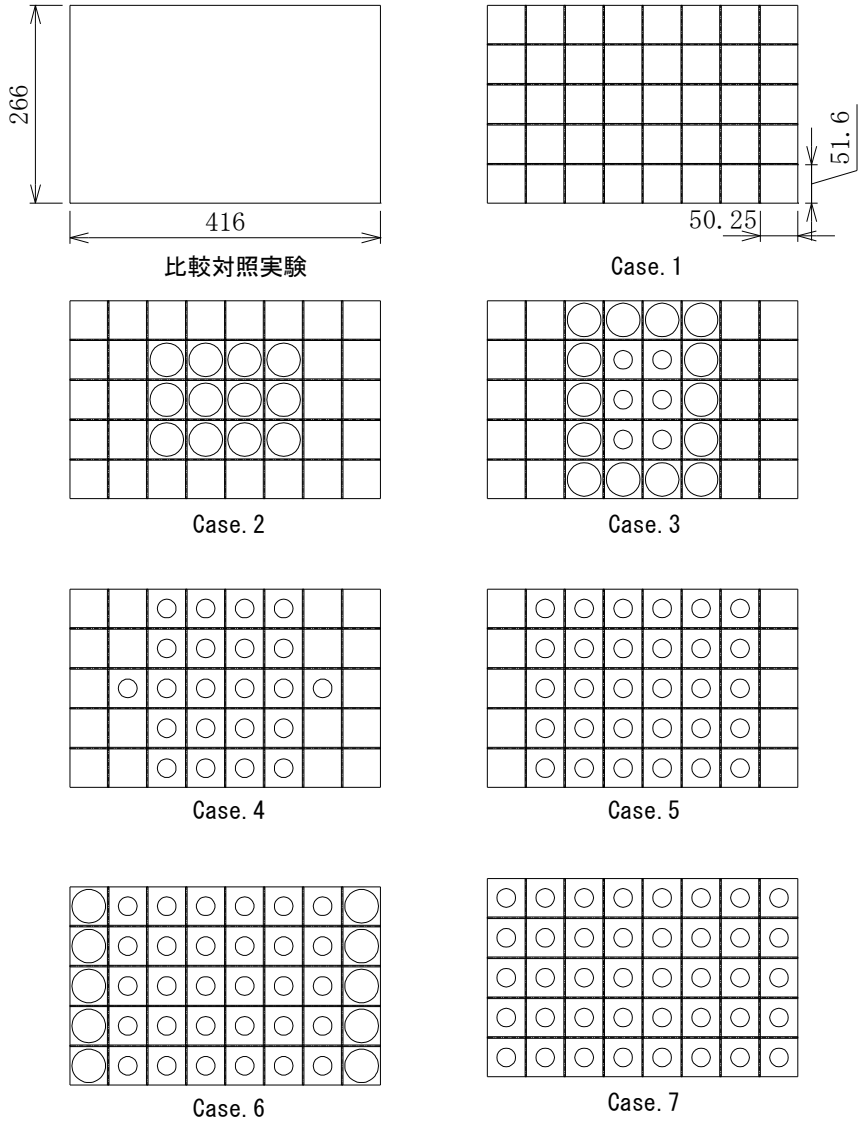
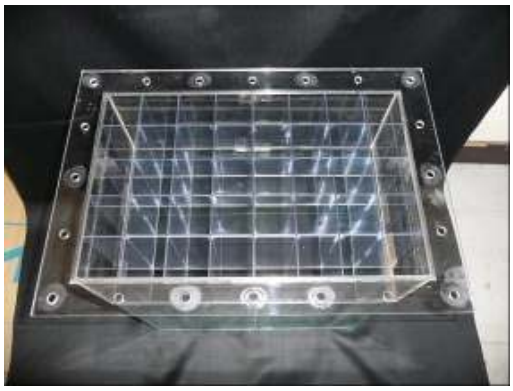


図 2-4-9　模型図面

比較対照実験



Case. 1

Case. 2

Case. 3

Case. 4

Case. 5

Case. 6

Case. 7

写真 2-4-14　模型写真

2) 実験結果および考察（流速分布計測による比較）

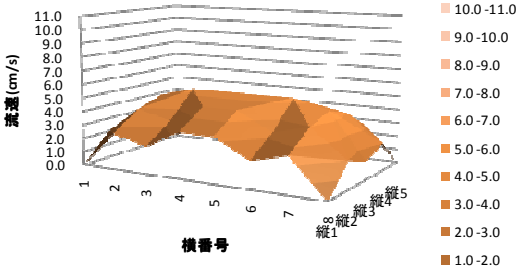
図 2-4-10、2-4-11 に流速分布計測結果を示す。

流速分布凡例：10以上　6以上10未満　4以上6未満　2以上4未満

※実験模型の 1 角より 4×3 メッシュ区画分(図中太線部分)の流速分布を計測し、線対照部分は同じと仮定し評価した。

縦番号	1	2	3	4	5	6	7	8
5	0.0	2.6	2.0	3.3	3.3	2.0	2.6	0.0
4	2.0	4.0	3.3	4.6	4.6	3.3	4.0	2.0
3	1.3	4.6	5.3	5.3	5.3	5.3	4.6	1.3
2	2.0	4.0	3.3	4.6	4.6	3.3	4.0	2.0
1	0.0	2.6	2.0	3.3	3.3	2.0	2.6	0.0

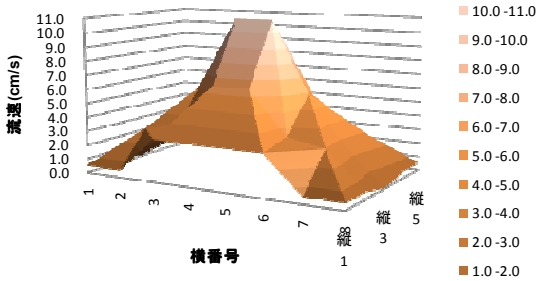
横番号



吸込み口に近い中央部分の流速が速く、中心より遠ざかるほど流速は遅くなり、４隅はほとんど流速が無かった。また、乱れも大きく(流向の乱れ)計測数値の誤差も大きいと考えられた。

比較対照実験　格子なし

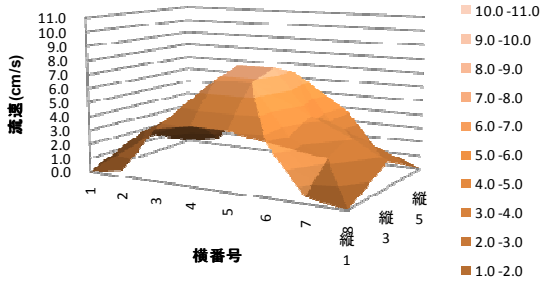
縦番号	1	2	3	4	5	6	7	8
5	0.5	0.5	3.0	3.0	3.0	3.0	0.5	0.5
4	0.5	3.0	3.5	6.4	6.4	3.5	3.0	0.5
3	0.0	2.5	6.0	10.9	10.9	6.0	2.5	0.0
2	0.5	3.0	3.5	6.4	6.4	3.5	3.0	0.5
1	0.5	0.5	3.0	3.0	3.0	3.0	0.5	0.5



吸込み口に近い中央部分の流速が極端に速くなり、端の方はほとんど流速が無かった。

Case.1　格子のみ

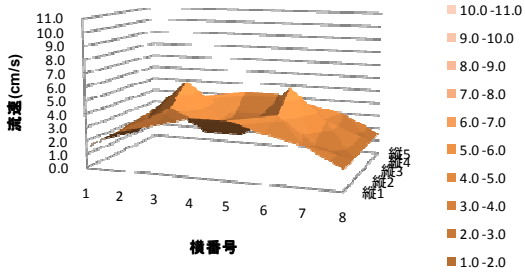
縦番号	1	2	3	4	5	6	7	8
5	0.0	0.5	3.6	4.1	4.1	3.6	0.5	0.0
4	0.9	2.3	3.4	6.8	6.8	3.4	2.3	0.9
3	1.8	3.2	4.3	7.5	7.5	4.3	3.2	1.8
2	0.9	2.3	3.4	6.8	6.8	3.4	2.3	0.9
1	0.0	0.5	3.6	4.1	4.1	3.6	0.5	0.0



中央部をφ45㎜で抑えたが、依然として中央部の流速は速かった。このため、1 角の開口面積比を 20%程度まで落とした方がよいと考え、中央部オリフィス径をφ25㎜に変更した。

Case.2　オリフィスφ45 中央 4×3 ヶ所

縦番号	1	2	3	4	5	6	7	8
5	1.6	2.9	3.5	4.3	4.3	3.5	2.9	1.6
4	1.6	2.3	4.3	2.7	2.7	4.3	2.3	1.6
3	1.6	3.5	5.8	2.9	2.9	5.8	3.5	1.6
2	1.6	2.3	4.3	2.7	2.7	4.3	2.3	1.6
1	1.6	2.9	3.5	4.3	4.3	3.5	2.9	1.6

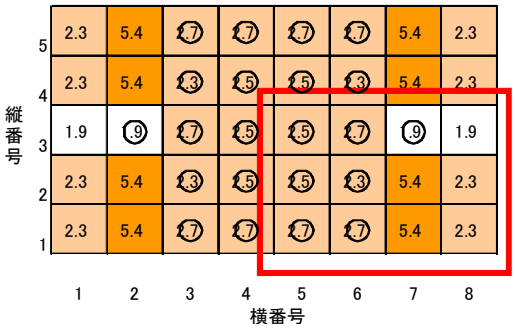


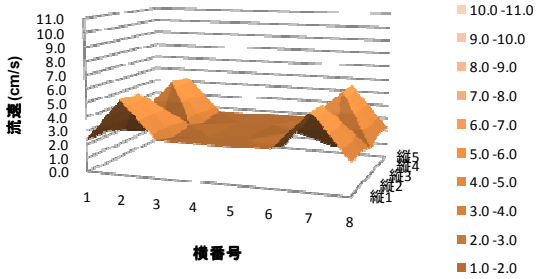
中央部の流速は抑える事が出来たが、その周辺の流速が速くなっていった。一方、中央部を抑えることによって両端の流れが見られるようになった。

Case.3　オリフィスφ45(14 箇所)、φ25(中央 6 ヶ所)

図 2-4-10 流速平面分布（左）、流速分布図（右）

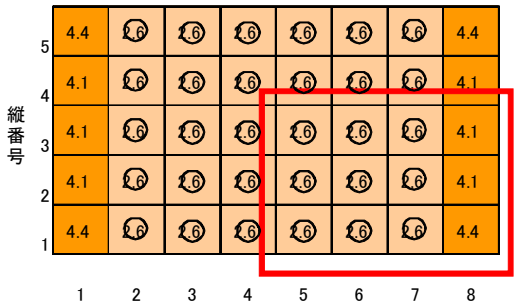
流速分布凡例：10以上　6以上10未満　4以上6未満　2以上4未満

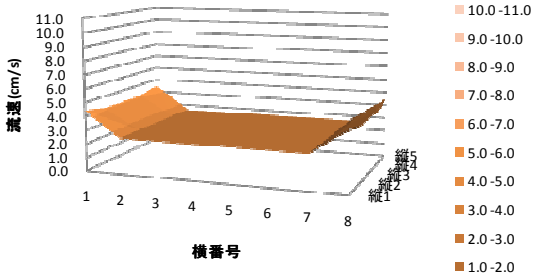




Case.3 において流速の速い部分を更にφ25mm オリフィスに変更した。φ25mm オリフィス部はほぼ一様の流速になる事が認められたが、その外側に依然として流速が速い部分が認められた。

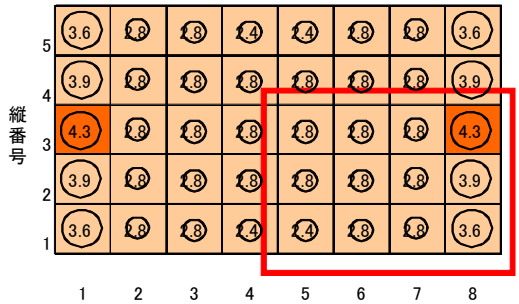
Case.4　オリフィスφ25(22 ヶ所)

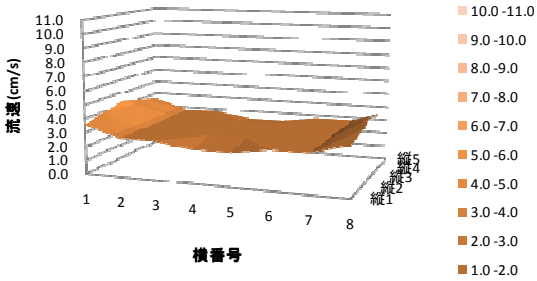




6×5 箇所をφ25mm オリフィスに変更したが、両端 1 列は依然として若干流速が速かった。

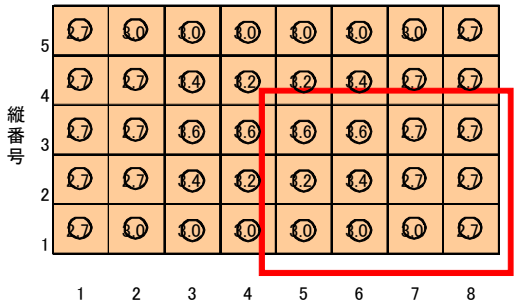
Case.5　オリフィスφ25(6×5 ヶ所)

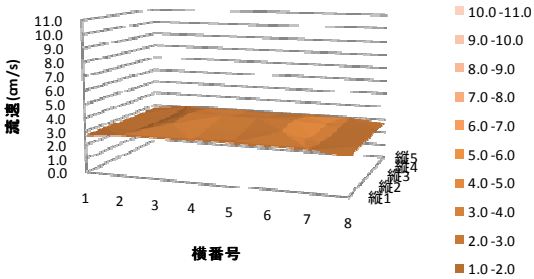




Case.5 において、両端 1 列の流速が若干速いため、φ45mm のオリフィスで塞いだ。しかし、依然両端の流速が速かった。

Case.6　オリフィスφ25(6×5 ヶ所)、φ45(両端 10 ヶ所)



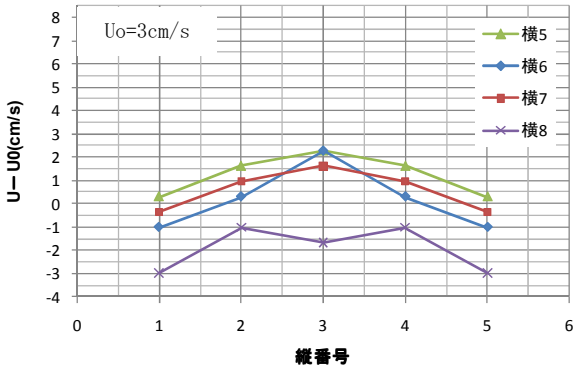


Case.6 において、φ45mm のオリフィスでは両端の流速を抑える事が出来なかったため、全ヶ所φ25mm オリフィスにした。その結果、極端に流速が速い部分は無くなりほぼ一様の流速を得る事が出来た。

Case.7　オリフィスφ25(全ヶ所)

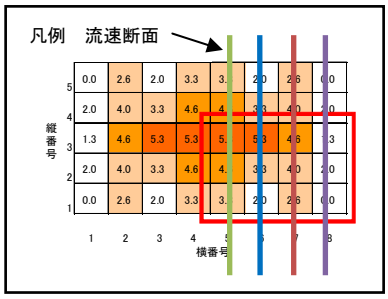
図 2-4-11 流速平面分布（左）、流速分布図（右）

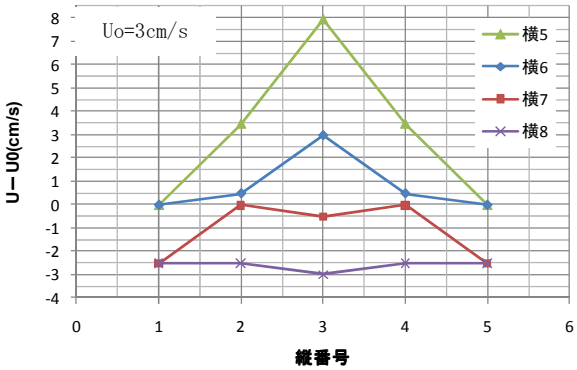
整流目標とする装置内の流速は 3cm/s である。実験で計測された流速 U と目標流速 Uo との差をとり、流速断面分布図を図 2-4-12、図 2-4-13 に示す。



比較対照実験　格子なし

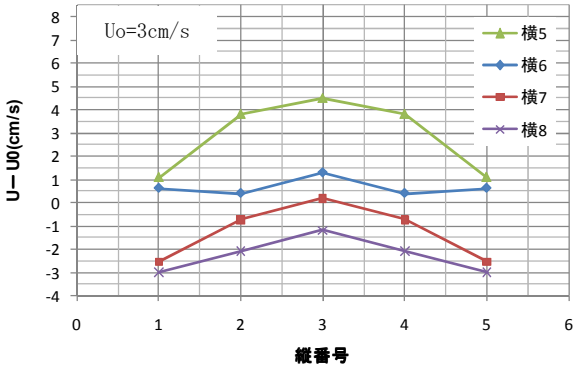
目標流速（3cm/s）に対し、0cm/s～5.3cm で流速のバラつきが大きい。





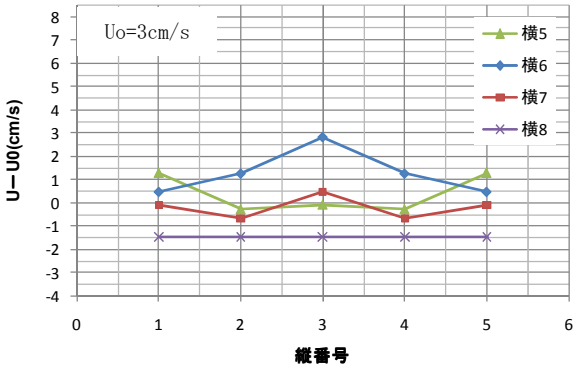
Case.1　格子のみ

目標流速（3cm/s）に対し、0cm/s～10.9cm で流速のバラつきが最も大きい。



Case.2　オリフィスφ45 中央 4×3 ヶ所

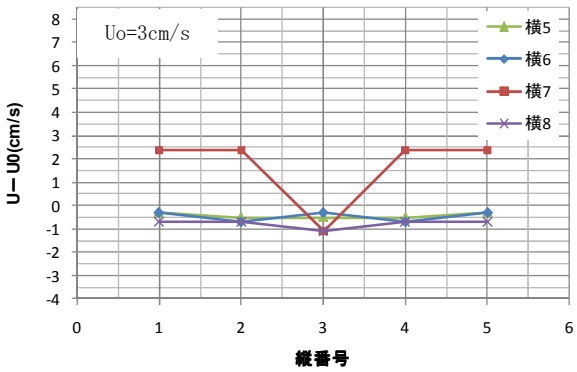
目標流速（3cm/s）に対し、0cm/s～7.5cm で流速のバラつきが Case-1 に次いで大きい。



Case.3　オリフィスφ45(14 箇所)、φ25(中央 6 ヶ所)

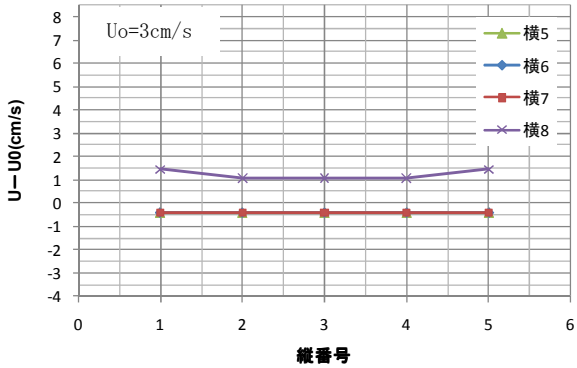
目標流速（3cm/s）に対し、1.6cm/s～5.8cm で流速のバラつきが Case-2 に次いで大きい。

図 2-4-12　流速断面分布図　目標流速 Uo との差



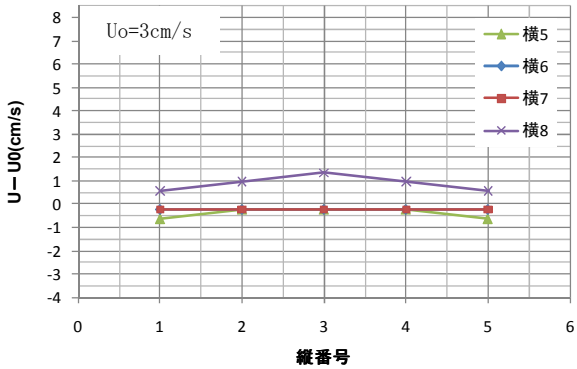
Case.4　オリフィスφ25(22ヶ所)

目標流速（3cm/s）に対し、1.9cm/s～5.4cmで比較的均等化が図れたものの、まだ流速のバラツキがある



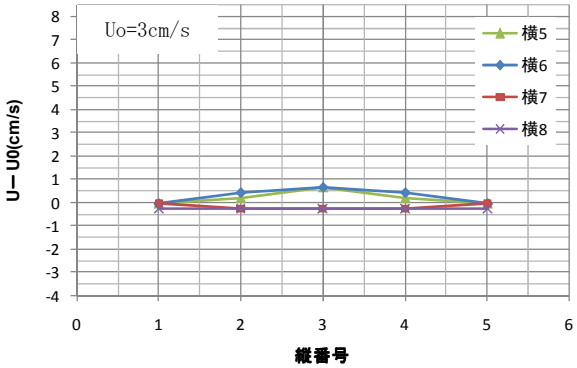
Case.5　オリフィスφ25(6×5ヶ所)

目標流速（3cm/s）に対し、2.6cm/s～4.4cmで比較的均等化が図れたものの、まだ流速のバラツキがある



Case.6　オリフィスφ25(6×5ヶ所)、φ45(両端10ヶ所)

目標流速（3cm/s）に対し、2.8cm/s～4.3cmで比較的均等化が図れたものの、まだ流速のバラツキがある



Case.7　オリフィスφ25(全ヶ所)

目標流速（3cm/s）に対し、2.7cm/s～3.6cmで最も整流効果が高い

図 2-4-13　流速断面分布図　目標流速 Uo との差

【整流（流速分布）試験　結論】

各 Case の比較より、Case7 の全ヶ所オリフィスφ25（実機寸法φ75）を設けた場合が最も整流効果が高いと判断された。

4.3.　水流発生装置の検討

(1) 目的

平成 20 年度工事において、現位置分級器を使用したところ、弁天島東工区に堆積する底質（液状シルト質）と大碆東工区に堆積する底質（塑性状粘性質）の違いにより、平成 19 年度工事実績と比較して作業効率が低下するという課題点が抽出された。したがって塑性状粘性質への対応を目的とし、分級に用いる水流発生装置の検討を行った。

(2) 水流発生装置（細粒分の巻き上げについて）

これまでに用いた現位置分級器は、装置内撹拌機の水流により、細粒分の巻き上げを行っている（図 2-4-14）。

塑性状粘性質の濁り成分の撹拌に時間を要してしまうことから、撹拌力を高める方策を検討し、案 1～案 3 に示した（図 2-4-15～図 2-4-17）。

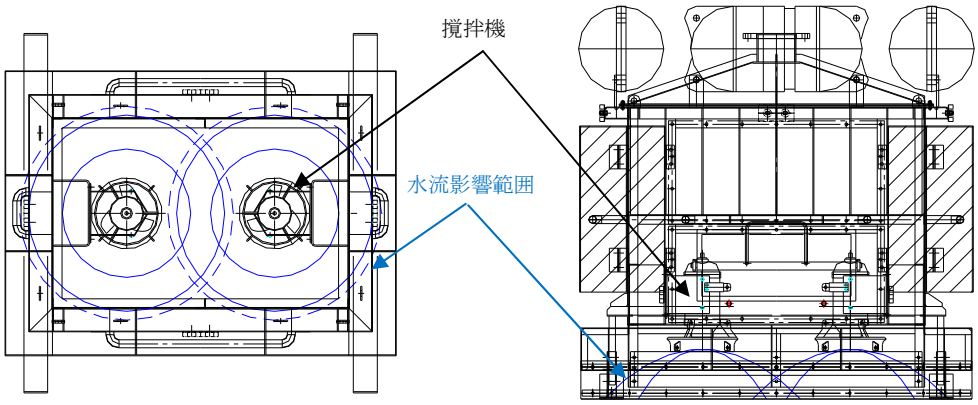
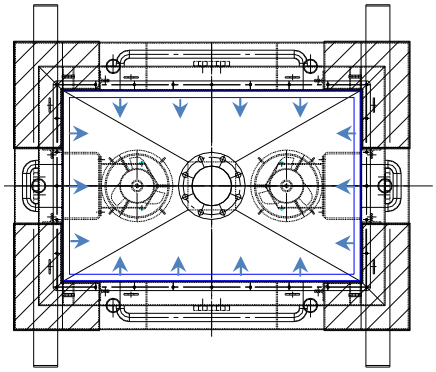


図 2-4-14　現位置分級器　撹拌機による細粒分の巻き上げ

案 1　ジェット噴流による撹拌補助

水流ジェットを付加して底質をほぐし、撹拌機で巻き上げる。

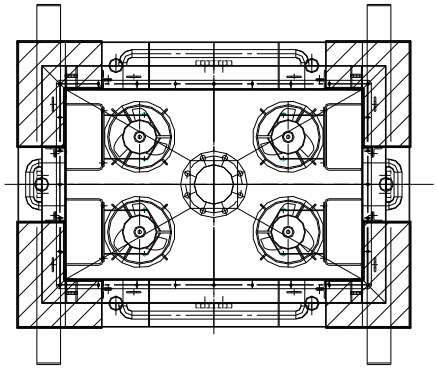


- 機構が簡単で最も効果が得られやすいと考えられる。
- 水流ジェットの流量、流速、ノズルピッチ等の検討が必要。

図 2-4-15　ジェット噴流による撹拌補助

案２　撹拌機の台数増強

撹拌機の台数を２台から４台に増強する。

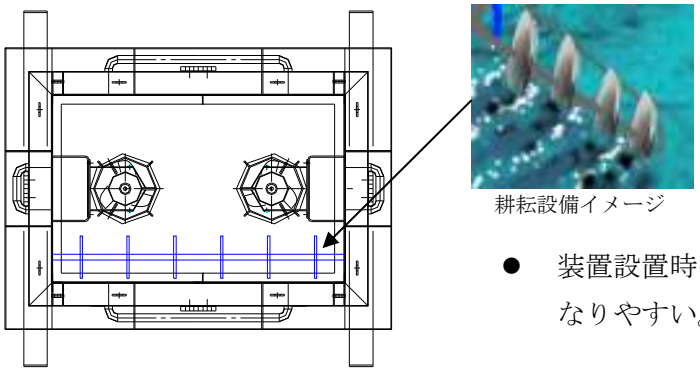


- 撹拌機の干渉および重量増加、また振動（共振）など面で不安要素がある。

図 2-4-16　撹拌機の台数増強

案３　耕耘による海底撹乱

海底耕耘を行うため、スパイクや鋤（すき）、円盤型の耕耘設備等を設け、海底を乱す。



- 装置設置時の安定、移動時の障害となりやすい。

図 2-4-17　耕耘による海底撹乱

本実施設計では、上記案 1～案 3 の中で機構が簡単で最も効果が得られやすいと考えられる案 1 のジェット噴流による撹拌補助を採用した。

図 2-4-15 に示すように、分級器内部全周からジェット水流が噴出する構造の場合、ノズル（水流噴出口）からの水量が分散されるため、水流発生用のポンプ流量が少ないと、水流の勢いがすぐに弱くなってしまうことが懸念される。よって、現位置分級器の進行方向側からのみ水流が発生する構造の方が、より効果が高いと判断した。

4.4.　現位置分級器の改造について

以下に現位置分級器の改造案について記した。

(1) 底質に混在する木片・ゴミ等のトラブルシューティング対策

1)　分級室の構造

4.2 で検討した結果に基づき、分級室をハニカム構造から仕切り壁構造（8×5 分割）に変更し、整流を行うために各部屋にオリフィス孔 φ75 を設けたプレートを設置する（図 2-4-18）。

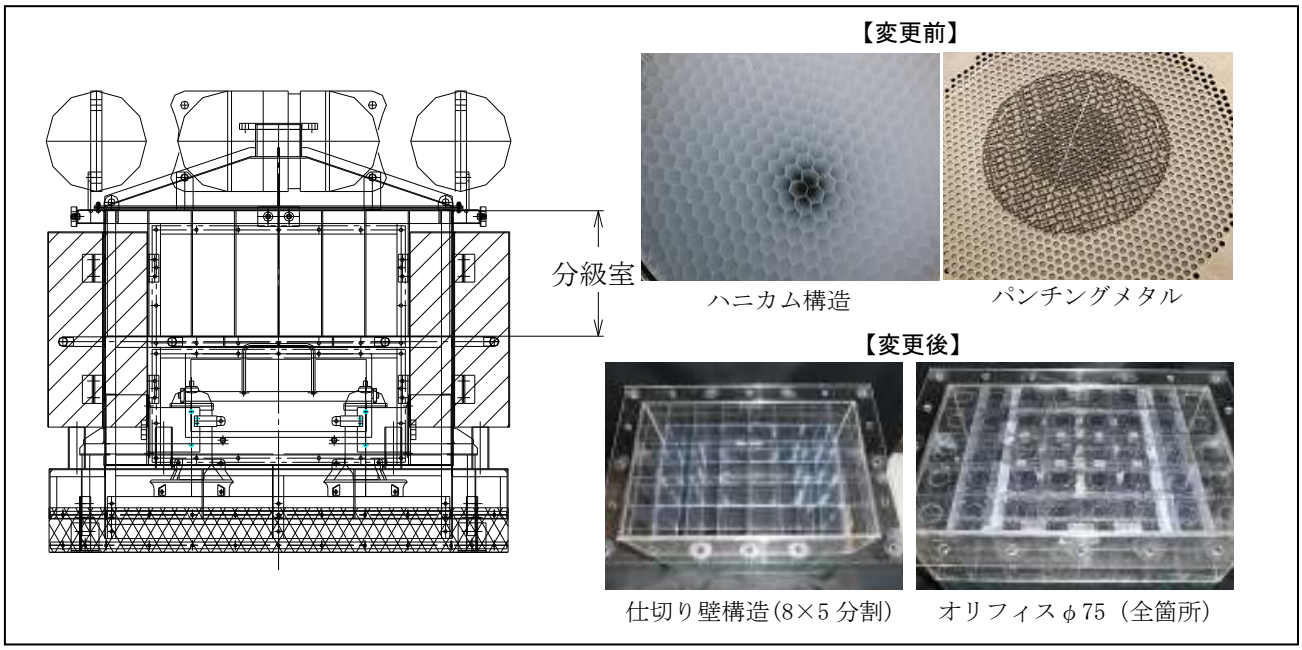


図 2-4-18　分級室の構造

2)　フェールセーフ機能

閉塞時（負圧時）に外部から海水を吸引し、分級室及び現位置分級器本体の変形を防ぐためのフェールセーフ機能として、ゴム栓によるバキュームリリーフを付加する（図 2-4-19）。

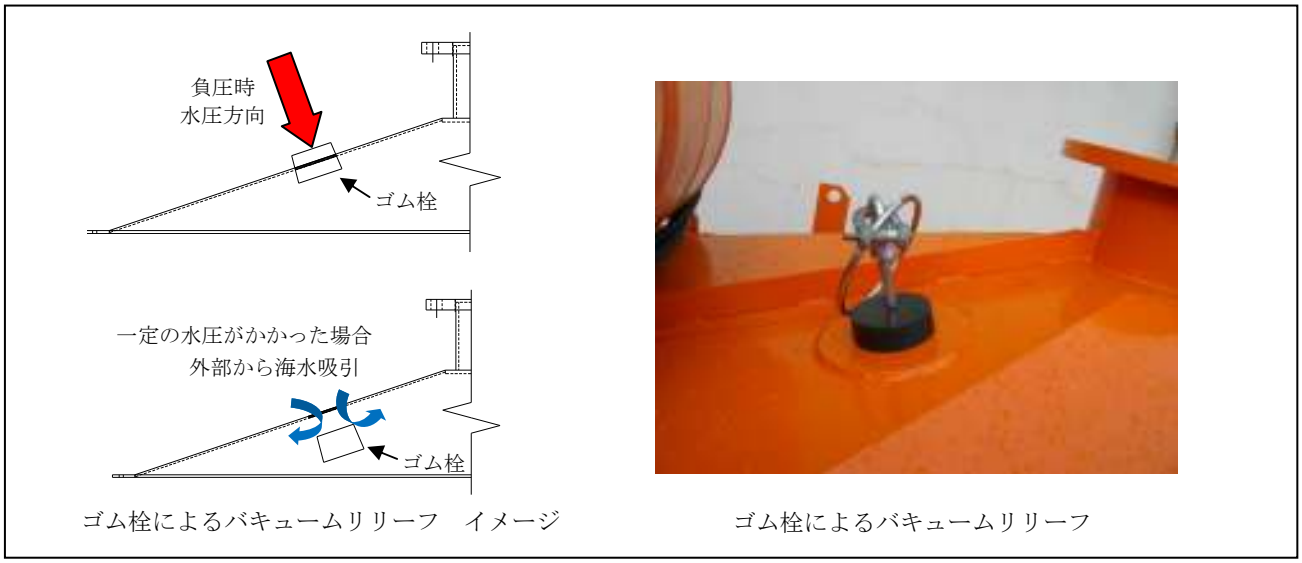


図 2-4-19　フェールセーフ機能

3)　水中でのトラブルシューティング

攪拌機にゴミなどが絡まった場合に備え、水中でのトラブルシューティングを目的に、観察窓を開閉可能な構造とする（図 2-4-20）。

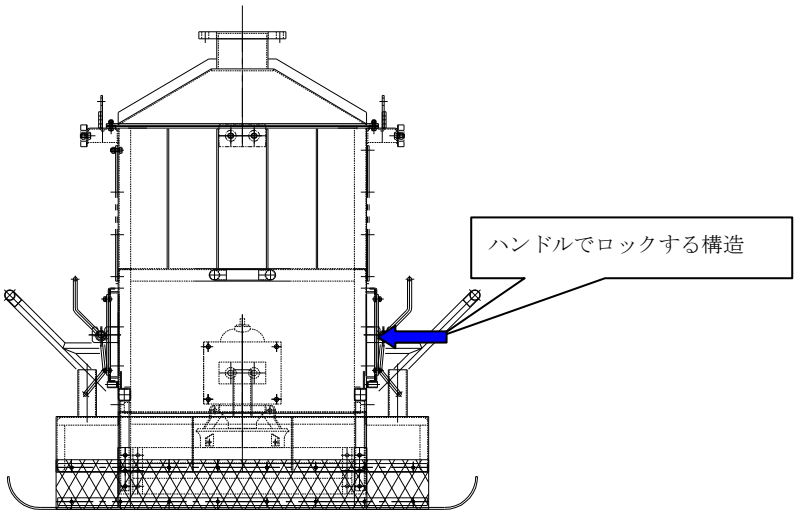


図 2-4-20　水中でのトラブルシューティング

(2) 塑性状粘性質への対応

水流ジェットを付加して底質をほぐし、撹拌機で巻き上げる構造とするための水流ジェット用配管参考図を図 2-4-21 に示す。

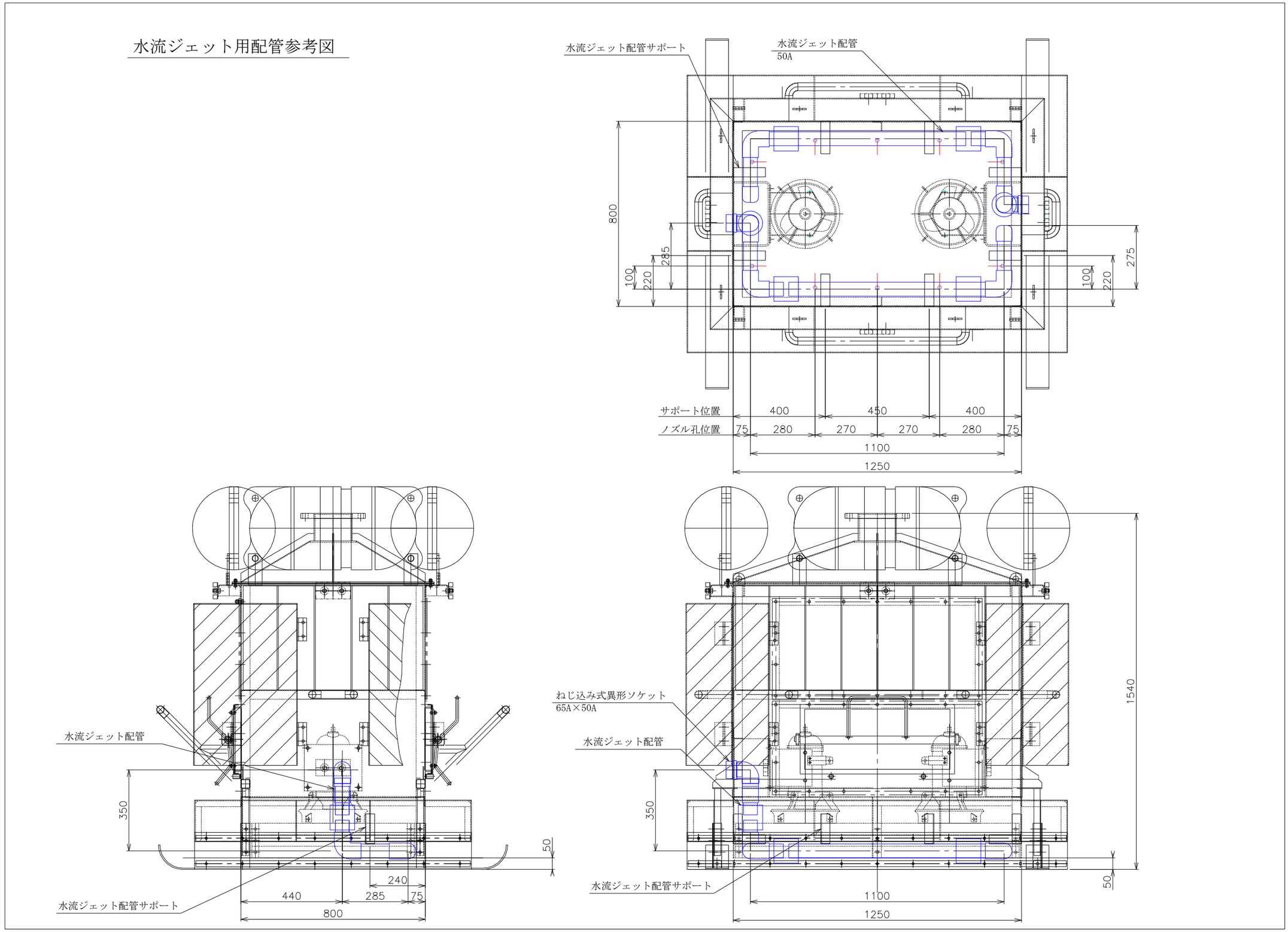


図 2-4-21　水流ジェット用配管参考図

5.　全体平面計画（設計図面）

平成21年度竜串地区自然再生事業

竜串湾内泥土除去工事

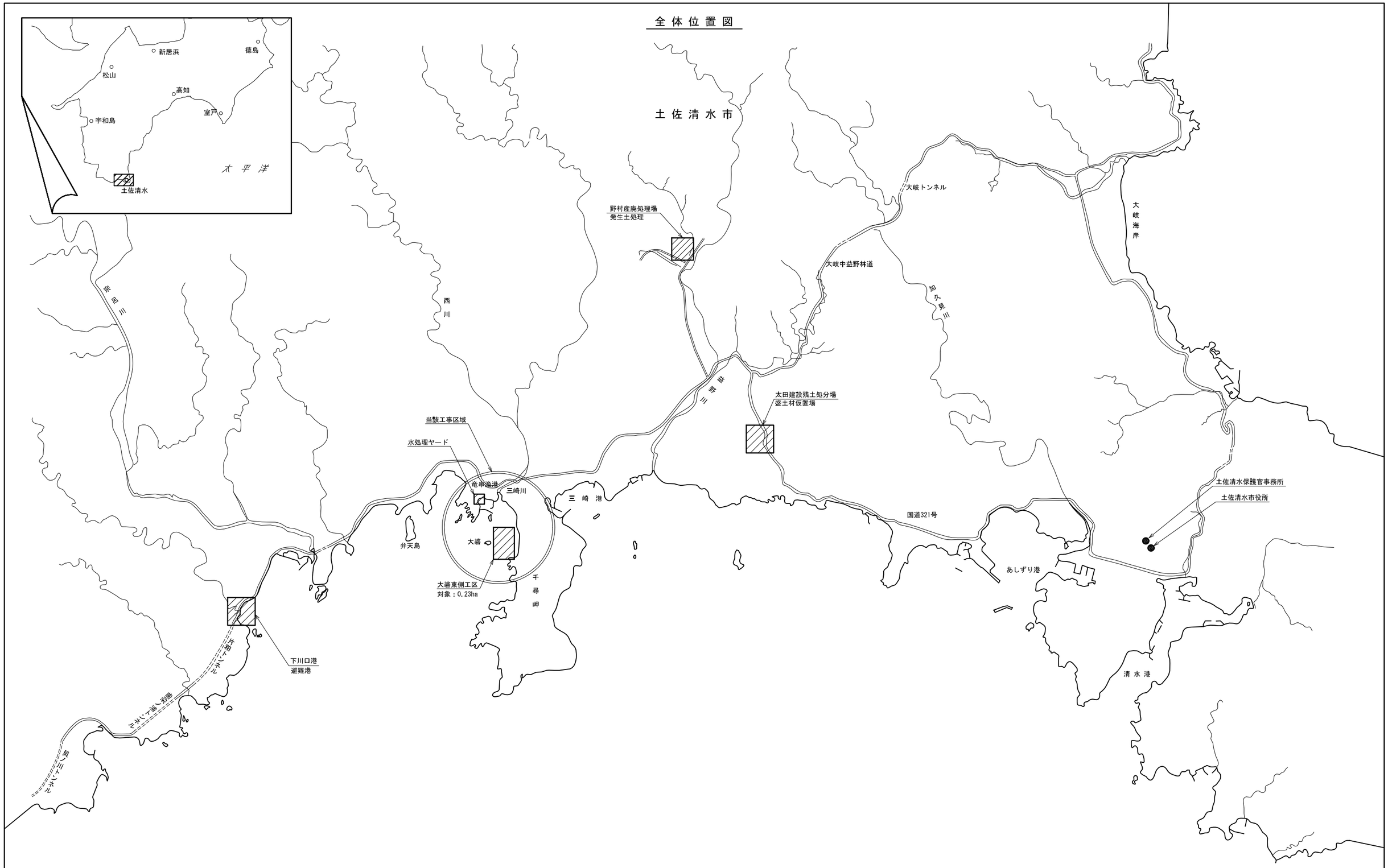
図　面　目　録

図面番号	図　面　名　称
1	全体位置図
2	全体平面図
3	泥土除去工詳細図
4	水処理ヤード平面図
5	水処理ヤード詳細図
6	水処理設備図
7	盛土材仮置養生工詳細図

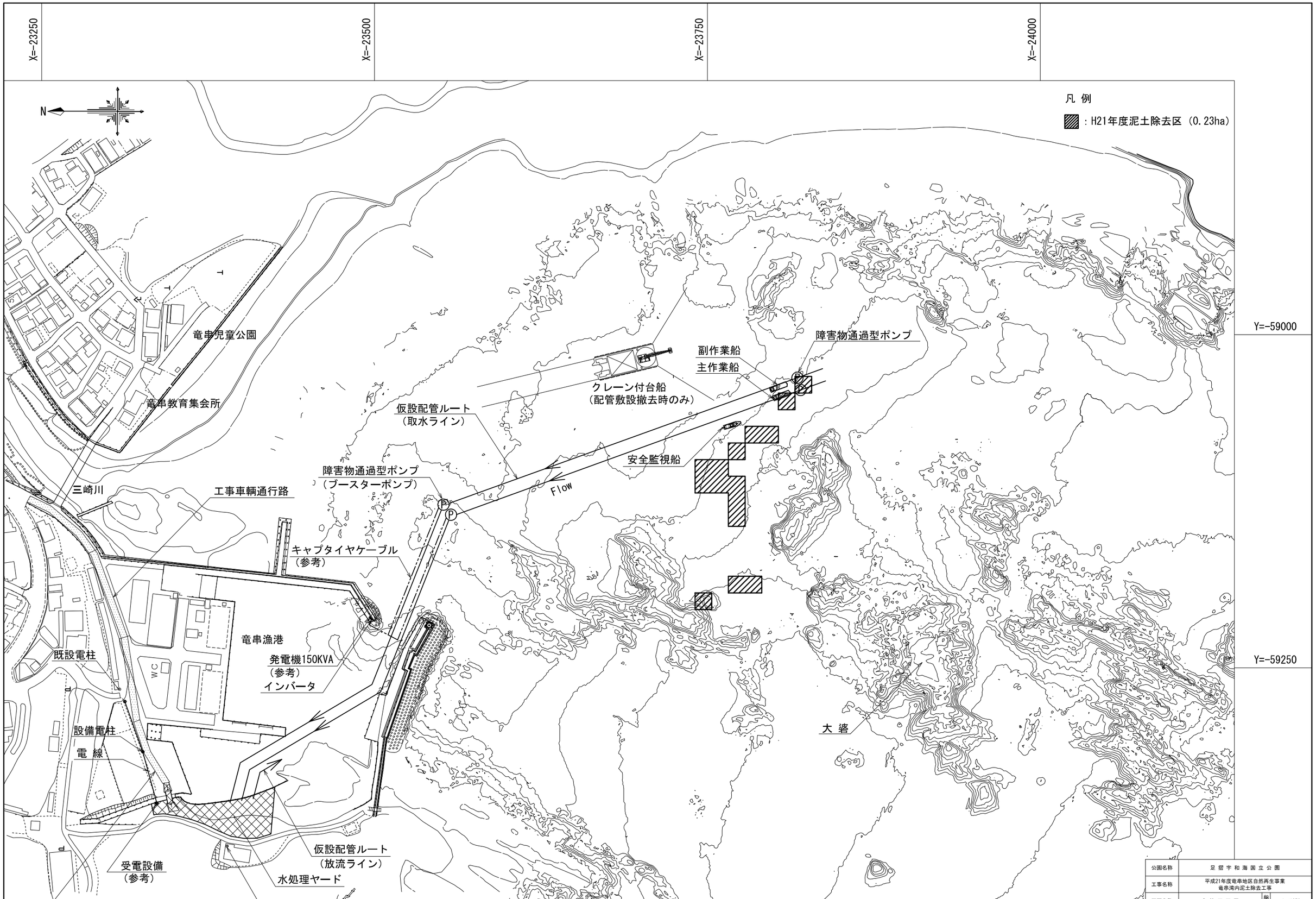
平成21年9月

中国四国地方環境事務所

全体位置図



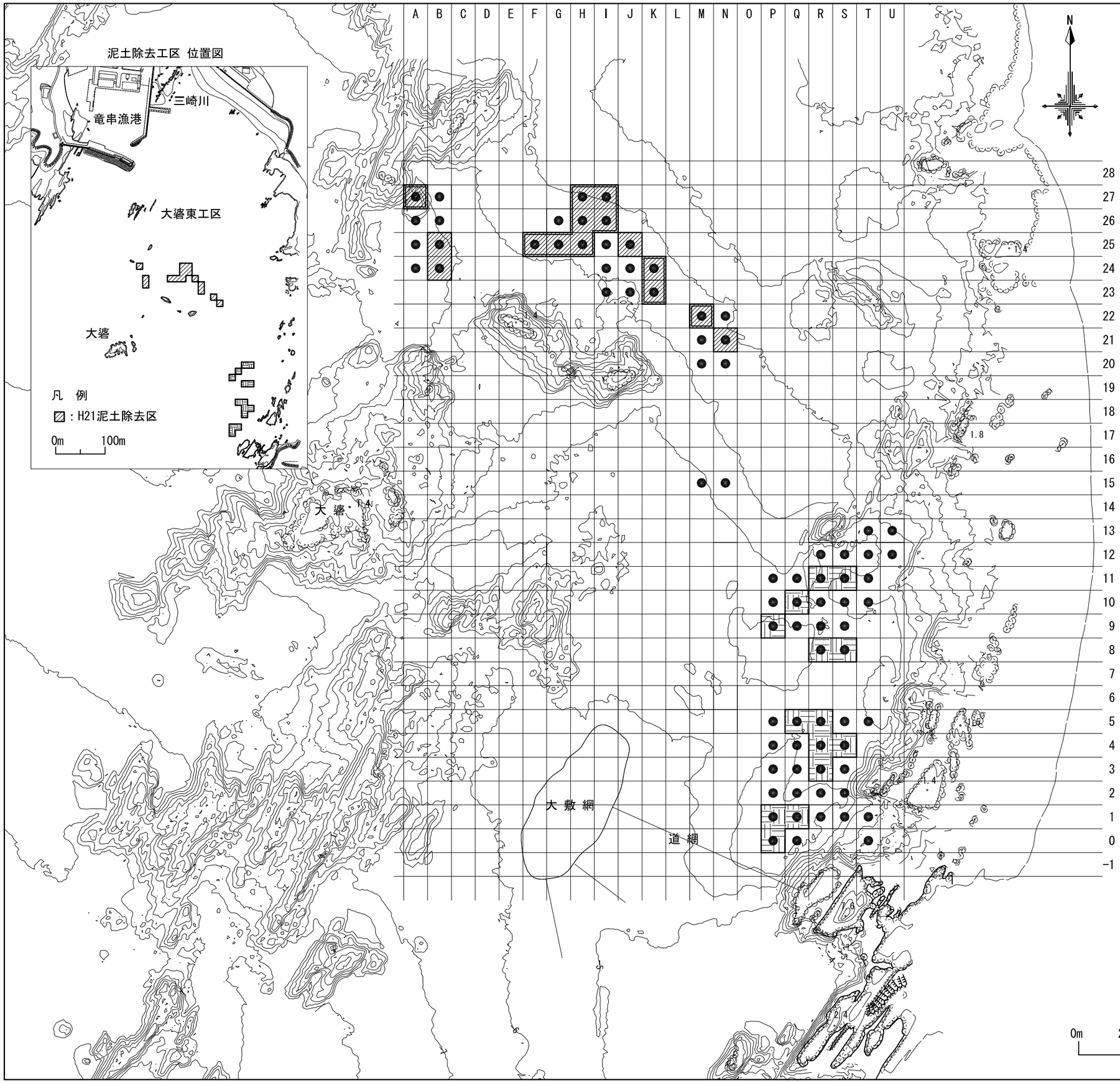
公園名称	足摺宇和海国立公園		
工事名称	平成21年度竜串地区自然再生事業 竜串湾内泥土除去工事		
図面名称	全体位置図	縮尺	1／20,000
年月日	平成21年9月	図面番号	1／7
事務所名	中国四国地方環境事務所	照査	設計



特 記

仮設配管，障害物通過型ポンプ，排砂ポンプ，発電機，受電設備は参考とする

公園名称	足摺宇和海国立公園		
工事名称	平成21年度竜串地区自然再生事業 竜串湾内泥土除去工事		
図面名称	全体平面図	縮尺	1／1250
年月日	平成21年9月	図面番号	2／7
事務所名	中国四国地方環境事務所	照査	設計



H21年度 泥土除去工区データ

格子点番号		座標値 X	座標値 Y	データ根拠	500≧ 合計除去厚 (cm)	500≧ 除去面積 (m^2)	500≧ 除去体積 (m^3)
A	27	−23747	−59200	実測値	3	156.3	4.7
B	24	−23784.5	−59187.5	実測値	41	156.3	64.1
B	25	−23772	−59187.5	実測値	54	156.3	84.4
F	25	−23772	−59137.5	実測値	17	156.3	26.6
G	25	−23772	−59125	実測値	20	156.3	31.3
H	25	−23772	−59112.5	実測値	5	156.3	7.8
H	26	−23759.5	−59112.5	実測値	20	156.3	31.3
H	27	−23747	−59112.5	実測値	15	156.3	23.4
I	26	−23759.5	−59100	実測値	21	156.3	32.8
I	27	−23747	−59100	実測値	32	156.3	50
J	25	−23772	−59087.5	実測値	35	156.3	54.7
K	23	−23797	−59075	実測値	33	156.3	51.6
K	24	−23784.5	−59075	実測値	29	156.3	45.3
M	22	−23809.5	−59050	実測値	28	156.3	43.8
N	21	−23822	−59037.5	実測値	43	156.3	67.2
合 計						2344.5	619

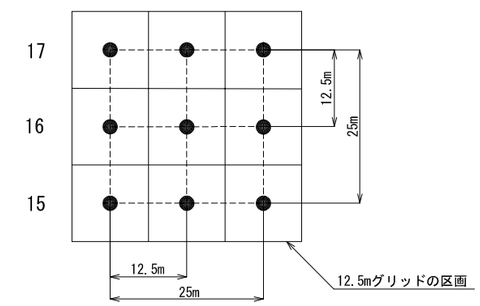
：H21年度泥土堆積状況詳細調査により泥土堆積が確認された範囲(SPSS500以上)

：H21年度泥土除去区

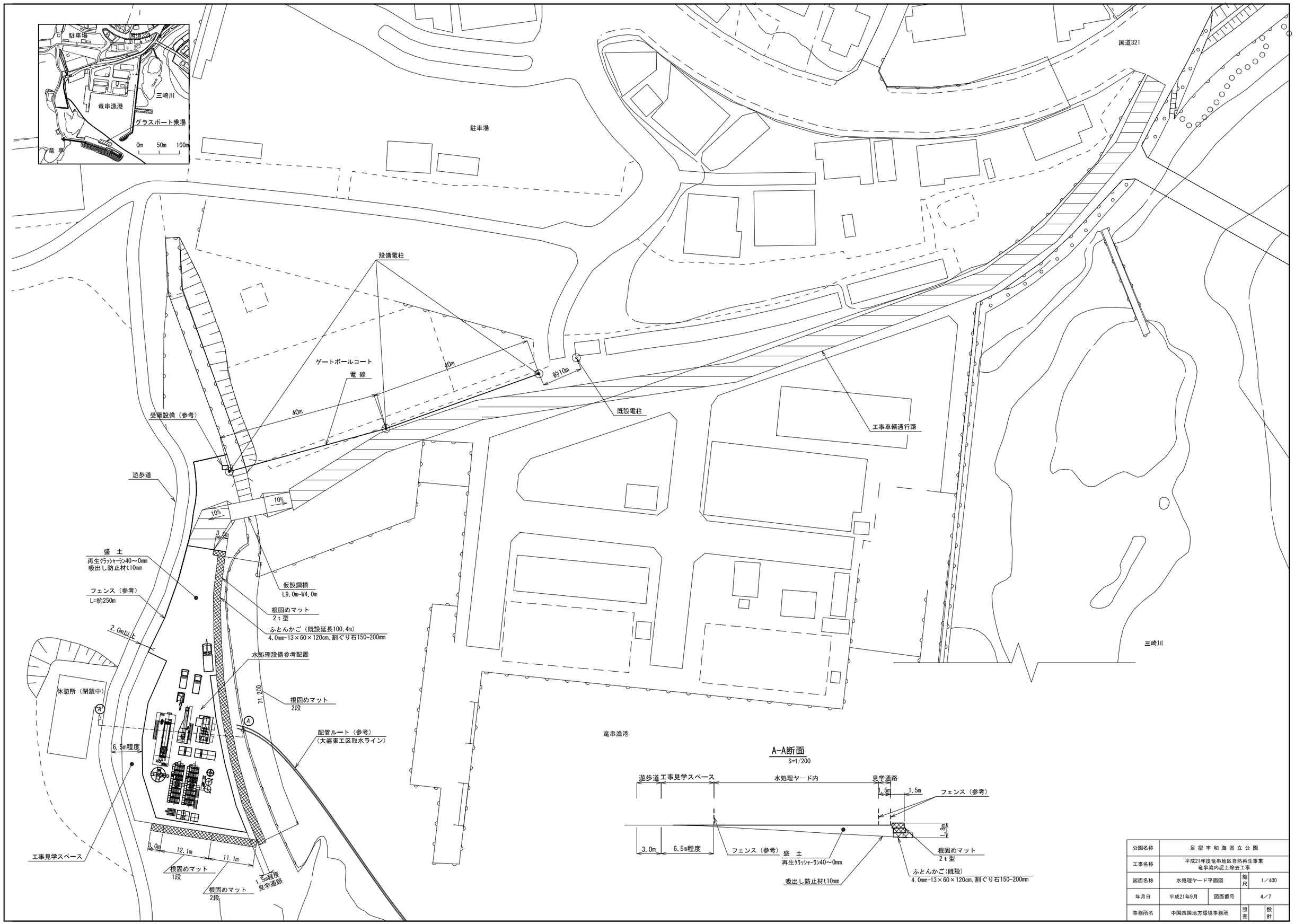
：現位置分級装置適用

：実測値（H21年度泥土堆積状況詳細調査データ）

参 考



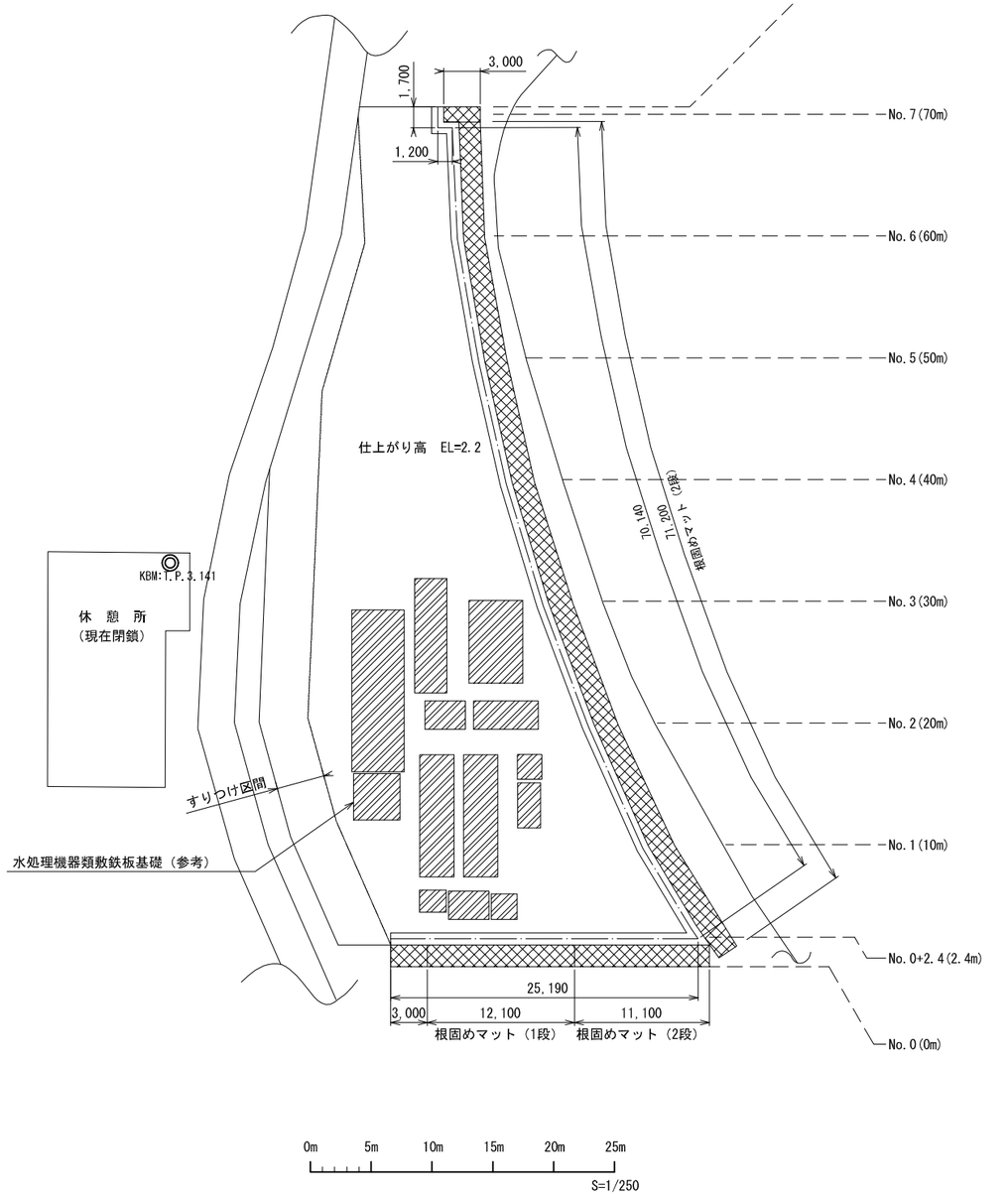
公園名称	足摺宇和海国立公園		
工事名称	平成21年度竜串地区自然再生事業 竜串湾内泥土除去工事		
図面名称	泥土除去工詳細図	縮尺	1／1000
年月日	平成21年9月	図面番号	3／7
事務所名	中国四国地方環境事務所	照査 / 設計	



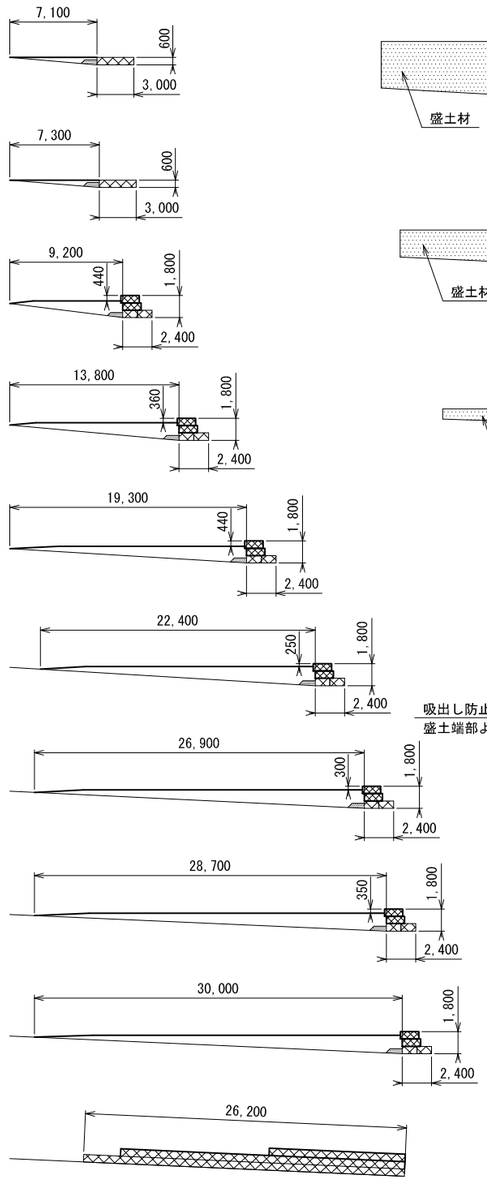
公園名称	足 摺 宇 和 海 国 立 公 園		
工事名称	平成21年度竜串地区自然再生事業 竜串湾内泥土除去工事		
図面名称	水処理ヤード平面図	縮尺	1／400
年月日	平成21年9月	図面番号	4／7
事務所名	中国四国地方環境事務所	照査 / 設計	

水処理ヤード造成

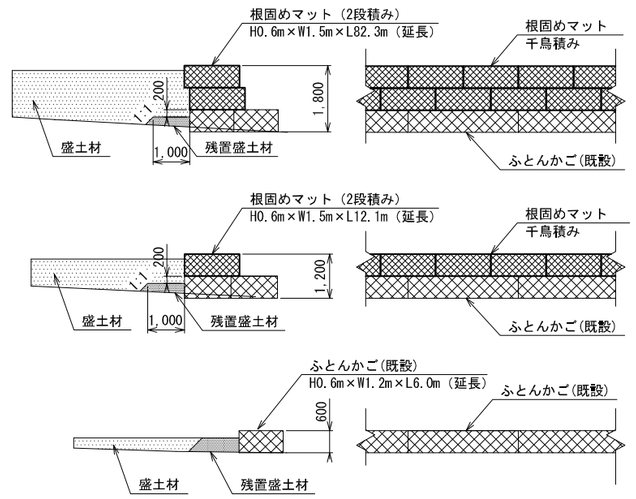
平面図



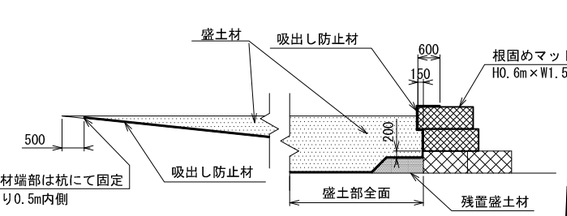
断面図

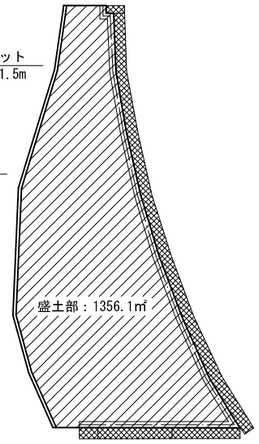


根固めマット設置要領



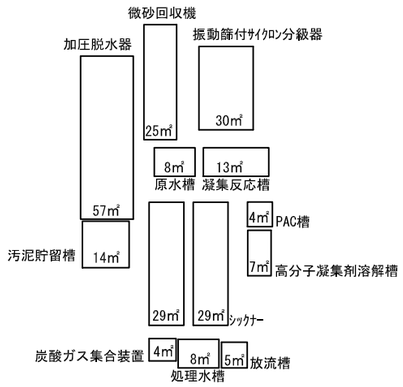
吸出し防止材設置要領





吸出し防止材設置面積	
根固めマット2段積み	82.3m*(0.8m+0.15m+0.6m+0.6m)=176.9㎥
根固めマット1段積み	12.1m*(0.8m+0.6m)=16.9㎥
ふとんかご部	6m*(0.8m)=4.8㎥
盛土部	1356.1㎥
合　計	1554.7㎥

水処理設備敷鉄板基礎面積（参考）



敷鉄板面積（参考）	
振動篩付ｻｲｸﾛﾝ分級器	30㎥
原水槽	8㎥
凝集反応槽	13㎥
汚泥貯留槽	14㎥
高分子凝集剤溶解槽	7㎥
PAC槽	4㎥
処理水槽	8㎥
炭酸ガス集合装置	4㎥
放流槽	5㎥
加圧脱水器	57㎥
ｼｯｸﾅｰ	58㎥
微砂回収機	25㎥
合　計	233㎥

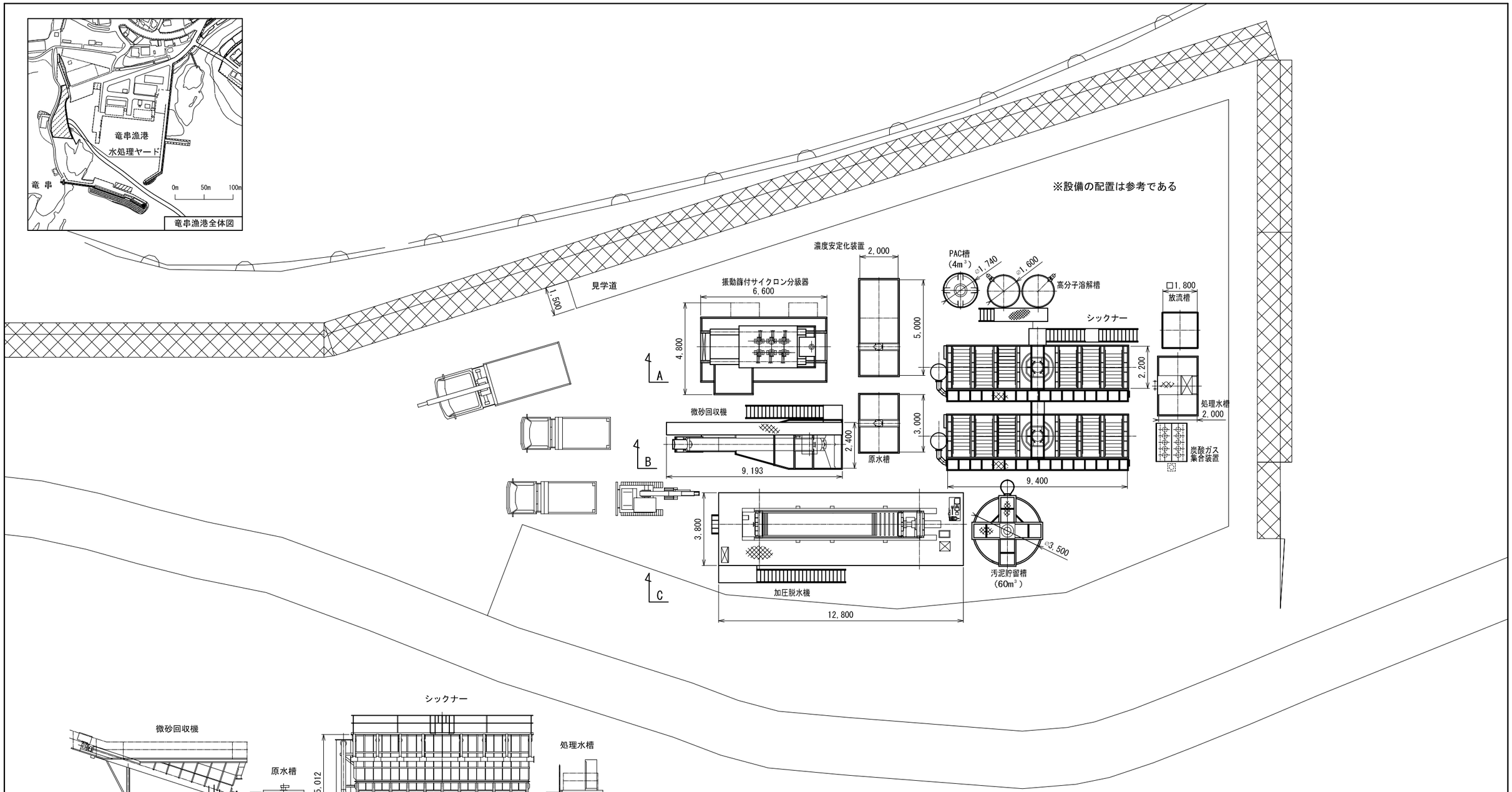
水処理ヤード基礎数量

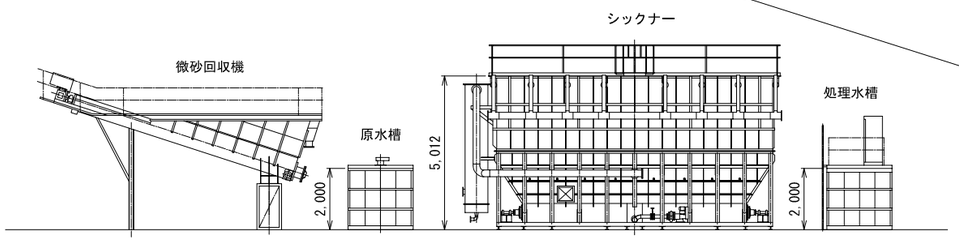
名　称	仕　様	数　量	単　位	備　考
盛土材	再生ｸﾗｯｼｬｰﾗﾝ40-0mm	900	m^3	流用
根固めマット	2ｔ型	120	袋	流用
吸出し防止材	合繊不織布 t10mm	1,555	m^2	
敷鉄板	t22mm	233	m^2	参考数量

公園名称	足 摺 宇 和 海 国 立 公 園		
工事名称	平成21年度竜串地区自然再生事業 竜串湾内泥土除去工事		
図面名称	水処理ヤード詳細図	縮尺	1／250
年月日	平成21年9月	図面番号	5／7
事務所名	中国四国地方環境事務所	照査 / 設計	

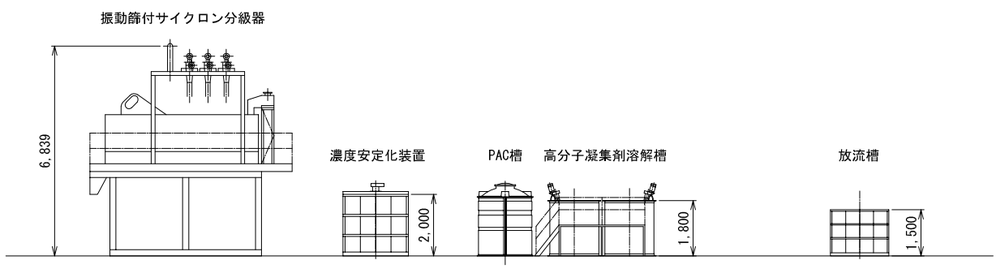
竜串漁港全体図

※設備の配置は参考である

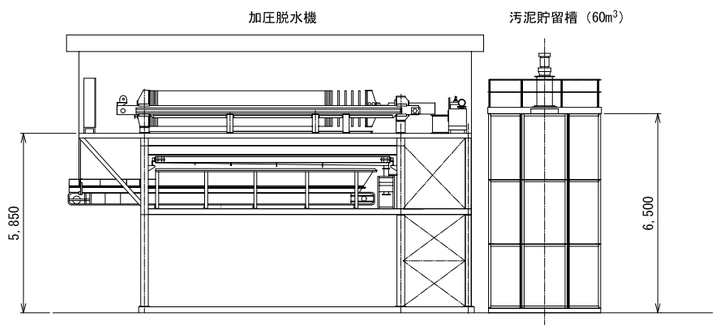




B 矢視



A 矢視



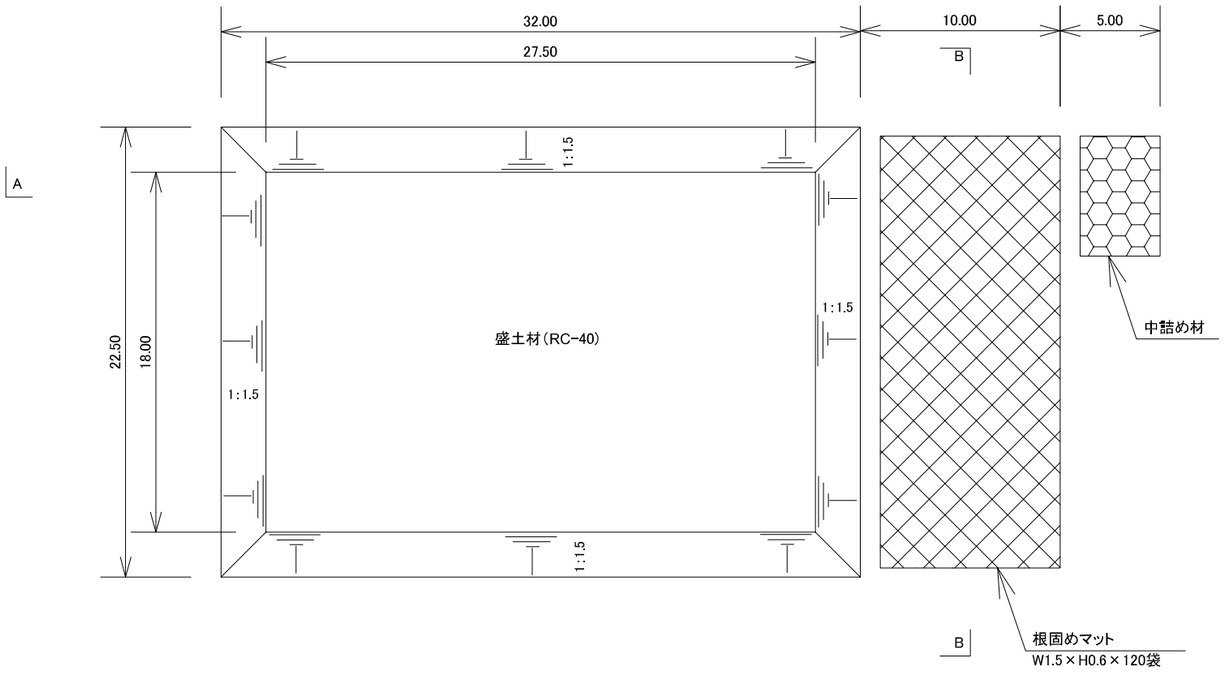
C 矢視

0m 5m 10m
S=1/100

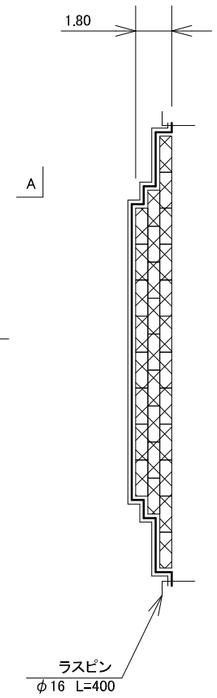
公園名称	足 摺 宇 和 海 国 立 公 園		
工事名称	平成21年度竜串地区自然再生事業 竜串湾内泥土除去工事		
図面名称	水処理設備図	縮尺	1／100
年月日	平成21年9月	図面番号	6／7
事務所名	中国四国地方環境事務所	照査 / 設計	

盛土材仮置養生工　詳細図

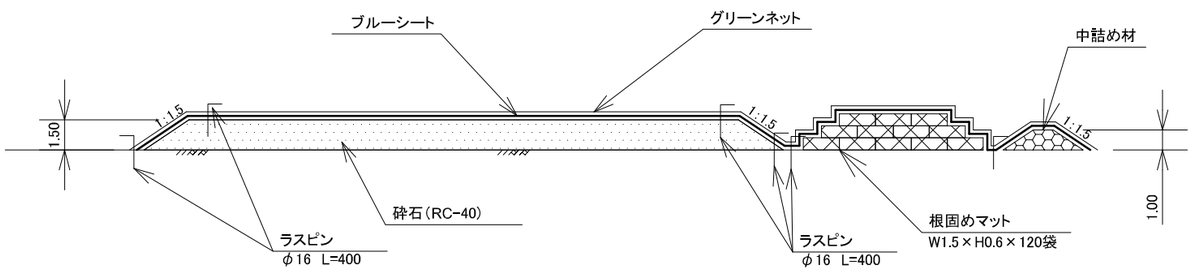
平面図



矢視　B-B



矢視　A-A



盛土材・根固めマット仮置養生工　数量表			
品名	規格	単位	数量
盛土材	RC-40	m^3	900.0
根固めマット	W1.5m×H0.6m	袋	120
養生材	ブルーシート	m^2	1000.0
	グリーンネット	m^2	1000.0

盛土材仮置養生工　数量計算書					
	算　定　式		数　量		備　考
A1	=18.0×27.5	=	495.0	(m^2)	盛土材天端
A2	=(27.5+32.0)×2.7÷2×2	=	160.7	(m^2)	盛土材法面(長辺)
A3	=(18.0+22.5)×2.7÷2×2	=	109.4	(m^2)	盛土材法面(短辺)
A4	=(1.5×5)×(1.5×12)	=	135.0	(m^2)	根固めマット平面
A5	=(1.5×34)×0.6	=	30.6	(m^2)	1段目(5列×12列)側面
A6	=(1.5×26)×0.6	=	23.4	(m^2)	2段目(4列×9列)側面
A7	=(1.5×22)×0.6	=	19.8	(m^2)	3段目(3列×8列)側面
A8	=1.0×2.6	=	2.6	(m^2)	中詰め材天端
A9	=(2.6+5.6)×1.8÷2×2	=	14.6	(m^2)	中詰め材法面(長辺)
A10	=(1.0+4.0)×1.8÷2×2	=	9.0	(m^2)	中詰め材(短辺)
A	=A1+A2+A3+A4+A5+A6 =A7+A8+A9+A10	=	1000.0	(m^2)	

公園名称	足摺宇和海国立公園		
工事名称	平成21年度竜串地区自然再生事業 竜串湾内泥土除去工事		
図面名称	盛土材仮置養生工詳細図	縮尺	1／100
年月日	平成21年9月	図面番号	7／7
事務所名	中国四国地方環境事務所	照査 / 設計	

6.　施工計画、施工管理計画

6.1. 施工方法の検討

大碆東工区は平成 18～20 年度泥土除去工事と同様に、潜水士によるポンプ除去で作業を行い、除去した泥土は送泥配管を経由して陸上水処理プラントまで送泥するものとする。

大碆東工区はビニールゴミ、木・竹の根等の混在物が含まれる泥土堆積が想定されるため、障害物通過型ポンプを使用するものとする。障害物通過型ポンプは通過径 135mm を有するため、流量調整を行うバルブ等を設けると障害物による閉塞、配管の破損などのトラブルの可能性が高くなる。したがって、電気的に流量調整を行うためにインバータ盤を併用するものする。

平成 21 年度竜串湾内濁り対策調査のうち泥土堆積状況詳細調査よりコーラル等が混在した泥土堆積部が確認されており、これらの地点には現位置分級器を使用するものとする。また泥土堆積が薄層である地点にも現位置分級器を使用して海底表層の改質を実施するものとする。

作業は 4 名を 1 班とした 2 班体制により実施する。作業船は、主作業船および副作業船を用い、主作業船には小型クレーン（ユニック）が艤装されている。沈木およびゴミなどの堆積物が現れた際には、必要に応じ除去するものとする。

作業フローは、「泥土除去工」→「陸上水処理工」となる（図 2-6-1 参照）。

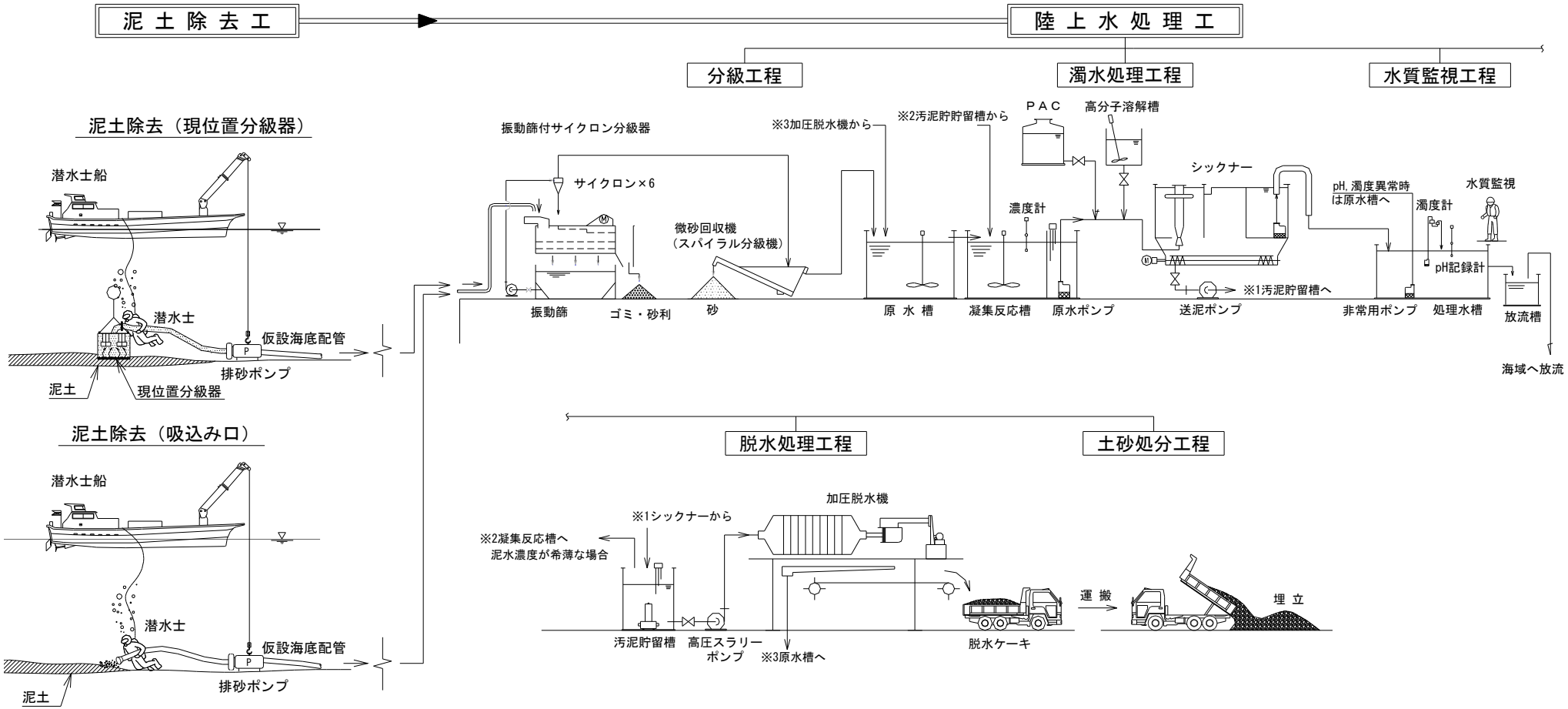


図 2-6-1　泥土処理フロー図

6.2. 施工管理計画の検討

泥土除去工は、事前調査→泥土除去作業→品質管理の一連の作業から成る。泥土除去工の施工管理計画（一連の作業の流れ）を図 2-6-2 に示す。

(1) 事前調査

泥土除去区画の分割方法において示したとおり、各施工区画は底質分布詳細調査の測定値を代表値としている。海底状況は時間により変化し、改善の兆しがある。したがって泥土除去作業の事前に調査、実際に除去する区画を判定することで、より順応的な対策を実施することを目的とする。

事前調査は、任意の地点において柱状コア採泥を行い、その SPSS と層厚により泥土除去面積および深さを決定するものとする。また設計時とその堆積状況が大幅に異なる場合、監督職員と打合せにより新たな除去区画を設定する。

測定内容を表 2-6-1 に示す。

表 2-6-1　事前調査における測定項目

測定項目	測定方法	備　　考
サンプリング	透明ビニルパイプによる柱状コア採泥を行う（状況に応じ検土杖を用いる） SPSS 測定用試料は上・中・下の 3 層に分割する	潜水士により実施
層厚測定	柱状コアの外観より層厚を測定する	陸上（船上）にて実施
SPSS	沖縄県の赤土汚濁の調査研究（第 2 報）－赤土汚濁簡易測定法と県内各地における赤土濃度－大見謝辰夫による	陸上（船上）にて実施

(2) 泥土除去作業

事前調査により除去区画を設定した後、泥土除去作業を実施するものとする。

状況に応じ、沈木、混入物の除去も平行して実施するものとする。

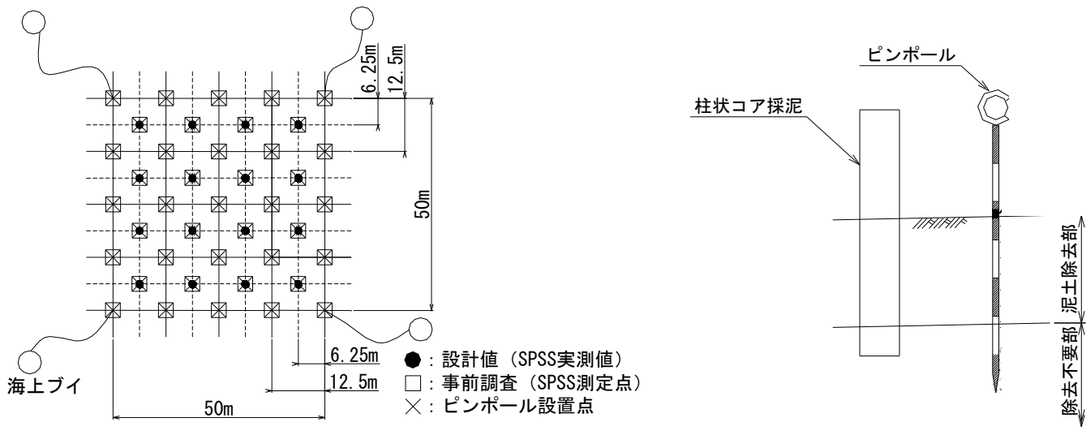
(3) 品質管理および出来形管理

品質管理は、除去地点が SPSS500kg/m^3 以下の品質が確保されていることを確認するために実施する。その他、実際の除去体積を確認するために、除去前、除去後の海底地盤高の管理を行う。

海底地盤の管理方法は、水圧式水深計により潮位と対象地点の水深を測定する。ただし、現位置分級器泥土除去層厚は薄層であると想定されるため、SPSS500kg/m^3 の品質を満足する場合、計画除去量を除去したものとする。

泥土除去作業の施工要領およびフロー

１．泥土除去区画の設定および泥土除去範囲、深さの設定（泥土除去作業前）

No.	作業項目
1	泥土除去区画の位置出し測量（DGPS）を実施し、目標地点にアンカー（海上ブイ）を設置する
2	測定した端点をロープにより結び、除去計画区画（12.5m×12.5m）の4点にピンポールを設置する 
3	泥土除去区画（12.5m×12.5m）内のSPSSの測定、目視観察による層厚、土質判定を実施する 採泥点は区画の各対角および中央点の５点、測定結果により補間採泥を実施する
4	SPSS等の判定結果より泥土除去範囲、深さを決定する
5	各測点の水深を計測（水圧式水深計を使用）し、泥土除去厚さを管理する

２．泥土除去作業（1日あたり）

No.	作業項目
1	設定した泥土除去区画により泥土除去作業を実施する
2	泥土に混在する沈木等は泥土除去と平行して除去する
3	作業中の海域の濁度管理を実施する

３．出来形管理および品質管理（泥土除去作業後）

No.	作業項目
1	出来形管理のため、区画内の地盤高を水深（水圧式水深計）により測定（除去厚さを確認）する 但し、現位置分級除去装置を適用する箇所においては、SPSSによる目標品質を満足する場合、計画除去量を除去したものとする
2	品質管理のため、区画内の底質をサンプリングしSPSSの測定を実施する 柱状採泥（上層部20cm程度）、採泥点は区画の対角線上1m内側と中央点の5点
3	目標のSPSSを満足する場合、合格。不合格の場合、再度泥土除去作業を実施する

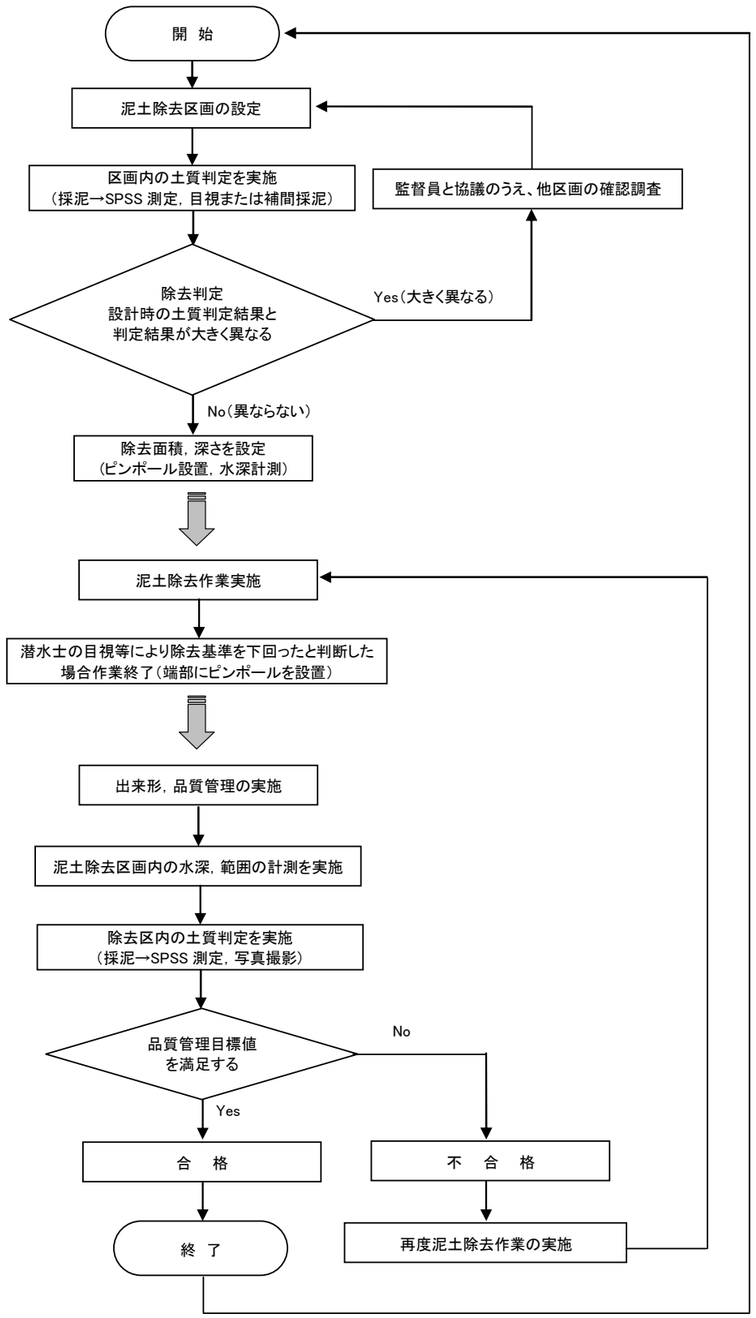


図 2-6-2　施工管理計画

6.3. 作業タイムテーブル

大碆東工区における１日の作業時間（準備→泥土除去作業→片付）に関して検討を実施した。

表 2-6-2 に作業項目を示し、図 2-6-3 に作業タイムテーブルを示す。

表 2-6-2　大碆東工区における作業項目

作業項目	作業内容	作業時間
準備	作業船のアンカーリング、泥土除去ポンプの設置等を実施する。	1時間
泥土除去作業	6時間を標準とする。 1回の潜水時間を2時間として作業を実施する。	6時間
片付	泥土除去ポンプの撤去、作業船のアンカーリング解除等を実施する。	1時間

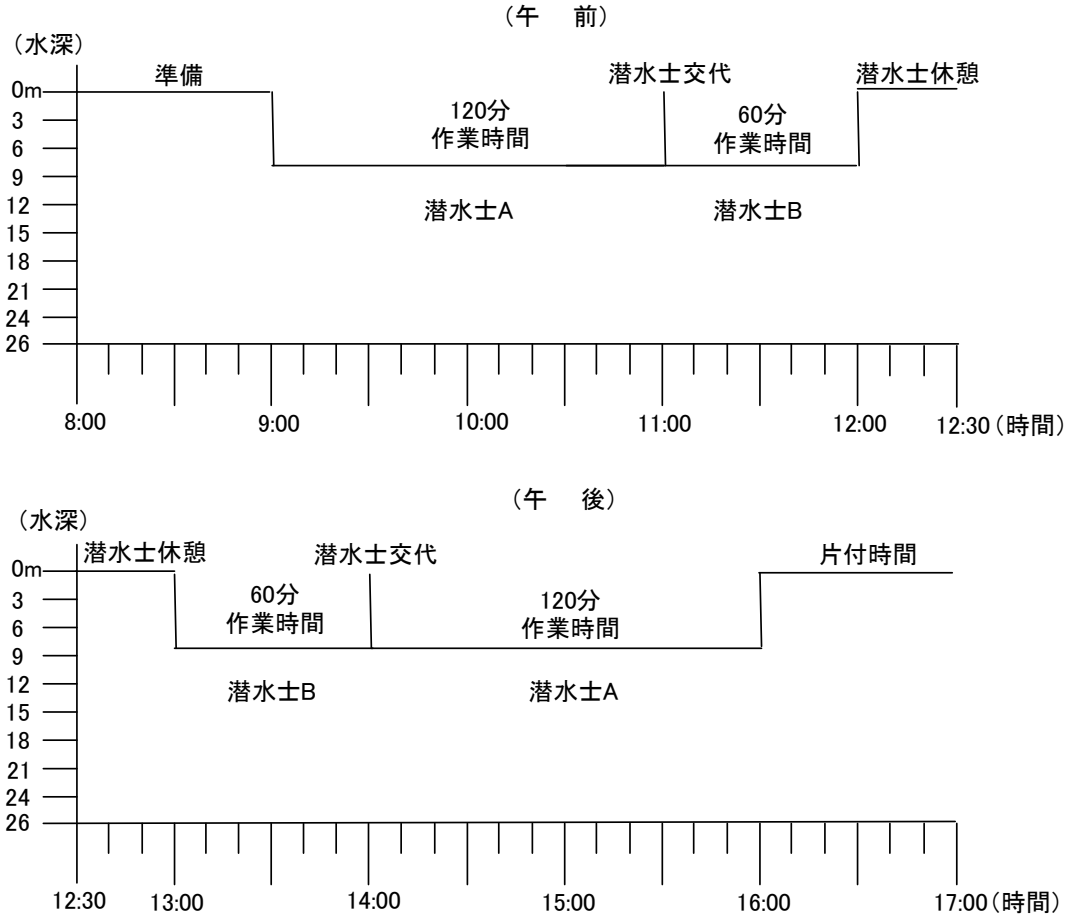


図 2-6-3　大碆東工区における作業タイムテーブル

6.4.　全体工程計画

表 2-6-3 に、12 月中旬から泥土除去工事の準備を開始した場合の概略工程表を示す。

表 2-6-3　平成 21 年度竜串地区自然再生事業 竜串湾内泥土除去工事　概略工程表

項　目	平成21年			平成22年								
	12月			1月			2月			3月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
(1)堆積泥土の除去工												
①　準　備	約4週間											
②　送泥管敷設工				11日間								
③　除去工						吸込み口 13日間						
							現位置分級装置 31日間					
④　送泥管撤去工										8日間		
(2)水処理工												
⑤　準　備	3週間											
⑥　水処理ヤード造成		14日間										
⑦　水処理設備据付工				15日間								
⑧　水処理工						44日間						
⑨　水処理設備撤去工										10日間		
⑩　水処理ヤード復旧											5日間	

7. 施工内容の検討及び評価

7.1. 施工能力の算出

(1) 平成 21 年度泥土除去実績

ここでは、平成 21 年度の泥土除去実績より除去深さ毎の作業能率を算出した。吸込み口の海底堆積支障物有無による泥土除去実績、一つのグリッド内を吸込み口と現位置分級器で作業した時の泥土除去実績、現位置分級器での泥土除去実績をそれぞれ表 2-7-1～表 2-7-4 に示す。また算出した除去厚（施工深度）と作業能率（m^2/Day）を平成 19～20 年度泥土除去実績と合わせ図 2-7-1 に示す。

表 2-7-1　平成 21 年度作業実績表（海底堆積支障物有-吸込み口）

格子点番号		除去厚 (cm)		除去面積 (㎡)		除去体積 (㎥)		ポンプ平均稼動時間	作業能率			施工効率	除去対象物状況
		設計	施工	設計	施工	設計	施工	(hr)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)		
M	22	55	111.0	156.3	68.4	86.0	75.9	14.3	5.3	4.8	**28.8**	0.16	塑性状粘性質
L	22	45	190.0	156.3	9.8	70.3	18.6	1.7	11.2	5.9	**35.3**	0.20	塑性状粘性質
K	22	70	150.3	156.3	39.1	109.4	58.8	9.5	6.2	4.1	**24.7**	0.14	塑性状粘性質
K	23	140	128.2	156.3	127.0	218.8	162.8	41.5	3.9	3.1	**18.4**	0.10	塑性状粘性質
K	24	37	163.7	156.3	78.1	57.8	127.8	13.3	9.6	5.9	**35.1**	0.20	塑性状粘性質
J	24	－	152.0	156.3	29.3	－	44.5	5.8	7.7	5.1	**30.6**	0.17	塑性状粘性質

表 2-7-2　平成 21 年度作業実績表（海底堆積支障物無-吸込み口）

格子点番号		除去厚 (cm)		除去面積 (㎡)		除去体積 (㎥)		ポンプ平均稼動時間	作業能率			施工効率	除去対象物状況
		設計	施工	設計	施工	設計	施工	(hr)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)		
M	22	28	55.7	156.3	48.8	43.8	27.2	4.5	6.0	10.9	**65.1**	0.36	塑性状粘性質
L	22	－	57.5	156.3	97.7	－	56.2	12.4	4.5	7.9	**47.3**	0.26	塑性状粘性質
K	22	－	55.8	156.3	117.2	－	65.4	10.5	6.2	11.2	**67**	0.37	塑性状粘性質
K	23	33	55.0	156.3	146.5	51.6	80.6	11.4	7.1	12.9	**77.3**	0.43	塑性状粘性質
K	24	29	50.6	156.3	136.7	45.3	69.1	9.9	7.0	13.8	**83.1**	0.46	塑性状粘性質
J	24	－	45.3	156.3	48.8	－	22.1	3.4	6.6	14.5	**86.8**	0.48	塑性状粘性質
H	24	－	33.2	156.3	156.3	－	51.9	5.4	9.6	28.8	**173.1**	0.96	塑性状粘性質

表 2-7-3　平成 21 年度作業実績表（吸込み口+現位置分級装置）

格子点番号		除去厚 (cm)		除去面積 (㎡)		除去体積 (㎥)		ポンプ平均稼動時間	作業能率			施工効率	除去対象物状況
		設計	施工	設計	施工	設計	施工	(hr)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)		
I	26	21	46.0	156.3	97.7	32.8	44.9	10.0	4.5	9.8	**58.6**	0.33	塑性状粘性質
I	27	32	55.5	156.3	29.3	50.0	16.3	4.5	3.6	6.5	**39.1**	0.22	塑性状粘性質
H	25	5	32.0	156.3	156.3	7.8	50.0	7.3	6.8	21.3	**127.8**	0.71	塑性状粘性質
H	26	20	54.8	156.3	156.3	31.3	85.6	9.8	8.7	15.9	**95.3**	0.53	塑性状粘性質
H	27	15	51.6	156.3	117.2	23.4	60.5	4.8	12.7	24.7	**148**	0.82	塑性状粘性質

表 2-7-4　平成 21 年度作業実績表（現位置分級装置）

格子点番号		除去厚 (cm)		除去面積 (㎡)		除去体積 (㎥)		ポンプ平均稼動時間	作業能率			施工効率	除去対象物状況
		設計	施工	設計	施工	設計	施工	(hr)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)		
G	24	－	43.6	156.3	156.3	－	68.1	5.7	12.0	27.6	**165.4**	0.92	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
G	25	20	39.8	156.3	156.3	31.3	62.2	12.1	5.1	12.9	**77.6**	0.43	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
G	26	－	49.0	156.3	87.9	－	43.1	6.7	6.5	13.2	**79.1**	0.44	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
F	25	17	39.7	156.3	58.6	26.6	23.2	6.8	3.4	8.7	**52.1**	0.29	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
B	24	41	51.0	156.3	29.3	64.1	14.9	0.8	17.9	35.2	**210.9**	1.17	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
B	25	54	45.3	156.3	58.6	84.4	26.6	4.9	5.4	12.0	**72.1**	0.40	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
B	28	－	44.0	156.3	9.8	－	4.3	0.4	10.3	23.4	**140.6**	0.78	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
A	27	3	33.2	156.3	117.2	4.7	38.9	4.1	9.5	28.7	**172.2**	0.96	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
A	28	－	40.0	156.3	39.1	－	15.6	1.5	10.4	26.0	**156.3**	0.87	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施
A	24	－	51.0	156.3	9.8	－	5.0	0.3	17.1	33.5	**200.9**	1.12	塑性状粘性質　※現位置分級装置による泥土除去を実施

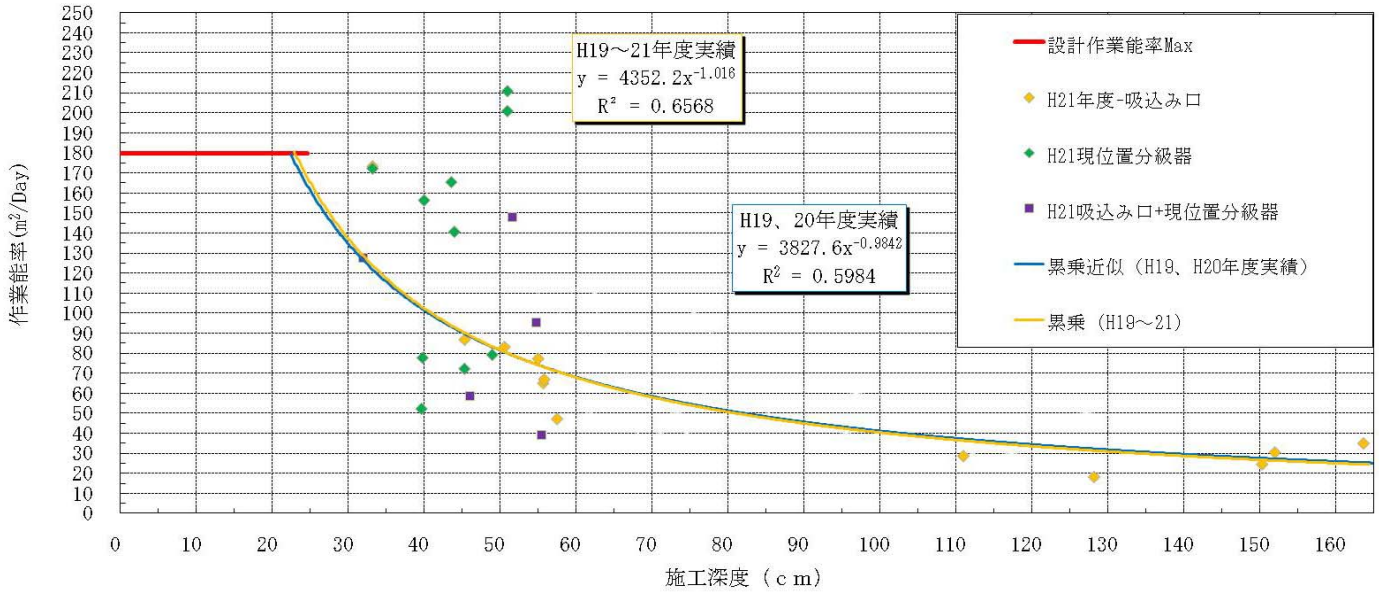


図 2-7-1　除去深度ごとの作業能率グラフ

平成 19～21 年度実績について、図 2-7-1 における累乗近似線より施工深度毎の施工効率及び作業能率（m^2/Day）を算出したものを表 2-7-4 に示す。

平成 21 年度泥土除去工事における設計作業能率（m^2/Day）は、平成 19、20 年度実績より得られたデータであり、この実績データ数を増やす目的で平成 21 年度吸込み口(海底堆積支障物無)の実績を合算した。

※施工深度 0～25cm における施工効率は除去厚が小さいため一定とした。

表 2-7-4　除去深度ごとの作業能率表（平成 19～21 年度実績）

施工深度 h (cm)		0<h≦25	25<h≦40	40<h≦50	50<h≦60	60<h≦70	70<h≦80	80<h≦90	90<h≦100	100<h≦110	110<h≦120	120<h≦130	130<h≦140	140<h≦150	h<150	備　考
項　目	除去対象物性状															
施工効率	塑性状粘性土質（H19、20年度実績）	1	0.73	0.5	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.2	0.18	0.17	0.16	0.16	
	塑性状粘性土質（H19～21年度実績）	1	0.74	0.51	0.41	0.35	0.3	0.27	0.23	0.22	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	
1日当り作業面積（㎡/day）	塑性状粘性土質（H19、20年度実績）	180	131	90	74	63	55	49	43	39	36	33	31	29	28	←H21設計作業能率
	塑性状粘性土質（H19～21年度実績）	180	134	91	74	63	54	48	42	39	35	32	30	28	27	

平成 21 年度大碆東 B 工区での泥土除去作業の実施に伴い、沈木、漁具などの障害物が泥土に混在していたため、泥土の作業能率は昨年度とほぼ同等の結果となった。

また、現位置分級装置の作業能率は平成 20 年度の実績と比較すると向上している。これは装置に水流ジェットを付加したことで、ジェット噴流による撹拌力が高まり、補助鉛直方向の底質改善の時間が短縮されたことが要因と考えられる。

(2) 作業能率の検討結果

平成 21 年度の実績より得られた作業能率を分類したものを下記に示す。

※（ⅱ）、（ⅲ）は実績より得られた作業能率の平均値としている。

（ⅰ）吸込み口の作業能率

除去対象物：塑性状粘性質

作業能率：表 2-7-4 参照

※大碆東工区における 1 日のポンプ稼働時間を 6 時間として算出

（ⅱ）吸込み口の作業能率（海底堆積支障物有り）

除去対象物：塑性状粘性質、海底堆積障害物（沈木、木片、漁具等）有り

作業能率：4.8 ㎡/hr

1 日のポンプ稼働時間を 6 時間とした場合

作業能率：29 ㎡/Day

（ⅲ）現位置分級装置で作業する場合

除去対象物：塑性状粘性質

作業能率：22.1 ㎡/hr

1 日のポンプ稼働時間を 6 時間とした場合

作業能率：133 ㎡/Day

7.2. 現位置分級器による作業能率の評価

(1) 作業能率の比較

平成 21 年度工事において、現位置分級器を大碆東工区に堆積する底質（塑性状粘性質）への対応を目的とし、分級に用いる水流発生装置（水流ｼﾞｪｯﾄ）を使用した場合における、従来の攪拌機との作業能率の比較を行った。

表 2-7-5　現位置分級装置作業能率表（平成 21 年度実績）

格子点番号	平均除去厚 (cm)	ポンプ稼動時間 (hr)	除去面積（㎡）		除去体積（㎥）	作業能率			作業能率(攪拌機のみ)			作業能率(攪拌機、ジェット併用)		
			攪拌機のみ	攪拌機＋ジェット		(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)	(m^3/hr)	(m^2/hr)	(m^2/Day)
I26	46	6	－	26	12.0	2	4.3	25.8	－	－	－	2	4.3	25.8
H25	32	6	78.1	－	25.0	4.2	13	78	4.2	13	78	－	－	－
I26	46	8	－	39.1	18.0	2.3	4.9	29.4	－	－	－	2.3	4.9	29.4
H25,H24	32.6	8	93	－	30.3	3.8	11.6	69.6	3.8	11.6	69.6	－	－	－
I26,H26	54.6	6.5	－	52.1	28.4	4.4	8	48	－	－	－	4.4	8	48
H24,G24	38.4	6.5	102.6	－	39.4	6.1	15.8	94.8	6.1	15.8	94.8	－	－	－
H26	63.2	8	－	29.4	18.6	2.3	3.7	22.2	－	－	－	2.3	3.7	22.2
G24	43.6	8	55.3	－	24.1	3	6.9	41.4	3	6.9	41.4	－	－	－
H26,G26	56.1	7.75	－	109	61.1	7.9	14.1	84.6	－	－	－	7.9	14.1	84.6
G24,G25	41.7	7.75	144.9	－	60.4	7.8	18.7	112.2	7.8	18.7	112.2	－	－	－
G25	39.8	7.5	45.6	－	18.1	2.4	6.1	36.6	2.4	6.1	36.6	－	－	－
I27,H27	53.55	7.25	22.8	－	12.2	1.7	3.1	18.6	1.7	3.1	18.6	－	－	－
G25	39.8	7.25	45.4	－	18.1	2.5	6.3	37.8	2.5	6.3	37.8	－	－	－
H27,G26	50.3	8	120.4	－	60.6	7.6	15.1	90.6	7.6	15.1	90.6	－	－	－
G25,F25	39.75	8	36	－	14.3	1.8	4.5	27	1.8	4.5	27	－	－	－
G26	49	8	47.2	－	23.1	2.9	5.9	35.4	2.9	5.9	35.4	－	－	－
F25	39.7	8	34.2	－	13.6	1.7	4.3	25.8	1.7	4.3	25.8	－	－	－
A27,B28	38.6	4	－	68.4	26.4	6.6	17.1	102.6	－	－	－	6.6	17.1	102.6
A24,B24,B25	36.9	4	58.6	－	21.6	5.4	14.7	88.2	5.4	14.7	88.2	－	－	－
A27,A28	36.6	8	97.7	－	35.8	4.5	12.2	73.2	4.5	12.2	73.2	－	－	－
B25	38.7	8	39.1	－	15.1	1.9	4.9	29.4	1.9	4.9	29.4	－	－	－
					ポンプ流量120m^3/hr（1チーム作業）における作業効率				3.82	9.54	57.24	4.25	8.68	52.1
					ポンプ流量240m^3/hr（2チーム作業）における作業効率				7.64	19.08	114.48	8.5	17.36	104.2

（ｉ）攪拌機のみ作業能率

1 日のポンプ稼働時間を 6 時間とした場合

作業能率：除去体積 7.64m³/hr

除去面積 19.08m²/hr

作業面積 114.48/Day

（ⅱ）攪拌機、ジェット併用作業能率

1 日のポンプ稼働時間を 6 時間とした場合

作業能率：除去体積 8.5m³/hr

除去面積 17.36m²/hr

作業面積 104.2/Day

（作業能率比較検討の結果）

平成 21 年度現位置分級器における除去作業においては、従来の攪拌機のみの作業は作業能率が 114.48m²/Day、攪拌機とジェット併用作業は作業能率が 104.2 m²/Day となった。

当初の設計条件は、作業能率：104m²/Day としているため、攪拌機においては設計作業能率よりも向上しており、攪拌機、ジェット併用作業でも設計の作業能率と同等であった。

攪拌機、ジェット併用作業に関してジェット噴流により撹拌力か高まり、鉛直方向への底質改善効果が、攪拌機のみよりも向上したことが確認できた。これは除去体積効率（m³/hr）が撹拌機のみの効率よりも高くなっていることからも伺える。

(2) 現位置分級器の作業状況

現位置分級器作業中に泥土堆積厚が厚い地点の作業時に、装置本体が土砂へ潜り込んでしまう現象が確認された。そのイメージを図 2-7-1 に示す。

これは現位置分級器のハニカム構造が仕切り壁構造となったことなどにより、重量が増加したことも潜り込みが起きてしまった原因の一つと考えられる。現位置分級器は図 2-7-2 に示すソリで本体自重を支える構造となっている。今後は装置の浮力調整により軽量化を図る、ソリを大きくする、延長する等により設置圧を分散化させる等の対策が必要であると考えられる。

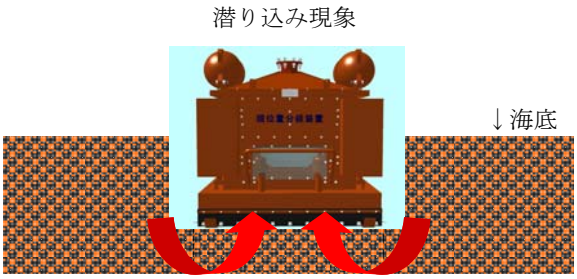


図 2-7-1　現位置分級器　潜り込みイメージ

また水流ジェット作業時の水量状態によっては、撹拌力（掘削力）が強すぎるため現位置分級器から濁りが漏洩してしまう現象が確認された。なお水流ジェット流量はバルブによる流量調整で対応することによる作業性の向上が確認された。

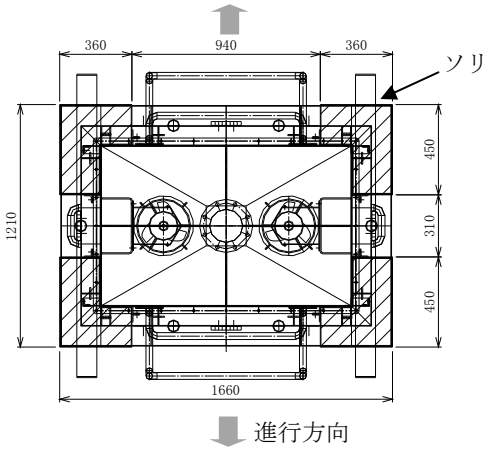


図 2-7-2　現位置分級器平面図

(3) 現位置分級器作業の結論および今後の課題

今年度の現位置分級器除去作業により以下のことが判明した。

- 現位置分級器は安全性、作業性とも良好であった。
- 水流ジェットの流量調整は問題なく実施出来た。
- 水流ジェット併用により鉛直方向への底質改善効果の向上が見込めた。
- 水流ジェットの水量調整により、現位置分級器の作業性の向上が確認された。（底質改善の時間が短縮）

今後の課題を以下に示す。

- 現位置分級器のコンパクト・軽量化
- 現位置分級器の潜り込み防止用のソリ大型化（幅、延長）

8.　底質改善に着目した代替工法（水処理施設）の検討

8.1.　目的

平成 18～20 年度にかけて竜串湾内の泥土除去工事が実施された。平成 20 年度の湾内濁り対策検討調査では海底の堆積泥土が波浪により巻き上がり濁りが発生しているものの、湾内に大量に堆積した泥土の絶対量は除去工事の効果と自然のクリーニング力により確実に減少していることが報告されている。

今後、対象とする海底が泥土混じり砂など底質中に含まれる泥土成分が少ない海域や、現行のような水処理施設が背後の陸上エリアに設置できない海域での泥土除去工事も予想されるため、海上に水処理施設を設置し、効率的、経済的に泥土除去工事を進める必要があることから、海上における水処理工法の検討を行った。

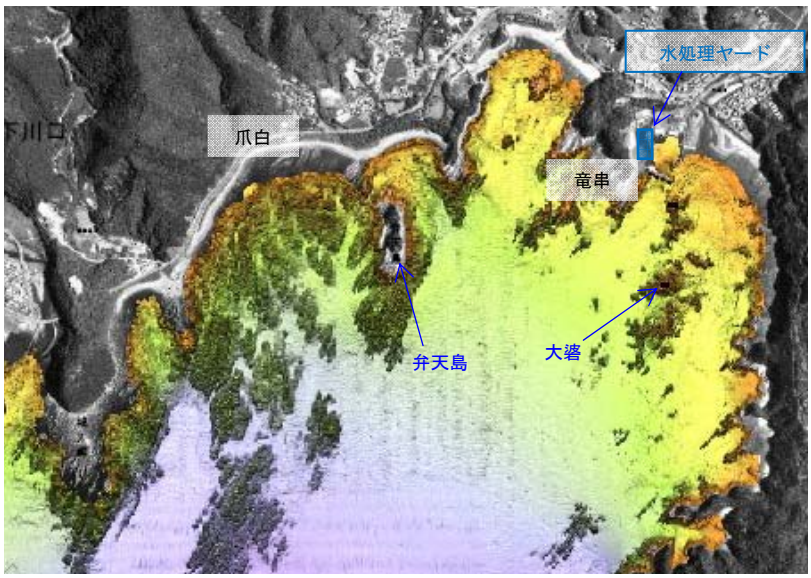


図 2-8-1　竜串湾内

8.2.　底質改善技術の現状把握

既存資料から底質改善に着目した類似技術の実績等を調査し、竜串湾への施策応用を検討する上での基礎資料とした。

既存資料の調査は以下に示す方法で行った。

①メーカーカタログ調査（メーカーカタログ、web 等）

②技術文献調査（土木学会誌、電力土木等）

③特許調査（特許庁電子図書館データベース）

メーカーカタログ調査結果を表 2-8-1、技術文献調査結果を表 2-8-2、特許調査結果を表 2-8-3 に示した。

表 2-8-1 (1)　排水処理装置のコンパクト化に関するメーカーカタログ調査結果（カタログ、Web 等）

文献番号	タイトル	出典	巻号	年月	ページ	著者名	区分		概要	キーワード
							水処理工法	装置		
1	ハイビアシステム	web				三重県		○	ハイビアシステム（HI－BIAH SYSTEM）とは、現在大規模なプラント設置が必要となっている浚渫ヘドロの脱水処理を、可搬性の高い小規模装置で実現するために開発した高性能固液分離装置。 これを使用することにより、近隣にヘドロ脱水処理用のプラント設置場所が不要となり、海上（船上）処理も可能となる。 筑後川沿岸の福岡県柳川市久間田漁港において、新たに作製した新型ハイビアシステムの処理実験を行い、良好な結果を得た。	濁水浄化処理
2	ユニットシステムSCB型　水将軍	web				㈱三央		○	トンネル、シールド、河川改修等、土木工事で発生する汚濁水を、高速凝集分離方式採用で装置を小型化し、濁度、pH、流量管理まで行う。 ■搬送車輌：4t×1台 コンパクト且つ軽量。ユニット間の配管、配線工事が不要。安定した高性能な処理が可能。	濁水処理設備 凝集分離装置
3	高性能小型水処理機　NWC-60型 ZERO SYSTEM	web				日本仮設㈱		○	高性能小型水処理機「NWC-60型」は、コンパクト・軽量設計で設置場所を選ばず、4tユニック車での積み込み・運搬が可能。また、面倒な配管の組み立てや難しい操作は一切ない。 【特徴】 2m×3.5m×2mサイズで、重量が2.0tと軽量なため、工事の進行に合わせて簡単に移動することができる。 4tユニック車での積み込み、運搬が可能。 NWC-60型 1機で30～90t/hの汚濁水を処理できる。	濁水処理機
4	濁水処理 MOCシステム 水路沈殿池処理	web				日本ソリッド㈱	○		現場で構築した水路の長手方向を生かした水路沈殿池に、河川の多様な浄化要素を取り込んだ、自然に任せる濁水処理システム。変動する濁質にも一定の薬注量で行う凝集法・天然の礫間接触材・付着型水流傾斜板等を組合わせて段階的に処理するので、ランニングコストを抑え、又専門の運転管理者も不要とする省エネルギー型の濁水処理法。現地施工の水路だから大量の濁水処理も可能。	濁水処理
5	スクリュウデカンタ形遠心分離機 −泥水処理装置−	カタログ				セイスイ工業㈱		○	スクリューデカンタ形遠心分離機は、大きな遠心力の作用により、概ね10μm以上の粒子は沈降分離できるので、主にシルト分の分級が可能。また凝集剤を添加することにより、固形分のほとんどが回収できるのでフィルタープレスのような固液分離機としても活用できる。	振動篩付きサイクロン
6	ネオナイト工法による浚渫汚泥処理	web				ネオナイト工法振興協会	○		ネオナイト工法は、建設工事を行う際、地表水、地下水、雨水や土砂、セメント等が混入した排水・汚泥を省スペース、低コストで処理する技術である。天然素材主原料のネオナイトを使用しており、ゼロエミッションを可能にする。化学薬品を使用した従来の水処理工法は脱水ケーキ・スラッジ等産業廃棄物の問題があったが、現場埋め戻し（リサイクル）ができる。	振動篩付きサイクロン
7	テーパードラム回転式連続固液分離機	平成9年度長崎県地域集積活性化計画支援事業_成果報告書 平成11年度長崎県地域資源等活用型起業化事業_成果報告書 平成13年度長崎県地域産業集積中小企業等活性化補助事業_成果報告書		平成10年3月 平成12年3月 平成13年3月		協和機工		○	ドラム回転式固液分離機は、固体粒子を含有した水流から粒子を遠心分離する装置である。 分離モードと呼ばれる遠心力により固液分離が行われるモードと、捕集タンクへ輸送されずに壁面に付着した微細粒子の排出が行われる排出モードの2つのモードから構成される。	液体サイクロン
8	ヘドロ採取・分級・脱水装置	カタログ				FEコンサル	○		ヘドロ採取・分級・脱水装置はヘドロ採集装置、砂用サイクロン、ヘドロ沈降タンク、沈降ヘドロ貯留タンク、脱水機で構成されている。ヘドロ採取装置で堆積した砂およびヘドロに水を吹き付け、舞い上がる砂とヘドロを採取する。ヘドロと砂混じりの水は砂用サイクロンで砂のみが分離回収される。ヘドロ水は沈降タンクにより、ヘドロと水とに分離され、濃縮されたヘドロは沈降ヘドロ貯留タンクに蓄える。蓄えたヘドロを脱水機により、トラックで運べる程度まで脱水する。タンクおよび脱水機から分離された水は、ヘドロ採取装置の吹き付け用の水として再利用される。	液体サイクロン
9	ラバルセパレーター	web				マルサンテック㈱		○	ラバルセパレータ(別名：LAKOS(ラコス)セパレーター、サンドセパレーター)は、遠心力・液体と固体の比重差を利用し、水や液体中の異物の分離・濃縮・回収・除去を行う固液分離装置。 【使用事例】 ○工事現場：浚渫工事などといった日本中の工事現場。 ○井戸水・農業用水・池における砂の除去	液体サイクロン

表 2-8-1 (2)　排水処理装置のコンパクト化に関するメーカーカタログ調査結果（カタログ、Web 等）

文献番号	タイトル	出典	巻号	年月	ページ	著者名	区分		概要	キーワード
							水処理工法	装置		
10	濁水処理装置 SCB-30	web				上藤宗株式会社		○	水質監視装置・ポンプ・タンクまでが全て標準装備のオールインワン仕様。電力や薬品を用意するだけですぐに使える。高速凝集分離方式のため、4tユニックに積載可能なサイズで30m3/hの処理。 ■運搬車輌：4t×1台 仕様 原水：pH7.0～11.0・濁度500～10,000ppm 処理水：pH5.8～8.6・濁度25ppm以下	水処理装置 泥土
11	サイクロン（MDサイクロン）	web				アタカ大機		○	液の圧力エネルギーを回転エネルギーに変換し液体中に懸濁している固体粒子の分級・分離・濃縮を行う機器。液体サイクロンは投入される液の圧力を利用して性能を発揮するため可動部分や回転部分が無く、低コスト・コンパクトで大きな性能が見込める。 【特徴】 安価でシンプルな構造ながら、設置面積あたりの処理量が多い。広範な用途に適用可能。 脱水機等の前段処理に使用することで運転効率を大幅に向上。摩耗されやすい部分にゴム材料を使用した耐摩耗に優れた材質。	液体サイクロン 分離
12	ハイドロサイクロン（液体サイクロン）	web				日本化学機械製造株式会社		○	ハイドロサイクロン（液体サイクロン）は静止状態の機器へ処理液を注入することにより分離・分級・濃縮などを行うもので、構造は非常に簡単で駆動部もなく画期的な分離機。 数ミクロン以上の微細な粒子を含む懸濁液を、円周方向に円筒形容器に高速で供給することにより、回転運動を起こし遠心力を働かせる。この時円周方向にできる重力加速度は数万Gにまで達し、急速に微粒子を沈降分離濃縮させることができる。分離濃度は、この時の供給速度（供給圧力、流量）、出口部分の流量比を変えることで自由に選択出来る。	液体サイクロン
13	低濃度クリーナーLP型スーパークロン	web				村田工業株式会社		○	パルプ中の樹皮、結束繊維、砂等細かい軽量異物の除去。 LP型スーパークロンは二次渦流室が装備されている。これはサイクロンで濃縮され下降してきたリジェクトを再度分離する機構。 圧力水が作り出す渦流によりリジェクトは外周部に集まりリジェクト出口より排出され次工程へ、有用繊維は中心部に集まり二次回収原料出口より排出されクリーナー入口へ戻される。	液体サイクロン
14	200型コンパクトタイプ固液分離機	web				新潟ウオシントン株式会社		○	低振動・低騒音についてもより進化。 研究開発の脱場でも活躍。生産現場にとどまらず、研究室など製品開発における少量固液分離にも最適。 実用化に向けて正確な分離データを得る事ができ、最適なスケールアップが可能です。 貴重・高価な微粉の回収に、あるいは不純物を含まないピュアな分離液の回収。	固液分離機
15	凝集沈殿処理装置	web				ベントナイト産業株式会社		○	一般土木現場より排出される濁水や、重金属含有廃水の処理用として開発された装置。各種現場から排出される酸性やアルカリ性の濁水を、希硫酸、炭酸ガスや水酸化ナトリウムにより中和し、常に安定したpH値を得て効率よく凝集沈殿させて濁度処理を行なう。	濁水処理 沈殿
16	ミズコシタロウ　MTPシリーズ	web				中村建設株式会社		○	化学薬品を使用せず、新開発の高分子マイクロフィルターを使用した濁水処理装置。建設工事等の濁水を化学薬品を使用せずに処理できるので、環境への影響を軽減できる。	水処理 濁水
17	直胴型遠心脱水機 ASシリーズ	web				寿工業株式会社		○	直胴型遠心脱水機 ASシリーズは、ボウルの形状を直胴形にし、独自設計の排出形状を採用する事によって機内の最大遠心力で圧密脱水されたケーキのみを排出させる構造。	水処理 固液分離
18	汚濁水処理システム　ワケレー	web				株式会社　切川物産		○	コンパクトで設置スペースが小さいながらも、さまざまな汚濁水処理をこれ1台で行う。 このユニット内には固液分離装置「スリットセーバー」の他に、下部（リーク水）タンクやさまざまな汚濁水に対応するために、2種類の汚濁水供給ポンプを用意。 また、凝集剤タンク並びに凝集剤供給ポンプをセットし、汚濁水、凝集剤を弊社独自の凝集剤反応槽に投入し、凝集反応した汚濁水を、固液分離装置「スリットセーバー」にかけ、固液分離させる装置。	濁水処理 固液

表 2-8-2 (1) 排水処理装置のコンパクト化に関する技術文献調査結果（技術文献-土木学会誌、電力土木等）

文献番号	タイトル	出典	巻号	年月	ページ	著者名	区分		概要	キーワード
							工法	装置		
1	ハイドロ技術による発電所取水口の前面浚渫	電力土木	331	2007/9	77～79	青木あすなろ建設㈱（丸山慶洋・熊谷修治） 宏和エンジニヤリング㈱（橋本徹）	○		ダム貯水池や調整池などの堆砂を排出するハイドロ技術は、水位差を用いて水と一緒に堆積土砂を吸引・排出する工法である。配管中に可動部をもたないシンプルな構造と簡易な操作と設備、吸引部の濁水拡散の少なさ等が特徴である。関西電力㈱大井発電所の取水口前面で実施した浚渫実証試験では、湖内移送という形式でその排砂能力を確認した。ハイドロ技術の概要と実証試験結果について報告する。	浚渫、湖内移送、排砂、エジェクター
2	港内堆積土砂の有効利用技術の検討	電力土木	296	2001/11	136～140	東京電力㈱（高橋守男） 東京環境エンジニアリング㈱（菊池俊幸）	○		発電所港湾に堆積する土砂は、必要に応じて浚渫される。この浚渫土砂の細かく、塩分を含む等の利用上の難点に対して、浚渫土砂を砂とシルトに分級することでのそれぞれの特性に応じたリサイクル手法を検討した。実分級機で得られた砂とシルトについて、室内実験レベルで有効利用の適用性を検討した結果、砂については、アスファルト混合物および生コンクリートの細骨材の一部としてブレンドして使用できること、また、シルトについてはセメント固化による路盤材や路床材また、砂とのブレンドでの一般土壌としての適用性を確認できた。	浚渫土砂、リサイクル、分級、砂、シルト
3	最近の浚渫土リサイクル技術	電力土木	331	2007/9	80～82	五洋建設㈱（池田省三）	○		港湾整備事業で発生する大量の浚渫土砂は、従来、埋立地に投入処分されていたが、最近では埋立地の確保が困難になっており、浚渫土砂処分が大きな課題となっている。また、沿岸域の自然再生事業や海域環境創造事業では、干潟造成や覆砂など大量の土砂が必要となり、浚渫土砂を積極的にリサイクル材料として活用することが期待されている。本稿では、リサイクル技術の利用用途・分類と最近のリサイクル技術について報告する。	浚渫土砂、リサイクル、粒状化、脱水、分級
4	重金属汚染土壌の洗浄処理技術（スパイラル・ソイルウォッシャ）の開発	電力土木	308	2003/11	124～128	前田建設工業㈱（小口深志、野田兼司、高橋和夫）	○		土壌汚染対策新法の施行に相まって、工場・事業場跡地等の再開発・売却に伴う土壌汚染の問題が顕在化している。このような状況のもとで、重金属系の汚染土壌に対して、汎用の機械を用いた安価で効率的な土壌洗浄（スパイラル・ソイルウォッシャ）の確立を目指し、実汚染土壌を用いた室内および実大実験を実施した。その結果、①湿式分級操作により0.075mm以上の土壌において重金属の低減が図れる。②複数のサイクロンの導入により洗浄効果が増加する。等のことが確認された。	重金属汚染土壌、土壌洗浄方法、湿式分級、サイクロン、実大実験
5	底質環境浄化技術（P-Cute）	電力土木	334	2008/3	100～104	五洋建設㈱（池田省三）	○		底質環境浄化技術P-Cuteは、底質を浚渫などにより除去したあとに減容化し再生利用する底質除去と、覆砂技術や安定化技術を用いて原位置で底質自体を改善する底質改善の、二つのタイプに大別される。	底質浄化、浚渫、分級、脱水、ろ過
6	泥水式シールド工法における濃縮泥水再利用システムと施工実績	電力土木	310	2004/3	117～121	戸田建設㈱（小林修、田畑覚士）	○		地中線建設等に採用されるシールド工法の中で、泥水式シールド工法において発生する二次処理土は通常、建設汚泥として産廃処理されている。この二次処理土を流動化処理土の原料として、リサイクルすることで、環境問題はもとより、コスト削減という社会ニーズに応えることができた。今回は、泥水式シールド工法における濃縮泥水再利用システムの概要と施工実績について報告する。	泥水式シールド、建設汚泥、リサイクル
7	浚渫土の分級・リサイクル技術の開発	電力土木	320	2005/11	100～103	五洋建設㈱（池田省三）	○		各地の港湾などにおいては、大量の浚渫土砂をリサイクル材料として積極的に活用していくことが期待されている。このたび、浚渫土砂から砂分と細粒分を効率よく選別回収する大量浚渫土砂分級システムを開発し、現場施工によりその有効性を確認した。この分級システムは、連続処理したスラリー輸送配管の途中で処理がなされ、残留細粒分の少ない砂を大量かつ高効率で回収する。また分級処理の過程で生じる細粒分を含む大量の濁水についても、特殊フィルタによる濁水処理システムにより効率的に処理される。	浚渫土砂、減容化、分級、脱水、ろ過
8	浚渫土を利用した新しい海面処分場遮水工法の開発	電力土木	310	2004/3	126～130	上田正樹 上野一彦 伊野同	○		Clay Guard工法は浚渫工事等で発生する海成粘土にベントナイトを混合した粘土系遮水材料を製造し、海面処分場遮水工に用いる遮水材として施工する工法である。粘土系遮水材料はセメント等の固化材を使用しないため、変形対随性、自己修復性を有しており、地盤の変形は顕著である海面処分場遮水構造に用いる遮水材として適していると考えられる。本報ではClay Guard工法の概要を説明するとともに、実規模での現場実証実験および施工事例について紹介する。	海面処分場、遮水工、海成粘土、透水係数、ベントナイト
9	浚渫土砂を100%リサイクルするソイルセパレータ工法	電力土木	310	2004/3	113～116	加藤謙 薄井治利	○		循環型社会構築に貢献するため、港湾、河川、湖沼、ダムなどから大量に発生する浚渫土砂を100%有効利用するための「ソイルセパレータ工法トータルシステム」を完成させた。当システムは、浚渫土砂を砂分とシルト・粘土分に分級して砂分を取り出す「分級・脱水システム」と、シルト・粘土分泥水を安価に連続処理できる「固液分離システム」により構成されている。「分級・脱水システム」は平成14年度の関門航路浚渫土分級工事に適用され、また、平成15年7月には「固液分離システム」の性能確認実験を行ない、浚渫土砂の100%リサイクルを可能とした。	浚渫土砂、リサイクル、分級、遠心分離、固液分離
10	遠心分離操作による活性汚泥混合液の固液分離について	土木学会第42回年次学術講演会	Ⅲ-400	1987/9	830～831	大阪市立大学工学部（本多淳裕、貫上佳則）	○		下水処理法として最もよく用いられている活性汚泥プロセスの維持管理の基本は、最終沈殿池で沈降性の高い汚泥を得ることであるといわれている。しかし、汚泥の沈降性は汚泥の微生物相や下水の性質と密接に関連しており、現段階ではこの関係が十分に把握できていない。したがって従来通りの重力沈澱によって固液分離を行なう以上、今後も固液分離障害が起こると予測される。この対策として、活性汚泥を遠心力で強制的に分離することによって最終沈殿池における固液分離障害を克服できることが考えられる。そこで本研究では、曝気槽の活性汚泥を連続遠心分離機によって機械的に固液分離する可能性について実験的に検討する。	下水処理、活性汚泥、固液分離、遠心分離

表 2-8-2 (2) 排水処理装置のコンパクト化に関する技術文献調査結果（技術文献-土木学会誌、電力土木等）

文献番号	タイトル	出典	巻号	年月	ページ	著者名	区分		概要	キーワード
							工法	装置		
11	関門航路浚渫土分級工事	土木学会第58回年次学術講演会	CS8-006	2003/9	429～430	国土交通省九州地方整備局（村山伊知郎、渡辺洋一）東亜建設工事株式会社（加藤謙）	○		関門航路の整備は、航路の増深、拡幅、埋没対策のため営々として浚渫工事が行われており、今後も浚渫工事を継続していく必要がある。大量に発生する浚渫土は、主に埋立地や人工島建設に有効利用されているが、土砂処分場の受入容量にも限りがあり環境負荷を低減するためにも、浚渫土の減容化を図り現処分量の延命化を最大限図ることが必要である。そこで今回、大容量の処分能力を有する遠心分離装置を用いて大量の浚渫土を効率良く砂とシルト・粘土に分ける「分級工事」を世界で初めて実施した。	浚渫土、リサイクル、分級
12	新規土壌安定改良材を利用した浚渫ヘドロ簡易固液分離に関する検討	土木学会第60回年次学術講演会	7-099	2005/9	197～198	大成建設株式会社（片倉徳男、上野成三、小林峯男）三重県産業支援センター（今井大蔵、Ahmed H.A.Dabwan）成和機工株式会社（前川憲治）	○		水域環境の改善を目的として人工干潟の造成が行われている。一方、水域環境の改善方法として海底に堆積した有機物を多く含む底泥（ヘドロ）を除去する浚渫工法も行われているが、浚渫したヘドロの処分地が必要であり、大規模な浚渫は進んでいない。浚渫ヘドロ処理工程のうち、大きなウェートを占める固液分離の工程を簡略化するため、中性の凝集・固化薬剤のうち、急速な凝集性を持ち、再溶解しにくく、さらに脱水性能に優れたフロック形成が可能な新規土壌安定改良材（AR-P：㈱片山化学工業研究所）に着目した。本研究では、AR-Pを用いて浚渫ヘドロを対象とした凝集・脱水性能の評価を室内実験及び簡易な中規模実験装置を用いた屋外で行い、AR-Pの浚渫ヘドロの処理に関する適応性について基礎的なデータを取得した。	浚渫、底泥処理、土壌改良材
13	前処理によるフィルタープレス処理性能の向上	土木学会第54回年次学術講演会	Ⅵ-95	1999/9	190～191	戸田建設㈱（田畑覚士、市川政美）㈶下水道新技術推進機構（篠田康弘、小林卓矢）		○	現在泥水式シールド工法における泥水二次処理設備には、ほとんどフィルタープレスが使用されている。一般的に脱水工程は比重1.15～1.25程度の余剰泥水にPACを添加して打込んでおり、土質、濾過圧にもよるが、フィルタープレスに打込む泥水（以下、打込泥水）の比重に関係なく、脱水ケーキの比重は、1.65～1.75程度になる。よって土質、打込み圧力が一定の場合、打込泥水が高比重であるほど、濾水量が減少するため脱水時間の短縮が可能となる。そこでサイクロンを使用し、調整槽内の余剰SS分を比重1.5程度の状態で回収して余剰泥水として貯留し、ポリ塩化アルミニウムを添加してフィルタープレスに処理することで、脱水時間の短縮を目的としたシステムの開発を行った。本報では、濃縮サイクロンを使用したフィルタープレス処理性能向上の基礎実験と実施工での確認について述べる。	二次処理設備、フィルタープレス、サイクロン
14	大容量処理に対応した泥水濃縮システムの開発（Ⅰ）（濃縮デカンタ）	土木学会第58回年次学術講演会	Ⅵ-123	2003/9	245～246	戸田建設㈱（市川政美、斎藤昭彦、中村太三）	○		建設廃棄物の最終処分量は、全産廃棄物の最終処分量の3割を占め、従来建設廃棄物の受け皿となってきた最終処分場の残余容量が逼迫してきており、今後、建設廃棄物のリサイクルや減量を促進することが緊急の課題となっている。今回、泥水式シールド工法において発生する二次処理土（建設汚泥）の減量化、また再資源として有用な原材料とする技術として、泥水濃縮システムについて報告する。	泥水式シールド、建設汚泥リサイクル、建設汚泥濃縮減量、泥水濃縮システム
15	大容量処理に対応した泥水濃縮システムの開発（Ⅱ）（濃縮デカンタ）	土木学会第58回年次学術講演会	Ⅵ-124	2003/9	247～248	戸田建設㈱（田畑覚士、斎藤照彦）大成建設㈱（石川秀一、土橋功）	○		泥水式シールドから発生する泥水の二次処理設備には、設備の省面積化・施工性向上等を目指した液体サイクロン（以下、濃縮サイクロン）と高圧真空プレス（以下、濃縮プレス）で構成する泥水濃縮システムが開発されている。濃縮サイクロンは、設備面積がコンパクトであるが、トンネル外径が大きくなると設備台数が増え、施工性や経済性が低下する。このような場合に濃縮サイクロンにかわり、デカンタ（以下、濃縮デカンタ）を採用することとした。濃縮デカンタの採用にあたって、テスト機による泥水処理試験（前稿）を行い、実際の工事に採用した。本稿では、この濃縮デカンタを採用した工事の実績について報告する。	泥水式シールド、泥水処理、建設汚泥低減、泥水濃縮システム、デカンタ
16	脱水促進工法による高含水浚渫泥土の処理技術の開発	土木学会第54回年次学術講演会	Ⅲ-B281	1999/9	562～563	㈶土木センター（横山浩司、田村正秀、和田信昭）	○		湖沼や河川、海域などに堆積している高含水泥土の処理方法として、現状では埋立地を確保して浚渫処分し、長期間に亘って自然脱水を行う方法が一般的である。しかし、自然脱水だけでは表層部のみが乾燥し、中層・深層部は脱水が進行せず、その利用にあたっては固化処理などの土質改良処理を必要としている。本工法は、高含水浚渫泥土をスラリー輸送する際、排砂管の内部に脱水促進剤を注入、排砂管内が乱流状態であることを利用して混練する。それにより浚渫した泥土の固液分離を促進し、全層にわたり脱水効率を高めるとともに、泥土の土質を改善しようとするものである。この度、室内カラム実験および現地土槽実験において改良効果を確認したのでその結果を報告する。	脱水促進工法、高含水浚渫泥土、カラム試験
17	炭酸アルミネート系凝集剤による濁水の処理	土木学会第48回年次学術講演会	Ⅲ-156	1993/9	366～367	京都大学防災研究所（嘉門雅史、勝見武）前田建設工業（今西秀公）	○		大量に発生いている汚泥や濁水の適正処理は環境の保全と浄化の観点から重要な課題であり、減容化のための固液分離がその基本的考え方となる。本報告ではヘドロや表土流出水など環境問題に関連深い地盤起源の濁水の処理への炭酸アルミネート系塩材料（CAS材）の適用例を述べる。	固液分離、CAS材、脱水処理
18	有機系凝集剤による湖底底質の沈降特性 －底質の体積の影響－	土木学会第53回年次学術講演会	Ⅲ-B401	1998/10	802～803	㈶電力中央研究所（小峰秀雄）早稲田大学理工学部（増田雅之、赤木寛一）	○		湖沼などの閉鎖性水域には、底質と呼ばれる土砂や有機物が堆積しており、その底質は高含水状態で分散しているため、底質を有効利用する上では、その凝集および脱水が必要である。著者らは、有機系高分子凝集剤による底質の凝集特性に及ぼす初期含水比の影響について、100mlメスシリンダーを用いた沈降試験と水相部の吸光度測定により調査を行ってきた。本研究ではその結果を踏まえて、実際の凝集工程では底質を大量に処理することから、底質の凝集特性に及ぼす体積の影響についての調査を行った。具体的には、1000mlメスシリンダーを用いた凝集沈降試験を行い、100mlメスシリンダーを用いた試験結果と比較し、考察した。	底質、凝集、浚渫、脱水、高分子材料
19	管中混合による浚渫土砂固化処理工法の長距離圧送実験	土木学会論文集	No.651/Ⅵ-651	2000/6	37～45	上薗晃 竹澤一彦 塚田正一 高橋邦夫	○		近年、港湾工事における軟弱浚渫土の有効活用が課題となっている。これらの土砂は高含水比のため、脱水や固化処理などが必要である。最近、従来の固化処理工法と比較して簡易で経済的な工法として、土砂を空気圧送する過程でセメント等の固化材と混合する管中混合固化処理工法が開発されている。この工法では、これまで数百mの圧送実績しかなかったが、このたび、伏木富山港の浚渫土砂の陸上固化処理工事において、長距離圧送（圧送距離約1km）の有効性などを確認するための試験工事を実施した。本論文は、管中混合固化処理工法による長距離圧送試験工事で得られた成果について報告するものである。	軟弱浚渫土、管中混合固化処理工法、長距離圧送
20	浚渫土埋立地を利用した新北九州空港の建設に関する課題とその対策	土木学会論文集	N0.707/Ⅵ-55	2002/6	21～36	江頭和彦 岩瀧清治 佐藤孝夫 片桐雅明 寺師昌明 吉福司	○		新北九州空港は、港湾・航路整備にともない発生する浚渫土砂の埋立地（土砂処分場）を有効活用して整備される。しかし、浚渫土自体が大きく圧密沈下すること、埋立後直ちに表層処理・地盤改良する急速施工であるため埋立地の初期状態を詳細に地盤調査する時間的余裕が乏しいことなど、地盤工学的に大きな問題を有している。本文では、浚渫土による埋立から空港施設建設に至るまでの各建設工程において、事業を計画どおり進めていくための問題点を抽出し、その解決方法を検討・提案した。また、浚渫土埋立では動態観測結果から埋立予測手法に対する評価も行い、地盤改良の概略設計では埋立過程をシミュレートした数値解析結果を初期状態として用いることを提案した。	浚渫土、埋立、表層処理、地盤改良

表 2-8-3　排水処理装置のコンパクト化に関する特許調査結果（特許庁電子図書館データベース）

番号	発明の名称	特許公開番号	公開日	出願人および発明者	概　　要	キーワード
1	排水の処理機構及び処理方法	2008-279368	2008/11/20	株式会社オメガ　中村 信一	COD値やBOD値が仮に高濃度であったとしても処理を行うことができる排水の処理機構及び処理方法を提供しようとするもの。	サイクロン　水処理
2	水処理システム	2009-154135	2009/7/16	株式会社東芝　阿部 法光 外4名	分離膜処理における逆洗浄処理工程時に発生する排水を効率よく殺菌処理し再利用可能な水にすることにより、浄水処理にかかるコストを低減し、原水の有効利用率を向上することが可能な水処理システムを提供する。	サイクロン　水処理
3	排水処理方法	2009-112986	2009/5/28	太平洋セメント株式会社　田村 典敏 外1名	塩素バイパスダストの水洗時に発生する排水を浄化処理する際に、設備コストや運転コストを低減しながら、効率よく重金属類を除去する。	サイクロン　水処理
4	脱水乾燥装置	2007-278528	2007/10/25	株式会社アコー 河野 元美	円滑な脱水処理および脱水後の樹脂材料の搬送が可能な構成を備えた脱水乾燥装置を提供する。	サイクロン　水処理
5	汚泥脱水方法及び装置	2004-122096	2004/4/22	株式会社もやい　小野寺　崇	浚渫汚泥脱水・固化に関して、コンパクトな設置スペースで、高い脱水率を得る汚泥脱水設備を装備し、二次汚染を発生せず、良化物を得る。	遠心分離　水処理
6	水処理用分離装置	平7-194994	1995/8/1	山縣 勝義	被処理水を加圧して、管内の流速が一定になるようにしてから、更にレジューサーパイプ5で加圧増速、缶内にサイクロン状の旋回流を発生せしめて遠心分離機能を構成し、水中に浸入する不純物を分離する水処理用分離装置。	サイクロン　水処理
7	液体サイクロン	2002-66384	2002/3/5	日本鋼管株式会社　吉岡 真	下水処理施設の最初沈殿池の引き抜き汚泥のような固形分を含む液体から固形分を分離する処理をしても、内面の摩耗が少ない液体サイクロンを提供することを目的とする。	サイクロン　水処理
8	懸濁水の沈殿浮上分離構造及び、 懸濁水分離処理システム、 懸濁水分離処理システムの沈殿物収集ブロック	2004-154690	2004/6/3	江内 昌紀	液体サイクロン内部の水流の状態を使用条件に応じて制御して、分級粒度を所定の値に設定して供給される懸濁水を効果的に分離分級することができると共に、供給ポンプに負荷をかけることがなく、底部に堆積したゲル状の沈殿物でも容易に除去することができ、メンテナンス性と経済性に優れた懸濁水分離処理システムの提供。	サイクロン　水処理
9	底質分離装置	平10-118531	1998/5/12	三菱重工業株式会社 ▲吉▼井 總介 外1名	多数のサイクロンを用いることなく、しかも動力も少ない状態で、完璧な土砂の分離に近づけるようにした底質分離装置の提供を目的とする。	遠心分離　底質
10	ダム汚泥排砂設備	平10-118698	1998/5/12	三菱重工業株式会社　藤村 則彦	本発明は、ダム水底で腐敗した落葉などの汚泥と土砂との混合堆積物を分離して処理するダム汚泥排砂設備に関し、従来のダンプトラックによる浚渫物の運搬を不要にするとともに、有機物からの悪臭放出を防止し、汚泥のストックヤードも不要にした。	排砂　浚渫
11	液体中の固形分分離装置	2002-66385	2002/3/5	日本鋼管株式会社　吉岡 真	下水処理施設における最初沈殿池の引き抜き汚泥のような固形分を含む液体から固形分を分離する処理をした際に、抜き出される固形分の含水率を低くすることができる液体中の固形分分離装置を提供することを目的とする。	水処理　サイクロン
12	泥水処理装置およびその装置を 用いた泥水処理方法	平8-66700	1996/3/12	井上 雅博	低振動かつ低騒音であり、装置の小型化を図った泥水処理装置およびその装置を用いた泥水処理方法を提供することにある。	水処理　サイクロン
13	流体流れから粒子を分離する装置	2001-504759	2001/4/10	ノートトライ リミテッド バーリントン，ジェ フリー マイケル 外1名	流体流れから粒子を分離する装置において、ファンを通過する流体が内壁部に向かって加速され、これによりサイクロン式分離機内の流体流れから粒子を遠心分離するのに十分な接線速度が与えられるように、サイクロン式分離機に対する入口部内にファンが配置されている。	サイクロン　遠心分離
14	遠心分離機	平7-241493	1995/9/19	石川島播磨重工業株式会社 伏信 太郎 外2名	細骨材の連続処理を行うことができる遠心分離機を提供する。	サイクロン　遠心分離
15	固体分離装置	2001-121038	2001/5/8	石川島播磨重工業株式会社 鈴木 健次 外4名	固液、及び固気の混合流体から微粒の固体をも高能率に分離できるようにする。	サイクロン　遠心分離
16	排泥装置を備えた テーパードラム回転式連続固液分離機	2000-15141	2000/1/18	野崎 勉 協和機工株式会社　井上　隆史	従来の液体サイクロンより高い分離性能を有し、高価で複雑なデカンタより分離性能は若干落ちるが、幅広い用途に対応できる固液分離機を提供する。	液体サイクロン
17	排泥装置を備えた ドラム回転式連続固液分離機	2000-15140	2000/1/18	野崎 勉 協和機工株式会社　井上　隆史	従来の液体サイクロンより高い分離性能を有し、高価で複雑なデカンタより分離性能は若干落ちるが、幅広い用途に対応できる固液分離機を提供する。	液体サイクロン
18	急速排気装置を備えた 沈降式液体サイクロンセパレータ	平10-151373	1998/6/9	野崎 勉 株式会社日本アルミ、株式会社マリン・カルチャー	液体中に分散している微細な比重の小さい固形分を液体と分離するため、従来の方法に比べ安価で効率よくヘドロ等の処理を行い、さらに、サイクロンに混入した多量の気体を急速に排気する。	液体サイクロン
19	土壌の浄化方法及び浮遊分離装置	2002-177942	2002/6/25	株式会社熊谷組 外1名 川口 謙治 外2名	水よりも比重の軽い異物が混入した処理物から上記異物を効率的に分離するための浮遊分離装置と、難溶水性有機物等の異物の混入により汚染された土壌から上記異物を分離して上記土壌を浄化する方法を提供する。	液体サイクロン　粒子
20	液体サイクロン装置	2005-279609	2005/10/13	株式会社ワールドケミカル　森 洋二	液体の流量に関係なく液体を加速してスラッジのサイクロン分離が可能な液体サイクロン装置を提供する。	液体サイクロン　分離
21	液体サイクロン装置	平8-141444	1996/6/4	株式会社ノリタケカンパニーリミテド 小沢 祐司 外2名	処理性能や処理効率が異なる処理液の変更を容易に行うことができる液体サイクロン装置を提供する。	液体サイクロン　分離
22	液体サイクロン	2005-527360	2005/9/15	ジイエル アンド ヴィスウェーデン エイビイ カルデルマン，スベン，レナート	重い粒子に関する分離効率を低下させずに、重質留分用出口通路の閉塞が有効に防止される。	液体サイクロン　分離
23	液体処理用分離装置並びに付随の精錬方法	平7-39945（実用新案）	1995/7/18	山縣 勝義	液体に含まれる不純物を摘出することにより、液体と物質とを共に浄化、再利用する。具体的には、河川、湖の浄化と井戸、地下水の軟水化、及び家庭、工場排水の浄化であり、海水の淡水化、原油の比重別精製、更には放射能汚染水の中和分離に関する。	液体サイクロン　分離
24	汚泥等の遠心分離装置	平8-89848	1996/4/9	石垣機工株式会社 石垣 栄一	コンパクトな構造でありながら、下水汚泥等を効率よく濃縮脱水することができる遠心分離装置を提供する。	遠心分離　汚泥
25	原汚泥の改質機能を有する遠心分離装置	2002-233899	2002/8/20	株式会社西原環境衛生研究所 菅原 良行、田原 肇	遠心分離機1に原汚泥を供給する汚泥供給工程2に対して遠心分離機1から排出される分離液の一部を返送し、原汚泥と分離液とを混合して原汚泥の有機物含有率を低下させる分離液返送工程5を設けたものである。	遠心分離　汚泥
26	浚渫土の処理装置	2006-334518	2006/12/14	独立行政法人科学技術振興機構 外2名	大規模な機械脱水方式を採用することなく、省スペースで、効率的に高含水率の浚渫土を処理して、取扱いの容易な固形物を取り出し得る装置を提供する。	濁水処理　固液分離
27	濁水処理装置	2008-200584	2008/9/4	株式会社西組 今井 孝、後呂 和男、村上 二郎	装置全体を小型化した上で固液分離処理を高精度で効率良く行う。	濁水処理　固液分離
28	泥水の脱水処理台船	2002-18499	2002/1/22	新日本製鐵株式会社 高橋 彰 外3名	水底に堆積する土砂・ヘドロ等の堆積物の浚渫泥水および建設工事で排出される泥水を含水率の低い固化泥に脱水処理する設備を備えた台船を提供する。	水処理台船
29	浚渫泥土の処理方法	2006-75833	2006/3/23	株式会社大林組 黒岩 正夫 外2名	脱水設備の規模を大幅に縮小させるとともに脱水効率を向上させる。	分級

8.3. 海上における水処理工法の検討

(1) 従来工法

竜串湾内で実施された泥土除去工事の各工程を図 2-8-2 に示した。またフローは 2.6.施工計画・施工管理計画の図 2-6-1 に示した通りである。泥土除去工事では、工事費用に対して水処理工程の費用が占める割合が大きくなっている。過年度の対策及び平成 21 年度の泥土除去工事で泥土（シルト・粘土）を中心とした堆積部は除去されつつある現状において、対象とする底質中に含まれる泥土成分が少ない地点には、陸上の水処理設備（写真 2-8-7 参照）規模の縮小等、底質を改善することに着目した工法が適していると考えられた。

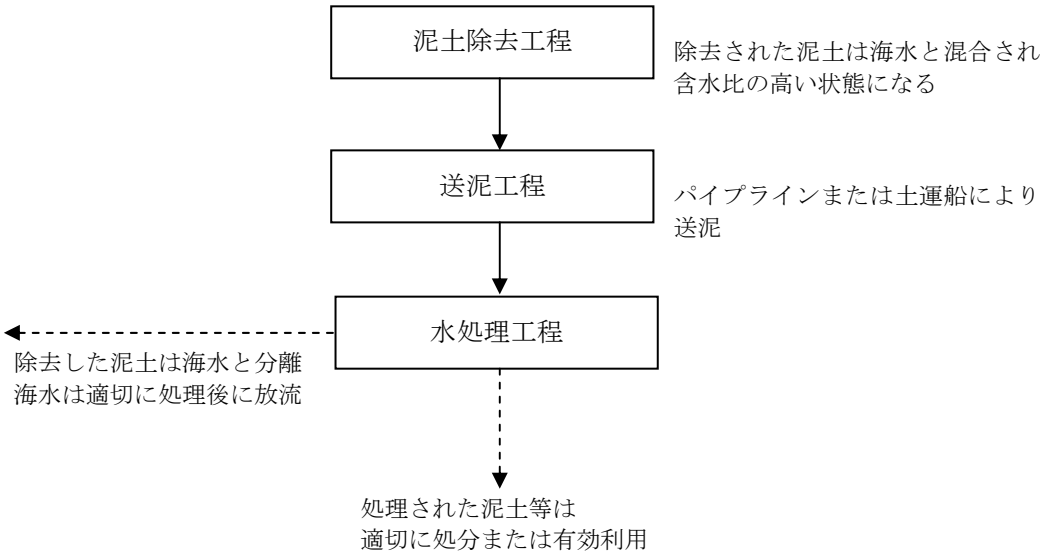


図 2-8-2 泥土除去対策の従来工法フロー

写真 2-8-1 水処理設備

(2) 代替工法

代替工法は、現位置分級器で広く面的に底質の改善を行い、取り除いた細粒分を海水と共にコンパクトな排水処理装置を艤装した海上水処理船へ送泥し処理を行う移動式工法である。この工法は陸上に大型水処理設備を設置せず、SPSS が 500kg/㎥以下の範囲を広く面的に対策を行う方法である。代替工法のイメージを図 2-8-3 に示した。

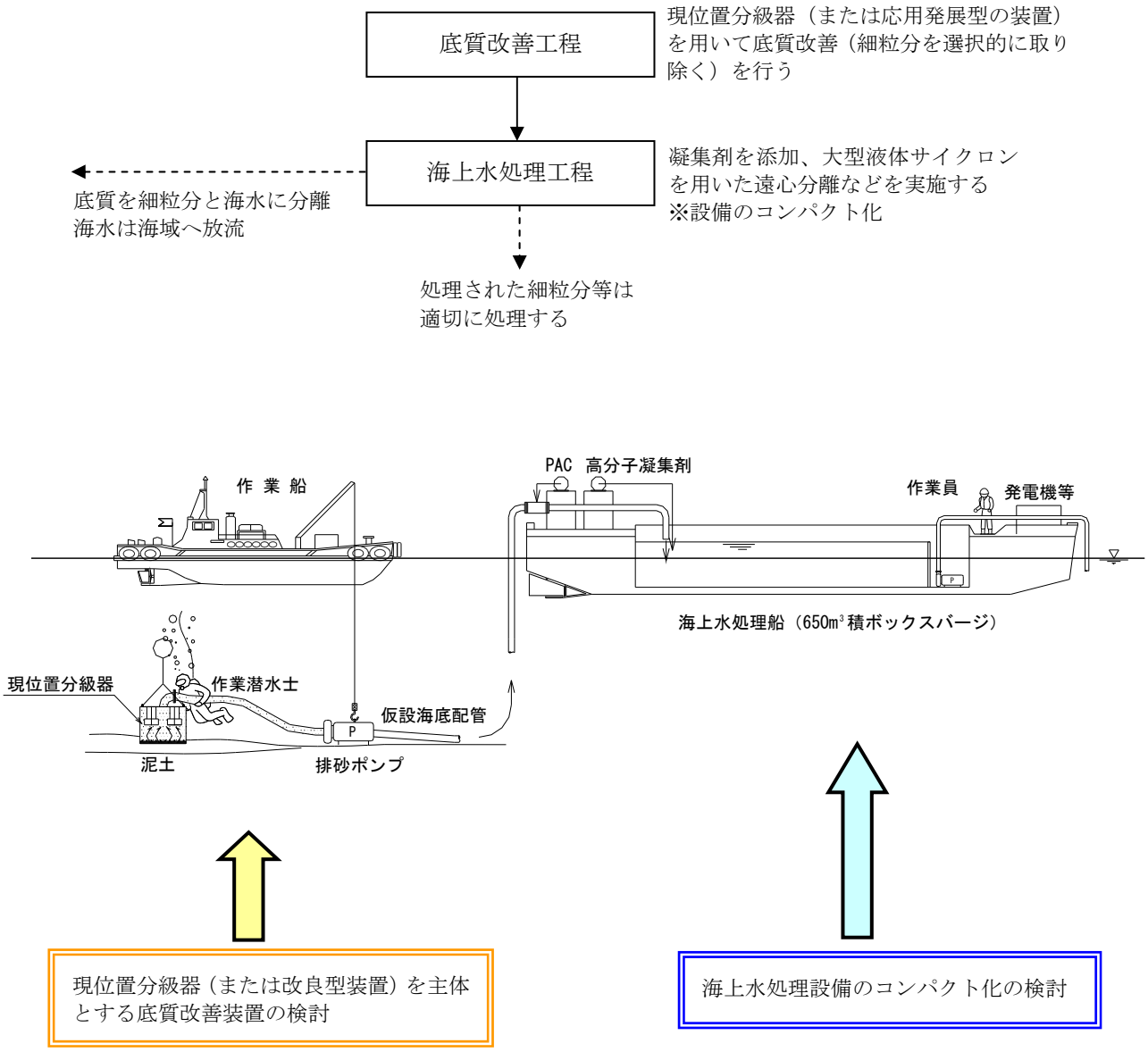


図 2-8-3 代替工法の考え方

(3) 排水処理装置

1) 水処理の単位操作

海上水処理を行うに当たり、海水と細粒分を分離する装置のコンパクト化が主な検討要素となる。

水処理の単位操作の中で、物理化学処理として分類されるものには多種多様なものがある。粒子の大きさと分離技術の関係を図 2-8-4 に示した。水中の不純物質は単位操作を 1 つあるいは 2 つ以上組み合わせることによって除去される。表 2-8-4 に処理対象物質別処理方法一覧表を示した。

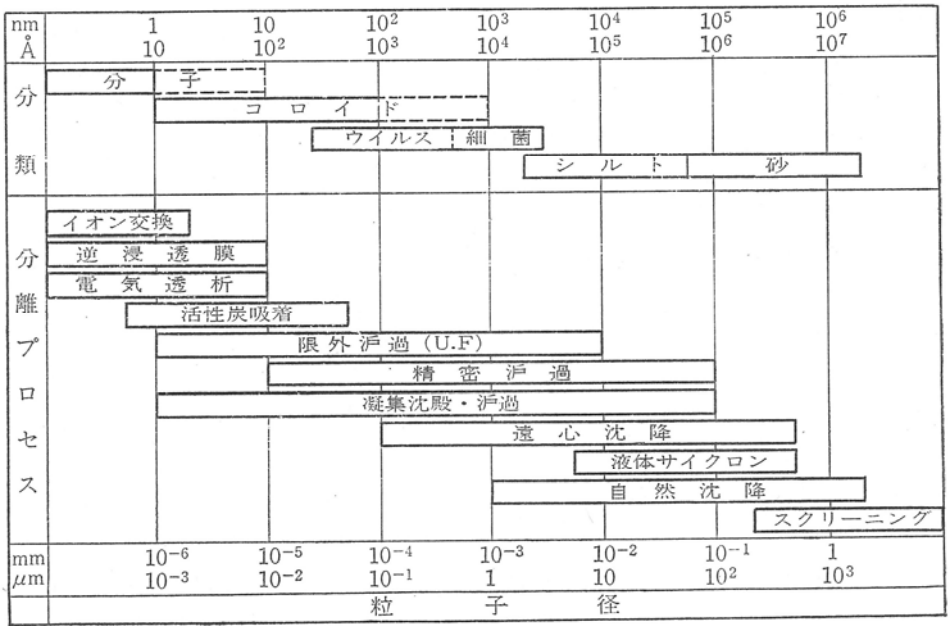


図 2-8-4　粒子の大きさと分離技術（新体系土木工学(土木学会編)）

表 2-8-4　(1)　処理対象物質別処理方法一覧表（新体系土木工学(土木学会編)）

除去すべきもの	処理方式	使用する薬品	原水条件	摘要
粗大浮遊物	① スクリーニング	—	粒子径 0.2mm 以上	
	② 単純沈降	—		
	③ サイクロン	—	粒子径 5 μm 以上	井戸水中の懸濁物の除去などに用いられている.
	④ 遠心沈降	—	濃厚液	多くは汚泥のような濃厚液の脱水に用いられる.
	⑤ ケーキ沪過	珪藻土		低濃度液から高濃度液まで使われる. 高濃度の場合には珪藻土は必要ではない.
	⑥ 精密沪過	—	粒子径 0.1 μm 以上	

表 2-8-4 (2) 処理対象物質別処理方法一覧表（新体系土木工学（土木学会編））

除去すべきもの	処理方式	使用する薬品	原水条件	摘要
コロイド 濁度	① 凝集—沈殿—沪過法 凝集剤,(アルカリ剤) →凝集→沈殿→沪過→	凝集剤： $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, PAC アルカリ剤： NaOH, Na_2CO_3, $Ca(OH)_2$ 凝集補助剤： 活性ケイ酸，アルギン酸ソーダ，ポリアクリルアミド系凝集剤他		コロイド，浮遊物除去の基本形，上水，工業用水等の用水処理に用いられる．
	② 凝集沈殿法 凝集剤,(アルカリ剤) →凝集→沈殿→			処理水水質の要求度が高くない場合に用いられる． 各種用廃水の処理に広く使われる．
	③ 凝集加圧浮上 凝集剤,(アルカリ剤) →凝集→加圧浮上→			処理水水質は一般に凝集沈殿法より劣るが，面積負荷率は高くとれ，また，汚泥の濃縮度を高くできる．
	④ 凝集沪過法，マイクロフロック法 凝集剤 →凝集→沪過→		濁度が比較的低い場合	凝集沈殿法に比べて凝集剤添加量が少なくてよい． 凝集補助剤を添加する場合もある．
	⑤ 珪藻土沪過法	珪藻土 凝集剤を添加することもある．		プール循環水，野戦用飲料水の処理に使われる．
	⑥ 精密沪過法	—	大型コロイドが対象	野戦用飲料水処理，R.O. の前処理，イオン交換の後処理などに使われる．
	⑦ 限外沪過法	—		病院用無菌水，イオン交換原水など特殊用途の用水処理として使われる．比較的高濃度の有機コロイドにも適用される．
	⑧ 造粒沈殿 凝集剤 ポリマ →凝集→造粒沈殿→	凝集剤： $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ ポリマ： ポリアクリルアミド系	比較的高濃度の液	表面積負荷を 200～400 mm・min^{-1} ぐらいに高くできる．無機性，有機性のコロイド，浮遊物の除去に用いられる．

ここでは、自然沈降の原理でなく遠心力で細粒分と海水を分離することで設備をコンパクト化することについて検討を行った。液体サイクロンと遠心分離の概要について記した。

(ⅰ)液体サイクロン

液体サイクロンは粒子群の沈降速度を遠心力によって加速して分級効果を高め、小型ながら効果的に浮遊物質の分級を行うものである（図 2-8-5)。

サイクロンは原理的に流体速度を高くしなくてはならないため、脆弱な凝集フロックには適用しにくい。一般には、5μm以上の浮遊物質粒子の分離に適用される。清澄度をあまり要求されないような各種懸濁液の処理に広く利用されている。

原液はサイクロンの内壁に接線的に導入され､本体内面に沿って回転流動する。これが一次回転流である。下流排出口からは一部の流量しか排出されないため、上向きの二次回転流が生じ、残りの大部分は越流排出口を通って流出する。一次回転流は遠心力が比較的小さいが、二次回転流は周速、角速度とも一次回転流よりはるかに大きいため、強い遠心力が発生する。

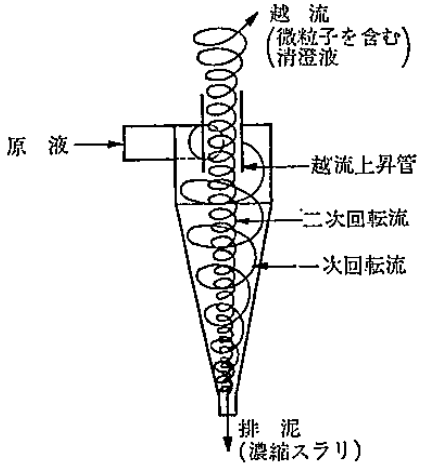


図 2-8-5　液体サイクロン内部の流れ

(ⅱ)遠心分離

遠心分離は比較的濃厚な懸濁液に適用される固液分離法である。水処理においては汚泥の脱水に用いられることが多い。

遠心分離装置は遠心沈降分離機とろ過機とに分けることができる。前者は、固液を密度の違いで分離するのに対し、後者は大きさの違いによって分離するものである。

遠心分離によって固液を分離する場合には、凝集剤を添加して沈降速度を高めることが清澄な分離液、含水比の低いケーキを得るのに有効である。しかし、遠心分離機に流入して強い力を受けるとフロックが破壊されやすいので、強力なフロックをつくる高分子凝集剤が使われて効果をあげている。

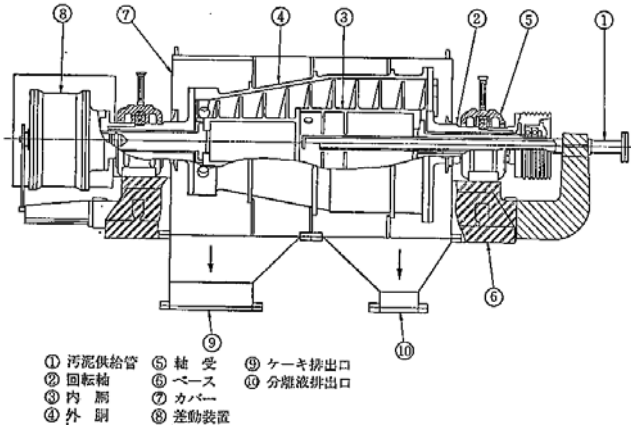


図 2-8-6　遠心分離機

2) 遠心分離の理論

シックナーやサイクロンで分離できない極微粒子の分離操作を強力な遠心力により行う分離機を遠心機という。これは懸濁液を入れた容器を低速型で n=2000～3000rpm、高速型のものでは n=7,000～9,000rpm で回転する。ここでは固体-液体の分離を行う場合の理論について記述した。

図 2-8-7 に示すように鉛直の z 軸のまわりに角速度ωで回転する円筒容器内に下部より単位時間にQなる流量の懸濁液が流入するものとする。このとき重力に比べて遠心力が遥かに大きいので、容器内の液面の表面は円筒容器の内壁と平行となる。

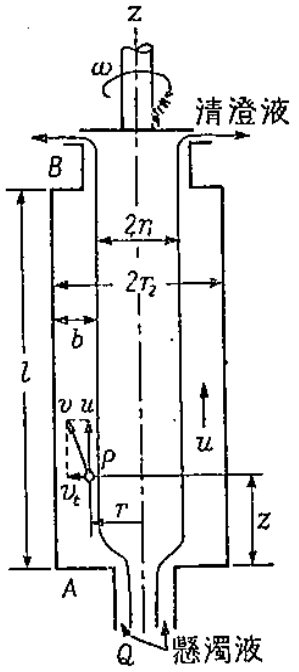


図 2-8-7　円筒型遠心機

ここで、液の表面の半径を r1、容器内の内壁の半径を r2 とする。粒子の沈降距離 b=(r2-r1)は r1 または r2 に比べて非常に小さいものとする。また液体の上昇速度 u は半径方向にも軸方向にも一様に分布しているとするとする。次に粒子の軸方向の分速度 vz=u、半径方向の分速度すなわち遠心沈降速度を vt とする。粒子が液体より完全に分離するためには、液体が A 面より B 面に達する間に粒子は半径方向に距離 b だけ沈降しなければならない。よって分離の条件式は、

$$\frac{b}{vt} \leqq \frac{l}{u} = \frac{V}{Q} \qquad \cdots ①$$

となる。ここに l は A-B 間の距離、V は回転容器内の液体の体積である。粒子の受ける流体抗力が Stokes の法則に従う程度のものとすれば、半径 r なる点 P における直径 d なる球状粒子に働く遠心力と抗力 3πμd(dr/dt)がつりあうとして、

$$\frac{dr}{dt} = \frac{d^2(\gamma_s - \gamma)}{18\mu} \frac{r\omega^2}{g}$$

または

$$\frac{dr}{dt} = v_s \frac{r\omega^2}{g} \qquad \cdots ②$$

ここに vs は重力沈降速度である。また vz=u としているので

$$\frac{dz}{dt} = \frac{Q}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} \qquad \cdots ③$$

式②と③より時間 t を消去し、粒子の分離軌道の座標 r=r1 のとき z=0、r=r2 のとき z=l の条件で積分すると次式を得る。

$$Q = v_s \frac{\pi l (r_2^2 - r_1^2)\omega^2}{g \log_e\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad \cdots ④$$

よって処理量Qは粒子の重力沈降速度vsと遠心機の構造（l,r1,r2）および運転条件ωによって決まる。

また分離可能な限界粒子径dminは、

vs=d2(γs-γ)/（18μ）を式④に代入して

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{18\mu Q g \log_e\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{(\gamma_s - \gamma)\pi l (r_2^2 - r_1^2)\omega^2}} \quad \cdots ⑤$$

となる。これより小さい粒子は液体と共に流出する。

参考文献

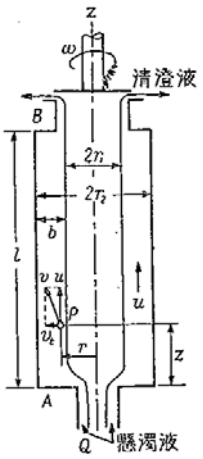
水力機械工学便覧　p234-236

3)　分離可能な限界粒子径の試算

式⑤を用いて、竜串泥土除去工事で用いているポンプ定格排水量120m³/hrを分離可能な限界粒子径について試算を行った。

遠心機装置仕様により異なる遠心機回転数Nは低速型のものを想定し、2000rpmの場合と3000rpmの場合、またその時の遠心機の構造（l,r1,r2）を変数として試算した結果を表2-8-5に示した。

μ	： 粘性係数	（ 0.001304 N/m²・s ）	海水10℃の粘性係数を想定	・1Paは1N/m² ・1Pa・s=10poise
Q	： 処理量	（ 0.033333 m³/s ）	流量 120 m³/hr	
g	： 重力加速度	（ 9.8 m/s² ）		
γs	：		シルト粘土の密度を想定	
	粒子の密度	（ 25970 N/m³ ）	（ 2.65 ） g/cm³	
γ	：		海水の密度を想定	
	媒体の密度	（ 10094 N/m³ ）	（ 1.03 ） g/cm³	
r1	： 遠心機の構造	（ m ）	液の表面の半径	
r2	： 遠心機の構造	（ m ）	容器内壁の半径	変数
l	： 遠心機の構造	（ m ）	遠心機の高さ	
ω	： 液体の角速度	（ 209 or 314 rad/s ）		



角速度 ω

$$\omega = 2\pi\left(\frac{N}{60}\right) = 2\pi\left(\frac{2000}{60}\right) = 209 \quad \text{rad/s}$$

$$\omega = 2\pi\left(\frac{N}{60}\right) = 2\pi\left(\frac{3000}{60}\right) = 314 \quad \text{rad/s}$$

遠心機の回転数 N

低速型 2000～3000rpmを想定

表 2-8-5　分離可能な粒子径の試算結果

回転数N　　2000 rpm　（ω=209rad/sのとき）

遠心機の構造			分離限界粒子径
l (m)	r1 (m)	r2 (m)	dmin (μm)
1.5	0.5	0.4	2.41
1.5	0.4	0.3	3.11
1.5	0.3	0.2	4.36
1.5	0.2	0.1	7.36
1	0.5	0.4	2.95
1	0.4	0.3	3.8
1	0.3	0.2	5.34
1	0.2	0.1	9.02

回転数N　　3000 rpm　（ω=314rad/sのとき）

遠心機の構造			分離限界粒子径
l (m)	r1 (m)	r2 (m)	dmin (μm)
1.5	0.5	0.4	1.61
1.5	0.4	0.3	2.07
1.5	0.3	0.2	2.9
1.5	0.2	0.1	4.9
1	0.5	0.4	1.97
1	0.4	0.3	2.53
1	0.3	0.2	3.56
1	0.2	0.1	6

シルトの粒子径は5～74μmであり、粘土の粒子径は5μm以下である。円筒型遠心機を用いて海水と細粒分の分離を行う場合、装置の仕様によっては 1.6μm程度の微細な粒子まで分離可能である結果となった。

次頁より、仮に1.6μmまでの粒子を分離できるとすると、排水濃度がどの程度になるか試算を行った。

4) 排水濃度の試算

現位置分級器による底質改善で発生する原水 SS は平均 10,000mg/l であると想定した。またこの中に含まれる 1.6μm 以下の粒子の割合は、平成 20 年度竜串濁り対策調査で SPSS 測定時の懸濁水※1 の粒度組成測定（レーザー解析）を実施しており、その時の測定結果（図 2-8-8）より想定した。

※1　試料は、4mm のふるいを通し、貝殻や小石などの夾雑物を除去後の底質を適量採取し、水道水により 500mL 程度にメスアップした後によく混合し、1 分静置後の上澄みを懸濁液としたものである。

表 2-8-6　懸濁液の粒度組成結果（レーザー解析）

	試料－1		試料－2		試料－3	
	粒径（μm）	累積（%）	粒径（μm）	累積（%）	粒径（μm）	累積（%）
	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00
	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00
	0.28	0.00	0.28	0.00	0.28	0.00
	0.39	0.00	0.39	0.00	0.39	0.00
	0.55	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00
	0.77	0.00	0.77	0.00	0.77	0.00
1.24μm　(0.6%)	1.09	0.15	1.09	0.00	1.09	0.00
	1.53	1.43	1.53	0.00	1.53	0.11
1.6μm（1.71%）	2.15	3.88	2.15	0.09	2.15	0.62
	3.02	9.15	3.02	2.51	3.02	1.98
	4.24	19.47	4.24	7.61	4.24	4.94
	5.97	34.51	5.97	15.61	5.97	9.95
	8.39	53.16	8.39	27.45	8.39	18.04
	11.79	71.01	11.79	42.04	11.79	29.08
	16.58	83.42	16.58	56.41	16.58	40.86
	23.31	91.40	23.31	69.61	23.31	52.62
	32.78	97.23	32.78	81.47	32.78	65.34
	46.08	99.91	46.08	89.45	46.08	77.35
	64.79	100.00	64.79	92.54	64.79	85.35
	91.09	100.00	91.09	95.19	91.09	90.61
	128.10	100.00	128.10	98.64	128.10	95.88
	180.00	100.00	180.00	99.99	180.00	99.51
	253.20	100.00	253.20	100.00	253.20	100.00
	356.00	100.00	356.00	100.00	356.00	100.00
	500.50	100.00	500.50	100.00	500.50	100.00
	703.60	100.00	703.60	100.00	703.60	100.00

50%粒径（μm）	8.0	50%粒径（μm）	14.4	50%粒径（μm）	21.8

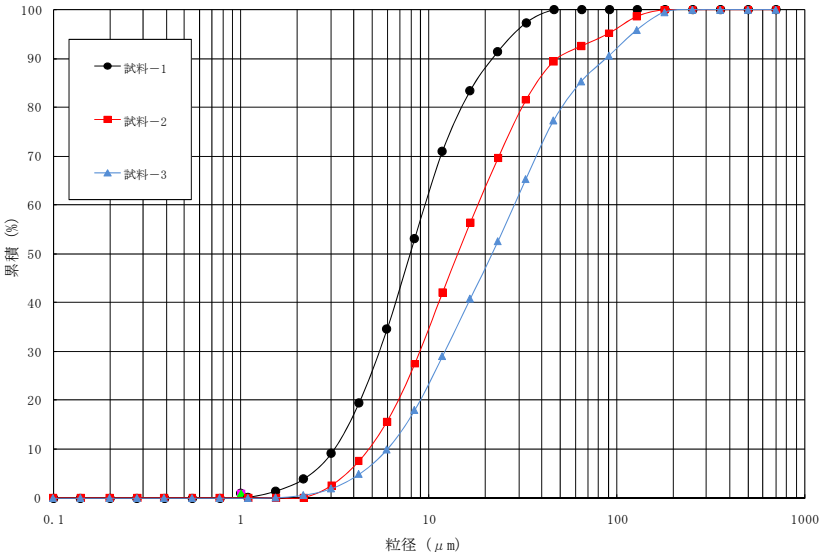


図 2-8-8　懸濁液の粒度組成結果（レーザー解析）

表 2-8-6 より、1.6μm 以下の粒子の割合は通過質量百分率で 1.71%である。
これらより遠心分離機により処理後の排水濃度は下記のように推算された。

排水濃度（mg/l）＝含泥率（%）×遠心分離後の処理水中の粒子の割合
＝1×0.0171
＝0.0171(%)
＝171(mg/l)

放流水の水質管理基準は濁度（SS 換算）60mg/l 以下であり、表 2-8-6 より排水基準を満たす粒子径を逆算すると、1.24μm 以上の粒子を確実に分離できなければならない。

この条件を満たすためには、遠心分離に凝集剤を添加して沈降速度を高めることで清澄な分離液を得る必要がある。

(4) 海上における水処理に向けて

本検討で行った計算は遠心分離機装置仕様が想定であり、実際に作業を行う場合は、所要のケーキ含水比および処理水の清澄度を得るための流量、装置運転条件を実験することが必要であると考えられた。

また、8.2.底質改善技術の現状把握で既往技術の調査を行ったが、竜串泥土除去工事で用いているポンプ定格排水量 120m^3/hr の排水処理を実施する場合、ある程度の装置規模（設置スペース）が必要となる。そのため、よりコンパクトな設備とするために、処理排水量の低減化が望ましいと考えられる。

8.4. 現地実証試験に向けた小型排水処理装置の検討

ここでは、処理排水の低減化及び海上水処理を目指すにあたり、H21 年度泥土除去工事の中で行う現地実証試験に用いる小型排水処理装置について検討する。

(1) 排水処理装置比較

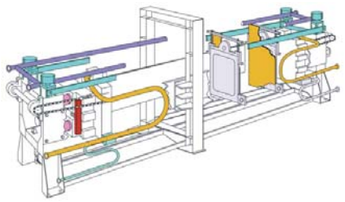
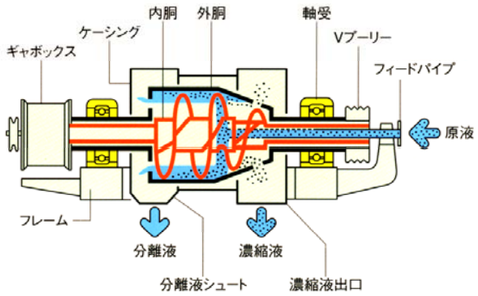
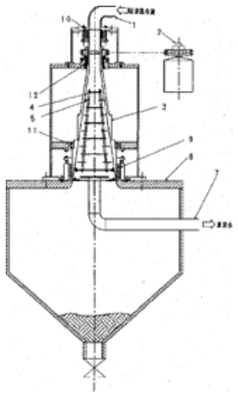
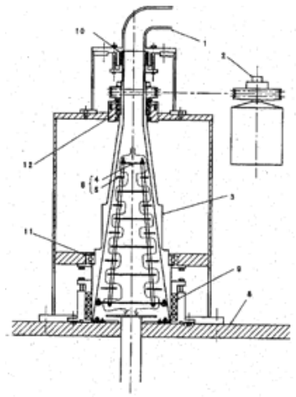
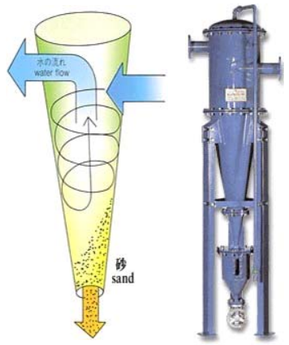
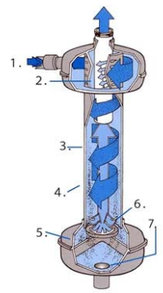
前述した、8.2. 底質改善技術の現状把握　及び　8.3. 海上における水処理工法の検討　の結果を踏まえ大きく以下の２つのパターンについて絞り込みを行った。

① 現状装置（凝集沈殿＋機械脱水）の小型化

② 遠心分離装置による固液分離及び脱水

次ページに現状装置と遠心分離型装置について比較検討を行った結果を示す。

表 2-8-6　現地実証試験に向けた小型排水処理装置の比較

種別	現状装置（凝集沈殿＋機械脱水）	比較装置（遠心分離による固液分離及び脱水）		
	シックナー＋フィルタープレス	スクリューデカンタ形遠心分離機	テーパードラム回転式連続固液分離機	サンドセパレーター
概要図	シックナー フィルタープレス 	  	 全体図  固液分離機詳細図 	液体サイクロン 円筒型遠心機  図 2-8-7　円筒型遠心機 ラバルセパレーター 
調査メーカー	東洋製作所	セイスイ工業㈱	協和機工	マルサンテック㈱
概要	泥土と共に除去される、ゴミ類などの混在物を分離分級でき、泥土（細粒分）を含んだ排水をシックナーにより処理し、濃縮したスラリーをフィルタープレスにより脱水する設備	原液を連続的に供給していくと、ボウルの大径側排出口からは清澄な分離液が、また、小径側の吐出口からは脱水された固体が連続的に排出される そして，それらは液体シュートおよび固体シュートによって別々に取り出される	ドラム回転式固液分離機は、固体粒子を含有した水流から粒子を遠心分離する装置である 分離モードと呼ばれる遠心力により固液分離が行われるモードと、捕集タンクへ輸送されずに壁面に付着した微細粒子の排出が行われる排出モードの2つのモードから構成される	ラバルセパレータ(別名：LAKOS(ラコス)セパレーター、サンドセパレーター)は、遠心力・液体と固体の比重差を利用し、水や液体中の異物の分離・濃縮・回収・除去を行う固液分離装置 【使用事例】 ○工事現場：浚渫工事などといった日本中の工事現場 ○井戸水・農業用水・池における砂の除去
長所	流量として比較的大流量規模まで、また濃度としても幅広い範囲の濁水に対応できる。 処理排水の清澄度も高いレベルが達成可能である。 脱水ケーキの性状(含水率、強度)も高いレベルが達成可能である。	連続的に分離脱水を行う為、大量の原液を短時間で処理できる 処理原液適応範囲は0．1～50%、また、原液中の固体粒子も数μm～5mm程度のものまで処理できる	分離性能を高める為に、回転ドラム内で固液流を蛇行させ流路を長くすることにより、長時間遠心力を受けられる構造となっている	処理水量が急激に変化しても、分離性能に影響がない 遠心分離タイプなどに比べ、本体寸法が小型、軽量が設置面積が極めて小さい 電力、その他の動力を必要とせず、設置場所を選ばない
短所	設備全体が大型であり、仮設費用の負担が大きい。 特にフィルタープレスが占める割合（占有面積、費用）が大きい。	処理排水の清澄度が低い。 高い清澄度が求められる場合、再度原水ラインに排水を戻す必要がある。	シール部などの不具合改善を重ねているが、開発が中段している。 試験を行うための装置はあるものの実機がないため今後実用化段階での解決課題が多い。	基本的に砂分を対象としているため、泥土（特に数μm～数十μm程度）の分離が困難である。 脱水性能面でも適用が困難である。
摘要性	△	○	△	×

(2) 現状装置（凝集沈殿＋機械脱水）の小型化

ここでは、現状の大型装置（120m³/hr）のスケールダウンについて検討を行う。

1) 凝集沈殿槽（シックナー）

凝集沈殿槽（シックナー）については、比較的小型の装置が汎用で流通している。

比較表中の調査メーカー（東洋製作所）における小型シックナー（10～20m³/hr）を以下に示す。

型　式	L寸法 (mm)	処理能力 (m³/h)
TJL-15	2,900	10~20
TJL-30	4,000	20~40

図 2-8-9　小型シックナー（10～20m³/hr）

またさらに小型のシックナーとして、以下に示すような 2～6m³/hr クラスの装置がある。

設置寸法　L×B×H(m)	2.0×1.0×2.5
本体重量(kg)	1200

図 2-8-10　小型シックナー（2～6m³/hr）

2）機械脱水装置

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）業務の報告書において、泥土の代表的な脱水技術として、“土木的脱水工法”と“機械的脱水工法”に分類し、さらに機械脱水方式として以下のように整理している。

- 機械脱水方式
  - 真空脱水：オリバフィルタ、ベルトフィルタ
  - 加圧脱水：フィルタープレス　◀ 現状方法
  - 遠心脱水：スクリュデカンター
  - 加圧絞り脱水：ベルトプレス、ロールプレス
    ドラムプレス、スクリュプレス
  - その他

現状においては、これらの装置の比較調査結果を踏まえ、加圧脱水方式である“フィルタープレス装置”を採用し工事に至っている。

形　式	室数	ろ過面積（m²）	ろ過容積（ℓ）	寸法（mm）	
				全幅	全長
TAMP-3221SP3	21	18.9	252	2,300	4,400
TAMP-3230SP3	30	27	360	2,900	6,500
TAMP-3250SP3	50	45	600	2,900	7,400
TAMP-3280SP3	80	72	960	2,900	9,200

図 2-8-11　小型フィルタープレス

フィルタープレスの場合、比較的大型の排水処理に適しているため現有する小型の装置においても、占有面積ならびに重量ともにコンパクト化（スケールダウン）にはおのずと限界がある。

そのためここでは、フィルタープレス以外の機械脱水装置について以下に検討する。

（ｉ）真空脱水装置

真空脱水装置は、下図に示すように回転ドラムの外側に巻き付けたろ布に回収された沈殿フロックを張り付け、真空ポンプによりドラムの内側に水分を引き抜く装置である。

フィルタープレスよりも脱水能力（含水率、強度）は落ちるものの装置は小型であり、設置スペースも小さくて済む。

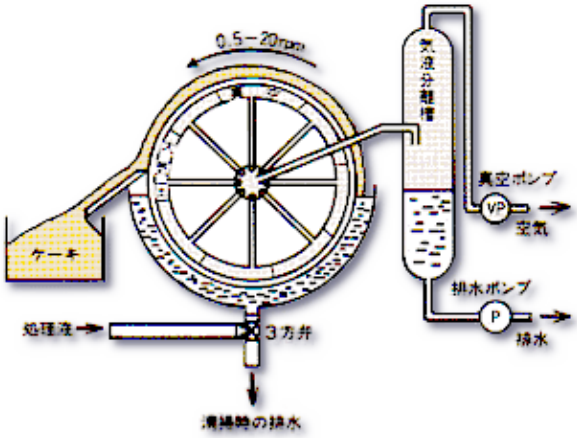


図 2-8-12　真空脱水装置の原理

写真 2-8-2　真空脱水装置の事例

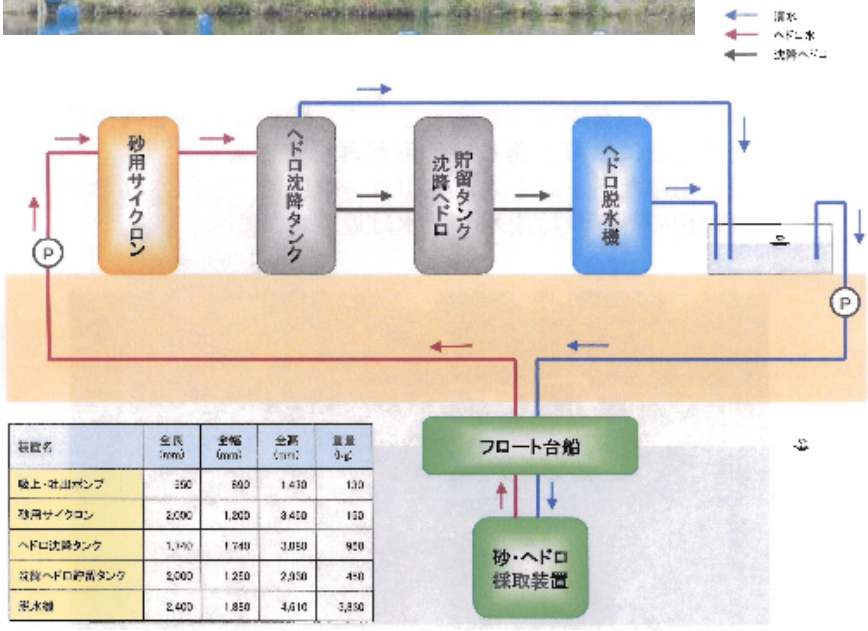
（ⅱ）遠心脱水装置

遠心脱水装置の代表的なものとしては、スクリューデカンタ装置、ドラム回転式固液分離装置、サンドセパレーターなどがある。

これらについては、脱水のみならず単独の装置として水処理も行える可能性があることから、後述の比較装置において検討を行う。

(iii)その他装置

メーカーカタログ等を調査した中で、池等に堆積したヘドロの回収および排水処理を行うシステムがあり、沈殿したヘドロの脱水についてウエッジワイヤーによるピストン脱水装置を採用している事例がある。



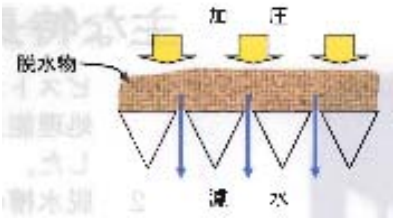


図 2-8-13　ヘドロ採取システムとピストン脱水機

3) 現地試験装置の選定

前述までの検討結果に基づいて、現地試験に用いる装置を選定する。

① 小型シックナー＋フィルタープレス案

以下に現状方法のスケールダウン案として、15m³/hr の処理システムフロー及び装置の配置レイアウト図を示す。

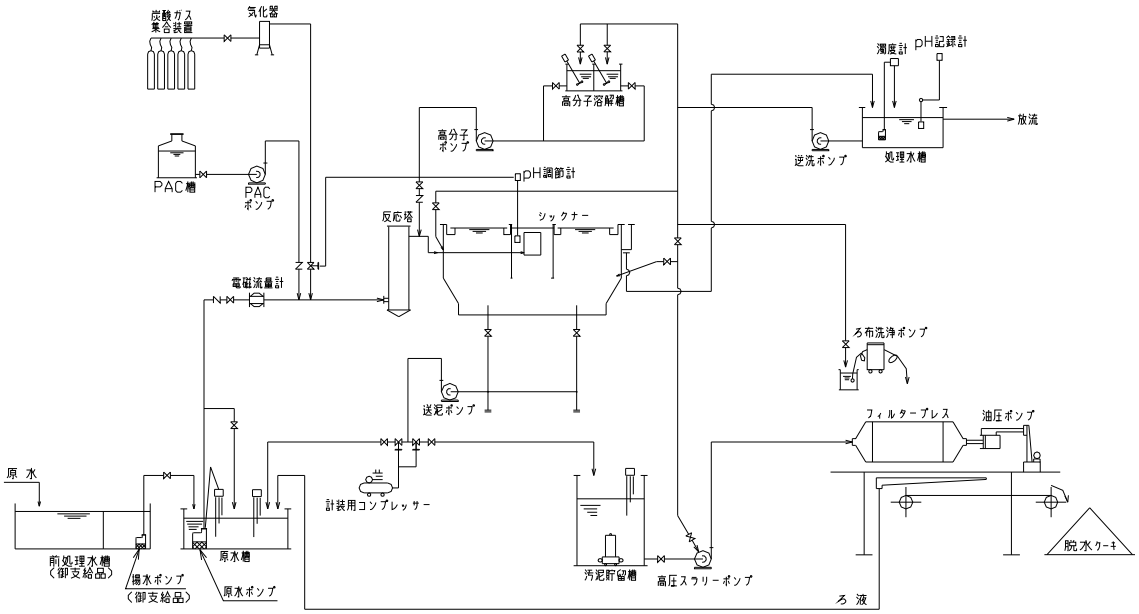


図 2-8-14　現状方法スケールダウン装置の処理フロー

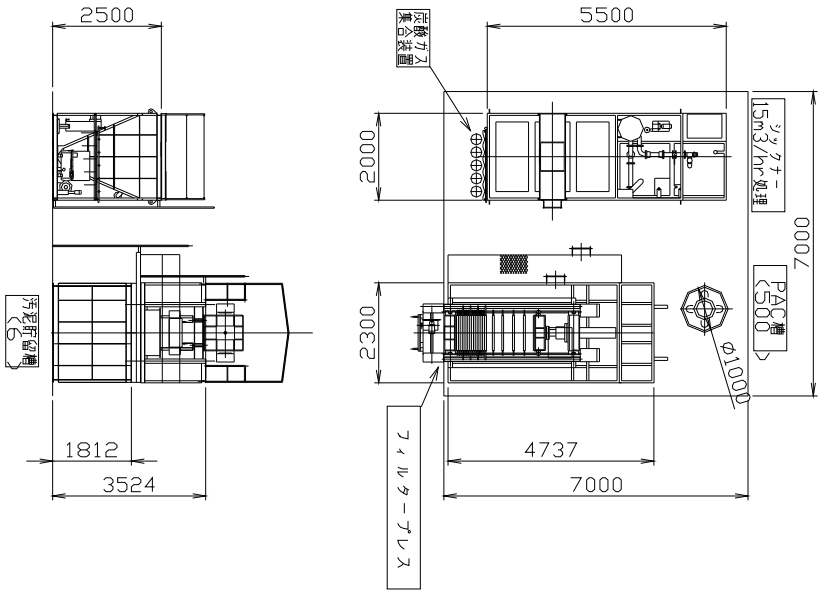
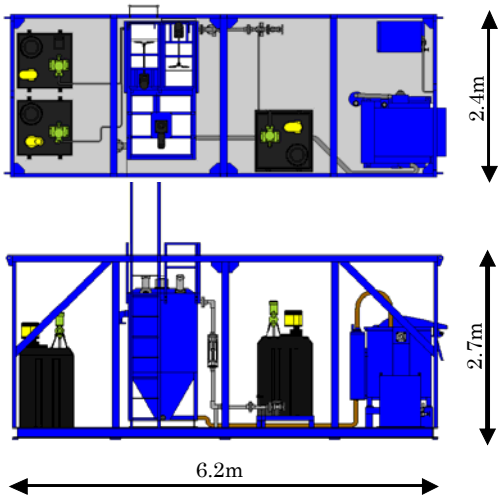


図 2-8-15　現状方法スケールダウン装置の配置

② 小型シックナー＋真空脱水機

以下に小型シックナーに真空脱水機を組み合わせた 5m³/hr の処理システムを示す。



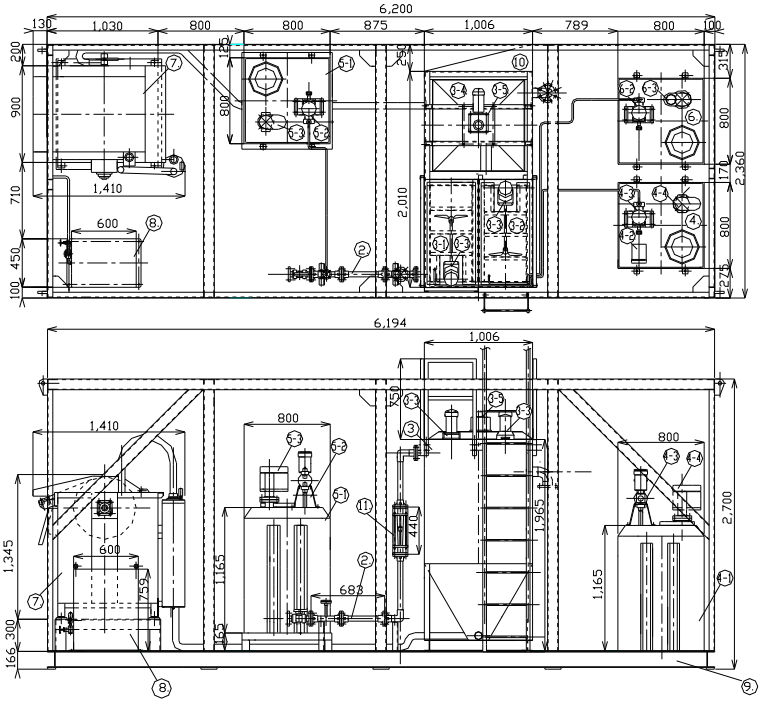


図 2-8-16　小型シックナー＋真空脱水装置

③ 試験装置の選定

ここでは、現地試験に用いる装置として以下を選定する。

小型シックナー＋真空脱水機

その理由としては、まず第一に“①小型シックナー＋フィルタープレス案”の場合、現状の装置と基本的なシステムが変わらず、これまでの実証試験工事において既に十分なデータが得られていることがある。

次に、“②の小型シックナー＋真空脱水機案”においては、利用可能な装置として、凝集剤の攪拌、注入装置も含めて一体型となっている可搬型の装置があることがある。

以下に対象の装置の輸送時における写真を示す。

写真 2-8-3　一体型小型排水処理装置の輸送状況

(3) 比較装置（遠心分離による固液分離及び脱水）

ここでは、何種類かある遠心分離装置において前述した比較表に示した装置の長所・短所、また竜串の泥土の性状、装置の実績等から判断して以下の装置を選定する。

スクリューデカンタ形遠心分離機

この装置の概要についてメーカーヒアリング結果等を踏まえ以下に示す。

- ✧ 高速で回転（2,000～4,000rpm）する外胴ボウル内部に排水原水（原液）を供給し、遠心力により固体を分離させ、内胴に堆積させる
- ✧ 外胴ボウル内部には、ボウルとはわずかに回転差を与えられたスクリューコンベアが設けられており、内胴に堆積した固定分を脱水後に出口から吐出させる
- ✧ 固体から脱水・分離して液体分は、ボウルの側板に設けられた出口から排出される

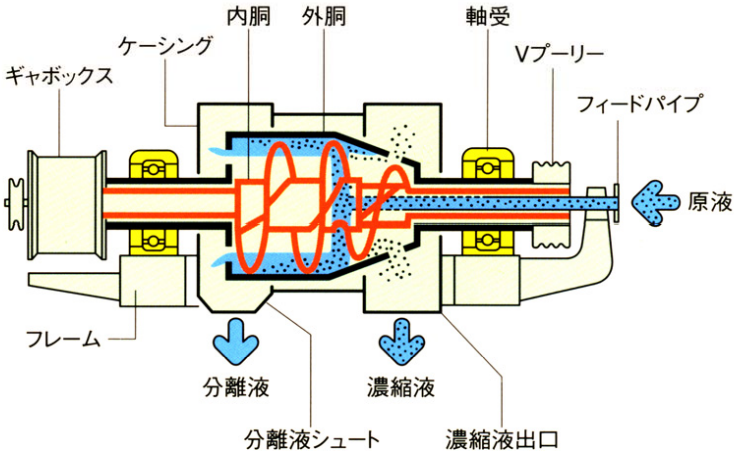


図 2-8-17　スクリューデカンタ装置の原理

写真 2-8-4　スクリューデカンタ装置の外観と内部

写真 2-8-5　スクリューデカンタによる固液分離事例

以下の現地試験で使用に適すると考えられる、処理能力 5m³/hr の装置を示す。

形式	処理能力※		駆動電動機			寸法			総重量
	比重低下	高液処理	本体側	差速側	電流	全幅	全長	全高	
	(m³/h)	(m³/h)	(kW)	(kW)	(A)	(mm)	(mm)	(mm)	(t)
土木用									
HS-300MW	5	3	11	-	30	1600	2000	1600	1.5
MW-4	8	5	18.5	-	60	2000	2755	1940	2.3
HS-400MW	12	8	30	-	70	2000	4100	2200	4.5
HS-450MW	20	12	37	-	90	2100	4200	1855	6.5

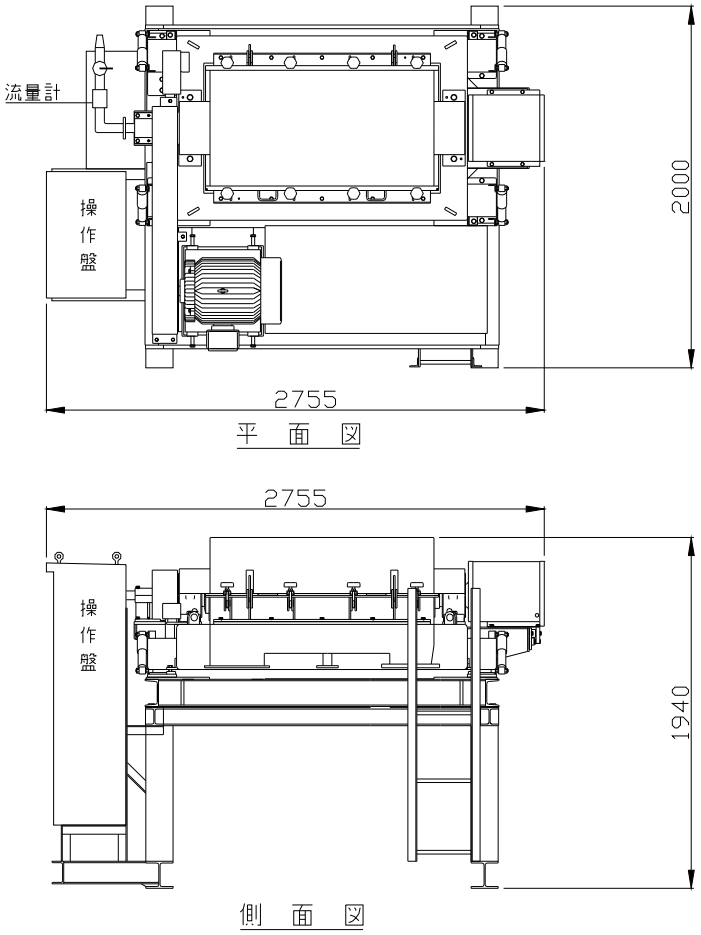


図 2-8-18　小型スクリューデカンタ装置（5m³/hr）

9.　排水処理装置のコンパクト化に向けた検討

9.1. 目的

底質改善に着目した代替工法（海上における水処理工法）を検討する中で、排水処理装置のコンパクト化の必要性がテーマとなっている。底質改善工法の全体イメージを図 2-9-1 に示す。

排水処理装置のコンパクト化に向けては、処理排水の低減化及び海上水処理を目指すにあたり、小型の排水処理装置（海水と細粒分を分離する装置）の現地試験を行い、データ収集、評価、検討を行うことを目的とした。

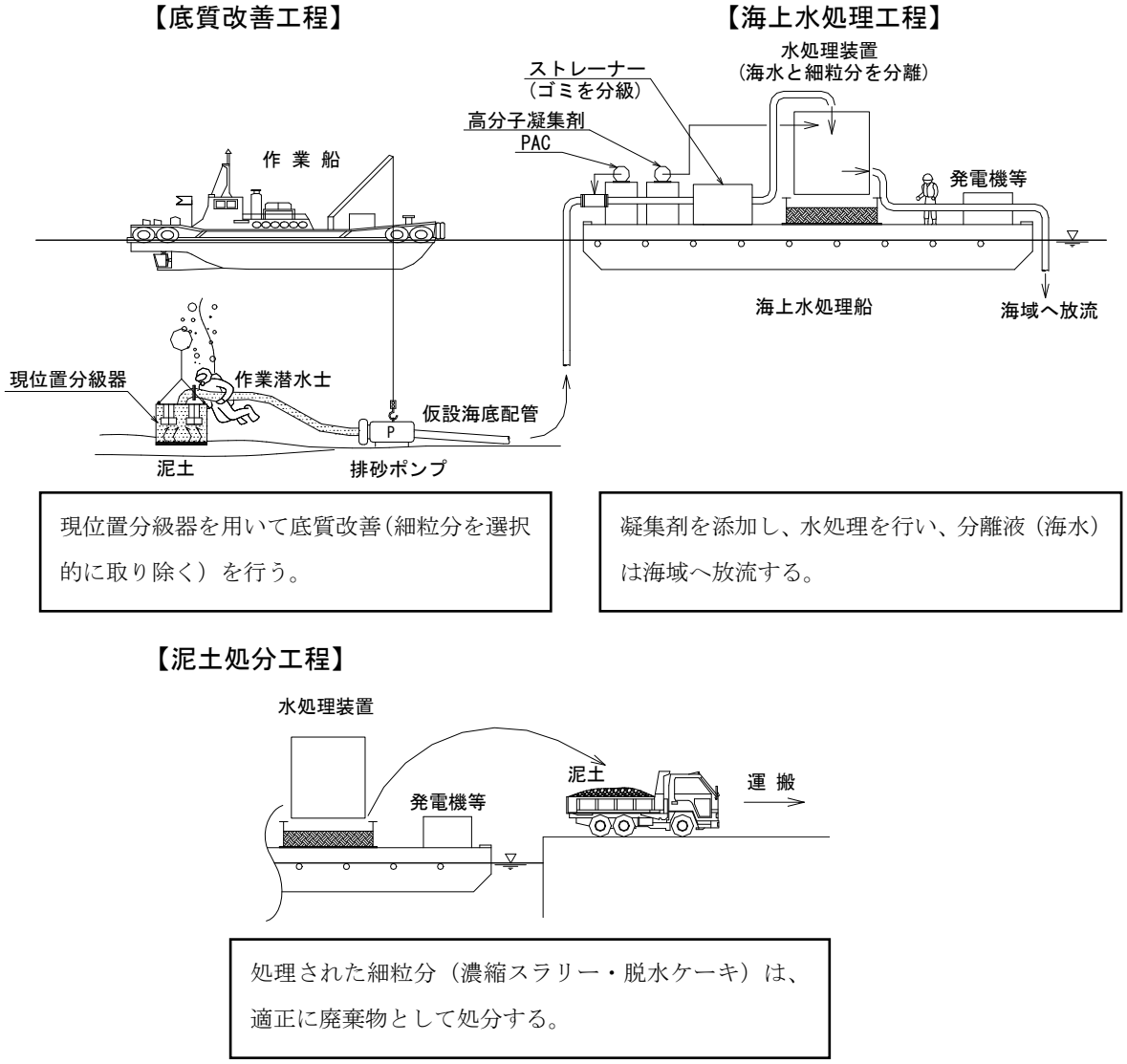


図 2-9-1　底質改善工法全体イメージ図

9.2. 小型の排水処理装置を用いた現地実証試験実施計画

(1) 実証試験対象地点の選定

実証試験は平成 21 年度竜串湾内泥土除去工事の泥土除去工、水処理工で使用する機材、設備等の一部を利用して実施する。実証試験における現位置分級器を用いた底質改善対象範囲及び水処理試験スペースを図 2-9-2、2-9-3 に示す。

底質改善対象範囲は泥土除去工事の進捗状況を考慮し選定を行った。また実施詳細位置は泥土除去工事の事前調査の結果より、SPSS500kg/m^3 の未満の泥土混じり砂が堆積している地点とした。水処理試験装置は本工事の水処理ヤード内に 10m×7m 程度のスペースを確保し設置する計画とした。

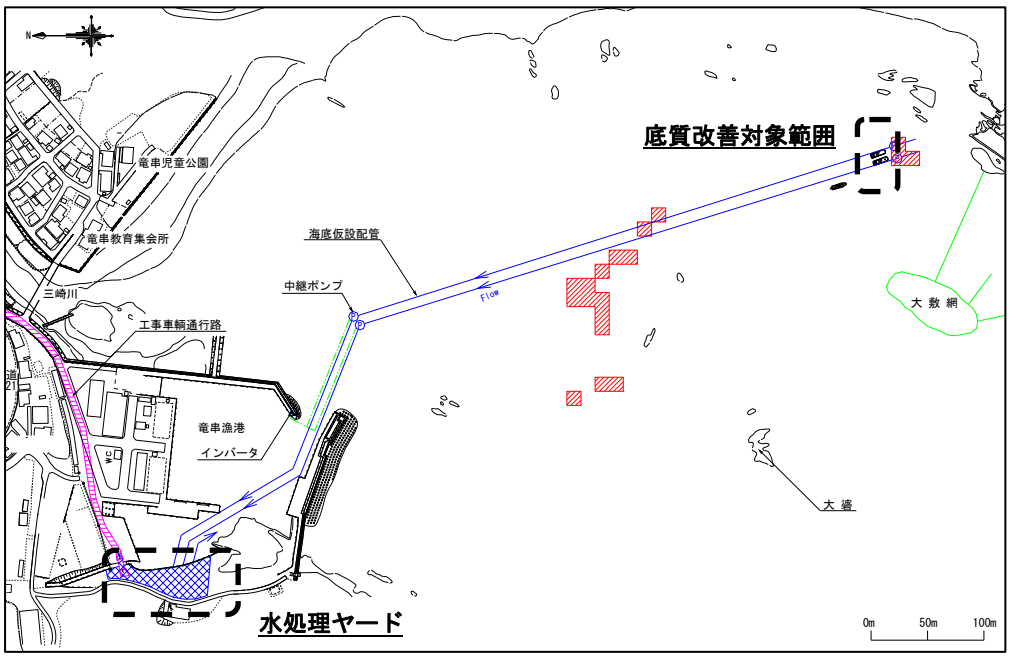


図 2-9-2　実証試験対象地点

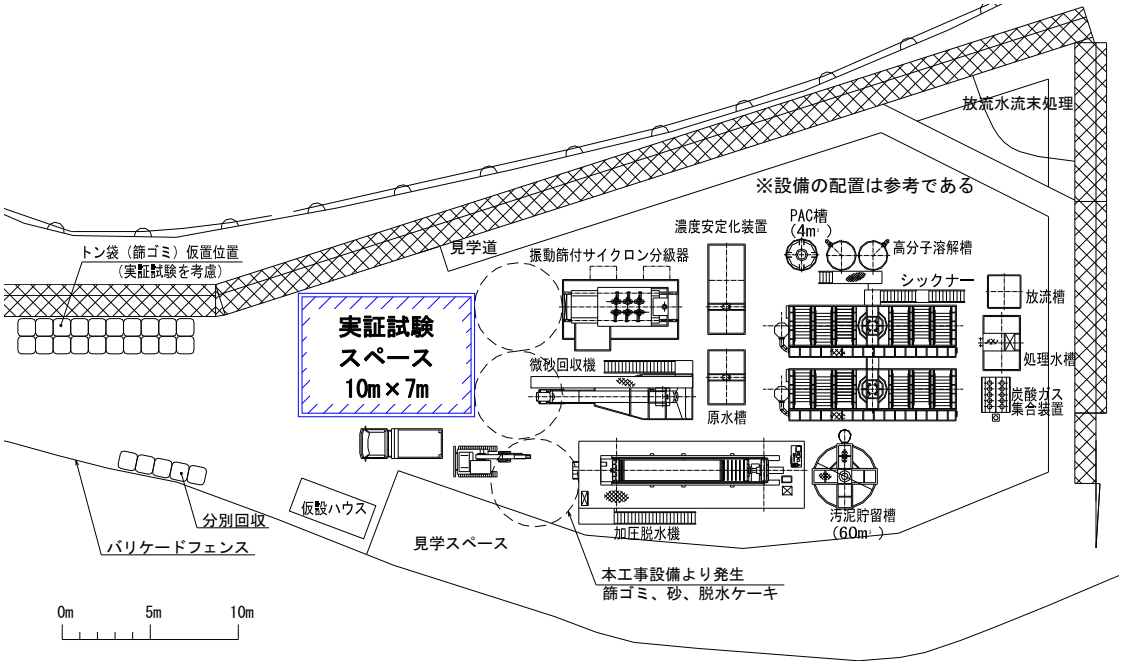


図 2-9-3　水処理ヤード実証試験スペース

(2) 各試験の概要と方法

1) 処理排水の低減化試験

(ｉ)試験概要

現状の水処理設備は、240 ㎥/hr（120 ㎥/hr×2 系列)の原水を処理可能とする設備である。

現位置分級器は、分級点とする土砂粒径の沈降速度と除去流速（吸込み流速）により分級を行っている。粒子の粒径と沈降速度の関係を図 2-9-4 に示す。現位置分級器で対象としている粒径は 250 μm（細砂）以下であり、さらに除去対象とする粒径を絞り込むことで、処理量（ポンプ流量）を落とすことが可能である。

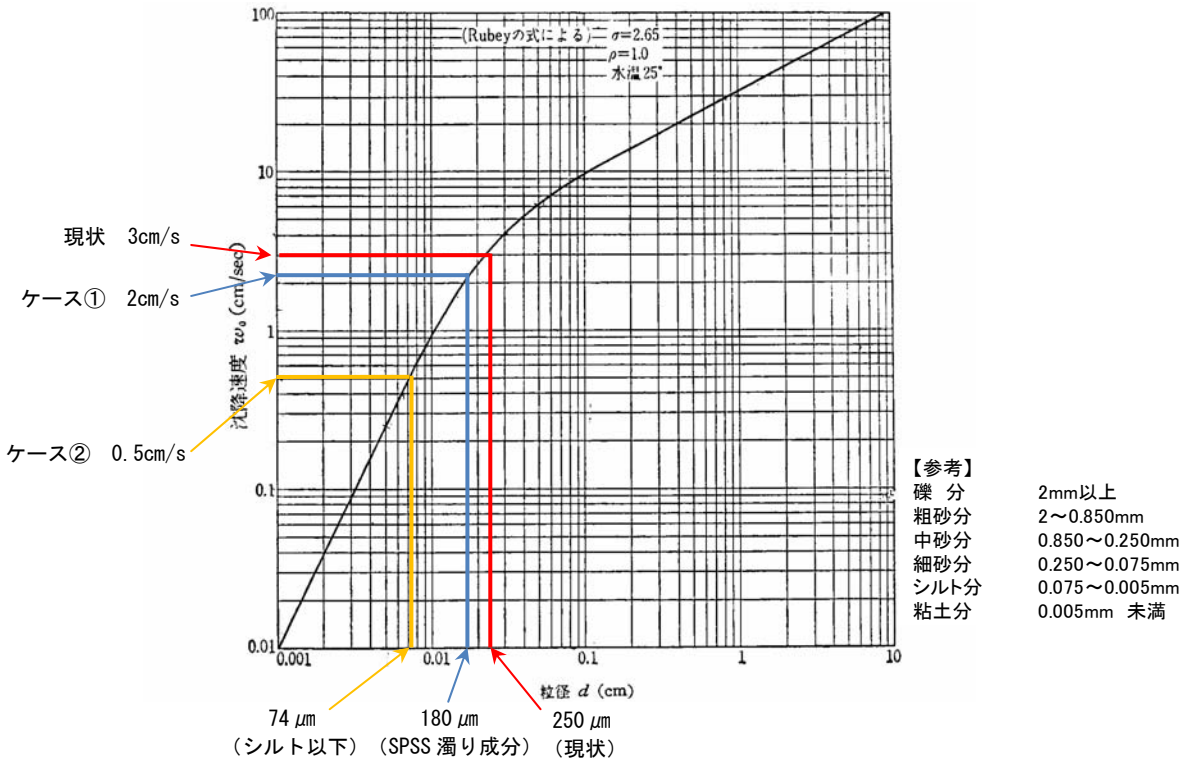


図 2-9-4　沈降速度と流速の関係（水理公式集）

試料－1		試料－2		試料－3	
粒径 (μm)	累積 (%)	粒径 (μm)	累積 (%)	粒径 (μm)	累積 (%)
0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00
0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00
0.28	0.00	0.28	0.00	0.28	0.00
0.39	0.00	0.39	0.00	0.39	0.00
0.55	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00
0.77	0.00	0.77	0.00	0.77	0.00
1.09	0.15	1.09	0.00	1.09	0.00
1.53	1.43	1.53	0.00	1.53	0.11
2.15	3.88	2.15	0.09	2.15	0.62
3.02	9.15	3.02	2.51	3.02	1.98
4.24	19.47	4.24	7.61	4.24	4.94
5.97	34.51	5.97	15.61	5.97	9.95
8.39	53.16	8.39	27.45	8.39	18.04
11.79	71.01	11.79	42.04	11.79	29.08
16.58	83.42	16.58	56.41	16.58	40.86
23.31	91.40	23.31	69.61	23.31	52.62
32.78	97.23	32.78	81.47	32.78	65.34
46.08	99.91	46.08	89.45	46.08	77.35
64.79	100.00	64.79	92.54	64.79	85.35
91.09	100.00	91.09	95.19	91.09	90.61
128.10	100.00	128.10	98.64	128.10	95.88
180.00	100.00	180.00	99.99	180.00	99.51
253.20	100.00	253.20	100.00	253.20	100.00
356.00	100.00	356.00	100.00	356.00	100.00
500.50	100.00	500.50	100.00	500.50	100.00
703.60	100.00	703.60	100.00	703.60	100.00

50%粒径 (μm)	8.0	50%粒径 (μm)	14.4	50%粒径 (μm)	21.8

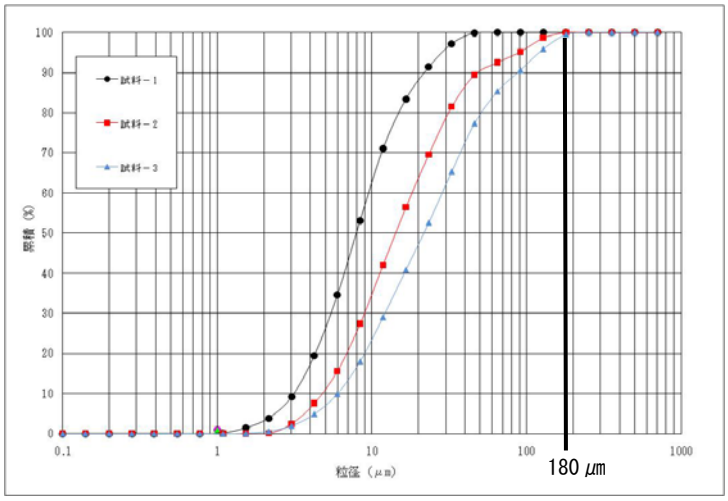


図 2-9-5　懸濁水の粒度組成測定結果（レーザー解析）

＜SPSS 測定時の濁り成分について＞

平成 20 年度竜串湾内濁り対策調査で SPSS 測定時に作製する懸濁水のレーザー解析を実施している（図 2-9-5 参照）。この結果において、SPSS 測定時に濁りとなっている粒子径は約 180μm 以下でと判断される。

（ⅱ）試験方法

底質改善の対象粒子径をケース①180 μm以下（SPSS 濁り成分）、ケース②74 μm以下（シルト）、ケース③100 μm以下（案 1 と案 2 の中間）と変化させ、それに対応する流量で底質改善を行い、実施前後の SPSS 測定及び粒度分析を行い、流用低減化の可能性について評価する。

試験時の流量調整は泥土除去工で使用しているポンプのインバータ制御により実施する。

（ⅲ）試験条件

底質改善の対象粒径と、それに対応する現位置分級器内の流速及び現位置分級装置の吸込み断面積（1 ㎡）に対応するポンプ流量を表 2-9-1 に示す。

表 2-9-1　試験条件

	対象粒径	流速	流量	備考
現状	250μm	3cm/s	120m^3/hr	現状より
ケース①	180μm	2cm/s	72m^3/hr	SPSSの濁り成分より
ケース②	74μm	0.5cm/s	18m^3/hr	シルト質の粒径より
ケース③	（100μm）	（0.9cm/s）	32.4m^3/hr	案1と案2の中間より

※あわせて現位置分級器を小型化することにより、排水処理装置のコンパクト化が可能となる。

2) コンパクト化に向けた現地水処理試験

（ｉ）水処理試験方法

水処理ヤードに実証試験装置（水処理装置）を持ち込み、5～10 ㎥/hr クラスの試験を実施する。実証試験を行う際の水処理フローを図 2-9-6 に示す。また実証試験イメージを図 2-9-7 に示す。

底質改善により発生する原水を本工事原水槽から 5～10 ㎥/hr で試験装置へ送泥し、水処理から脱水までの処理を実施する。またその際余剰となる原水は本工事設備で適正に処理する。また試験装置で処理した排水及び泥土についても、本工事設備で適正に処理するものとする。

底質改善後の排水には、少量のゴミ（木片・葉片）が含まれると考えられる。振動篩通過後の泥水を使用すると、海上水処理を実施するときの条件と異なることになるものの、ゴミ量が少量であること、実際の海上水処理では前処理として小型のストレーナー等を設けること簡易に可能であるため、今回の試験では考慮しないものとした。

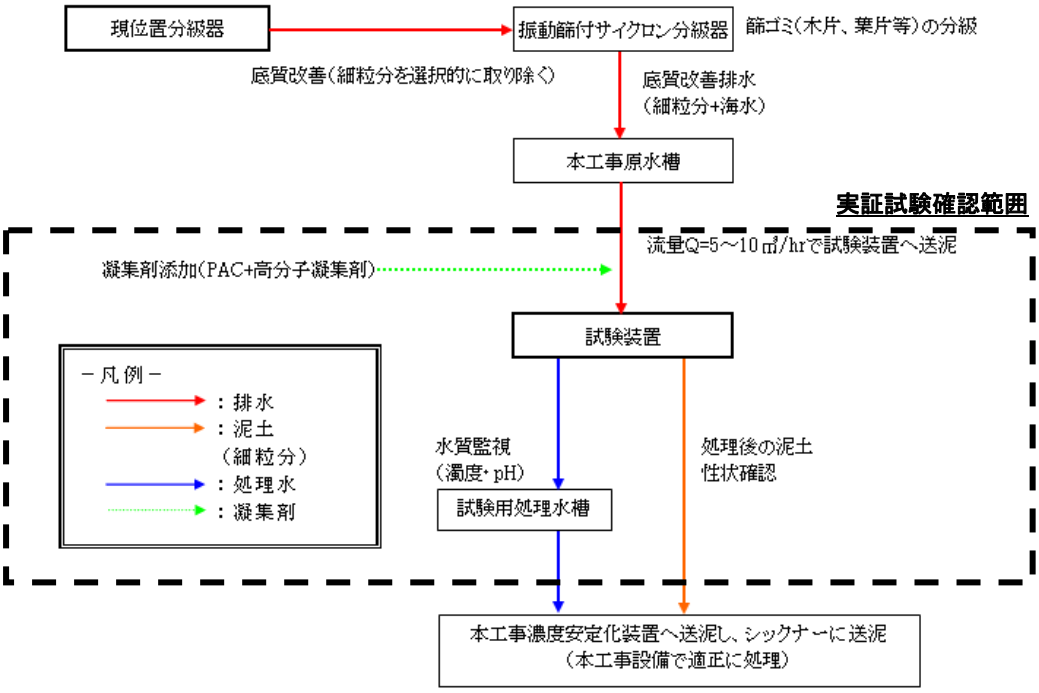


図 2-9-6　実証試験水処理フロー

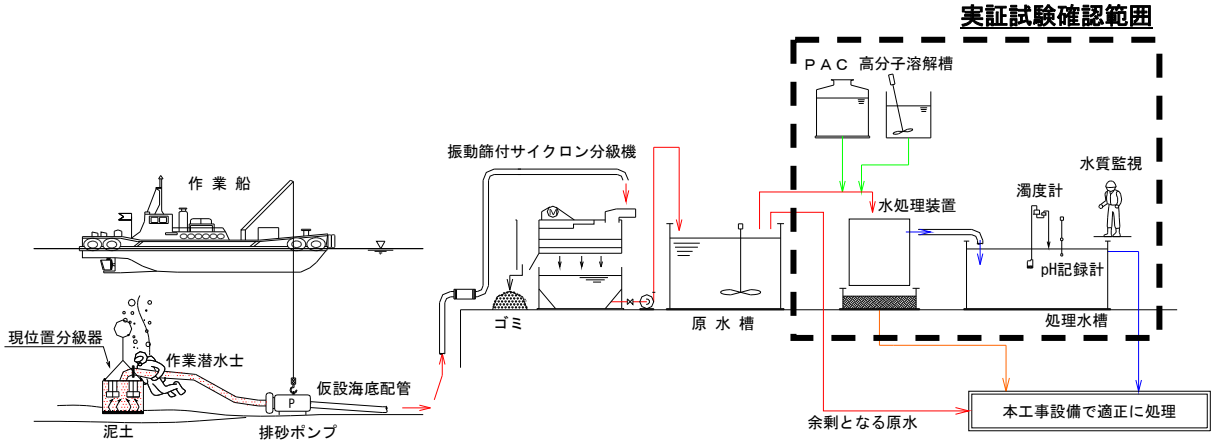


図 2-9-7　実証試験イメージ図

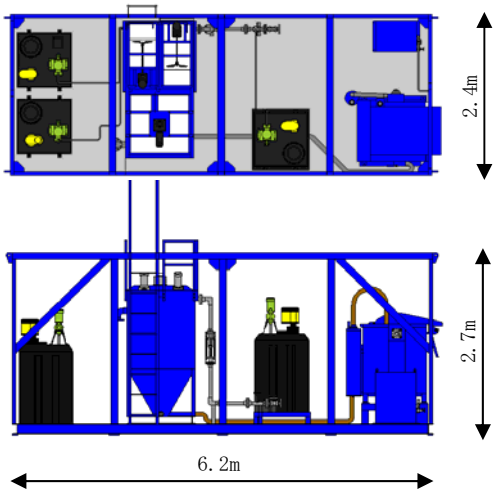
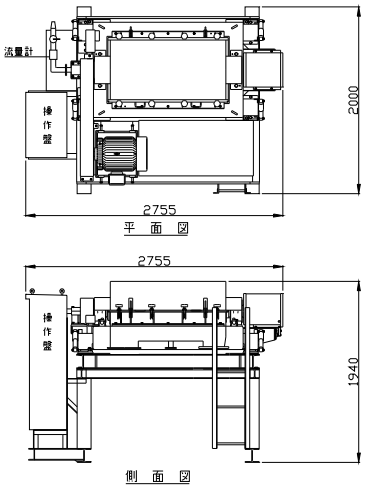
（ⅱ）装置の選定

前述の検討結果より、実証試験を行う装置は下記の 2 種類とする。表 2-9-2 に装置仕様を示す。

凝集分離＋真空脱水ユニット（以下、装置①）

スクリューデカンタ形遠心分離機（以下、装置②）

表 2-9-2　装置仕様

	装置① 凝集分離＋真空脱水ユニット	**装置②** スクリューデカンタ形遠心分離機
外形寸法	 全幅 2.4m、全長 6.2m、全高 2.7m	 全幅 2.0m、全長 2.755m、全高 1.94m 全高(カバー開閉時)2.41m
装置重量	4.5t	2.3t
処理量	5 m^3/hr	4～8 m^3/hr

（ⅲ）試験内容

2 種類の装置について下記に示す試験を実施し、処理水の性状（濁度・pH）、発生土の性状（含水比等）、水処理作業状況等について確認を行う。

●装置①を使用した試験

Case1　：　凝集分離・真空脱水試験

底質改善後の低濃度泥水の凝集分離・真空脱水が可能であるかの確認試験。

●装置②を使用した試験

以下の 2 つの試験を行う。

Case2-1　：　遠心分離脱水試験

底質改善後の低濃度泥水の分級および脱水ケーキ化が可能であるかの確認試験。

Case2-2　：　脱水試験

シックナー処理後のスラリーを脱水ケーキ化が可能であるかの確認試験。

（ⅳ）実証試験機器配置図

実証試験機器類の配置図を図 2-9-8、2-9-9 に示す。

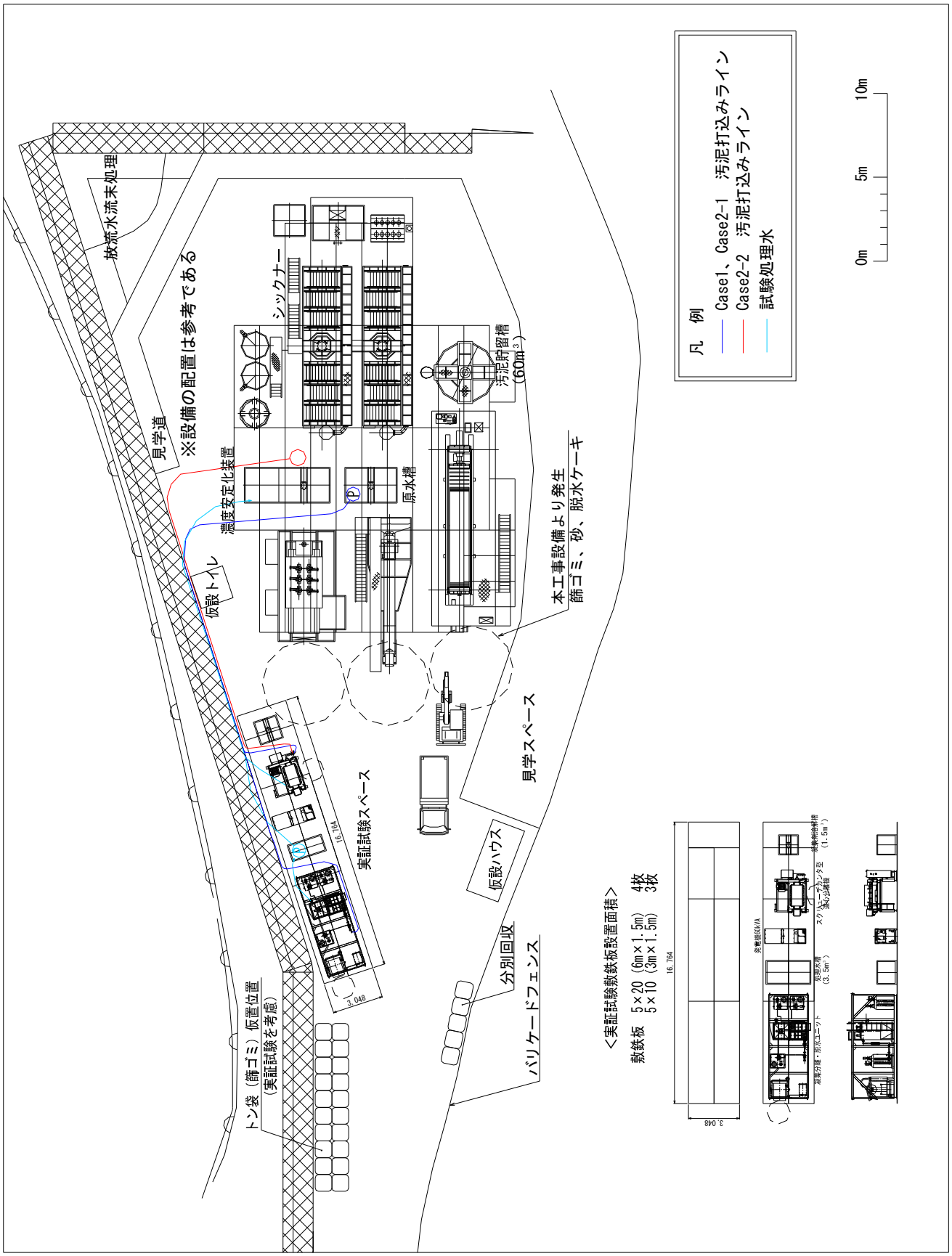


図 2-9-8　実証試験機器配置図

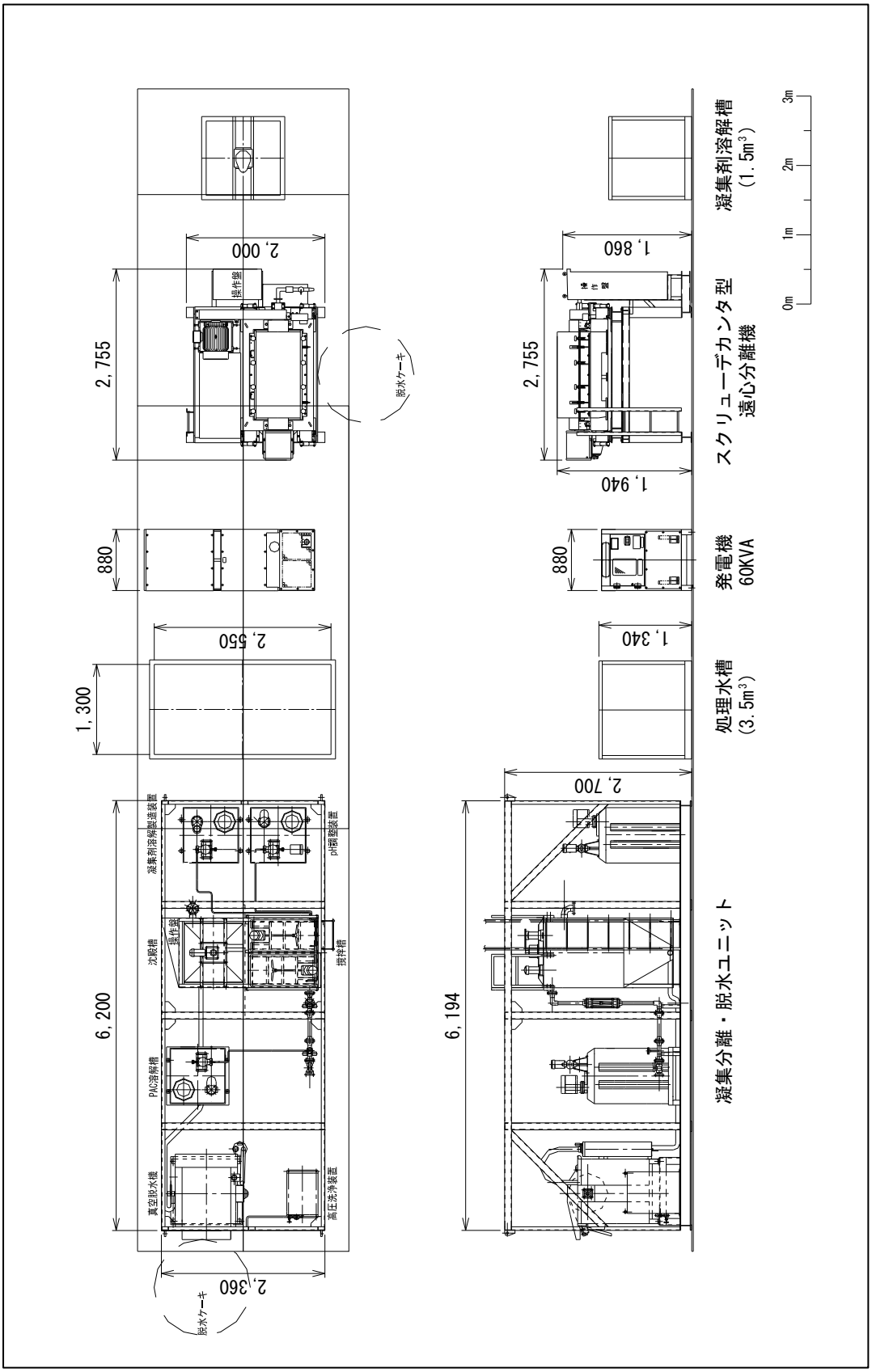


図 2-9-9　実証試験設備図

（ｖ）実証試験機器の選定

装置①、②の各試験を実施するための、使用機器一覧を表 2-9-3、2-9-4 に示す。

表 2-9-3　装置１　凝集分離脱水ユニット

６０Ｈｚ　２００Ｖ関係				
番　号	機　器　名　称	台　数	機　器　仕　様	動力(kW)
1	凝集分離脱水ユニット	1	凝集分離装置、pH制御装置、PAC供給装置 高分子製造供給装置、真空脱水機、高圧洗浄装置	11
2	処理水槽	1	（鋼板製）　1.3m×2.55m×1.34m 3.5m3	
3	汚泥打込みポンプ	1	水中サンドポンプ　50A 50A　定各流量　0.2m3/min	1.5
4	処理水移送ポンプ	1	水中ポンプ　50A 50A　定各流量　0.2m3/min	1.5
小　計				14

表 2-9-4　装置２　スクリューデカンタ型遠心分離機

６０Ｈｚ　２００Ｖ関係				
番　号	機　器　名　称	台　数	機　器　仕　様	動力(kW)
1	スクリューデカンタ型遠心分離機	1	IHI MW-4、全天候型開放式 本体駆動電動機　18.5kW	18.5
2	薬品溶解タンク	1	1.5m3　　鋼板製 撹拌機　1.5kW	1.5
3	薬品注入ポンプ	1	水中サンドポンプ　50A 50A　定各流量　0.2m3/min	0.75
4	汚泥打込みポンプ	1	水中サンドポンプ　50A 50A　定各流量　0.2m3/min	1.5
5	処理水移送ポンプ	1	水中ポンプ　50A 50A　定各流量　0.2m3/min	1.5
小　計				23.75

9.3. 実証試験実施状況

写真 2-9-1～写真 2-9-42 に実証試験状況を示す。

(1) 処理排水の低減化試験

写真 2-9-1　現位置分級器作業状況

写真 2-9-2　ブースターポンプインバータ盤

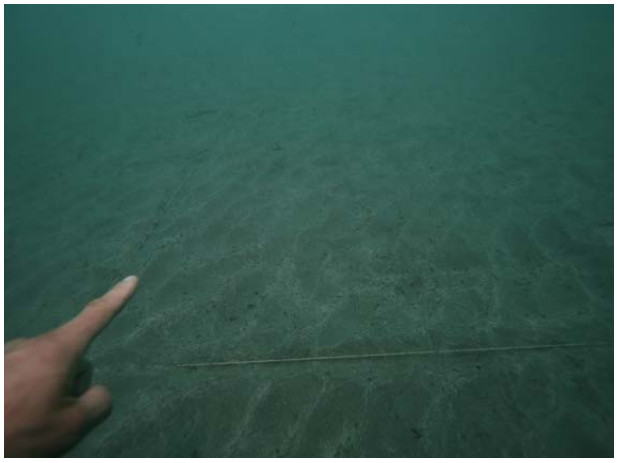


写真 2-9-3　施工前海底状況

写真 2-9-4　施工後海底状況

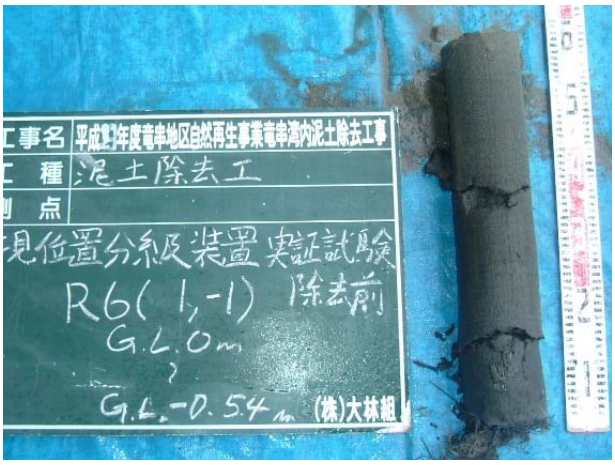


写真 2-9-5　施工前柱状コア採泥試料

写真 2-9-6　施工後柱状コア採泥試料

（2）小型排水処理装置の現地試験

写真 2-9-7　水処理ヤード

写真 2-9-8　実証試験スペース 3m×17m

写真 2-9-9　敷鉄板設置状況

写真 2-9-10　水処理装置搬入状況
（凝集分離・脱水ユニット）

写真 2-9-11　水処理装置設置状況
（凝集分離・脱水ユニット）

写真 2-9-12　水処理装置搬入状況
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-13　水処理装置設置状況
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-14　凝集剤溶解槽設置状況
（1.5m³）

写真 2-9-15　実証試験設備設置完了

写真 2-9-16　実証試験設備設置完了

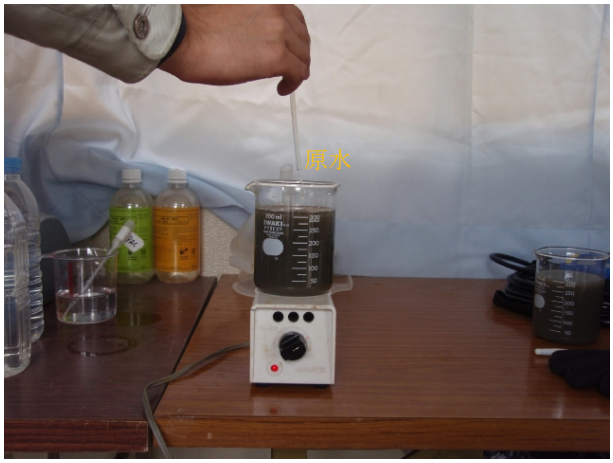


写真 2-9-17　PAC、高分子薬注テスト
（凝集分離・脱水ユニット用凝集剤）

写真 2-9-18　PAC、高分子薬注テスト
（PAC100ppm+高分子 5ppm 添加）

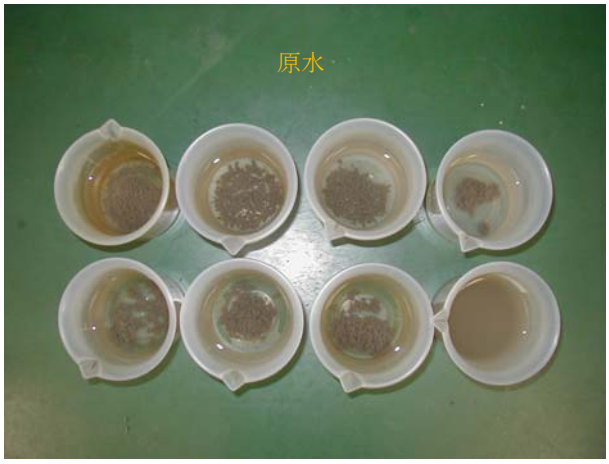


写真 2-9-19　凝集剤ハイモロック SS-120 薬注テスト
（デカンタ用凝集剤）

写真 2-9-20　凝集剤ハイモロック SS-120 薬注テスト
（デカンタ用凝集剤）

写真 2-9-21　本工事原水槽、濃度安定化槽

写真 2-9-22　本工事原水槽、濃度安定化槽

写真 2-9-23　処理水および原水戻し水状況
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-24　脱水ケーキ分級状況
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-25　脱水ケーキ
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-26　処理水
（凝集分離・脱水ユニット）

写真 2-9-27　脱水ケーキ
（凝集分離・脱水ユニット）

写真 2-9-28　脱水ケーキ
（凝集分離・脱水ユニット）

写真 2-9-29　COD 試験（原水）
（凝集分離・脱水ユニット）

写真 2-9-30　含水率試験（原水）
（凝集分離・脱水ユニット）

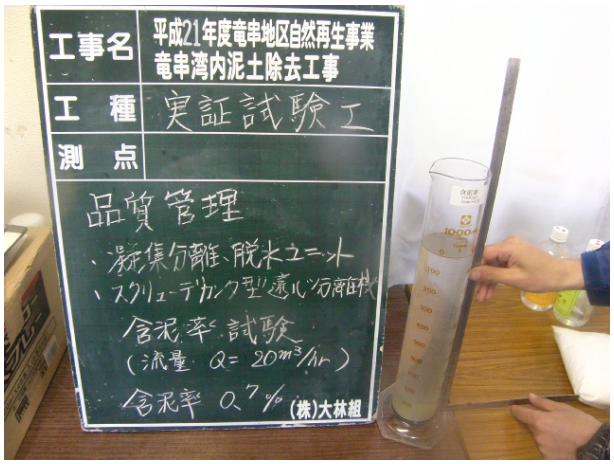


写真 2-9-31　含泥率試験（原水）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-32　ポータブルコーン試験（脱水ケーキ）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-33　PH 試験（無薬注・処理水）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-34　PH 試験（薬注・処理水）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-35　濁度試験（無薬注）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-36　濁度試験（薬注・処理水）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-37　COD 試験（無薬注）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-38　COD 試験（無薬注）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-39　COD 試験（薬注・処理水）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

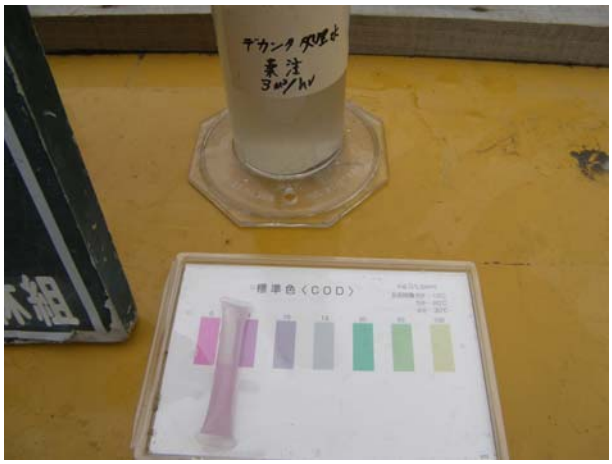


写真 2-9-40　COD 試験（薬注・処理水）
（スクリューデカンタ形遠心分離機）

写真 2-9-41　含水比試験（脱水ケーキ）
（凝集分離・脱水ユニット）

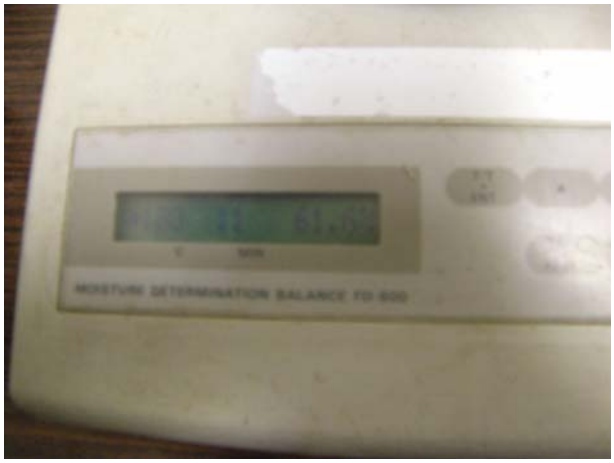


写真 2-9-42　含水比試験（脱水ケーキ）
（凝集分離・脱水ユニット）

9.4. 試験結果および考察

(1) 処理排水の低減化試験

1) 施工前後の底質性状

各流量で施工前後の底質を柱状コア採泥し、SPSS 測定を実施した。SPSS 測定結果を表 2-9-5 に、施工前後の柱状コア採泥深さを図 2-9-10 に示す。また、同試料を分析室に持ち込み、粒度分析を実施した。粒度分析の結果を表 2-9-6 に、海底表層の粒度組成の比較を図 2-9-11 に示す。

施工前よりも施工後の方が、SPSS が低くなっており、底質改善の効果が確認された。また海底表層の粒度組成の比較からも細粒分（シルト・粘土）が減少していることが確認された。

表 2-9-5　実証試験　施工前後柱状採泥結果表

検体名称	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS C(kg/m^3)
施工前	54 cm	上　GL.　0　cm　～　-20　cm	182
		中　GL.　-20　cm　～　-38　cm	251
		下　GL.　-38　cm　～　-54　cm	330
①120m^3/hr試験施工後	56 cm	上　GL.　0　cm　～　-29　cm	27
		中　GL.　-29　cm　～　-44　cm	192
		下　GL.　-44　cm　～　-56　cm	266
②70m^3/hr試験施工後	59 cm	上　GL.　0　cm　～　-20　cm	30
		中　GL.　-20　cm　～　-47　cm	53
		下　GL.　-47　cm　～　-59　cm	177
③30m^3/hr試験施工後	67 cm	上　GL.　0　cm　～　-14　cm	45
		中　GL.　-14　cm　～　-54　cm	95
		下　GL.　-54　cm　～　-67　cm	128
④20m^3/hr試験施工後	59 cm	上　GL.　0　cm　～　-14　cm	46
		中　GL.　-14　cm　～　-35　cm	94
		下　GL.　-35　cm　～　-59　cm	95

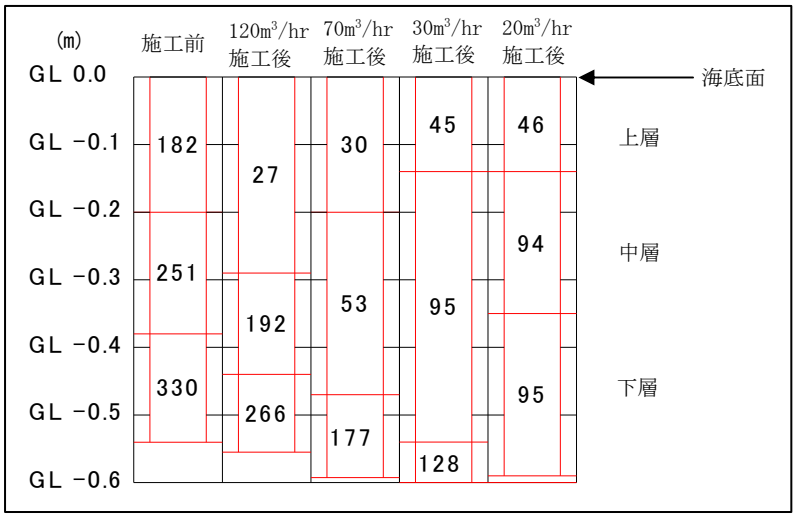
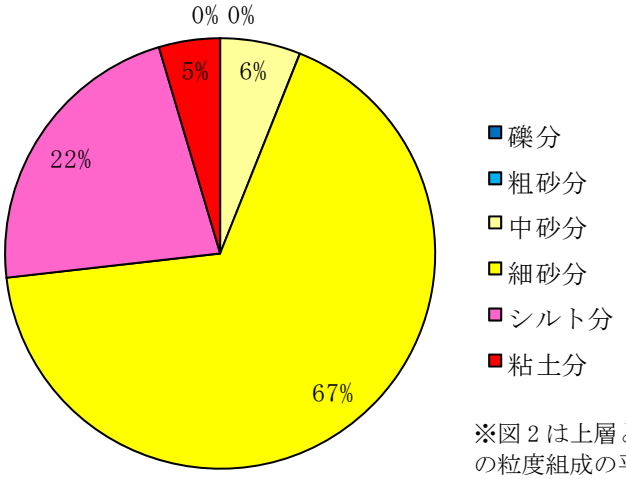


図 2-9-10　実証試験　施工前後柱状採泥深さ

表 2-9-6　実証試験　柱状採泥試料の粒度分析結果

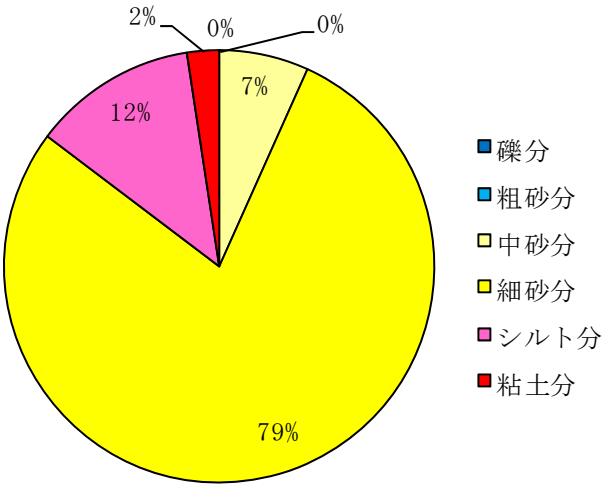
検体名称		密度	粒度組成						
			礫分	粗砂分	中砂分	細砂分	シルト分	粘土分	50%粒径
			2mm以上	2～0.85mm	0.85～0.25mm	0.25～0.075mm	0.075～0.005mm	0.005mm未満	
		(g/cm^3)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mm)
施工前	上	2.70	0.0	0.0	5.4	72.7	19.5	2.4	0.133
	中	2.67	0.0	0.0	6.7	61.6	24.9	6.8	0.123
	下	2.65	0.0	0.0	4.0	59.4	30.4	6.2	0.108
①120m^3/hr試験施工後	上	2.69	0.0	0.0	6.7	78.6	12.3	2.4	0.141
	中	2.68	0.0	0.2	5.2	58.4	28.8	7.4	0.109
	下	2.71	0.0	0.2	5.3	64.5	24.7	5.3	0.124
②70m^3/hr試験施工後	上	2.69	0.0	0.1	7.9	76.0	13.7	2.3	0.147
	中	2.71	0.0	0.2	7.0	60.9	25.9	6.0	0.120
	下	2.70	0.0	0.2	7.7	59.7	24.1	8.3	0.126
③30m^3/hr試験施工後	上	2.69	0.0	0.0	3.3	73.0	19.5	4.2	0.130
	中	2.68	0.0	0.0	5.3	72.6	18.0	4.1	0.141
	下	2.70	0.0	0.2	8.2	66.9	18.0	6.7	0.141
④20m^3/hr試験施工後	上	2.67	0.0	0.0	5.5	76.3	14.8	3.4	0.138
	中	2.69	0.0	0.2	8.3	74.0	14.5	3.0	0.156
	下	2.71	0.5	0.5	8.5	62.8	22.1	5.6	0.132

【施工前後の海底の底質性状】

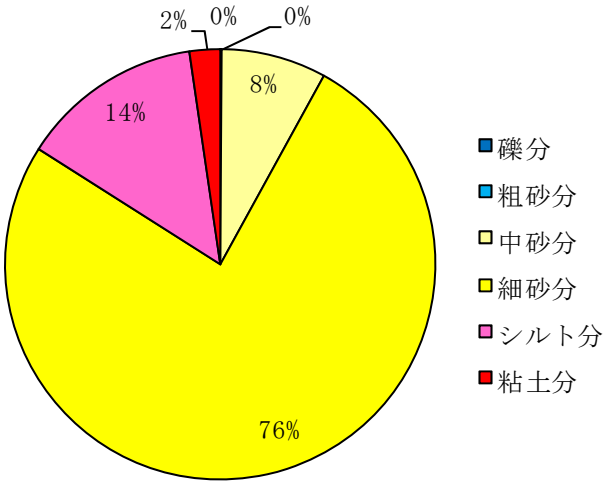


※図 2 は上層と中層の粒度組成の平均値を示した。

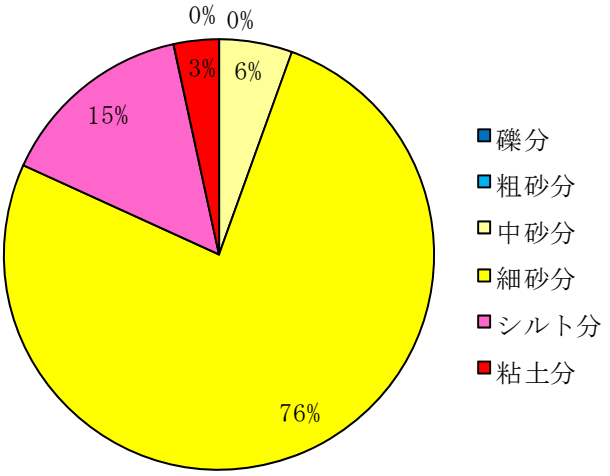
粒度組成　施工前



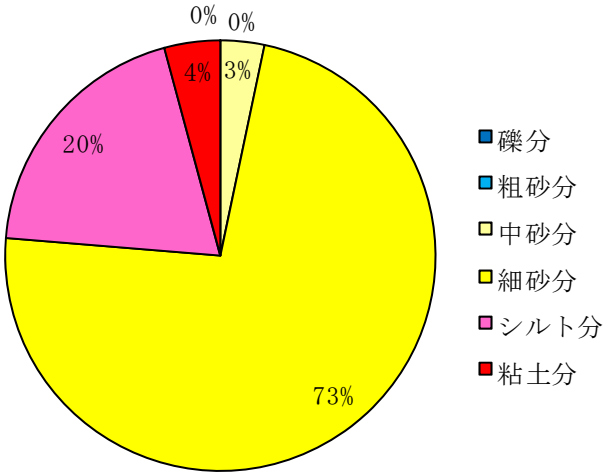
粒度組成　120m³/hr 施工後（上層）



粒度組成　70m³/hr 施工後（上層）



粒度組成　30m³/hr 施工後（上層）



粒度組成　20m³/hr 施工後（上層）

図 2-9-11　施工前後　海底表層の粒度組成の比較

2) 現位置分級器施工の原水性状

各流量における現位置分級器施工の原水に含まれる懸濁物量（SS）を測定するとともに、原水中の粒度組成をレーザー解析により測定した。各原水の SS の比較を表 2-9-7 に、レーザー解析の結果を表 2-9-8 に示す。表 2-9-8 より作成した粒度組成の累積分布を図 2-9-12 に、区間別分布を図 2-9-13 に示す。

これらの原水性状の分析結果から、以下のような考察が持たれる。

- レーザー解析（表 2-9-8、図 2-9-12）の結果からは、机上の計算値ほど明瞭な分級点の差は確認できなかったものの、20m^3/hr 時を除き、ポンプ流量を落とすほど原水中に含まれる砂分（細砂分）の割合が少なくなる傾向が確認された。
- ここで机上の計算ほど明瞭な分級点の差が確認出来なかった理由としては、使用した現位置分級装置の整流構造は、あくまで 120m^3/hr 時において最適となるパターンを採用している。この装置において流量（流速）を単純に低減した場合には、装置内部での整流抵抗が低くなるために、装置内で流速の均等性が保たれず、例えば中央に近い範囲が集中的に泥土を吸引しやすいなどの影響が考えられる。
- 各流量における原水 SS 濃度(表 2-9-7)にバラツキが大きい原因としては、送泥ホースの中を流れてくる濁水が必ずしも一定濃度ではなく、濃淡を繰り返しながら移動してくるためであると考えられる。特に配管内の流速が遅くなるにつれて濁水は堆積を起こしながら運ばれるシートフロー状態に近づくものと推定される。そのため採水を行うタイミングによる SS 濃度のバラツキ影響が無視できないと判断される。
- レーザー解析（表 2-9-8、図 2-9-12）の結果において流量が少ないケースで細砂分が混入している状況が確認される。これは流量を落とす試験を実施した際に、試験と試験の濁水の境を陸上で判断できるように、作業間に空水（海水のみ）の吸引を行っている。空水吸引は作業時間短縮のため、流量を最大（120～140m^3/hr）にて実施している。これにより、作業実施前の空水で吸引してしまった砂分が配管内に残されており、その砂分が流量低減時の原水に含まれたことが考えられ、とりわけ 20m^3/hr のケースにおいては顕著である。

表 2-9-7　各流量における原水 SS(mg/l)の比較

①120m^3/hr	②70m^3/hr	③30m^3/hr	④20m^3/hr
3500mg/l	2900mg/l	5700mg/l	1400mg/l

表 2-9-8　原水中の粒度組成（レーザー解析）測定結果

①120m^3/hr			②70m^3/hr			③30m^3/hr			④20m^3/hr		
粒径（μm）	累積（%）	区間別（%）	粒径（μm）	累積（%）	区間別（%）	粒径（μm）	累積（%）	区間別（%）	粒径（μm）	累積（%）	区間別（%）
0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
0.12	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00
0.17	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00
0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
0.23	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
0.28	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00
0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
0.39	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00
0.46	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00
0.55	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00
0.65	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00
0.77	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00
0.92	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00
1.09	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00
1.29	0.05	0.05	1.29	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00
1.53	0.25	0.20	1.53	0.00	0.00	1.53	0.00	0.00	1.53	0.00	0.00
1.81	0.54	0.29	1.81	0.00	0.00	1.81	0.00	0.00	1.81	0.01	0.01
2.15	0.80	0.26	2.15	0.02	0.02	2.15	0.02	0.02	2.15	0.05	0.04
2.55	1.34	0.54	2.55	0.33	0.31	2.55	0.27	0.25	2.55	0.34	0.29
3.02	2.38	1.04	3.02	1.22	0.89	3.02	1.55	1.28	3.02	1.33	0.99
3.58	3.99	1.61	3.58	2.51	1.29	3.58	3.47	1.92	3.58	3.02	1.69
4.24	6.25	2.26	4.24	4.29	1.78	4.24	6.23	2.76	4.24	5.27	2.25
5.03	9.33	3.08	5.03	6.73	2.44	5.03	10.03	3.80	5.03	8.20	2.93
5.97	13.47	4.14	5.97	10.10	3.37	5.97	15.05	5.02	5.97	12.09	3.89
7.07	18.87	5.40	7.07	14.71	4.61	7.07	21.44	6.39	7.07	17.19	5.10
8.39	25.48	6.61	8.39	20.71	6.00	8.39	29.03	7.59	8.39	23.60	6.41
9.95	32.97	7.49	9.95	27.98	7.27	9.95	37.42	8.39	9.95	31.11	7.51
11.79	40.75	7.78	11.79	36.15	8.17	11.79	46.00	8.58	11.79	39.25	8.14
13.98	48.30	7.55	13.98	44.70	8.55	13.98	54.29	8.29	13.98	47.54	8.29
16.58	55.32	7.02	16.58	53.19	8.49	16.58	62.01	7.72	16.58	55.60	8.06
19.66	61.70	6.38	19.66	61.20	8.01	19.66	69.07	7.06	19.66	63.14	7.54
23.31	67.43	5.73	23.31	68.41	7.21	23.31	75.45	6.38	23.31	69.87	6.73
27.64	72.56	5.13	27.64	74.63	6.22	27.64	81.10	5.65	27.64	75.59	5.72
32.78	77.13	4.57	32.78	79.85	5.22	32.78	85.97	4.87	32.78	80.22	4.63
38.86	81.29	4.16	38.86	84.25	4.40	38.86	90.04	4.07	38.86	83.93	3.71
46.08	85.13	3.84	46.08	88.02	3.77	46.08	93.23	3.19	46.08	86.97	3.04
54.64	88.60	3.47	54.64	91.16	3.14	54.64	95.51	2.28	54.64	89.48	2.51
64.79	91.53	2.93	64.79	93.54	2.38	64.79	96.94	1.43	64.79	91.46	1.98
76.82	93.76	2.23	76.82	95.17	1.63	76.82	97.79	0.85	76.82	92.95	1.49
91.09	95.45	1.69	91.09	96.36	1.19	91.09	98.37	0.58	91.09	94.21	1.26
108.01	96.84	1.39	108.01	97.41	1.05	108.01	98.87	0.50	108.01	95.55	1.34
128.07	98.04	1.20	128.07	98.39	0.98	128.07	99.36	0.49	128.07	97.04	1.49
151.86	99.05	1.01	151.86	99.29	0.90	151.86	99.79	0.43	151.86	98.48	1.44
180.07	99.79	0.74	180.07	99.94	0.65	180.07	99.99	0.20	180.07	99.59	1.11
213.51	99.97	0.18	213.51	100.00	0.06	213.51	100.00	0.01	213.51	99.94	0.35
253.17	100.00	0.03	253.17	100.00	0.00	253.17	100.00	0.00	253.17	100.00	0.06
300.19	100.00	0.00	300.19	100.00	0.00	300.19	100.00	0.00	300.19	100.00	0.00
355.95	100.00	0.00	355.95	100.00	0.00	355.95	100.00	0.00	355.95	100.00	0.00
422.06	100.00	0.00	422.06	100.00	0.00	422.06	100.00	0.00	422.06	100.00	0.00
500.45	100.00	0.00	500.45	100.00	0.00	500.45	100.00	0.00	500.45	100.00	0.00
593.40	100.00	0.00	593.40	100.00	0.00	593.40	100.00	0.00	593.40	100.00	0.00
703.61	100.00	0.00	703.61	100.00	0.00	703.61	100.00	0.00	703.61	100.00	0.00

①120m^3/hr	②70m^3/hr	③30m^3/hr	④20m^3/hr
50%粒径：14.56μm	50%粒径：15.54μm	50%粒径：12.79μm	50%粒径：14.72μm
粒径範囲:1.29 ～ 253.17μm	粒径範囲:2.15 ～ 213.51μm	粒径範囲:2.15 ～ 213.51μm	粒径範囲:1.81 ～ 253.17μm

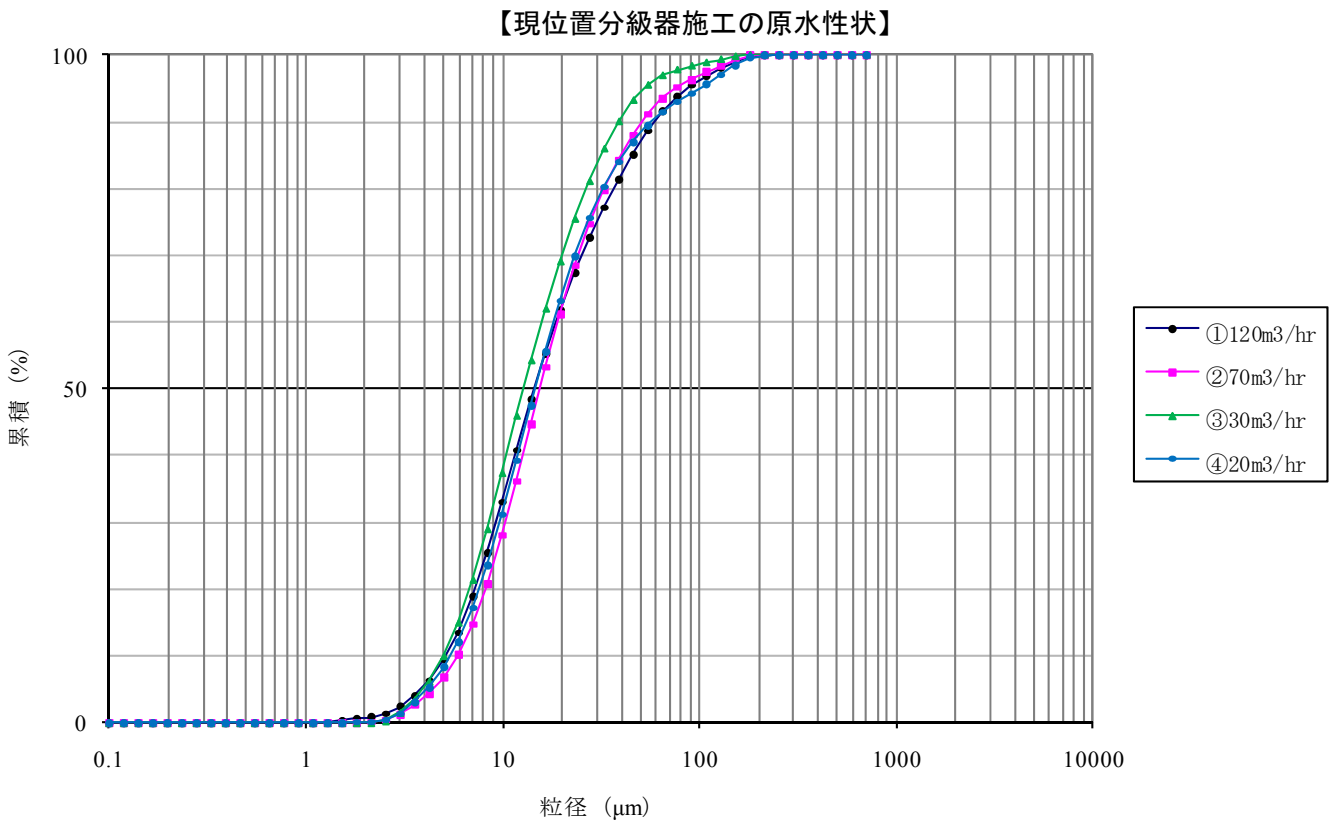


図 2-9-12　粒度組成レーザー解析測定結果（累積分布）の比較

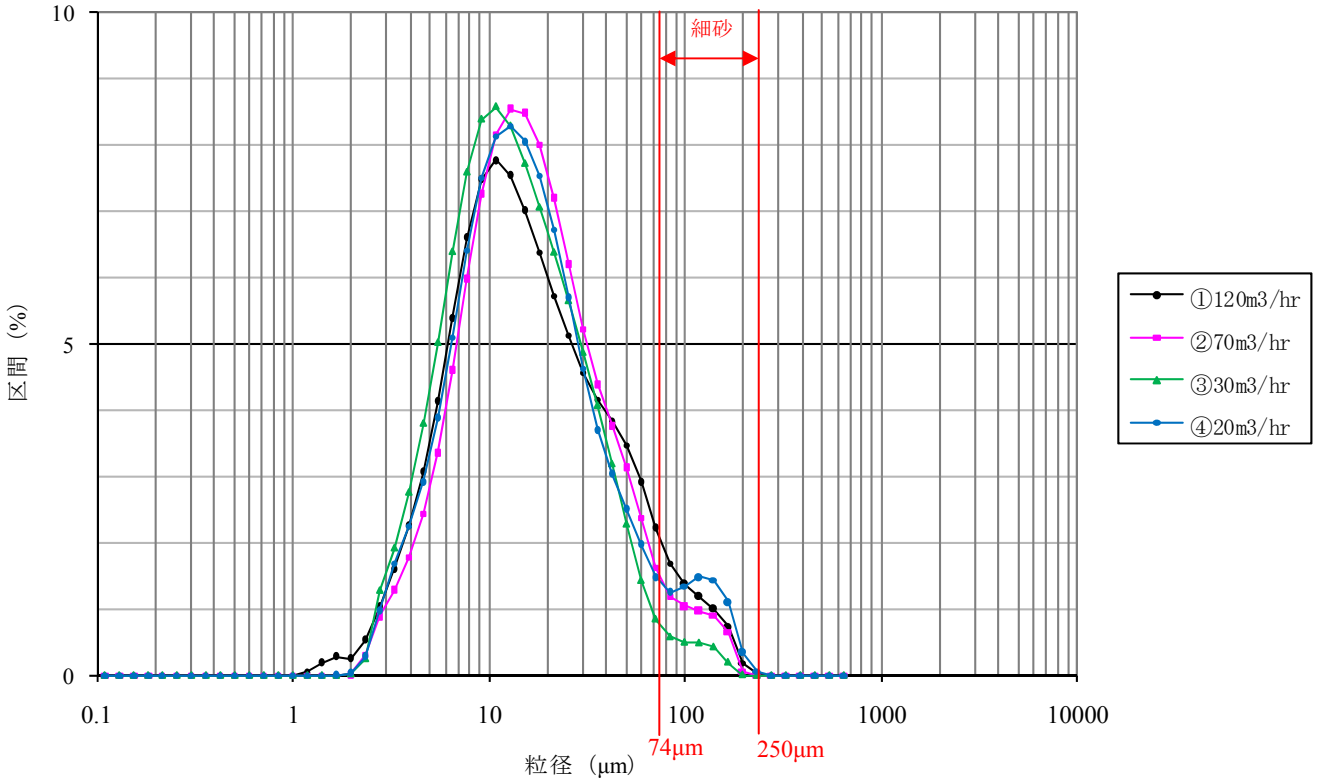


図 2-9-13　粒度組成レーザー解析測定結果（区間別分布）の比較

3)処理排水の低減化の可能性について

1)、2)の結果より、処理排水量を低減させることは可能であると判断される。ただし、ポンプ流量を落とすほど、海底に残る細粒分の割合が多くなっており、改質基準を厳しく設定する場合、単位面積あたりの作業に多くの時間を要することが考えられる。

また、以下に示す点は排水処理装置にあわせて現位置分級器を小型化する際にも、同様の現象が想定されるため検討改善が必要である。

① 濁り拡散防止構造の検討

現位置分級器でポンプ流量を落として作業を実施した際に、現位置分級器から濁りが拡散してしまう場合があることが確認された。これまで現位置分級器ではポンプ流量 120m^3/hr で吸引しており、水流発生装置（撹拌機）による内側からの撹拌力より、ポンプ吸引力が勝っていたために濁りが拡散することはなかったと考えられる。水流発生装置の撹拌力を現状のまま保つ場合、濁り拡散防止構造の強化改善が必要と考えられる。

② 装置の小型化に伴う整流構造の見直し

現位置分級装置の小型化に伴い、装置内部の整流構造については、これまでと同様に水理模型実験等を行い最適なパターンを見出す必要があると考えられる。

③ 土砂への潜り込み対策

2.7.施工内容の検討および評価において、現位置分級器作業により確認された課題点を整理しているが、作業中に本体が土砂へ潜り込んでしまう現象が確認された。現位置分級器本体の土砂への潜り込み対策の検討が必要と考えられる。

(2) 小型排水処理装置の現地試験

1) 運転状況の確認結果

(ⅰ)凝集分離脱水ユニット

凝集分離脱水ユニットの凝集沈殿装置（写真 2-9-43）は、本工事水処理設備のシックナーと同様の原理で、凝集剤による凝集沈殿方式である。第一撹拌槽、第二撹拌槽、沈殿槽で構成される凝集沈殿装置の第一撹拌槽で濁水中に凝集剤を注入することで、濁水が反応し小さなフロック（凝結）が形成され、第二撹拌槽で高分子凝集剤を注入する事により、大きなフロックが形成される（写真 2-9-44）。沈殿槽内で比重の重いフロックは沈み、処理水はオーバーフロー水として放流される。固液分離して沈殿槽下部に凝集沈殿した土粒子は、真空脱水機（写真 2-9-45）に送られ、脱水処理を行う仕組みである。

運転に関しては、ユニットの構成機器は多いが、各装置は自動制御される機能を有しており作業性については良好であった。

写真 2-9-43　凝集沈殿装置

写真 2-9-44　フロックの形成状態

写真 2-9-45　真空脱水装置

(ⅱ)スクリューデカンタ形遠心分離機

スクリューデカンタ形遠心分離機は、前述のように大きな遠心力の力で強制的に沈降分離させる遠心分離方式である。この装置は回転体を高速回転させることで遠心力によって沈降分離する。回転体に堆積した固体はスクリューコンベアの作用で移行され、脱水されて吐出される。また分離液は清澄液となって回転体の側板に設けられた排出口から排出される仕組みとなっている。

今回試験で用いた装置の運転時の騒音及び振動は、実証試験の仮設電源として用いた発電機と同程度若しくはそれ以下であり、問題となる程度ではなかった。また、運転を開始すると連続運転が可能で、作業性についても極めて良好であった。

写真 2-9-45　スクリューデカンタ型遠心分離機

2) 水質監視結果

現地にて実施した水質監視（濁度・pH・COD）の測定結果を表 2-9-9 に示す。

濁度については採水した試料を試験室に持ち込んで SS の測定を行っており、SS 測定結果を用いて評価した。なお、試験 Case. 2-2 の汚泥貯留槽の原水は、高濃度濁水であるため、含水比の測定も行っている。採水した試料の SS 測定結果を各試料の写真とともに次頁に示す。

pH と COD の測定結果はいずれの試験においても管理目標値以内の数値を保っており、問題はない。

SS の測定結果は、管理目標値 60mg/l 以下の条件を満たすものは凝集分離脱水ユニットの処理水のみであった。スクリューデカンタ型遠心分離機の処理水は、SS の低減ができているものの、そのままでは海域に放流できないレベルであった。

表 2-9-9　現地水質監視（濁度・pH・COD）の測定結果

試験名称	試験条件		pH	濁度(mg/ℓ)	COD(mg/ℓ)	備考
Case.1 凝集分離 真空脱水試験	凝集分離脱水ユニット	(原水)	－	Over(999以上)	13～20	SS測定
		(処理水)	7.46	未測定	13～20	
Case.2-1 遠心分離 脱水試験	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 薬注　5m^3/hr処理	(原水)				※Case1の原水と同じ
		(処理水)	7.46	315	0～5	
	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 無薬注　5m^3/hr処理	(原水)				※Case1の原水と同じ
		(処理水)	7.55	502	5～10	
Case.2-2 脱水試験	ﾃﾞｶﾝﾀ 汚泥貯留槽から引き抜き 薬注　5m^3/hr処理	(原水)	－	－	－	SS測定(スラリーの性状確認)
		(処理水)	7.26	780	13～20	
	ﾃﾞｶﾝﾀ 汚泥貯留槽から引き抜き 無薬注　5m^3/hr処理	(原水)	－	－	－	SS測定(スラリーの性状確認)
		(処理水)	7.05	測定外	測定外	
予備試験	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 薬注　7m^3/hr処理	(原水)				※3m3処理の原水と同じ
		(処理水)	7.60	310	5～10	
	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 無薬注　7m^3/hr処理	(原水)				※3m3処理の原水と同じ
		(処理水)	7.80	510	0～5	
	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 薬注　3m^3/hr処理	(原水)	－	Over(999以上)	13～20	SS測定
		(処理水)	7.51	164	0～5	
	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 無薬注　3m^3/hr処理	(原水)				※3m3処理の原水と同じ
		(処理水)	7.68	320	0～5	
管理･目標値			5.8～8.6	60mg/ℓ以下 (処理水)	90mg/ℓ以下 (処理水)	

【現位置分級器施工の原水性状】

Case.1　凝集分離真空脱水試験 凝集分離脱水ユニット 原水槽より引抜き　5m3/hr処理		
	原水	処理水
SS(mg/l)	1400	4
SS(mg/l)	7800	1

Case.2-1　遠心分離脱水試験 スクリューデカンタ型遠心分離機 原水槽より引抜き　5m3/hr処理			
	原水	処理水(薬注)	処理水(無薬注)
SS(mg/l)	3400	190	2700

Case.2-2　脱水試験 スクリューデカンタ型遠心分離機 汚泥貯留槽より引抜き　5m3/hr処理			
	原水	処理水(薬注)	処理水(無薬注)
SS(mg/l)	200000	440	92000

※原水：含水比　463(%)

予備試験　遠心分離脱水試験 スクリューデカンタ型遠心分離機 原水槽より引抜き　$7m^3$/hr、$3m^3$/hr処理			
	原水	処理水(薬注)	処理水(無薬注)
$7m^3$/hr処理	1200	120	300
$3m^3$/hr処理		200	410

3）排出土（脱水ケーキ）性状

現地において排出土（脱水ケーキ）の含水比(%)および強度(kN/m^2）の測定を実施した。表 2-9-10 に脱水ケーキの含水比および強度の測定結果を示す。

含水比の測定結果より、スクリューデカンタ形遠心分離機で処理された脱水ケーキについては、条件によって目標値である含水比 70%を満たす結果が確認された。ただし、脱水処理直後に測定できていない試料もあり、試料を採取してから含水比を測定するまでに一日以上空いている検体の測定結果は、実際よりも低い結果となっている可能性がある。

強度の測定結果では、目標値であるコーン指数 200kN/m^2 以上を満たす脱水ケーキは確認できなかった。

凝集分離脱水ユニットによる真空脱水よりも、スクリューデカンタ形遠心分離機による遠心脱水の方が含水比は低く、強度も大きい値が確認された。

試験 Case2-2 脱水試験においては、汚泥貯留槽の原水（シックナー引抜き汚泥）性状の確認を行っており、含水比 463%であったものが、含水比 100%まで脱水できていた。管理目標値 70%以下ではないものの、良好な脱水が達成できていると考えられる。

表 2-9-10　排出土（脱水ケーキ）の含水比(%)および強度(kN/m^2)

試験名称	試験条件	含水比 (%)	備考		強度 (kN/m^2)
			試料採取日	含水比測定日	
Case.1 凝集分離真空脱水試験	凝集分離脱水ユニット	104.9	3/2	3/2実施	36.3
Case.2-1 遠心分離脱水試験	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 薬注　5m^3/hr処理	42.7	3/3	3/5実施	108.9
	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 無薬注　5m^3/hr処理	37.4	3/3	3/5実施	111.9
Case.2-2 脱水試験	ﾃﾞｶﾝﾀ 汚泥貯留槽より引抜き 薬注　5m^3/hr処理	100.0	3/2	3/2実施	72.6
	ﾃﾞｶﾝﾀ 汚泥貯留槽より引抜き 無薬注　5m^3/hr処理	60.5	3/2	3/2実施	90.7
予備試験	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 薬注　7m^3/hr処理	38.1	3/3	3/4実施	-
	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 無薬注　7m^3/hr処理	67.5	3/3	3/4実施	-
	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 薬注　3m^3/hr処理	41.2	3/3	3/4実施	-
	ﾃﾞｶﾝﾀ 原水槽から引き抜き 無薬注　3m^3/hr処理	71.8	3/3	3/4実施	-

9.5. 実証試験まとめ

(1) 結論

現地実証試験の結果より、以下の事項が明らかとなった。

① 処理排水を低減化試験より処理量（ポンプ流量）を低減させた場合においても、底質改善効果が期待される。

② 凝集分離・脱水ユニットの凝集分離装置の処理水は pH、COD、SS どの管理目標値も満たしている。

③ 排出土（脱水ケーキ）の強度は管理目標値 200kN/m^2 以上を満たすものはなかった。

④ 真空脱水よりも遠心脱水の方が、脱水ケーキの含水比は低く、強度も大きい。

⑤ 凝集分離脱水ユニットもスクリューデカンタ形遠心分離機も作業性は良好であり、連続処理が可能である。

(2) 課題点

現地実証試験の結果より、以下の課題点が抽出された。

① 処理量（ポンプ流量）を落とした時の現位置分級器の濁り拡散防止構造の改善。

② 現位置分級器の小型化に伴う整流構造の再設計。

③ 現位置分級器本体の潜り込み対策の検討。

9.6. 粉体凝集剤の比較テスト

(1) 目的

現状の水処理では液体凝集剤（PAC+高分子）を使用している。このうち高分子凝集剤は事前に一定の濃度で溶解液を作製しなければならないため、扱いに手間がかかる。

今後の水処理コンパクト化においては、よりハンドリング性に優れた方法を見出す必要があり、価格的にはやや高価ではあるものの扱いが容易で保管性に優れた粉体凝集剤の適用についてビーカーテストレベルで基礎検討を行うことを目的とした。

(2) 粉体凝集剤の選定

テーブルテストを実施した粉体凝集剤を以下に示した。また従来の液体凝集剤と比較するために、液体凝集剤（PAC＋高分子）のテストも実施した。

・ガイアフロック
・アクアＶ
・ネオナイト
・水澄まいる
・ハイパーフロックＮ型、ハイパーフロックＹ型

写真 2-9-46　粉体凝集剤

(3) 試験方法

以下に示す方法で比較試験を実施した。

①竜串湾に堆積していた泥土を乾燥させ､水分を完全に除去したものを試料とし、これを計量スプーンに量り取り、海水を用いて懸濁水を作成。
懸濁水の濃度は 10000ppm とした。

②懸濁水（①で作成）をビーカー300ml まで入れる（写真 2-9-47）。

③各凝集剤を原水に入れる（写真 2-9-48）。

④スターラーによる撹拌を 2 分間行う。

⑤撹拌終了後静置し（写真 2-9-49）、静置後 1 分で濁度計（写真 2-9-50）を用いて濁度を測定する。

⑥各凝集剤の添加濃度を変えた場合のそれぞれの上水の濁度、フロックの沈降速度、フロックの大きさの違いを比較する。

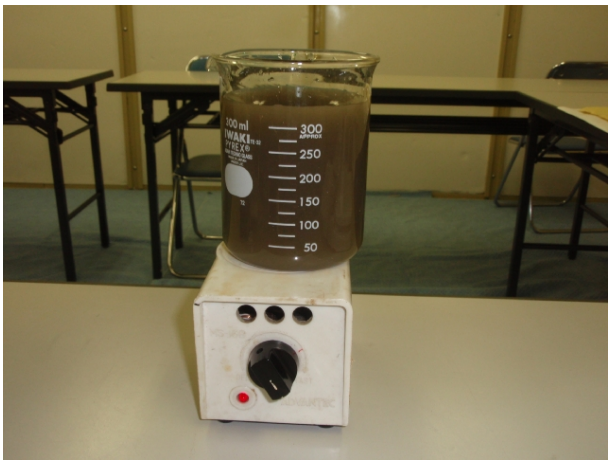


写真 2-9-47　懸濁水（濃度 10000ppm）

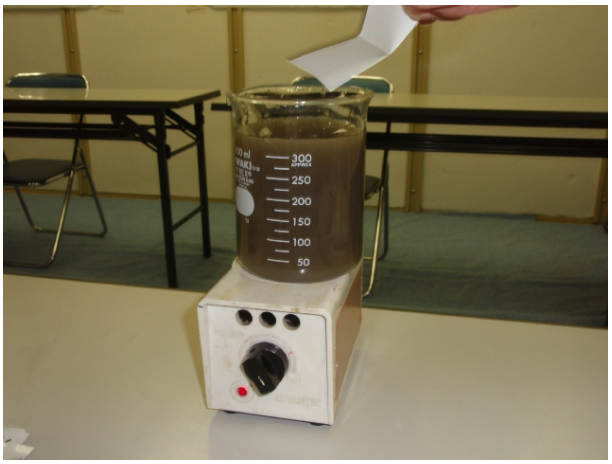


写真 2-9-48　凝集剤投入状況

写真 2-9-49　静置状態

写真 2-9-50　濁度計

(4) 試験結果

各凝集剤の添加濃度の違いによる濁度、フロックの沈降速度、フロックの大きさの比較試験結果を表 2-9-11 に示した。また凝集沈殿後の写真を写真 2-9-51 に示す。

本比較試験で用いた濁度計の測定範囲が 10～100 までであったため、SS(mg/l)と濁度の相関を行った。その場合、竜串湾泥土除去工事の水処理工で排水管理目標としている SS=60mg/l に相当する濁度は 11.34 に相当する。

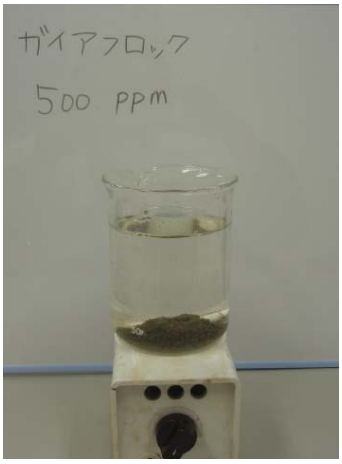
粉体凝集剤の比較試験を行った結果、濁度に関してはネオナイト以外の凝集剤は凝集剤の添加濃度条件により、11.34 以下を満足していた。その中でも沈降速度が比較的速かったのは、ガイアフロック（添加濃度：500mg/L)、アクア V（添加濃度：100mg/L、150mg/L)、ハイパーフロック N 型（添加濃度：30mg/L)、ハイパーフロック Y 型（添加濃度：500mg/L）であった。

液体凝集剤（PAC＋高分子）の試験結果との比較においては、いずれの粉体凝集剤よりも従来の液体凝集剤の方が、フロックの大きさも大きくまた、沈降速度も速かった。

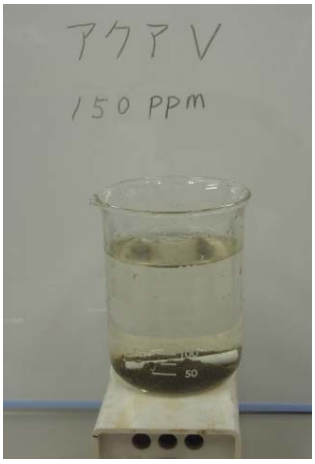
表 2-9-11　凝集剤の比較試験測定結果

原水濃度 (mg/L)	使用凝集剤	添加濃度 (mg/L)	濁度	沈降速度 (秒)	フロックの大きさ	備考
10000	ガイアフロック	100	10以下	30	小	
	〃	200	10以下	20	中	
	〃	50	35.2	40	さらに小	
	〃	150	10以下	20	200と同等	
	〃	500	10以下	15	大	
	アクアV	100	10以下	15	中	水和性◎
	〃	150	10以下	12	大	
	〃	50	10以下	30	小	
	ネオナイト	100	100以上	×	×	
	〃	500	100以上	×	×	
	水澄まいる	200	10以下	20	中	
	〃	100	10以下	30	小	
	〃	50	11.8	40	さらに小	
	ハイパーN	30	10以下	15	中	
	〃	50	14.1	35	中	添加量多すぎ　粘り気あり
	ハイパーY	500	21	10	大	
	〃	200	16	20	大	
	〃	100	10以下	20	中	
	〃	50	26.7	30	さらに小	
	液体凝集剤（PAC+高分子凝集剤）					
	PAC	100	10以下	10	中	高分子3ppm添加
		500	10以下	7	大	高分子3ppm添加

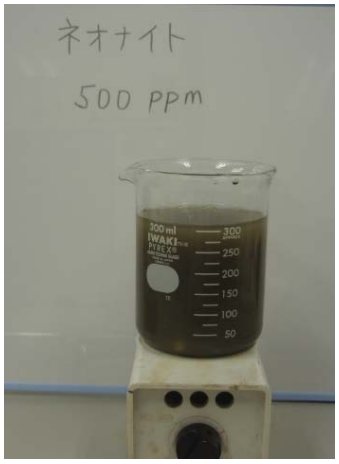
ガイアフロック
（凝集剤添加濃度 500ppm）



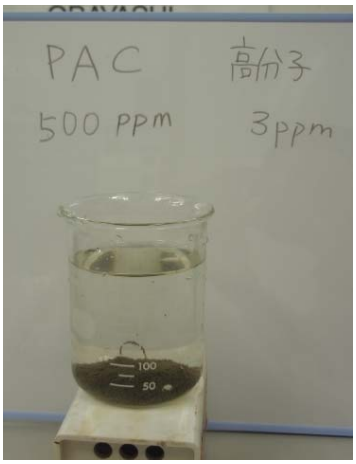
アクアＶ
（凝集剤添加濃度 150ppm）



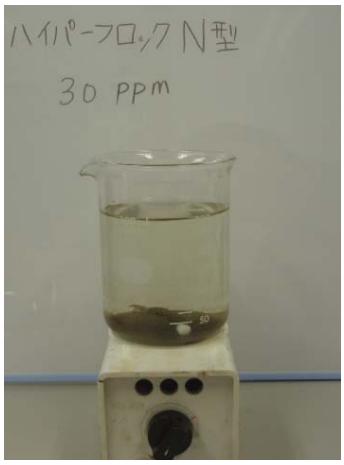
ネオナイト
（凝集剤添加濃度 500ppm）



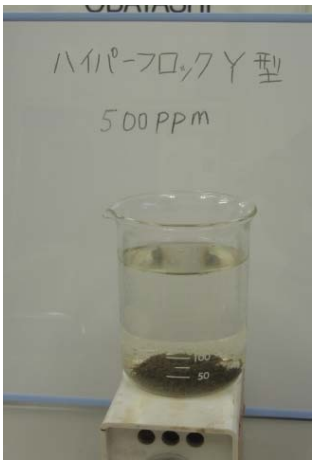
液体凝集剤
（PAC 500ppm、高分子 3ppm）



ハイパーフロック N 型
（凝集剤添加濃度 30ppm）



ハイパーフロック Y 型
（凝集剤添加濃度 500ppm）



水澄まいる
（凝集剤添加濃度 200ppm）

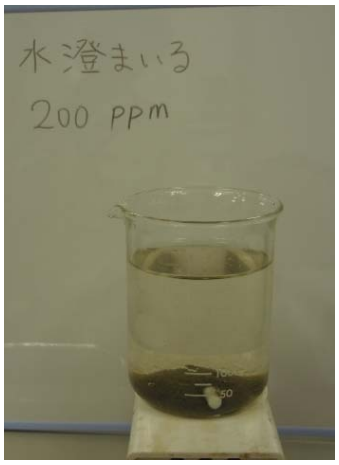


写真 2-9-51 凝集沈殿後の状態比較

(5) 考察

竜串湾の堆積泥土に対しては、性能的には粉体凝集剤よりも液体凝集剤の方が優れる結果となった。一方、海上水処理を目指すに当たり、液体凝集剤の扱い（保管、事前準備、２液）の手間がかかることを考慮すると、粉体凝集剤の方がハンドリング性の面で適していると考えられる。

今後は粉体凝集剤については、竜串湾の泥土に適した粉体を調合することも十分に可能であり、性能的には現状の液体凝集剤に近づくことも期待される。

9.7. 海上における水処理工法の検討

実証試験で得られた結果より、海上水処理を実施する際の小型排水処理装置について検討した。

(1) 処理水および脱水ケーキ

凝集沈殿装置（小型シックナー）の処理水は清澄で、排水管理目標 60mg/l 以下で処理することが可能である。

シックナーにより減容化した土砂は含水比が高く、そのままで運搬および処分が困難である。そのため、脱水処理を行い、含水比を低下させ、扱いやすい状態にする必要がある。

実証試験を行った凝集分離脱水ユニットは、真空脱水機で脱水処理を行っているが、デカンタで処理した脱水ケーキの方が含水比を低下させることができていた。ただし、両装置とも、脱水ケーキの強度が 200kN/m^2 以下であるため、標準仕様のダンプトラックに山積みして搬出は困難である。

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）業務の報告書において、建設工事によって発生する副産物の具体例を示している（図 2-9-14）。これより、デカンタの処理泥土を処分する場合は、産業廃棄物の汚泥として処分することになる。

デカンタで処理された処理水をシックナーに戻すことで、処理水管理目標は達成できると考えられる。

(2) 水処理装置の組み合わせ

実証試験で得られた結果からは以下の組み合わせが有効と考えられる。

① 小型シックナー＋スクリューデカンタ型遠心分離機

② 小型シックナー＋小型加圧脱水機（フィルタープレス）

1) 凝集沈殿（小型シックナー）＋スクリューデカンタ型遠心分離機

排水処理装置の設置スペースのコンパクト化を考える場合、小型シックナーとデカンタの組み合わせが有効な組み合わせと考えられる。

実証試験 Case2-2 でシックナー引抜き汚泥を処理した際に、デカンタの脱水ケーキは薬注を行う場合と無薬注の場合で含水比が変わっていた。通常、薬注を行う方が、脱水ケーキの含水比は高くなる。これは薬注することにより、遠心力だけで分離できなかった細粒分がフロック化し、脱水ケーキの中に含まれるためである。無薬注の場合、粗粒子のみが脱水ケーキとして吐出されるため含水比は高い値となる。

この組み合わせにおけるデカンタの運転方法は、通常時は無薬注で運転し、シックナーで処理しきれなくなった場合は薬注するといった使い分けがトータルの薬剤使用量を減らすことができ、環境負荷も低減でき、経済的であると考える。

- 建設副産物
  - 建設発生土等
    - 建設発生土
      - 港湾、河川等の浚渫に伴って生ずる土砂、その他これに類する物
      - 土砂及び専ら土地造成の目的となる土砂に準ずるもの
    - 有　価　物
      - アルミニウム片等他人に有償で売却できるもの
  - 建設廃棄物
    - 一般廃棄物

分　類	建設工事現場から排出される一般廃棄物の具体的内容
廃 木 材 （木くず）	型枠、足場材等 内装・建具工事等の残材
紙くず	包装材、ダンボール、壁紙くず
繊維くず	廃ウエス、縄、ロープ類
燃え殻	現場内残さ物（ウエス、ダンボール等）
その他	現場事務所、宿舎等の撤去に伴う各種廃材（寝具、畳等）

    - 産業廃棄物

分　類	建設工事現場から排出される産業廃棄物の具体的内容
汚　泥	1.　含水率が高く粒子の微細な泥状の掘削土 掘削物を標準ダンプトラックに山積できず、またその上を人が歩けない状態。（コーン指数が概ね 200kN/m² 以下または一軸圧縮強度が概ね 50kN/m² 以下）
廃　油	2.　防水アスファルト、アスファルト乳材等の使用残さ 3.　廃油のうち揮発油類、灯油類及び軽油類を除くもの
廃プラスチック類	4.　廃合成樹脂材 5.　廃発泡スチロール等梱包材 6.　廃タイヤ 7.　廃シート類
建設木くず	8.　木造家屋等の解体木材
金属くず	9.　鉄骨鉄筋くず 10.　金属加工くず 11.　足場パイプや保安塀くず 12.　廃缶類
ガラスくず及び陶磁器くず	13.　ガラスくず 14.　タイル衛生陶磁器くず 15.　耐火レンガくず
建設廃材	工作物の除去に伴って生じたコンクリートの破片、その他これに類する不要物 16.　コンクリート破片 17.　アスファルト、コンクリート破片 18.　レンガ破片
ゴムくず	天然ゴムくず

    - 特別管理産業廃棄物
      - 特定有害産業廃棄物：廃石綿等、PCB 汚染物、廃油等

図 2-9-14　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）

2)　凝集沈殿（小型シックナー）＋加圧脱水機（フィルタープレス）

シックナー引抜き汚泥をフィルタープレスで脱水する場合、脱水ケーキの含水比および強度に関しては、これまでの泥土除去工事の実績からも、管理目標値を満足したものになると判断される。しかし、占有面積ならびに重量ともにコンパクト化には限界があり、海上水処理を行う場合はやはり大型の作業船が必要となる。

(3) 水処理船の選定

小型シックナー＋デカンタの組み合わせの場合、占有面積から水処理船の小型化も可能と考えられる。

参考に平成 16 年度泥土処理実証試験で使用した作業船を写真 2-9-52 に示す。平成 18～21 年度泥土除去工事で使用した作業船より幅広のものであり、水処理設備が設置可能であれば、このクラス若しくは一回り大きな作業船になる。

そのため小型水処理装置設備の詳細検討を行い、作業船を選定する必要がある。

図 2-9-52　作業船

(4) 課題点

小型排水処理装置を用いた海上水処理を実施する場合、以下の課題点を検討する必要がある。

①　小型水処理設備の詳細検討

②　水処理作業船の選定（機器類の設置面積）

③　作業船の動揺による処理能力の低下