30
ISSN　0386－5878
土木研究所資料第3365号

土 木 研 究 所 資 料

建設ロボットの現状調査報告（その２）

－遠隔操作式建設機械の機能・仕様に関する実態調査－

平成７年６月

建 設 省 土 木 研 究 所
材料施工部機械研究室

Copyright ＝ (1995) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全文又は一部の転載，複製は，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第3365号1995年6月

建設ロボットの現状調査報告（その2）
ー遠隔操作式建設機械の機能・仕様に関する実態調査ー

機械研究室　室　　長　吉田　正
主任研究員　石松　豊
三村茂男

要旨

現在、建設産業では、施工の自動化・無人化を目的として建設機械のロボット化が進められ、一部の工種においては建設ロボットの普及が進みつつある。これまでに開発されている建設ロボットは、遠隔で操作するものが殆どであるが、このような遠隔操作方式では、オペレータが作業中の機械の状態を把握することが難しく、捜査の困難やそれに付随する施工品質の低下さらに周囲の安全性の確保等の問題を抱えている。本報告書は、既存の遠隔操作式建設機械を用いた作業手順・操作方法を調査するとともに導入現場へのヒアリング調査を実施し、問題点・改善点について検討した結果である。

キーワード：遠隔操作式建設機械、操作性、マン・マシンインターフェース

はじめに

近年の経済的・技術的な発展によって我が国の社会資本は増加しつつあり、その投資規模は欧米諸国に比べて高い水準で移動してきている。しかしながら、その整備水準は欧米諸国に比べ立ち遅れており、経済規模に応じた豊かさを国民が実感できるレベルには未だ達していず、快適かつ安全な質の高い国民生活の実現が求められている。また、来るべき21世紀に向けてますます高度化、多様化する社会資本に的確に応えるため、環境の保全・創造、豊かな生活の実現、自然災害に対して安全な国土の建設、魅力的で活力ある地域社会の構築等の実現が基本的に求められている。

一方、21世紀初頭以降、我が国は世界に例を見ない早さで急速に人口の高齢化が進み、社会活力の低下が予想され、また、社会資本ストックの増大に伴い、維持管理・更新コストの急速な増大が予想されるため、今後後世に残すべき良質で低廉な社会資本ストックの形成が必要である。

このような社会資本整備を円滑に推進するにあたっては、建設産業における構造的な労働力不足、低い労働生産性と安全性等の改善策が重要な課題である。また、建設労働災害の防止や作業環境の改善等により、より安全で快適な魅力ある産業として労働力を確保することが重要な課題である。

建設施工におけるロボット化の目的は、主として、建設産業における労働生産性を向上させること、建造物の品質管理を自動化すること、危険な労働環境を改善すること、及び建設施工の省力化と安全性を達成することである。従って、問題解決の一つとして建設機械の自動化・ロボット化への期待が高く、建設ロボットを現場へ導入していく必要がある。

しかし、本格的な建設ロボットの普及のためには、建設事業者が当初の導入目的を達するだけの能力・機能を持った建設ロボットの開発が重要である。

また、現在開発されている建設ロボットは遠隔で操作するものがほとんどであるため、操作者が作業中の状態を把握することが難しく、操作の困難や品質の低下さらに周辺の安全性の確保の難しさ等の問題を抱えている。

そこで、本調査では、既存の遠隔操作式建設機械についてその現状及び問題点を調査・整理し、今後の建設ロボットの検討のための資料とするものである。

なお、本報告書の内容は、平成6年度の（項）建設機械整備費（目）建設機械開発調査費によって、各地方建設局で調査を行った結果を土木研究所にてとりまとめたものである。

目　　次

はじめに

Ⅰ．調査概要 …… 1

Ⅱ．調査結果 …… 3
1．水中排砂ロボット …… 5
① ロボットの機能及び仕様 …… 7
② 操作方法 …… 11
③ 現場適用例と問題点 …… 23
2．水中捨石ならし機 …… 29
① ロボットの機能及び仕様 …… 31
② 操作方法 …… 34
③ 現場適用例と問題点 …… 49
3．コンクリート床仕上げロボット …… 55
① ロボットの機能及び仕様 …… 57
② 操作方法 …… 58
③ 現場適用例と問題点 …… 61
4．水中テレビロボット …… 63
① ロボットの機能及び仕様 …… 65
② 操作方法 …… 76
③ 現場適用例と問題点 …… 78
5．遠隔操作式油圧ショベル …… 79
① ロボットの機能及び仕様 …… 81
② 操作方法 …… 81
③ 現場適用例と問題点 …… 86
6．ＴＢＭ掘進機 …… 89
① ロボットの機能及び仕様 …… 91
② 操作方法 …… 95
③ 現場適用例と問題点 …… 100
7．草 刈 車 …… 103
① ロボットの機械及び仕様 …… 105
② 操作方法 …… 110
③ 現場適用例と問題点 …… 111

Ⅲ．調査機種の問題点及び改善点の検討 …… 113

Ⅳ．ま と め …… 114

おわりに …… 115

Ⅰ．調査概要

遠隔操作において操作方法・操作性は施工の品質や施工能力また作業の安全性にとって非常に重要であることから、以下の事項について実態調査を行った。

・遠隔操作式建設機械の機能及び仕様
・操作手順、操作方法
・調査機種の施工上・操作上の問題点及び改善点

調査機種の選定に当たっては、①対象機種の普及の程度、②人的作業で特に苦渋性・危険性が大きく自動化・遠隔化が特に重要であること、③建設ロボットの作業中の状態を操作者が把握しにくく、遠隔での操作が難しいことを選定条件として以下の機種を選定した。

・水中排砂ロボット
・水中捨石ならし機
・コンクリート床仕上げロボット
・水中テレビロボット
・遠隔操作式油圧ショベル
・ＴＢＭ掘進機
・草 刈 車

上記の機種について、資料収集及び導入現場へのヒアリングにより問題点と改善点について、とりまとめを行った。

Ⅱ. 調査結果

1．水中排砂ロボット

機種名：Ｓ－１タイプ水中排砂ロボット

開発会社：㈱電業社機械製作所

① ロボットの機能及び仕様

② 操作方法

③ 現場適用例と問題点

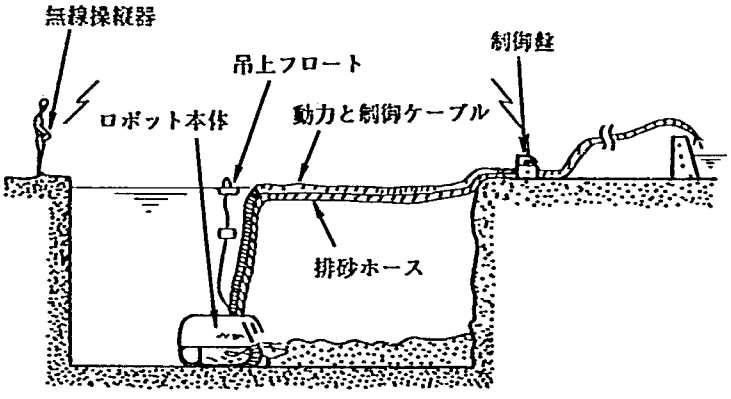
① ロボットの機能及び仕様

S－1タイプの水中排砂ロボットは、水底を無人走行し、土砂等の堆積物を水と共にポンプアップさせるロボットである。

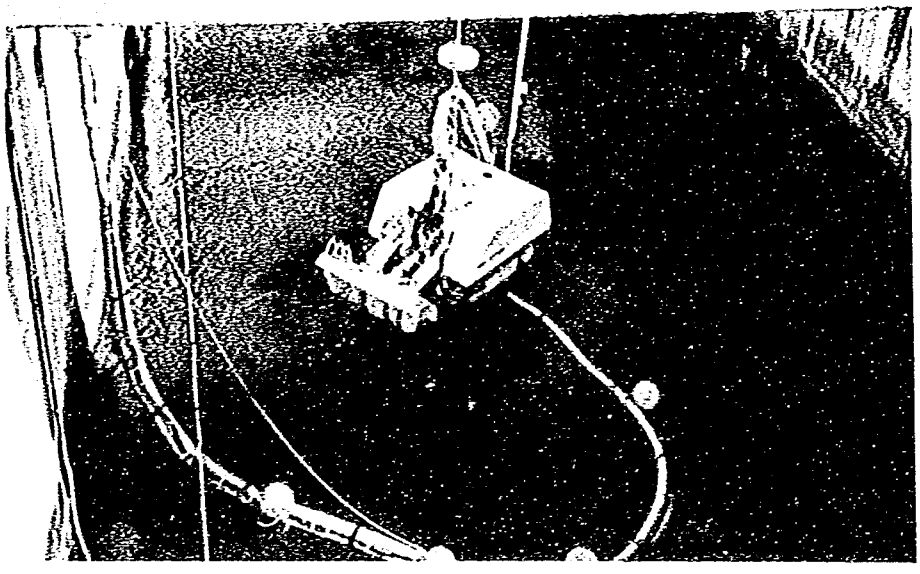
ロボット本体はコンパクトに設計され小回りもきくので、入り組んだ場所でも走行することができ、また、強力なポンプを搭載しているので水底に堆積した土砂水と共に強力に排出することができる。

地上にいる運転操縦者からの信号は制御盤に入り、制御盤からは信号ケーブルによってロボットに信号が伝えられる。

ロボットの動力は、制御盤から水中へ動力ケーブルによって伝えられ、水中のロボットに搭載した油圧ポンプと排砂ポンプを駆動する。油圧ポンプはロボットの走行と集砂スクリューの回転に必要な油圧を供給し、排砂ポンプは地上へ排砂水を排出する。



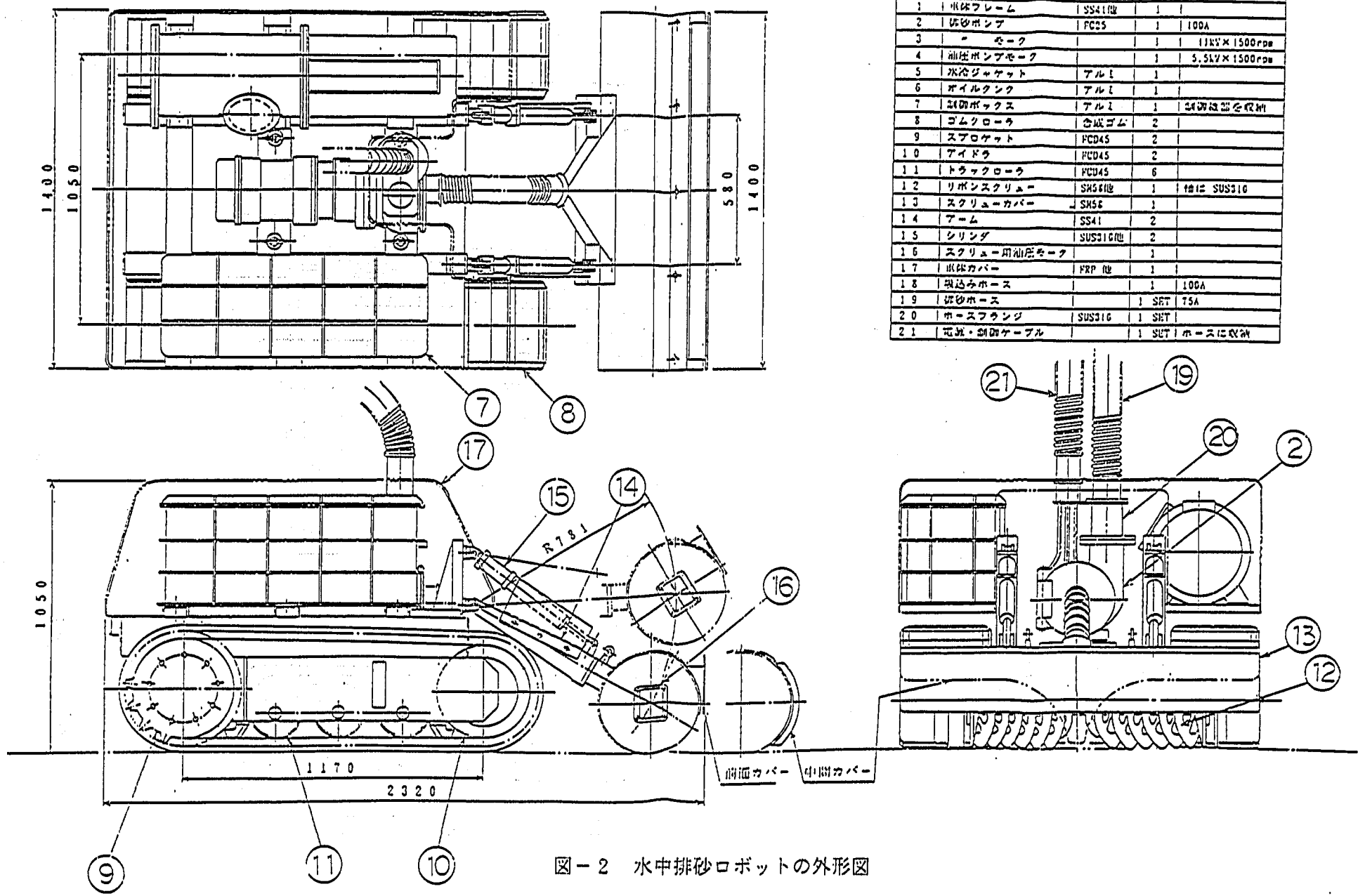
図－1　作業時の配置



写真－1　排砂ロボット

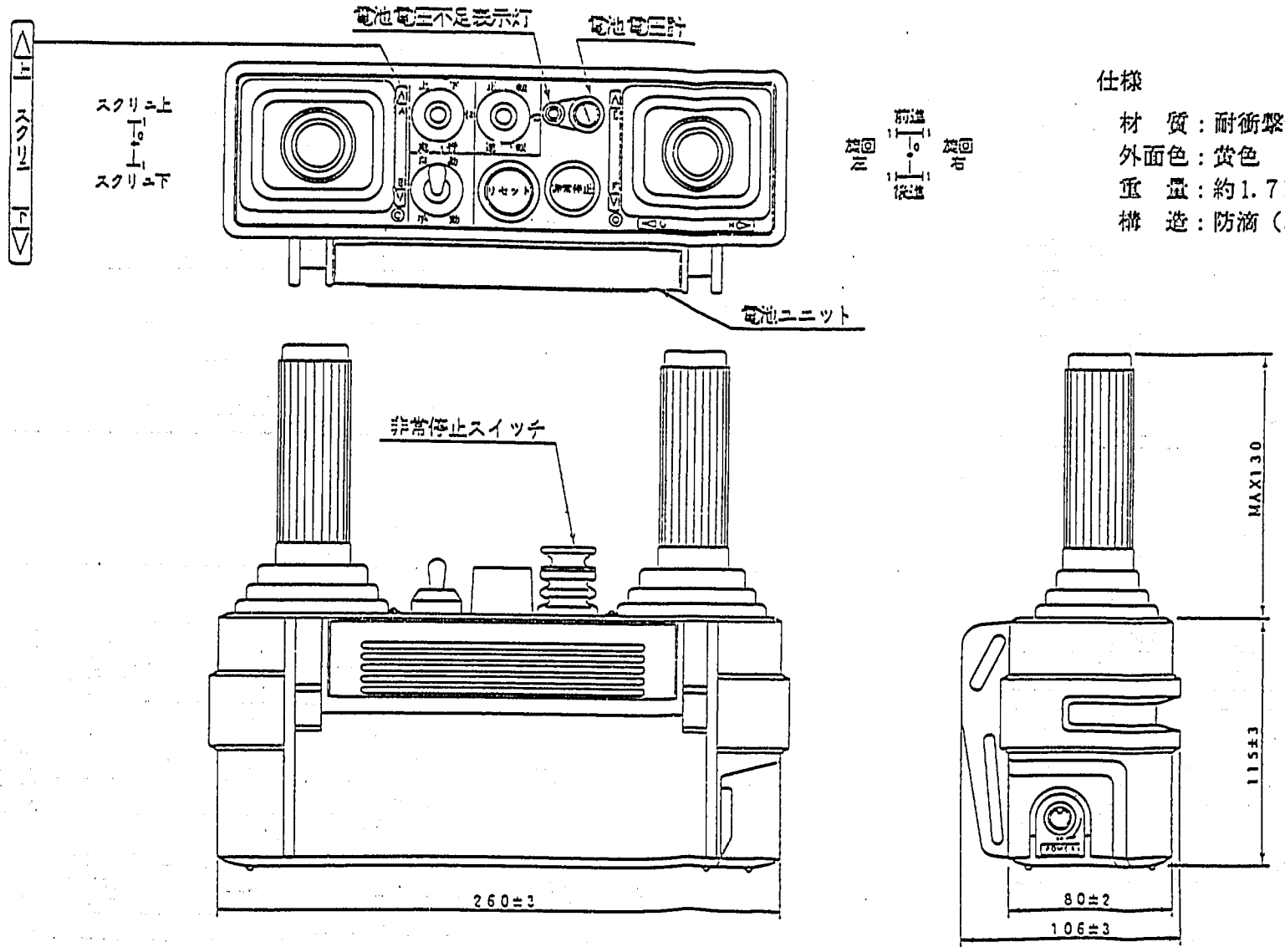
表－1　S－1タイプ水中排砂ロボットの概略仕様

排　水　量		60㎥／H～80㎥／H
ポンプ排砂	口径、形式	100㎜水中ボルテックス形（SBL－AM）
	全揚程、流量	18m×80㎥／H（清水）
	電動機出力	11kW（乾式水中モータ）
走行作業能力	走行作業方式	電動油圧式
	走行作業動力	5.5kW（水封式水中モータ）
	走行速度	3～12m／min
	接地圧	約0.07Kgf／㎠
	耐流速	2m／s（水平時）
	最大登板角	30度（硬地盤にて）
	最大水深	10m
	集砂スクリュー回転数	20～120rpm
	集砂スクリュー出力トルク	最大15Kgf－m
外形寸法		全長　2320㎜ 全幅　1400㎜ 全高　1050㎜
重　量		地上　1470kg 水中　840kg



NO.	部品名称	材質	個数	備考
1	水中フレーム	SS41他	1	
2	泥砂ポンプ	FC25	1	100A
3	〃 モータ		1	11kW×1500rpm
4	油圧ポンプモータ		1	5.5kW×1500rpm
5	水冷ジャケット	アルミ	1	
6	オイルタンク	アルミ	1	
7	制御ボックス	アルミ	1	制御機器を収納
8	ゴムクローラ	合成ゴム	2	
9	スプロケット	FCD45	2	
10	アイドラ	FCD45	2	
11	トラックローラ	FCD45	6	
12	リボンスクリュー	SK56他	1	軸は SUS316
13	スクリューカバー	SK56	1	
14	アーム	SS41	2	
15	シリンダ	SUS316他	2	
16	スクリュー用油圧モータ		1	
17	水中カバー	FRP 他	1	
18	吸込みホース		1	100A
19	泥砂ホース		1 SET	75A
20	ホースフランジ	SUS316	1 SET	
21	電源・制御ケーブル		1 SET	ホースに収納

図－2　水中排砂ロボットの外形図



仕様

材　質：耐衝撃性ＡＢＳ樹脂
外面色：黄色
重　量：約1.7kg（バンドは除く）
構　造：防滴（JIS C 0920）、防塵

図－３　無線操縦器の外形図

② 操作方法

a．ロボットの運転

配線、配管作業及び、各種のチェックの完了後、ロボットを始動させる。

(1) 地上運転

① 発電の運転　発電機のメーターで200V.50Hzを確認して発電機のブレーカーを入る。

・このとき、制御盤のパイロットランプが点灯。

② 制御盤のブレーカーをＯＮにする。

③ 制御パネル制御電源をＯＮにする。

制御電源が投入されランプが点灯。

・このとき全ての水中ライトが約２秒間点灯することを確認する。

・警報が出ていないことを確認する。

・傾斜計の作動を確認する。

・制御盤上の無線アンテナを取り付ける。

・万一の暴走危険のため、走行・回転のボリュームを０％にする。

・冬期はこの状態で、10～30分間電子機器のウォームアップを行う。

・冷却ジャケットに水を入れる。

④ 油圧ポンプを作動させる。

・ＯＮするときは、ロボットの周囲に人がいないことを確認して万一のロボットの暴走に備えて、非常停止ボタンに指をかけておく。

・油圧ポンプ運転ランプ点灯する。

・PB5（排砂ポンプスイッチ）は、地上ではＯＮにしないようにする。誤ってＯＮさせた時は、ただちにＯＦＦさせる。

・ロボットの動作チェックを行う。

このとき、ロボットの半径５ｍ以内には絶対に入らないようにする。

⑤ 無線操縦機を肩に掛け、キーを入れ前方に回転させる。

⑥ 無線操縦機のスクリュー回転を切、モードを手動にし（ニュートラル状態という）、レバーを２本とも垂直にし、緑のランプが点灯しているのを確認する。

レバーの上のボタンを両方同時に押す。（初期動作という）ここで始めて機器の信号が制御盤に届く状態となる。

⑦ スクリューの上下レバーを操作し、作動することを確認する。作動しないときは、初期動作を繰り返す。引っ張り上げて初期動作を繰り返す。このとき、スクリュー位置の表示が変化することを確認する。

⑧ スクリュー回転のスイッチを正転側へ倒す。

正転のボリュームを徐々に上げ、通常80rpm程度で使用する。

回転することを確認したら、今度はスイッチを逆回転に倒して回転することを確認する（通常60rpmで使用）。

⑨ スクリューを正転（空転）させた時、油圧の表示が10～30kgf/cm²を示すのを確認する。

⑩ 走行のレバーを前進側へ倒す。走行のボリュームを徐々に上げる。

（通常6m/min程度で走行）前進、後進、左右旋回の作動確認を行う。

以上の動作確認を終了してから水中へ投入する。

(2) 水中運転

① ロボットを自走、またはレッカーにて作業区域へ投入する。水中へ没するまで自走する場合は、油圧ポンプ冷却水ジャケットに水を入れる。

② ロボットが完全に水没したら、陸上のボールバルブを全閉にして、スクリューを一番上にして排砂ポンプのスイッチを入れる（ON）

排砂ポンプ運転のランプが点灯することを確認する。

③ ボールバルブを徐々に開く。排砂ポンプの電流値を確認しながらオーバーロードにならないよう注意する。

④ 流量計にて流量が規定水量に達しているか確認する。この清水時の水量は、浚渫を始めてからの閉塞や排水濃度の推定に役立つので必ず行うようにする。

⑤ 制御盤面の情報を確認しながら作業を開始する。

b．作業終了の仕方

(1) ロボットのスクリューを上げ、スクリューの回転を止め、清水を十分に流す。

(2) 吐き出し口から、清水が出るのを確認し、押しボタンを押して排砂ポンプを止める。

(3) 流量計セットのボールバルブを全閉にし、コンプレッサーのエアーホース口金をロボット側に差し込み、エアーを入れる。ロボットのスクリューからエアーが出たら，今度はエアーホース口金を吐出口側に差し込みエアーを入れる。

(4) ホース内の水が完全に出たら、コンプレッサーを止め、ロボットを自走、又はレッカーで陸上に上げる。

レッカーで上げる場合は、排砂ホースに水が入っていると自重で、ホース付け根などを傷めますので特に注意して下さい。

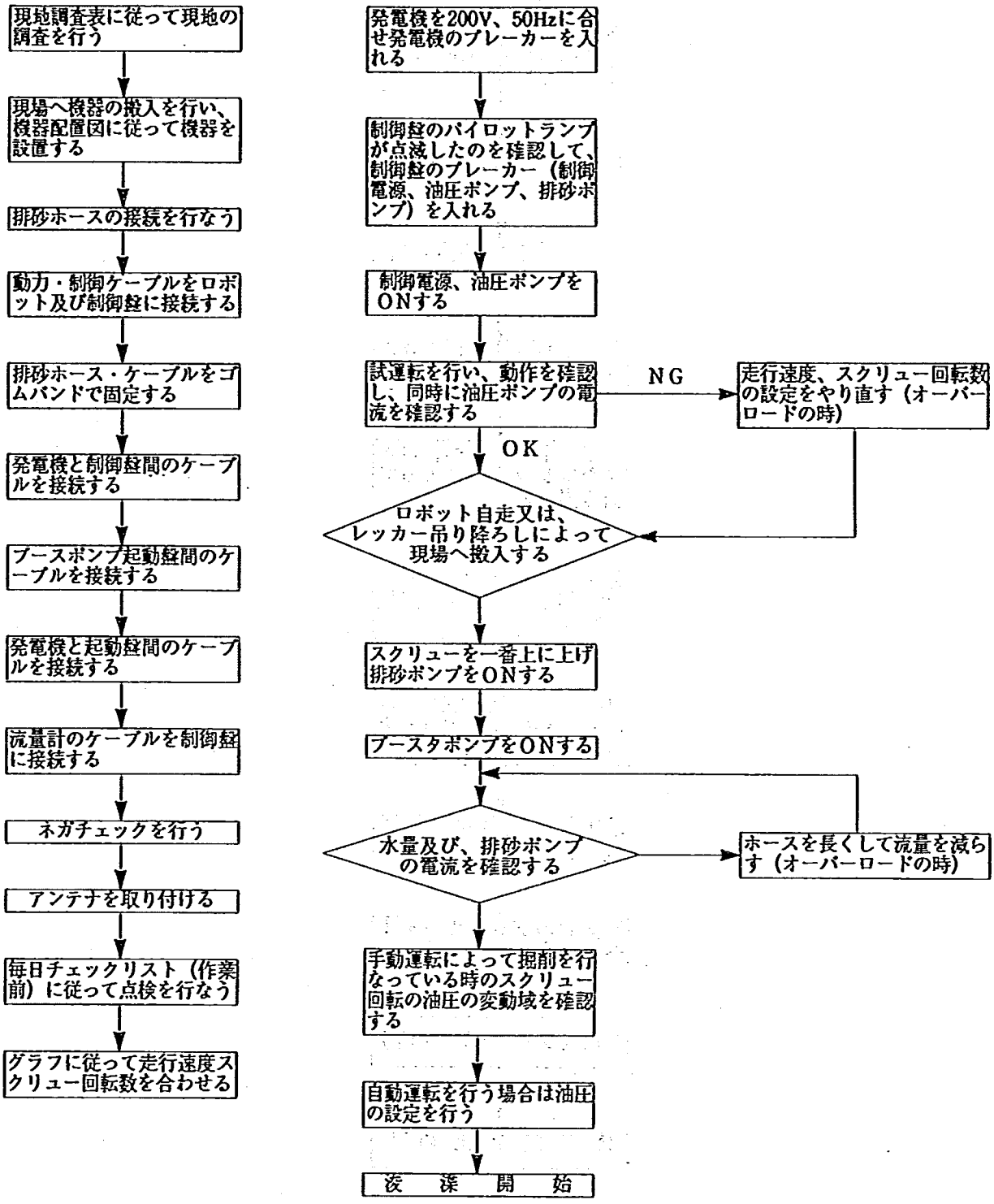
(5) 地上に上がったら、毎日のチェックリスト（作業後）に従いチェックを行い、保管位置に自走またはレッカーで運び、スクリューを0cmの位置（地面に接する）まで下げ、油圧ポンプを止め、制御電源を切る。

(6) 制御盤のブレーカーをニ・ハ・ロ・イの順に落とす。

(7) アンテナを外し、アンテナ取付け部の蓋をする。

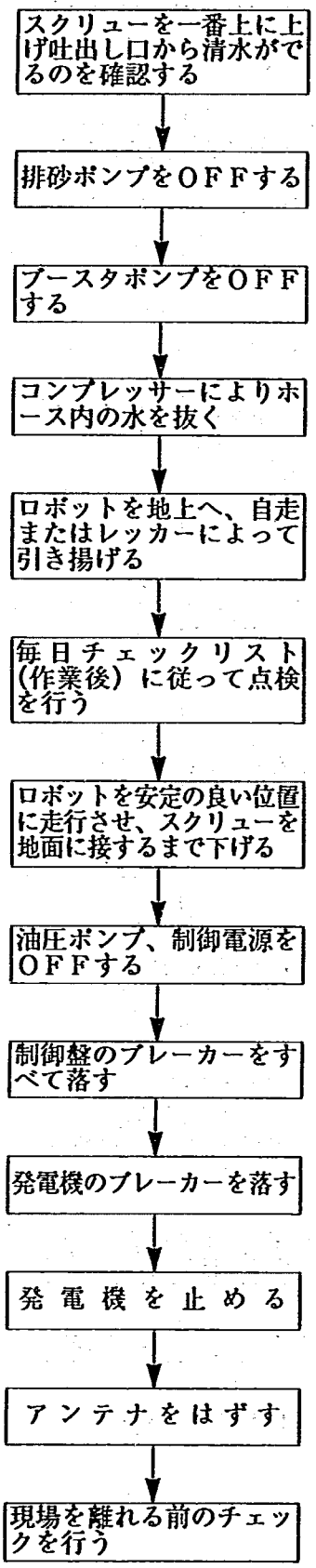
(8) 操縦機のキーを外し、バッテリーを抜く。

c．操作フロー



図－4　水中排砂ロボットの操作フロー（作業開始）

<作業終了>



図－5　水中排砂ロボットの操作フロー（作業終了）

d．浚渫作業での操作

浚渫作業に於けるロボットの操作は現場の状況によって異なるので、その前に現場の調査を十分に行う必要がある。

作業体制

基本的にロボット浚渫作業は、無線操縦者、制御盤・支援盤監視者、吐出側監視者の計３名で行うが、その他、制御盤・支援盤補助者、ロボット補助者と現場によって人員の検討を行う。それぞれの作業はトランシーバーなどで情報のやり取りを行うことで、効率よく運転できる。

無線操縦者：無線操縦器によりロボットを操縦する。このとき、制御盤・支援盤監視者からのロボットの傾斜、流量、スクリュー油圧、スクリュー位置等の情報と吐出側監視者からの浚渫濃度をよく聞き、ロボットの近くにて操縦する。

制御盤・支援盤監視者：無線操縦者に盤面に表示されるロボットの傾斜、流量、スクリュー油圧、スクリュー位置等を読み取り伝える。
また、流量が減り閉蓋ぎみになったり、閉蓋したときなどブースターポンプ及び排砂ポンプのインチングを行ったり、閉蓋解消用コンプレッサーを運転して対応する。

吐出側監視者：排砂ホース吐出部にて、排泥水の濃度、流量を無線操縦者に伝える。

浚渫方法

(1) 現場の状況を知る

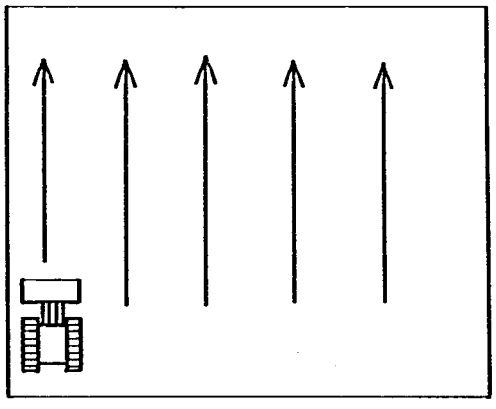
現場の調査を充分に行い堆積状況を事前に知っておく。

(2) 運転

① 走行の仕方

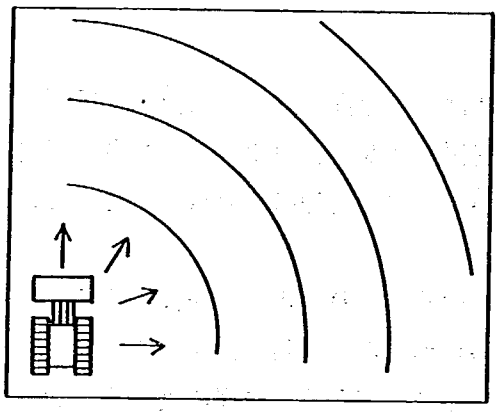
作業の振興状況と現場の状況を十分頭にいれ、一度浚渫したところを何度も走行せず、土砂が堆積している所を浚渫するようにする。

(イ) 堆積土砂の上を走行可能な場合　又は、堆積土砂厚が薄くて（０～50cm）走行可能な場合
工区が平坦な場合は工区全体を平均して浚渫するように走行すれば効率的な作業が出来る。



(ロ) 軟弱地盤で堆積土砂の上を走行できない場合

ロボットを投入したら、ロボットの走行できる範囲を広げるように扇状に浚渫する。1走路だけ掘削して土砂に突っ込むと、両側から土砂の山が崩れてきて動けなくなることがある。



② 掘削の仕方

効率よく掘削するためには、現場の状況に応じて運転モードの決定、アタッチメントの選定等を行う必要がある。

(イ) 運転モードの選定

○手動運転　盤面のスクリューの位置、スクリュー油圧、傾斜計、水深の情報によって運転を行う。

○自動運転　自動運転は、油圧によるスクリュー上下と油圧による前進、停止の2種類があり、油圧とは、堆積土砂がスクリュー内に多く食い込んだ時とスクリュー油圧モーターの負荷が高くなることを利用し、つねにスクリューの油圧が高くなるように、つまりスクリューが土砂に食い込むよう自動化したものである。

〈スクリュー上下モード〉

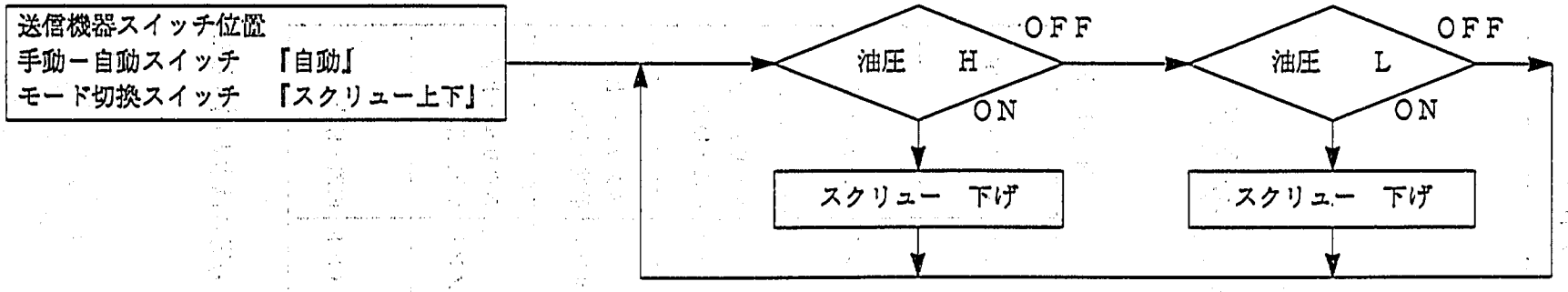
堆積厚さが薄い（0～50cm）等、堆積土砂が砂で堆積土砂の上を走行できる時などに堆積土砂の上側を掘削し、土砂厚を薄くするような掘削を行うときに使用する。

〈前進、停止〉

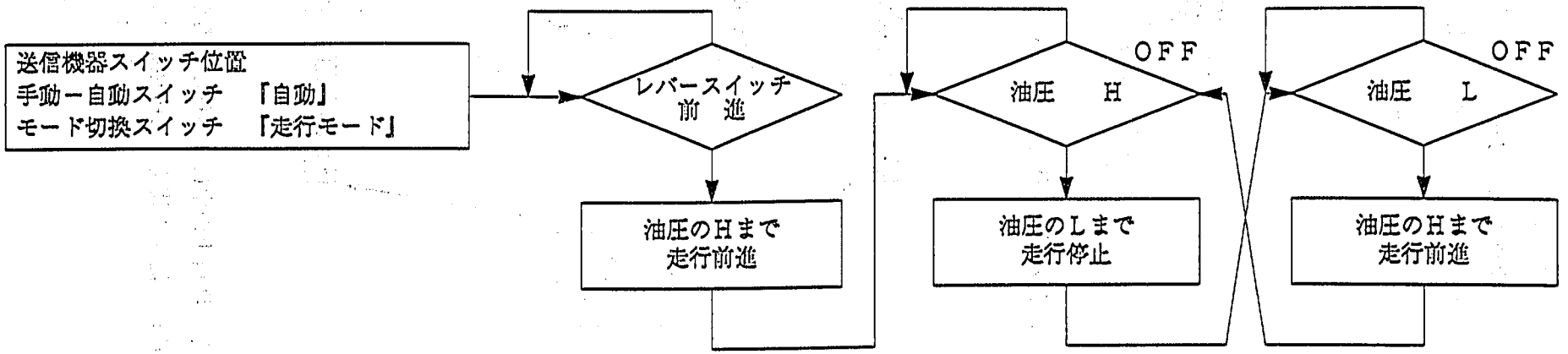
堆積厚さが厚く、前方の土砂を掘削るしながら前へ進んで行くような掘削を行う時に使用する。

図－6に自動運転のフロー図を示す。

（自動）油圧によるスクリューの上下



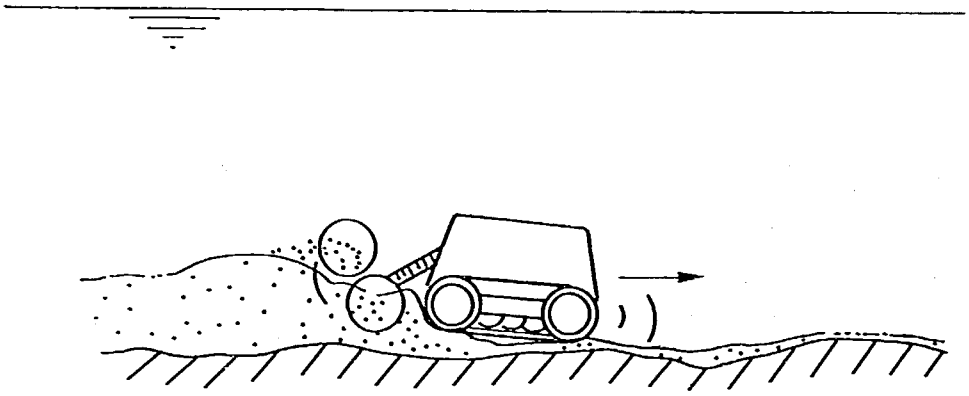
（自動）油圧による走行ー停止



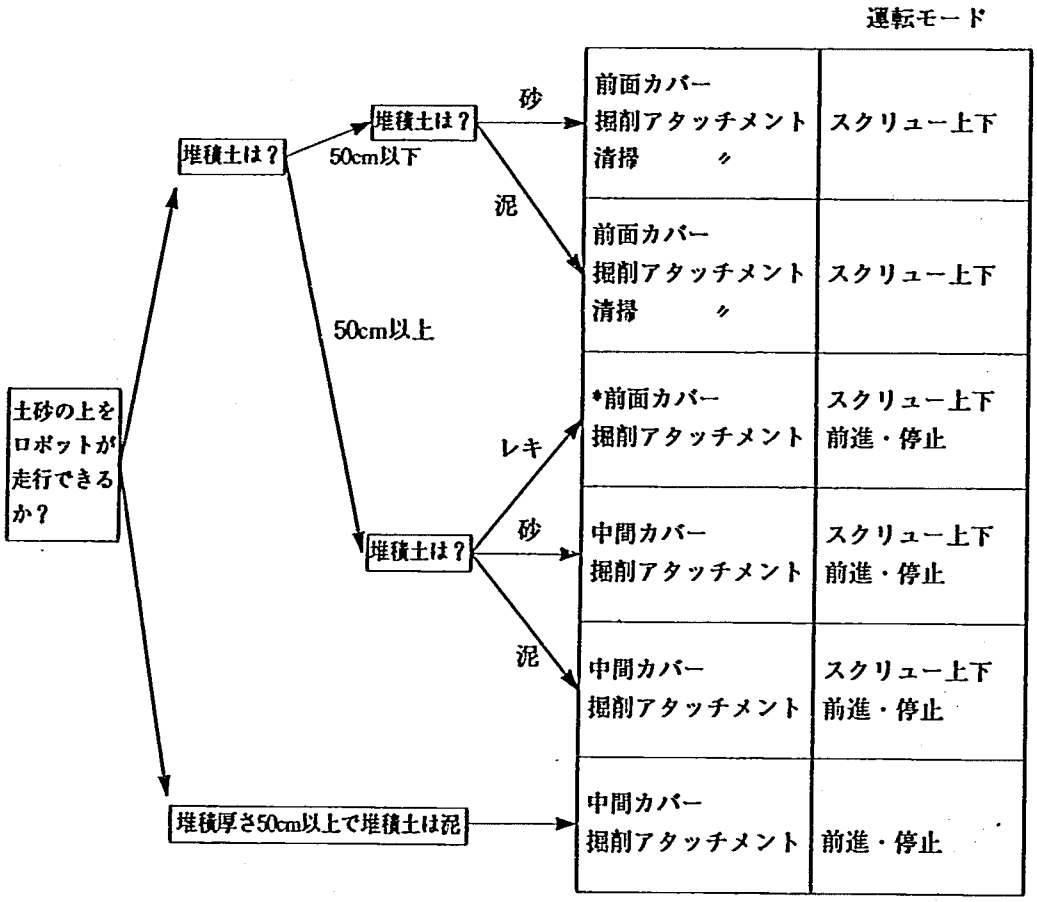
図－6　自動運転のフロー

(ロ) 後退による掘削

堆積土砂が比較的固い地盤のときは、土砂に突っ込んで、スクリューを下げて後退し掘削する。自動モードの〈前進、停止〉と組み合わせて運転することも可能。



以上の運転の仕方を図－7に示す。

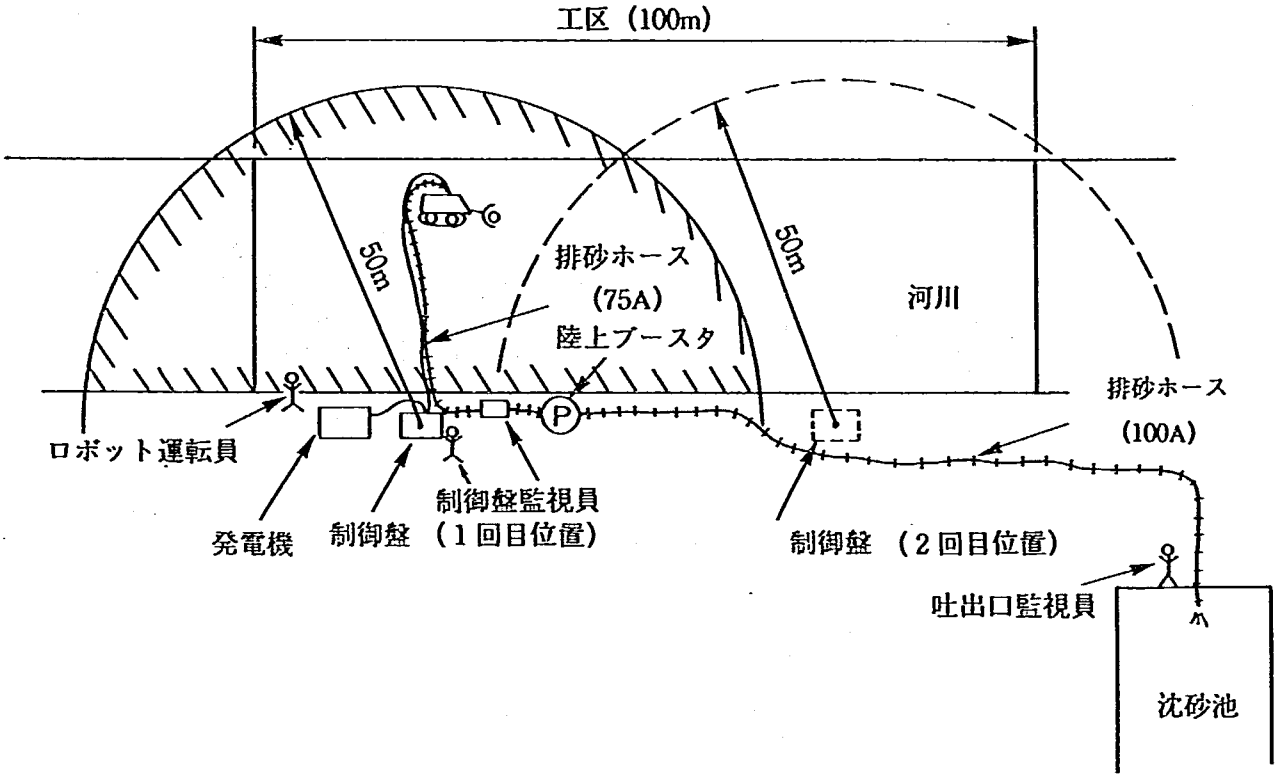


＊レキ（堆積土の中に3㎝程度の石が多く含まれる場合も含む）の場合は水と混合しないため、吸込口の流速を速くして吸込必要がある。

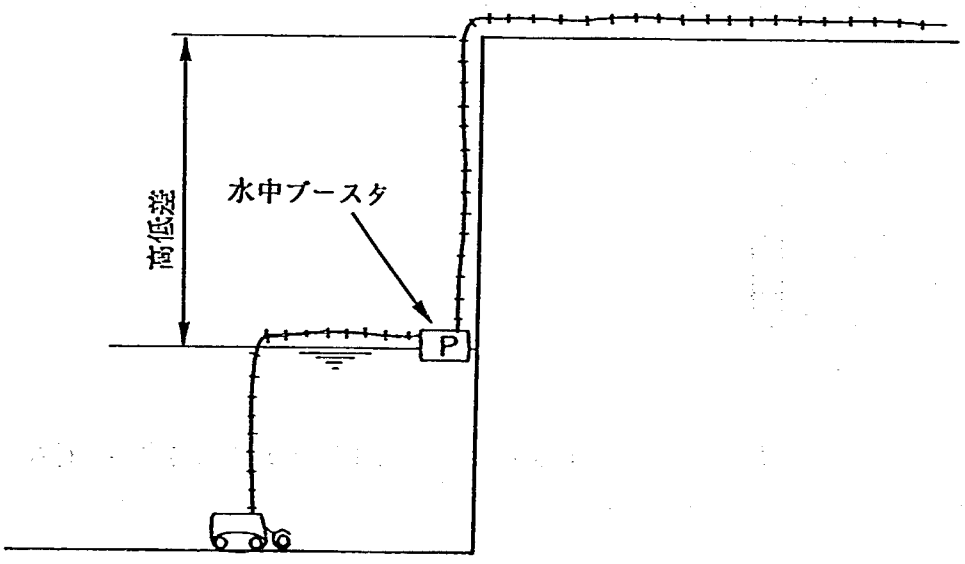
図－7　運転操作の仕方

機器の配置

ロボットの動力・制御ケーブルは全長が70cmであり、制御盤を中心として約50cmが1回の浚渫範囲となる。したがって、工区が広い場合には工区を分けて浚渫するやり方が必要となる。下図に機器の配置と合わせて示す。



また、高低差があり、陸上ブースタポンプを設置するような場所がないような場合は、水中ブースタポンプを使用する。



作業時の注意事項

(1) 操　作

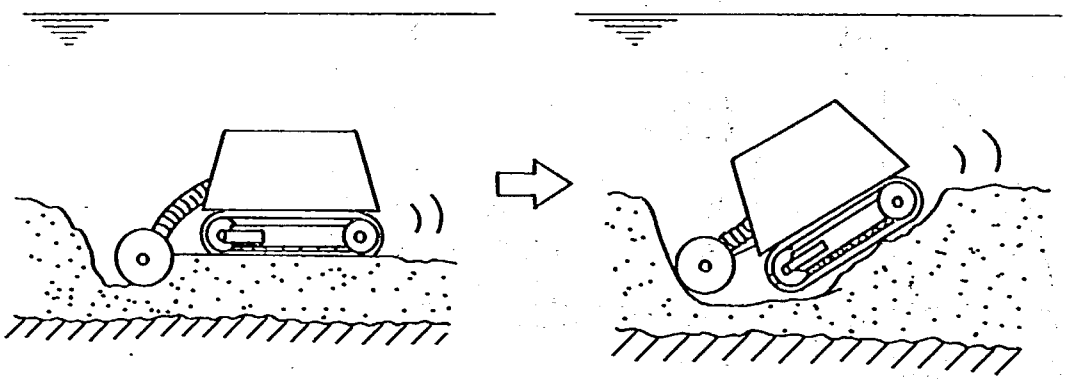
① 操作は十分に訓練し、慣れた人が行うようにする。

② ロボットの傾斜（前後・左右）に十分注意しながら走行すること。

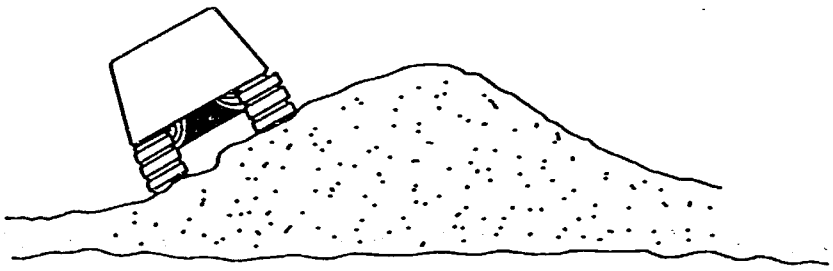
③ 現場の状況（地盤の強弱、堆積物の種類）に合わせて走行速度、スクリューを調整し、必要以上に速度を出さないようにする。

④ ロボットの位置に注意し、車体（スクリュー部）が接触したり、衝突しないようにする。

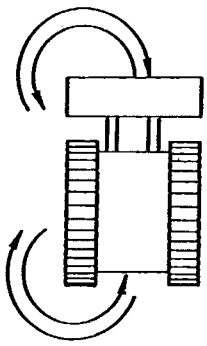
(2) 走　行



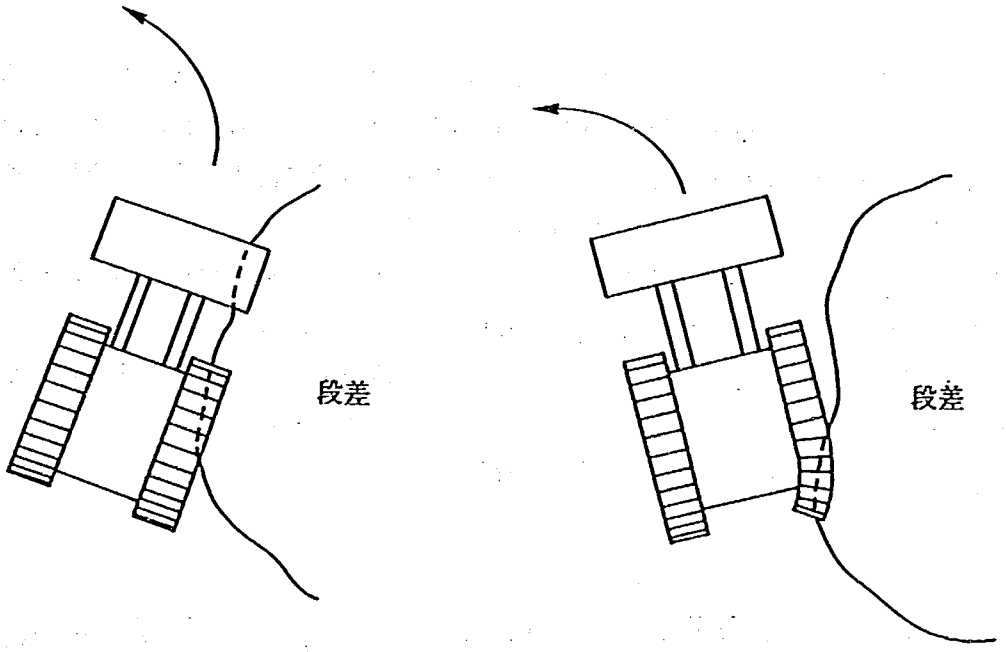
① 上図のように、スクリューを下げ過ぎながら掘削作業をすると、ロボット自身が掘った穴に入り込み、脱出できなくなってしまう可能性がある。



② 堆積の山に対して、斜めに走行しない様にする。



③ 旋回するときはできる限り大きく旋回するようにし（旋回と直進をこきざみに行なうようにし）、急旋回はできるだけ避ける。



④　大きな段差のある場所での旋回走行は避ける。

問題発生時の対応

(1)　走行できなくなった場合

ロボット作業中、ワダチ又は穴に落ち込むなどで走行ができない状態になった場合は、次の処理を行なう。

①ロボットが少しでも動く方向にもってゆき、手動にして浚渫しながら前進させる。

②またはスクリューをいっぱいに上げて清水を流し、排砂ポンプ、ブースターポンプ、スクリューの回転を停止させ、今度はスクリューをいっぱいに下げ車体の底に土砂を入れ、スクリューをいっぱいに上げ走行する。

③それでも脱出できない場合は、ロボットをその場に停止させ、吊り上げフロートにてレッカーで吊り上げるか、ウンイチにて引っぱり上げる。

(2)　スクリュー回転停止

スクリューとスクリューカバーの間に異物がはさまった時、または地盤の堅いところを掘削している時はスクリュー回転が停止し、“スクリュー回転停止”が表示される。

このとき、自動的に数秒間スクリューは逆転し、それから正転にもどる、それでも油圧が上昇せず“スクリュー回転停止”の表示がついた場合は次の処置を行なう。

①　ロボットをその場からすこし後退させて、スクリューをいっぱいまで上げる。

②　手動にスクリューを上下に交互に作業させながらスクリューを正転・逆転を交互に繰り返す。

③　スクリューの操作ボリュームを100%にして正転・逆転を繰り返し行なう。

④　または、スクリューを逆転にし、スクリューが丁度地面と接する位置まで下げ、後進させる。（スクリューを地面にひきずって回転させる。）

(3)　閉　塞

異物（石、ゴミなど）が排砂ホース内に詰まったり、スクリューを堆積物内に突っ込み過ぎ、土砂を吸い過ぎると規定の流量を大幅に下回ったり場合には、次の処置を行なって下さい。

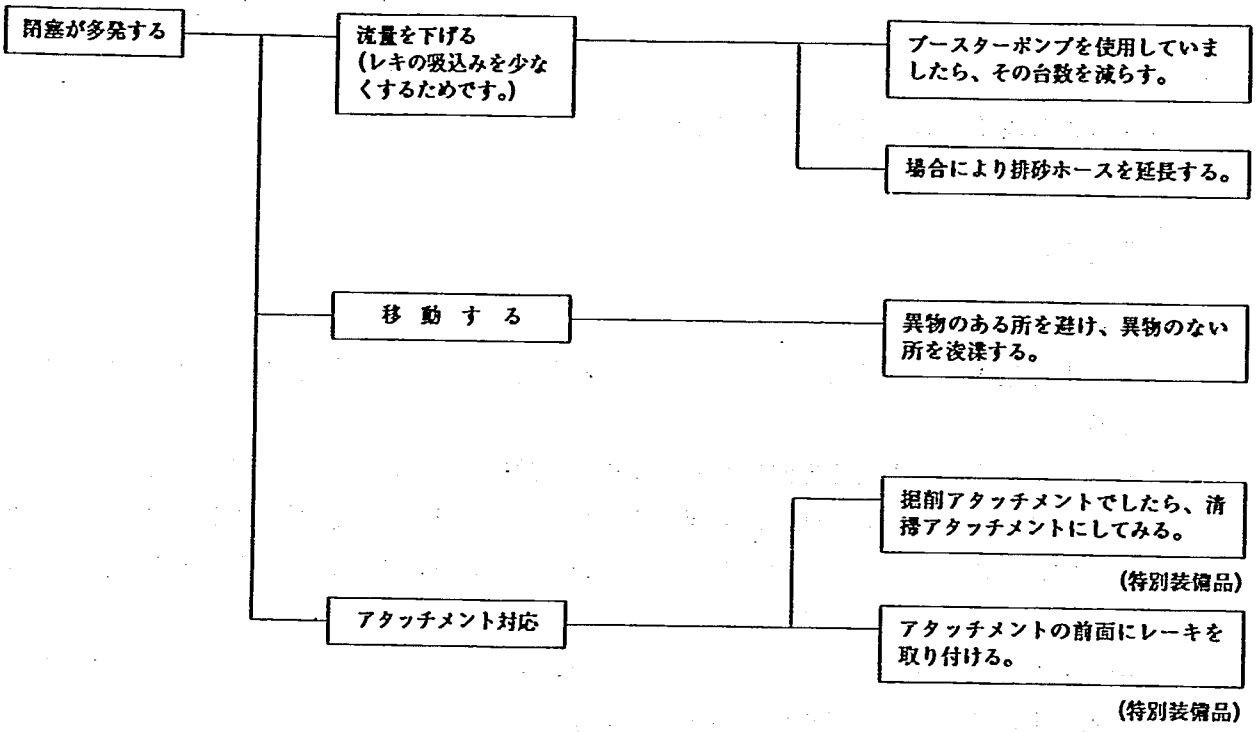
①　ロボットをその場より後退させてスクリューを上昇させて清水を流し、流量をチェックする。

②　スクリューを上下に数回作動させ流量をチェックする。

③　排砂ポンプを数回インチングさせ、排砂ポンプ停止により排水ホース内の水を逆流させその力で異物を取り除き、逆流を確認してから排砂ポンプを再起動させる。

④　ブースタポンプ、排砂ポンプを停止させて、電磁流量計セットのボールバルフをしめ、エアー吹込み口より、エアーコンプレッサーにてエアーを入れる。

閉塞が多発する場合は図－８のような処置を行なう。



図－８　閉塞時の処置

③ 現場適用例と問題点

a．適用工事名

・大江川新排水樋官の土砂撤去工事
・鳴瀬堰河床の土砂撤去工事

b．作業内容・作業条件

(1) 大江川新排水樋嘉官の土砂撤去
総排水量2569（㎥）、浚渫量93.2（㎥）、土質：シルト質（ヘドロ）、運転日数6（日）、運転時間46（時間）、労務人員／日⇨〔機械操作員2（人）、作業員2（人）〕、機器配置⇨別紙（1）

(2) 鳴瀬堰河床の土砂撤去
総排水量4330（㎥）、浚渫量 251.4（㎥）、土質：粗砂（小石混じり）、運転日数10（日）、運転時間66（時間）、労務人員日／⇨〔機械操作員2（人）、作業員2（人）〕、機器配置⇨（別紙2）

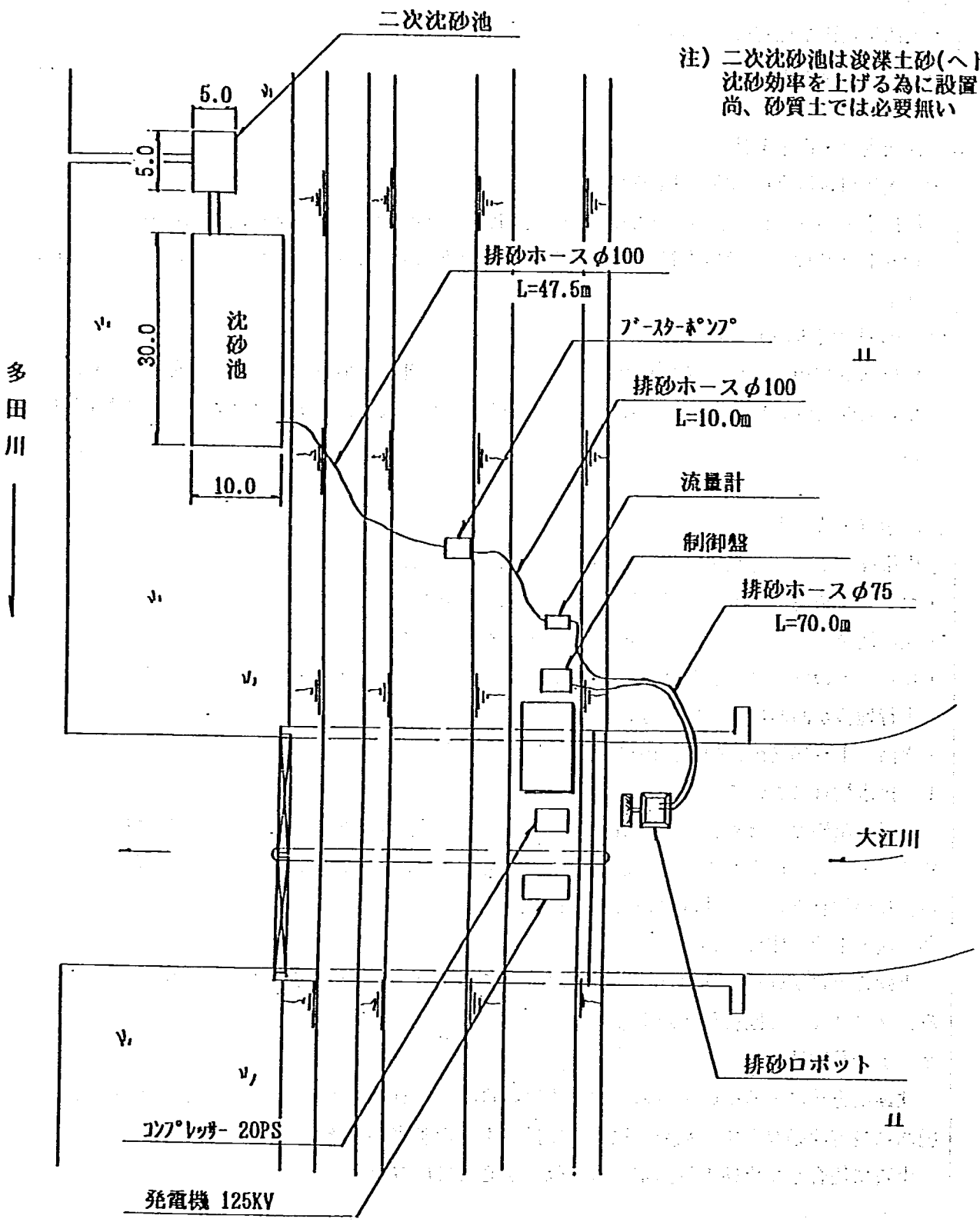
c．問題点・改善点

水中排砂ロボットを使用する場合、次の現場条件が必要である。
・ロボットを現場搬入する搬入路幅員として、4.0m以上。
・沈砂地設置スペース（排砂土量以上）を確保できる作業現場。
・ロボットの外形（長2.23（m）×幅1.40（m）×高1.05（m）寸法より大きい作業現場。
・走行地盤が凸凹になっていない。
・水深が1～10（m）の範囲内にあること。

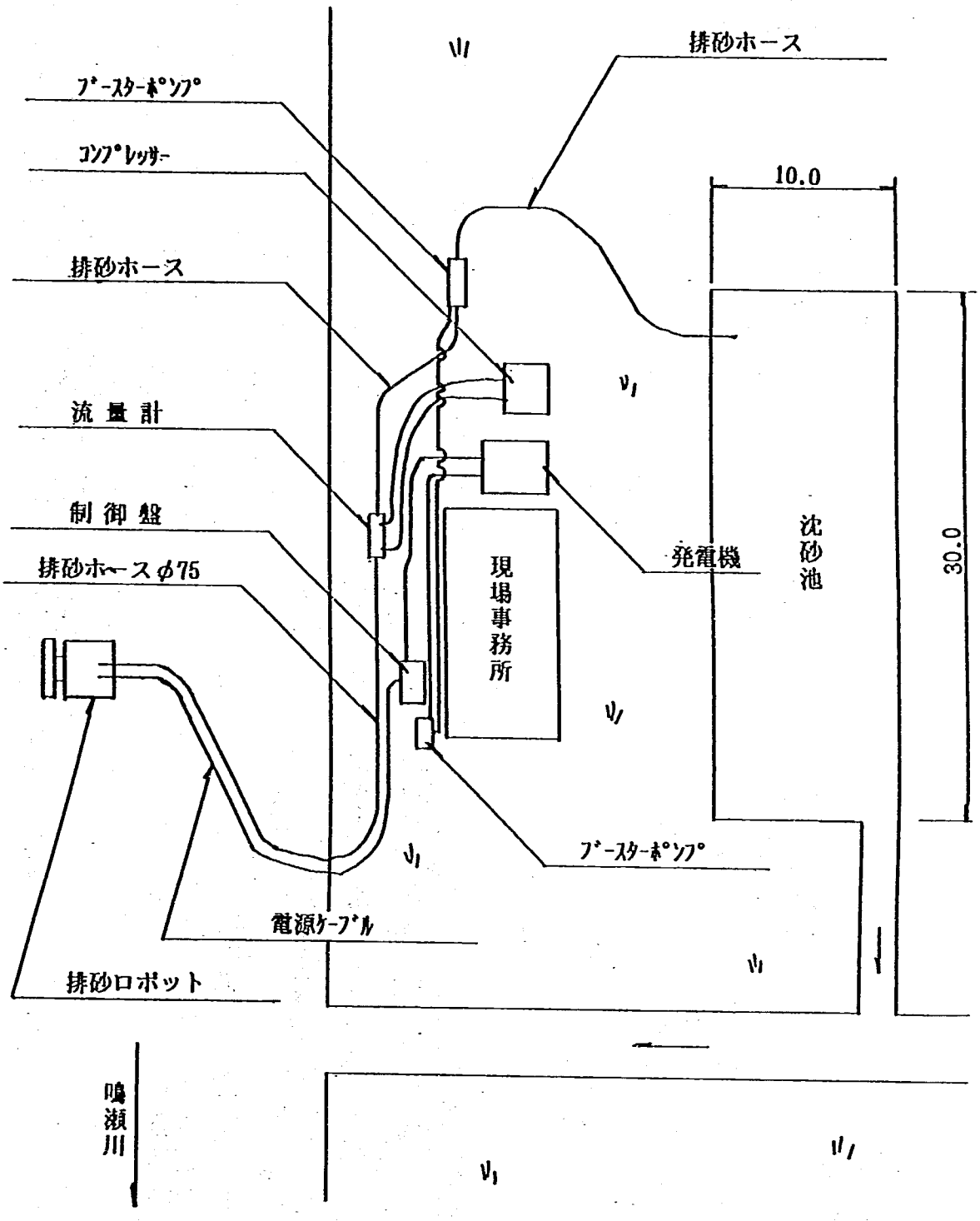
① 排水樋官において
作業水深確保のため、作業開始、終了時にゲート操作が必要であった。一般的に樋官は、直線であることから、樋官前後の折り返し時だけ方向転換すれば、あとは操作盤監視の操縦でよいことから、長い樋官ほど施工性はよいと思われる。

② 堰上下流河床において
土砂の土質が砂質土（粗砂）で小石混じりであったため、粒径70～100㎜の石がリボンにかみこみ、スクリューの回転停止があった。

③ 土砂量確認
沈砂地方式による排砂土量の測定方法は砂質土では有効だが、ヘドロなど粒子が細かい土質では、脱水に長時間必要とするため、短時間で排砂土量の測定ができない。
土質に適合した排砂土量測定方法の確立が必要ではないか。

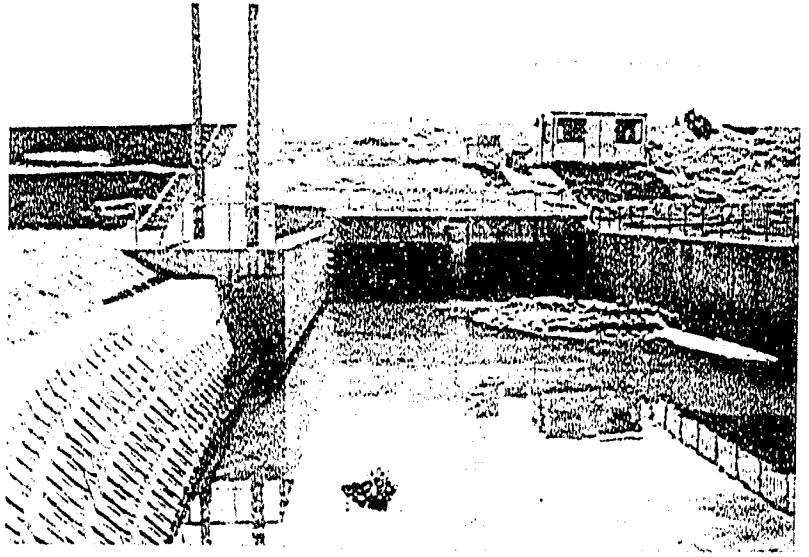


図－9　機器配置見取り図（大江川新排水桶管土砂撤去工事）

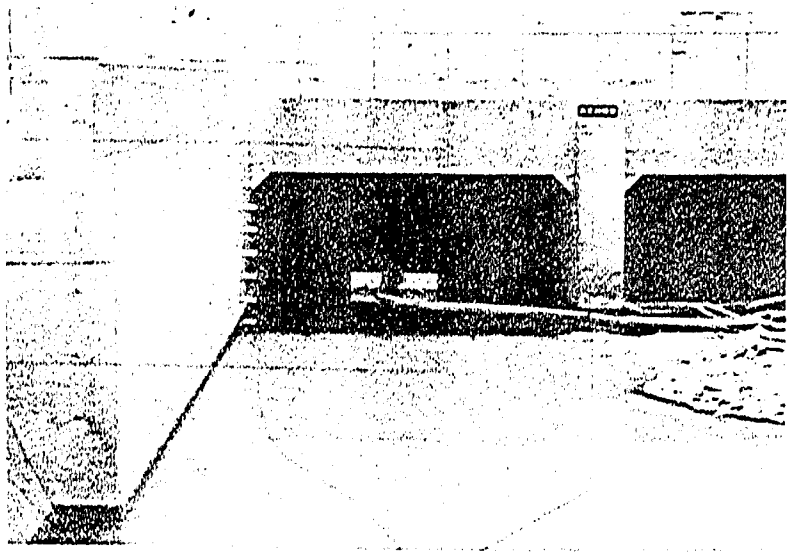


図－10　機器配置見取り図（鳴瀬堰河床土砂撤去工事）

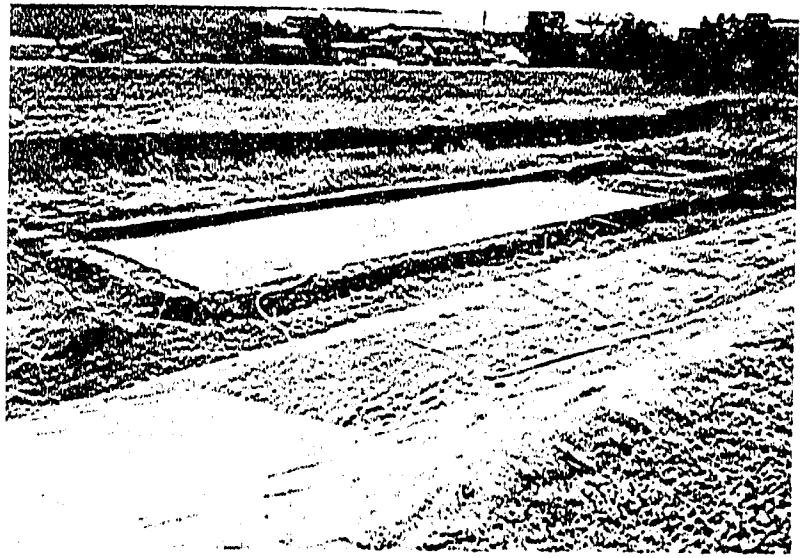
施工状況（大江川新排水桶管土砂撤去工事）



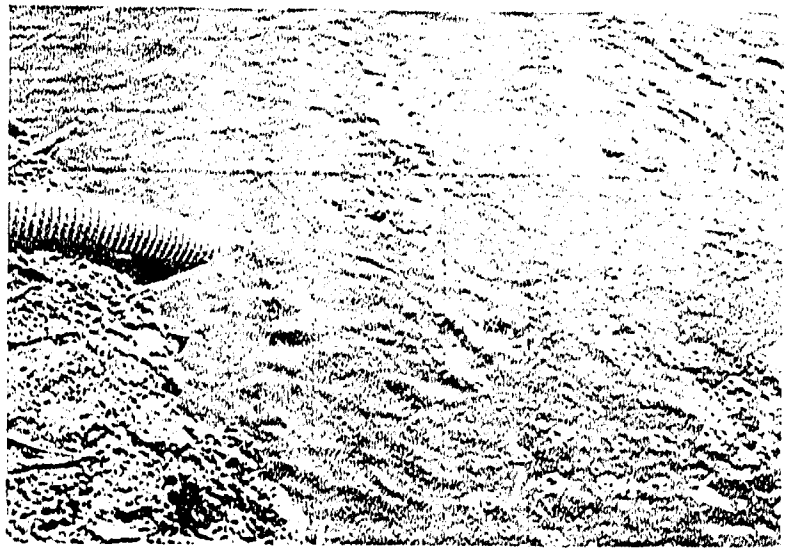
写真－1



写真－2

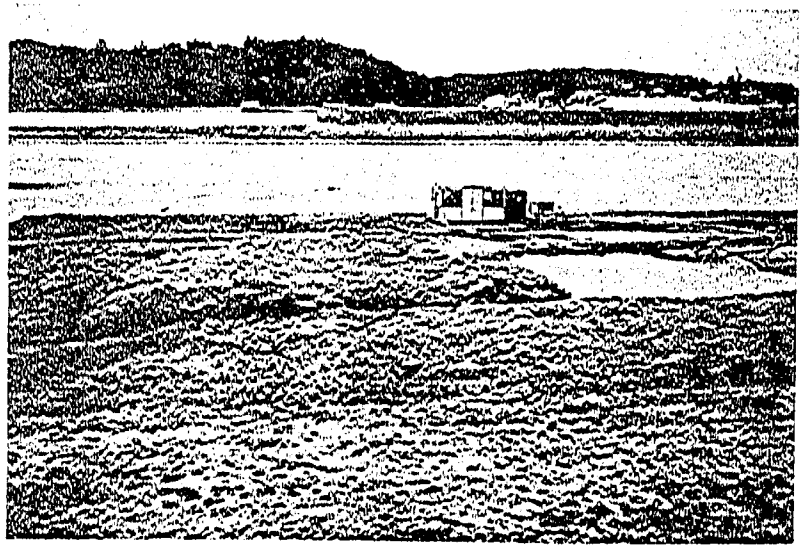


写真－3

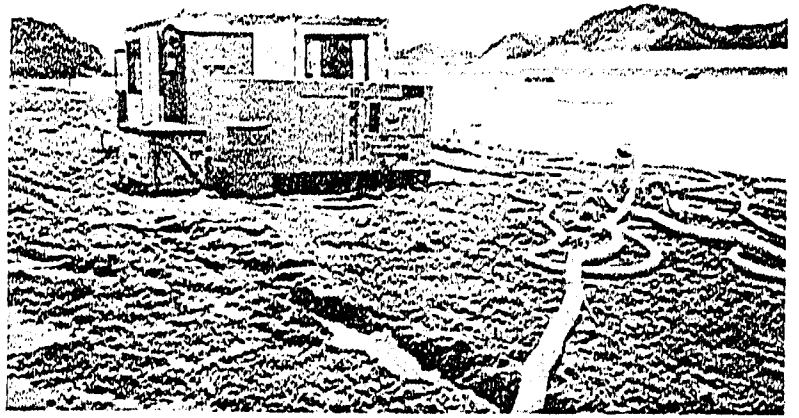


写真－4

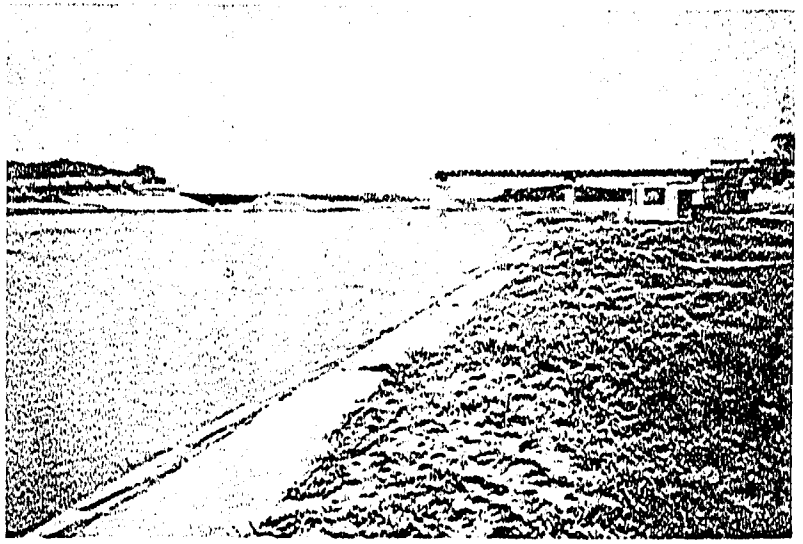
施工状况（鸣濑堰河床土砂撤去工事）



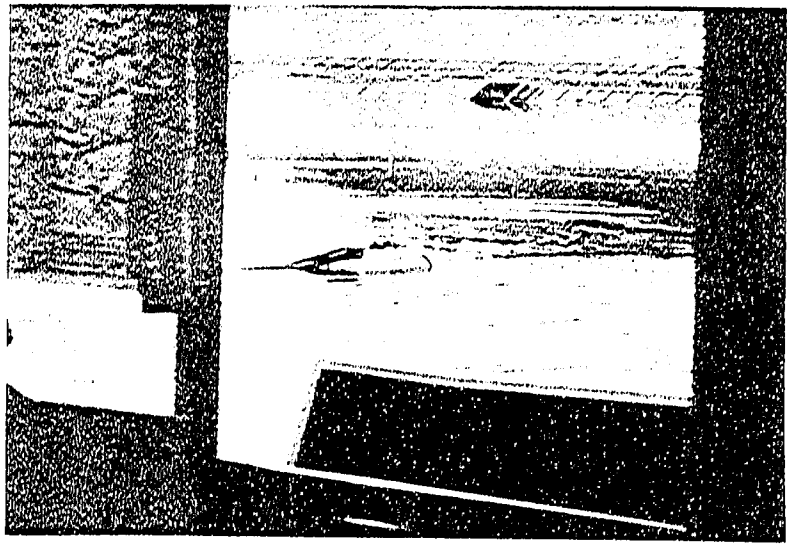
写真－5



写真－6



写真－7



写真－8

2．水中捨石ならしロボット

機種名：水中捨石ならし機

開発会社：五洋建設㈱

① ロボットの機能及び仕様

② 操作方法

③ 現場適用例と問題点

① ロボットの機能及び仕様

(1) 基本構造と概略仕様

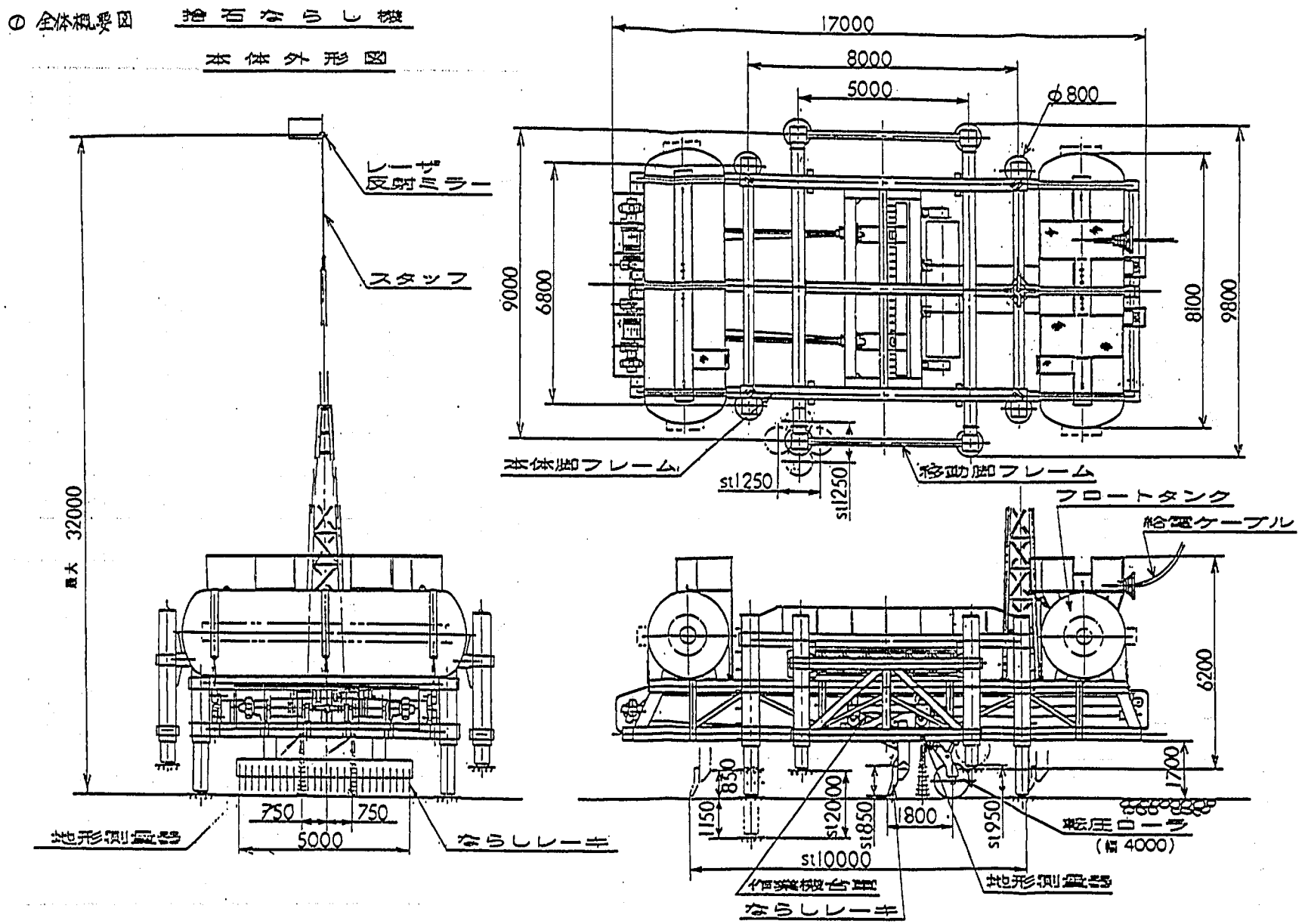
「捨石ならし機」の基本構造は、図－1に示すとおりである。各部分の機能を表－1に概略仕様を表－2に示す。

表－1　捨石均し機の機能

名　　称	機　　能　　概　　要
本体脚フレーム	ならし機の骨格となっているフレームでこの上にコンピュータ、油圧ポンプ付モーター、バルブボックス、配線、配管等がついている。 ならし時はこのフレームについている4本の本体脚（油圧シリンダー内蔵）で自立し、フレーム内で作業機台車を往復させて均しを行う。
移動脚フレーム	歩行時に本体を支えるフレームで前後左右のスライド用に各2本、4本の移動脚内に各1本の油圧シリンダーを内蔵し、各脚は個別に伸縮量をコンピュータ制御される。
フロートタンク	エアーを充填するとその浮力で本体を浮かせる。 ならし機の近距離曳航に有効である。
作業機台車	地形測量器、レーキ、ローラを内蔵し本体脚フレーム内を往復する。地形測量器は均し前後、均し中のマウンドの凹凸を検知する。
地形測量器	2台の地形測量器がレーキ、ローラの中央に1.5mのピッチで装備してあり、均し前、後のマウンドの不陸を検知、記録する。
XYレコーダー	地形測量器（レーキ、ローラ）からデータによりマウンドの凹凸を記録する。
ならしレーキ	幅5mピッチ0.24mの櫛状レーキは収納状態からストローク85cm下ってレーキならしする。左右のアキュムレーターによる緩衝装置で巨大石、大きな石山ではレーキは30cm緩衝する。
転圧ローラ	幅4m径1mの転圧ローラは両端の2本の油圧シリンダー（各6t）で転圧する。レーキと同じく緩衝装置を備えており30cm緩衝する。
ウインチ	油圧モーター駆動の2台のウインチはワイヤーを介して20tの力で作業機台車を牽引する。
レーザー反射ミラー	陸上のレーザ測距器で視準し、ならし機の位置を求めるためのミラー
スタッフ	測距用のレーザー反射ミラーを海上に突き出すポールには目盛りがついていてならし機の高さが測れる。
給電ケーブル	動力線、制御線を内蔵した複合ケーブルで両端のコネクター部は簡単に取りはずしてカバーをすれば水没できる。

表－2　捨石ならし機の概略仕様

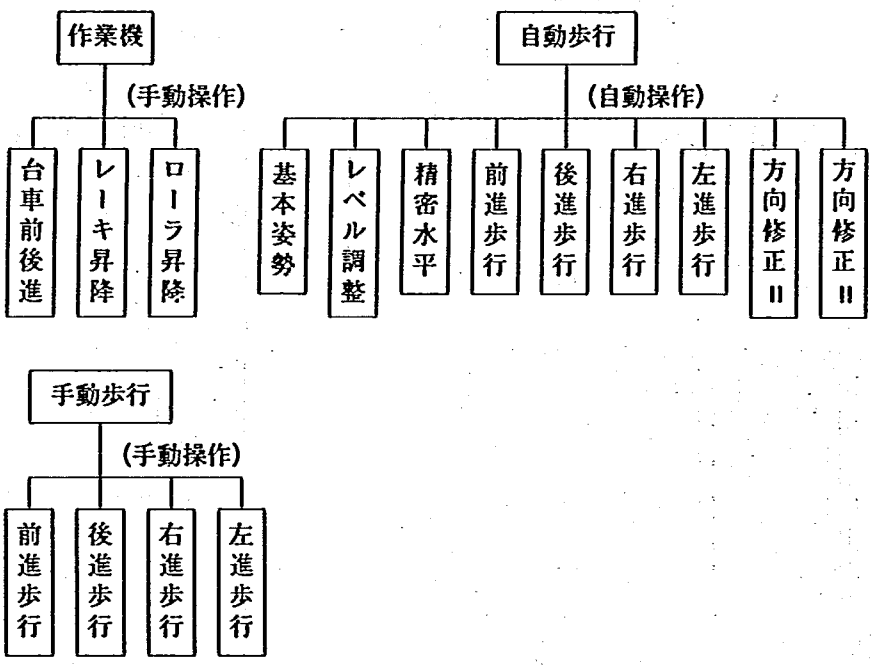
能力	項目		仕様	
	ならし能力 捨石の大きさ ならし前の不陸 ならし〃精度		25～40㎡／hr 20～200kg ±75cm以内 ±5cm(100kg以下) ±10cm(200kg以下)	
本体	最大使用水深		－30.0m	耐圧試験圧力10.0kg／cm²
	気中重量 水中重量		83.0ton －10, ＋17, ＋63ton	
	全長 全幅 全高		17.0m 10.0m 6.2m	
	脚伸縮ストローク 最大脚推力 フート外径		2.0m 45.0ton／本 φ0.8m	 スパイク付
	前後スライドストローク 左右スライドストローク 歩行速度		1.25m 1.25m 25.0m／hr	 前後，左右とも
	ならしストローク 最大ならし速度 最大ならし力		10.0m 10.0m／min 20.0ton	 2段階切換可能 3段階切換可能
	レーキ	幅×ピッチ 昇降ストローク 最大緩衝量	5.0m×0.24m 0.85m 0.3m	 緩衝力調整可能
	ローラ	幅×外径 昇降ストローク 最大緩衝量 最大転圧力	4.0m×φ1.0m 0.95m 0.3m 20.0ton	 緩衝力調整可能
	水平制御精度	ならし時 歩行時	±0.14度以内 ±1.0度以内	ピッチ，ロールとも ピッチ，ロールとも
	主電動機	出力	55kw	油浸型海中電動機
操作卓	操作方式		自動歩行 自動水平制御 自動レベル調整 自動方向修正(1度／回) 水中重量固定(17ton) レーキ・ローラ操作 GPS（位置計測・地形測量）	前後，左右とも
ケーブルウインチ	形式 容量		電動油圧単胴 500kg×12m／min	ヒーブコンペンセータ付
給電ケーブル	外径×長さ		φ62mm×200m	クロロプレン複合ケーブル
受電盤	電源		3φ×440v 150kvA	漏電遮断器付
地形測量器	形式 周波数 レコーダー		超音波測深器 400kHz 2ペン式自記記録計	



図－1　捨石ならし機本体外形図

② 操作方法

a．操作卓からの操作内容



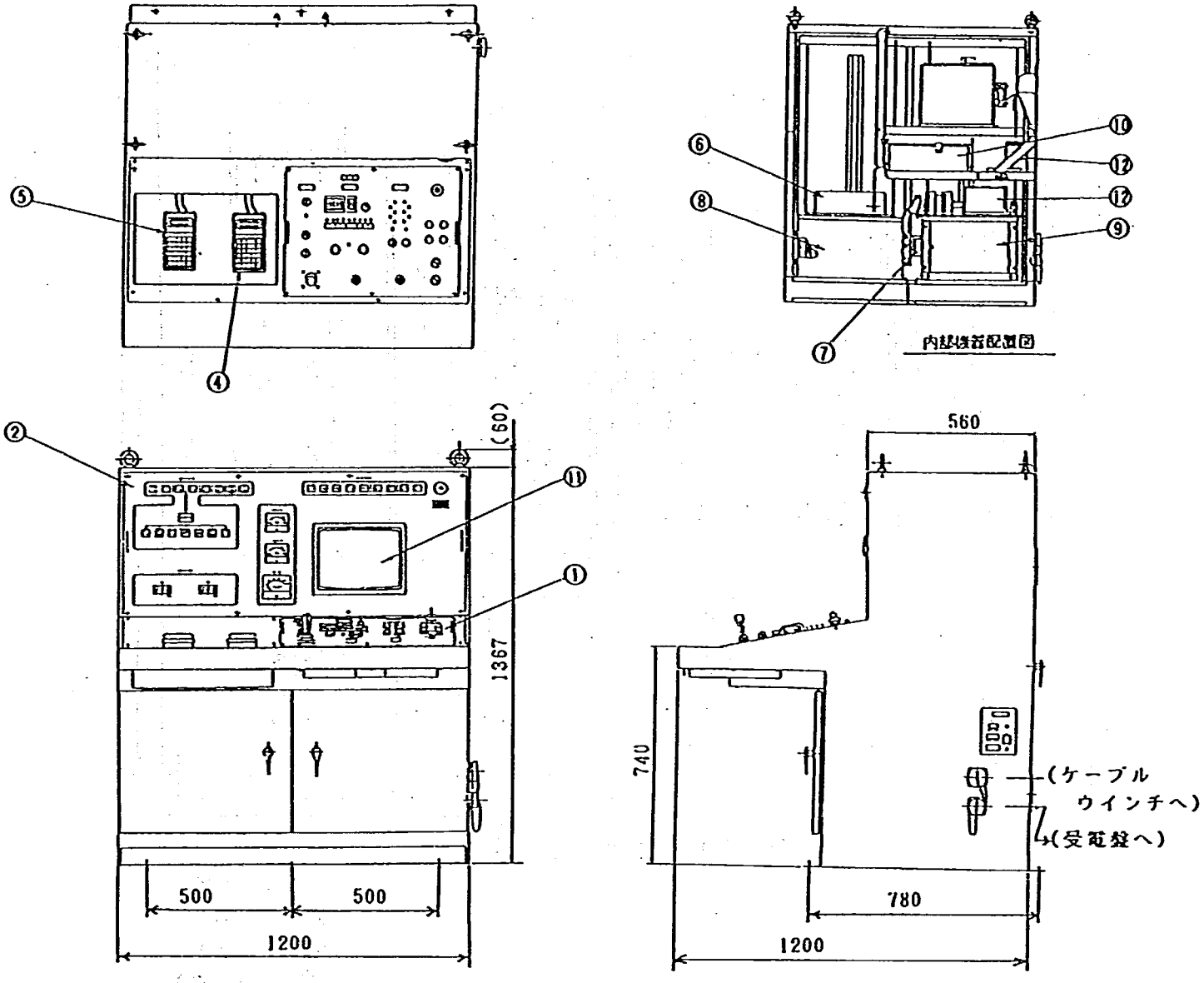
図－2　操作卓からの操作内容

b．操作卓の機器構成

表－3　操作卓の機器構成

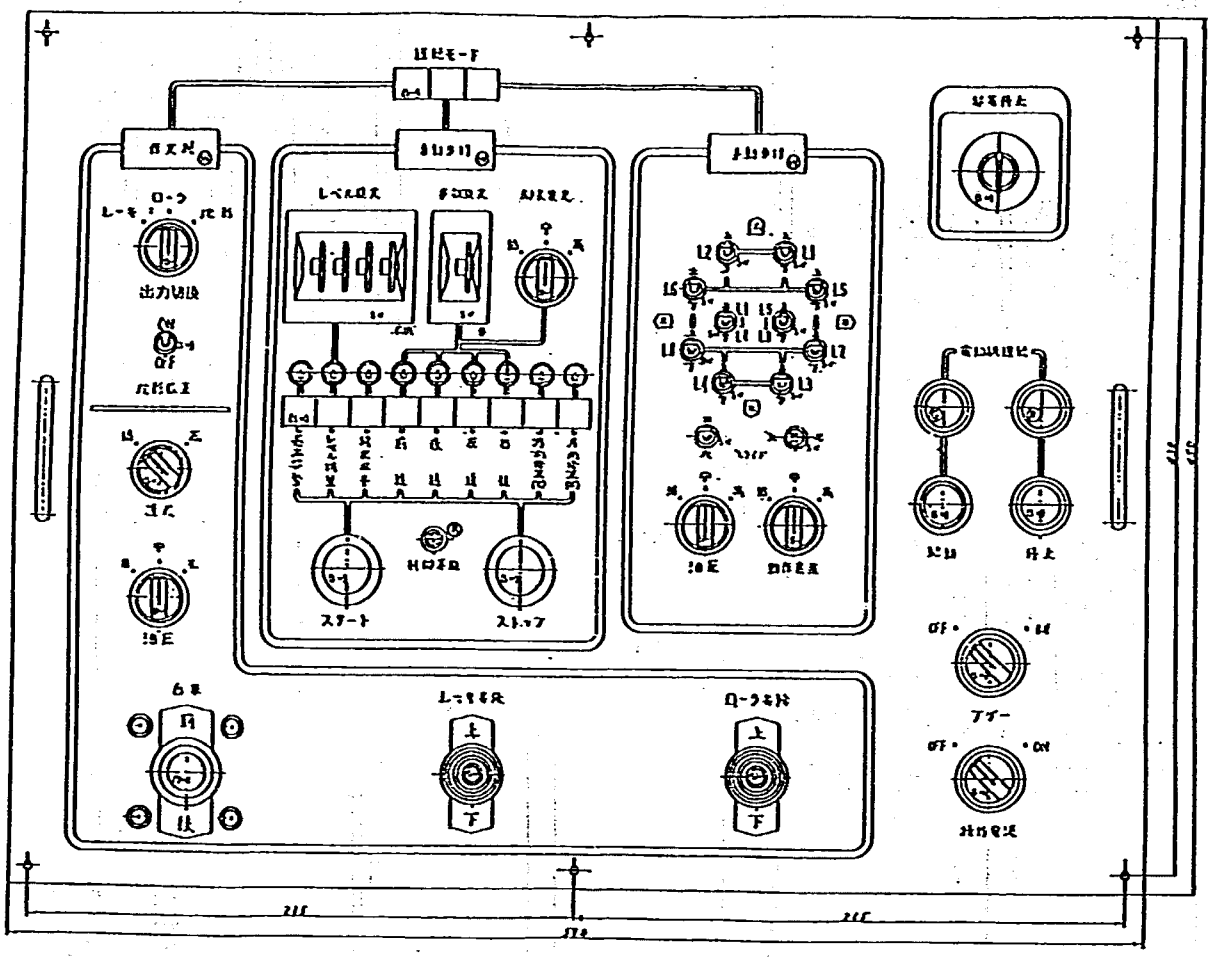
No.	品　　名	数　量	備　　考
①	操作パネル	1	外部構成機器
②	表示パネル	1	
③	プリンタ（但し外置き）	1台	
④	テンキーSW（均し管理用）	1	
⑤	テンキーSW（卓管理用）	1	
⑥	コンピュータ	1式	内部構成機器
⑦	信号伝送装置	1台	
⑧	I／Oインターフェース	1式	
⑨	超音波演算処理	1台	
⑩	パソコン	1台	
⑪	画像表示装置（CRT）	1台	
⑫	その他（電源装置）	1式	

c．操作卓外観



図－3　操作卓外観

d．操作パネル外観



YL1000　操作パネル外観図

ランプの色を示す
Ⓒ　－（緑）
Ⓡ　－（赤）
Ⓦ　－（乳白）
ＳＷ－スイッチ

図－４　操作パネル外観

e．操作卓の機能

名　　称	機　　能
「非常停止」鍵付き押しボタンスイッチ	受電盤の「主開閉器」を切り、ならし機システムへの全ての供給電力を遮断する。このスイッチは一度押されると機械的にロックされる。（ロック解除は付属の鍵で行う。
「主電動機」操作スイッチ及び表示ランプ群	「起動」押しボタンの操作で起動ランプ（緑色）が点灯し、主電動機は起動後約４～５秒後に運転状態になる。 「停止」押しボタンの操作で主電動機は停止し、停止表示ランプ（赤色）が点灯。
「警報ブザー」切りスイッチ	表示パネルの「警報」ランプ群（作動油油量、ワイヤ張力、ローラ突上げ）が点灯すると同時に鳴るブザー音を停止させることができる。
「操作電源」スイッチ	このスイッチを「ＯＦＦ」の状態にすると、主電動機の「停止」以外の全ての操作が可能になる。
「運転モード」選択押し釦スイッチ	「手動」、「自動」、「作業」の３種類のモードのうちの１種類のモードを選択するスイッチで、次のうち１つのスイッチ群のみが操作可能な状態となる。 ⑥「手動歩行」操作スイッチ群 ⑦「自動歩行」操作スイッチ群 ⑧「作業機」操作スイッチ群 選択され、操作可能なスイッチ群は各群上部のランプ（白色）に点灯する。

名　　称	機　　能
「手動歩行」の操作スイッチ群	脚の上・下（縮・伸）及びスライド（前・後・左・右）の操作を行うスイッチ群。 スイッチ群は次の種類で構成されている。 a）「L 1」　→　本体脚（L 1）の上下 b）「L 2」　→　本体脚（L 2）の上下 c）「L 3」　→　本体脚（L 3）の上下 d）「L 4」　→　本体脚（L 4）の上下 e）「L 5」　→　本体脚（L 5）の上下 f）「L 6」　→　本体脚（L 6）の上下 g）「L 7」　→　本体脚（L 7）の上下 h）「L 8」　→　本体脚（L 8）の上下 i）「L 1～L 4」　→　本体脚（L 1～L 4）の同時上下操作 j）「L 5～L 8」　→　本体脚（L 5～L 8）の同時上下操作 k）「スライド」　→　左、右スライド操作 l）「スライド」　→　前、後スライド操作 m）「速　　度」　→　上記a）～l）までの諸操作の速度切り換えで「高」「中」「低」の3種 n）「油　　圧」　→　上記a）～l）までの諸操作の油圧切り換えで「高」「中」「低」の3種
「自動歩行」操作スイッチ・ランプ群	a）「自動制御」モード選択押し釦スイッチ 下記(イ)～(リ)のうち1つのモードを選択するスイッチ。 (イ)「基本姿勢」　→　ならし機を、次の状態（基本姿勢）にする制御を行う。 ・本体脚着地（L 1～L 4にて着地） ・レーキ収納 ・ローラ収納 ・台車中央 ・移動脚上死点（L 5～L 8） ・前後スライド中央 ・左右スライド中央 ・本体水平（±1°以内）

名　　称	機　　能
「自動歩行」操作スイッチ・ランプ群 続き	(ロ)「レベル調整」 → ならし機のレベル高さを「レベル設定」スイッチの「設定値」に従って制御する。 ・制御目標値 基準脚（L３）ストロークで「制御前のストローク値」＋「設定値」＝「目標値」 ・制御制度　：「目標値」±１cm以内 ・水平度　：±１°以内 (ハ)「精密水平」 → ならし機を水平に制御。 ・基準脚長　：L３の脚長は制御の前後で変化しない。 ・水平度　：±0.14°以内 (ニ)「前　進」 → ならし機を前進歩行させる。 ・歩行歩数　：「歩行設定」スイッチの「設定値」による。 ・歩行による移動量：移動量は一歩当たり、約1.25m ・歩行中の姿勢制御：一歩に一回の割で次の一脚最大姿勢制御を行う。 ・水平度±１°以内 ・最大脚長「脚長設定」スイッチによる。 (ホ)「後　進」 → ならし機を後進歩行させる。制御条件は(ニ)項参照。 (ヘ)「左　進」 → ならし機を左進歩行させる。制御条件は(ニ)項参照。 (ト)「右　進」 → ならし機を右進歩行させる。制御条件は(ニ)項参照。 (チ)「方向修正左」→ ならし機の方向を左に修正する。 ・方向の修正量　：約１° ・制御管理時の水平度　：±１°以内 (リ)「レベル調整」 → ならし機の方向を右に修正する。 ・方向の修正量　：約１°

名　　称	機　　能
「自動歩行」操作スイッチ・ランプ群 続き	・制御管理時の水平度　：　±1°以内 b）「スタート」押し釦スイッチ 上記a）スイッチにて選択された「自動制御」モードの動作を開始する。 c）「ストップ」押し釦スイッチ 上記b）スイッチにて動作中の自動制御を途中で停止させる。 d）「レベル設定」デジタルスイッチ 自動制御の「レベル調整」モードでレベルの上げ、または下げ量を設定する。 ・設定範囲　：　−190〜+190cm ・設定きざみ　：1cm程度 ・レベルの上げ　→　「+」 ・レベルの下げ　→　「−」 （設定のタイミングは「スタート」スイッチを押す前。） e）「歩数設定」デジタルスイッチ 自動制御の「前進」「後進」「左進」「右進」のモードにおける歩行の歩数を設定する。 ・設定範囲　：　1〜9歩 ・設定きざみ　：　1歩毎 （設定のタイミングは「スタート」スイッチを押す前。） f）「脚長設定」ロータリースイッチ 自動制御の「前進」「後進」「左進」「右進」のモードで、歩行時の最大脚長を次の3種で切り換え。 (イ) 高　→　最大脚長　1.8m (ロ) 中　→　最大脚長　1.3m (ハ) 低　→　最大脚長　0.5m g）「自動制御モード操作」ランプ（緑色） 自動制御モードa）の(イ)〜(リ)項（9種）に対応した「動作中」を示すランプで各制御の動作中に点滅する。

<table>
<tr><th>名　　称</th><th>機　　能</th></tr>
<tr><td>「自動歩行」操作スイッチ・ランプ群

続き</td><td>h）「制御不能」ランプ（赤色）〔注〕
自動制御モードａ）の(イ)～(リ)の制御の途中で、制御の継続が不可能となった事を示すランプ。</td></tr>
<tr><td>「作業機」操作スイッチ群</td><td>a）「台車」レバースイッチ
台車の前後動作を操作するためのスイッチ。

b）「レーキ昇降」レバースイッチ
レーキの昇降動作を操作するためのスイッチ。

c）「ローラ昇降」レバースイッチ
ローラの昇降動作を操作するためのスイッチ。

d）「速度」切り換えロータリースイッチ
上記ａ）～ｃ）までの諸操作の速度切り換えで「高」「低」の２種がある。

e）「油圧」切り換えロータリースイッチ
上記ａ）～ｃ）までの諸操作の油圧切り換えで「高」「中」「低」の３種がある。

（注１）台車戻し力の特例処理
台車戻しの操作（前→後）では、台車けん引用ワイヤの適正なテンション保持から上記ｄ）、ｅ）のスイッチの位置にかかわらず「速度」及び「油圧」の値は自動的に一定値に保持される。
（「油圧」－「低」、「速度」－「高」）

f）「出力切り換え」ロータリスイッチ
切り換え操作により「外部表示器」への入力信号が次のようになる。

<table>
<tr><th>入力信号
切換</th><th>Ｙ１軸</th><th>Ｙ２軸</th><th>Ｘ軸</th></tr>
<tr><td>「レーキ」</td><td>レーキ</td><td>ローラ</td><td>台車ｽﾄﾛｰｸ+2.09m</td></tr>
<tr><td>「ローラ」</td><td>レーキ</td><td>ローラ</td><td>台車ｽﾄﾛｰｸ</td></tr>
<tr><td>「地　形」</td><td>地形左</td><td>地形右</td><td>台車ｽﾄﾛｰｸ+0.93m</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

名　　称	機　　能
「作業機」操作スイッチ・ランプ群 続き	g）「地形校正スイッチ」 スイッチONにより、超音波地形計測装置よりならし仕上がり基準レベル(190cm）に相当する擬似信号が出力される。 外部表示器（XYレコーダ等）の校正に使用する。

f．表示機器の機能

本表示パネルは、海底における捨石ならし機の動作状況を支援船上のオペレータが容易に且つ全体を把握できるようモニタ表示器類を配類したものである。

モニタ内容は次の７種類である。

① OKモニタ

② 警報モニタ

③ CRTモニタ

③－１ 作業機モード

③－２ 歩行モード

} CRT画像表示装置で状況表示

④ 地形モニタ

⑤ 警報ブザー

⑥ スピーカ

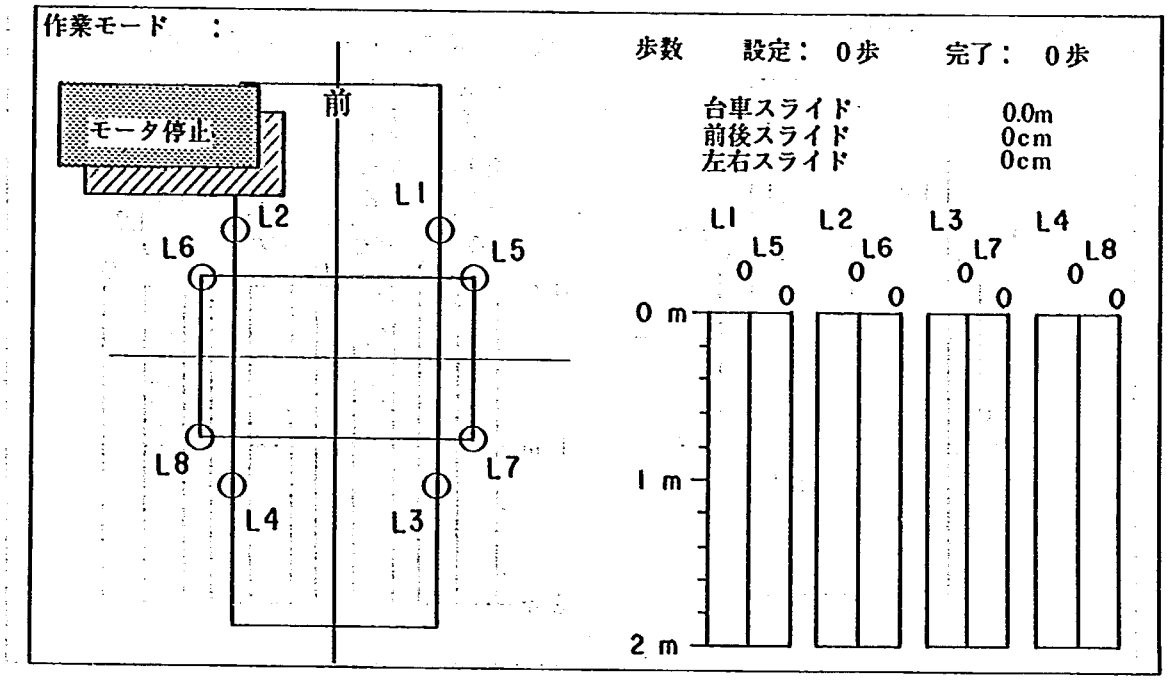
名　　称	機　　能
「OKモニタ」ランプ群	受電盤からの電力供給状態およびならし機の姿勢制御状態がランプ点灯で表示される。 (a) 「卓100V」 → 受電盤の卓100V用ブレーカが投入されている。 (b) 「本体100V」→ 受電盤の本体100V用ブレーカが投入されている。 (c) 「主電動機ブレーカ」→ 受電盤の主電動機用ブレーカが投入されている。 (d) 「操作電源」→ 操作パネルの操作電源スイッチが投入されている。 (e) 「リモート操作」→ 操作卓で操作可能状態である。 （消灯の場合）→ ダイバーコントロールボックスで操作状態である。 (f) 「モータ運転」→ 主電動機が運転状態にある。

名　　称	機　　能
「ＯＫモニタ」 ランプ群 続き	(g)　「精密ロール」→　ならし機の精密水平制御が完了している。 (h)　「精密ピッチ」→　同　上 (i)　「基本姿勢」　→　ならし機の姿勢が基本姿勢であることを示している。
「警告モニタ」 ランプ群	ならし機運転中に異常が発生した場合、異常の内容がランプの点灯で表示される。 (a)　「非常停止」→　操作パネルの非常停止ボタンが押されている。 (b)　「主電動機600V漏電」→　受電盤の主電動機600V漏電検出器が作動。 (c)　「本体100V漏電」→　受電盤の本体100V漏電検出器が作動。 (d)　「ウインチ漏電」→　受電盤のウインチ漏電検出器が作動。 (e)　「卓100V漏電」→　受電盤の卓100V漏電検出器が作動。 (f)　「モータ温度」→　主電動機の温度が異常。 (g)　「作動油温度」→　作動油タンクの油温が異常。 (h)　「作動油湯量減」→　作動油タンク内の油量が減少またブザー音を発する。 (i)　「ワイヤ張力」→　台車牽引ワイヤのテンションが異常またブザー音を発する。 ・(f)、(g)が異常の時は電動機が停止。 ・(g)操作電源ＯＮ、本体100V　ＯＦＦ時には点灯。
ＣＲＴモニタ 「作業機モード」	操作卓の運転モードスイッチが「作業機」を選択しているときまたはキーボードのf7を押したとき、作業機（台車・レーキ・ローラ）の状況を、ＣＲＴ画面に表示。 (a)　「作業モード」→　レーキ均しの時は、「レーキ均し」、ローラ転圧の時は「ローラ転圧」、音測の時は、「音測」と表示。 (b)　「台車ストローク」→　台車の後端部を零とし、台車の移動ストロークを数値と棒グラフおよびイラストの台車位置で表示。 (c)　「レーキ下降量」→　収納位置からのレーキの下降量を数値と棒グラフおよびイラストのレーキ下降位置で表示。

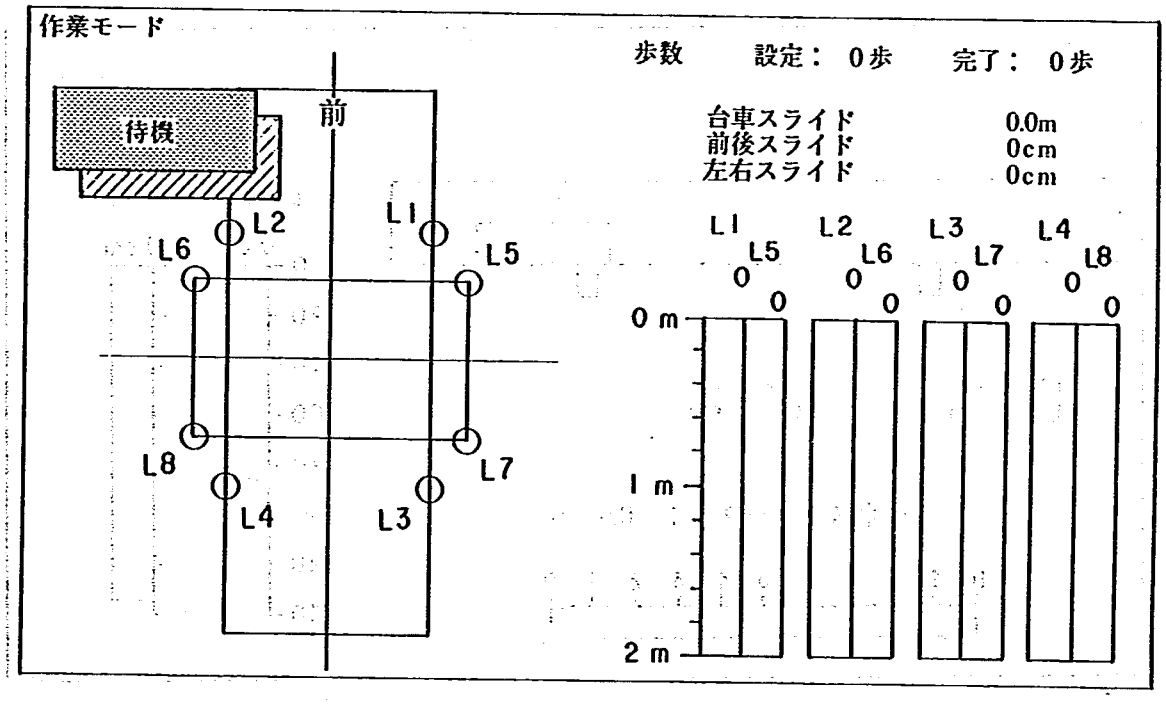
名　　称	機　　能
「作業機モード」 （画面４）	(d)　「ローラ下降量」→　収納位置からのローラの下降量を数値と棒グラフおよびイラストのローラ下降位置で表示します。 (e)　「音　測」　→　音測のイラストを表示。 (f)　「本体脚」　→　作業中の本体脚の脚長を、数値とイラストにて表示。 イラストの脚長は、前側の脚はＬ１とＬ２の脚長の平均によって、後ろ側の脚はＬ３とＬ４の脚長の平均によって表示。 (g)　「レーキ緩衝最大」→　レーキ緩衝シリンダが、最大作動位置まで圧縮されている時、左右の区別とともに表示。 (h)　「ローラ緩衝最大」→　ローラ緩衝シリンダが、最大作動位置まで圧縮されている時、左右の区別とともに表示。また、ブザー音を発する。 (i)　「バルブアンサ」→　レーキ・ローラ・台車のシリンダ駆動用バルブの作動状況を、下記により表示。 △　レーキ・ローラ上昇 ▽　レーキ・ローラ下降 ←　台車前進 →　台車戻り
ＣＲＴモニタ 「歩行モード」 （画面３）	操作卓の運転モードスイッチが「自動歩行」または「手動歩行」を選択しているときまたはキーボードのf6を押したとき、ならし機本体（本体脚フレーム・移動脚フレーム・・各脚長など）の状況を、ＣＲＴ画面に表示。 (a)　「作業モード」→　運転モードスイッチが自動歩行の時は「自動歩行」、手動歩行の時は「手動歩行」と表示。 (b)　「台車ストローク」→　台車の移動ストロークを数値で表示。 (c)　「前後スライド位置」→　中央位置よりのズレ量を数値とイラストの変化により表示。

名　　称	機　　能
「歩行モード」 （画面３） 続き	(d)　「左右スライド位置」→　中央位置よりのズレ量を数値とイラストの変化により表示。 (e)　「脚　長」　→　本体脚L1～L4及び移動脚L5～L8の脚長を、数値および棒グラフで表示。 (f)　「脚着地」　→　自動歩行モード時、イラストの脚を表す円を塗りつぶすことにより、脚の着地状態を示す。 (g)　「脚の動作」→　各脚の棒グラフの下に各々の脚の動作状態を表示。 ▽　脚伸び（下降） △　脚縮み（上昇） ▼　脚着地 ▲　脚収納 (h)　「スライドの動作」→　前後・左右スライドの数値の右側に動作状態を表示。 ↑　前 ↓　後 ←　左 →　右 ↑　右　方向修正右 ↓　左　方向修正左 (i)　「歩　数」　→　操作パネルで設定された自動歩行回数と、設定歩行回数のうち歩行が完了した回数を表示。 (j)　「歩行モード」→　自動歩行モードの時は、さらにどの歩行モードかも表示。 (k)　「ローラ突上げ」→　歩行中ローラが収納状態からさらに（捨石より）ローラが突上げられた時左右の区別ともに表示またブザー音を発する。 (l)　「バルブアンサー」→　レーキ・ローラ・台車のシリンダ駆動用バルブの作動状況を、下記により表示。 レーキ↑　レーキ上昇 ローラ↓　ローラ上昇 ←　台車前進 →　台車戻り

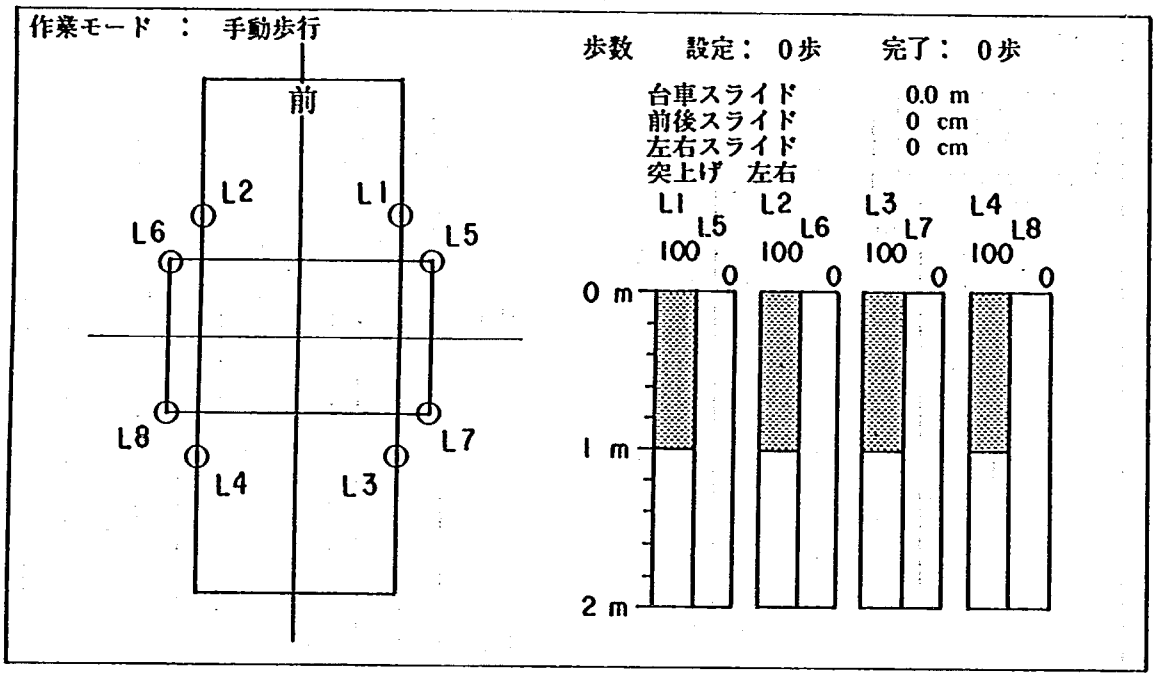
名　　称	機　　能
「地形モニタ」	台車の左右２箇所で計測した超音波測深値を表示。 〈表示範囲：15～300cm〉
「警報ブザー」	警報モニタのうち、「作動油油量」および「ワイヤ張力」に異常が生じた時または、「ローラ突上げ」が発生した時にブザー音を発する。ローラ緩衝最大時にもブザー音を発する。
「スピーカ」	ならし機本体で集音した音を出力する。



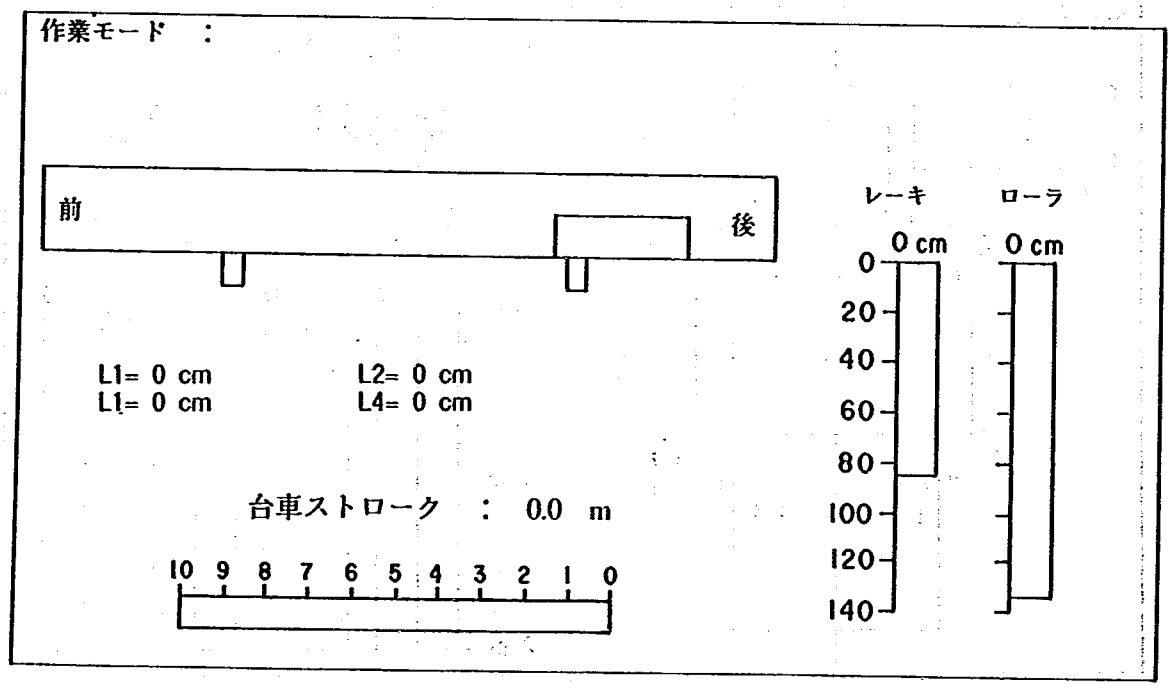
画面1　モータ停止画面



画面2　待機画面



画面3 歩行画面



画面4 作業画面

③ 現場適用例と問題点

a．適用工事名

［ 別紙の通り ］

b．作業内容・作業条件

本機は、海岸工事における護岸や防波堤工事の基礎マウンド構築の捨石ならしを、安全、迅速、正確におこなわせるものである。

本作業は、捨石投入船又はガット船により投入された捨石を、機重機船により捨石マウンド上に沈設された本機が、8脚歩行により所定のならし地点まで歩行し、内蔵された地形測量機で事前測量し、計画ならし高さでレーキならしをする。その後ローラ回圧し、ならし後の測量を行なう。この一連の作業終了後、起重機船で吊り上げ、本機を 180度方向変換し、再度一連の作業を繰り返し行なうものである。

作業としては、－30mまでの水深に対応する事が可能であり、大きさ20～200kg の捨石を日当たり標準ならし面積 200㎡、ならし精度±5～10㎝以内に自動歩行により機械ならしを行なうものである。

c．問題点・改善点

1．ならし方向について

本機は、作業機台車駆動用ウインチワイヤリングの機構上、ならし方向が前一方向に固定されているが、施工効率を考えると、ならし作業が前後方向に行なえることが理想的である。

2．ならし機体本体について

① 性能について

改良を重ね、現在3号機まで製作し施工を行なっており、3号機は従来と比較し、出力を1.2倍にするなど性能増強を図り、期待以上の能力向上を確認できたが、作業なかのならし機本体の動揺が若干大きくなった。（施工にはあまり影響しない。）

② メンテナンスについて

ならし機本体には、精密機器が水密箱に保蔵されているが、稼働中の振動や、沈設、引き揚げ時の衝撃に電子機器類が耐えられるよう機器保蔵方法を優先し水密箱の形などが設計されているため、メンテナンスがやりにくくなっている。

メンテナンス作業がやりやすい保蔵水密箱の設計が望まれる。

③ 複合ケーブルについて

1日の作業終了後、ならし機本体はそのまま沈設させておくが、海象条件が悪化した場合には何日も海中に沈設しておくことになる。こうした事が施工期間中に何回もあると、ケーブルの柔軟性を持たせた箇所で破損が見られることがあるため、今後ケーブル使用材料の調査、見直しを図る必要があり、検討してゆきたい。

④ 制御と計装について

遠隔操作のため、制御系に精密機器をかなり使用しており、計装など。稼働状態のモニタリン

グは、数値を読んでオペレータが判断するなど非常にディジタル化され精密であることから、オペレータからはもっと曖昧な情報モニタにより状況を読み取り操作できるようにしてほしいとの要望が出されている。

別紙（その１）

H6.11.29現在

1/2

捨石ならし機施工実績概要表

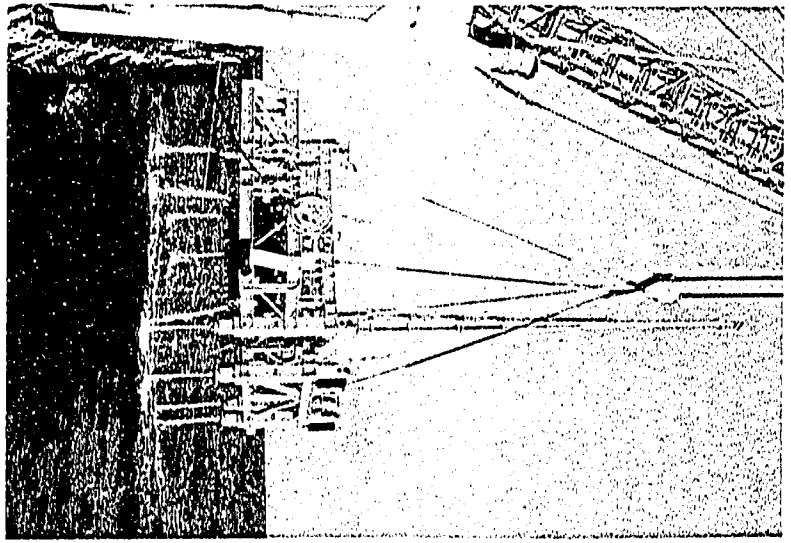
現場名 作業内容	作業条件 施工時期	施工面積	施工水深	均し管理値	捨石の大きさ	捨石の種類	自動測量システム
住友金属和歌山北防波堤	58. 2.27～58. 3.20	1,100㎡	-11.42m	±5cm	20～200kg	花崗岩	
東京電力柏崎原発ケーソン仮置マウンド	58. 7.29～58.10. 8	10,170㎡	－7m	±10cm	5～50kg	安山岩	
東京電力富津火力発電所北防波堤	59.10.18～59.11.23	3,000㎡	－4.0m	±5cm	20～90kg	安山岩	
東京都中防（羽田向）ケーソン仮置マウンド	60. 8.29～60.10. 4	8,500㎡	－3.4m	±5cm	100～200kg	砂岩類 準硬岩	
九州電力苓北火力発電所南防波堤	62. 4.10～62. 4.24	900㎡	－9.85m	±5cm	5～200kg	安山岩 砂岩	
鹿島港南防波堤ケーソン基礎マウンド	62. 6. 7～62. 7. 3	1,600㎡	－16.5m	±5cm	5～200kg	花崗岩	
中国電力三隅火力外郭護岸ケーソンマウンド	63. 5. 1～63. 6.12	3,000㎡	－14.0m	±10cm	50～200kg	安山岩	
東京川崎航路沈埋トンネル向ケーソン仮置マウンド	H1. 2. 6～H1. 4.13	13,300㎡	－12.0m	±5cm	5～200kg	砂岩類	
中国電力三隅火力外郭護岸ケーソンマウンド	H1. 5. 5～H1. 6. 8	5,400㎡	－10.0m	±10cm	50～200kg	安山岩	
中国電力三隅火力外郭護岸ケーソンマウンド	H2. 4.27～H2. 6. 2	7,400㎡	－10.0m	±10cm	50～200kg	安山岩	
横浜市南本牧中仕切ケーソンマウンド	H3. 2. 1～H3. 3.15	8,500㎡	－23.2m	±10cm	50～200kg	砂岩類	
中国電力三隅火力外郭護岸ケーソンマウンド	H3. 4.10～H3. 5.13	5,800㎡	－10.0m	±10cm	50～200kg	安山岩	
横浜市南本牧中仕切ケーソンマウンド	H3. 5. 7～H3. 5.18	1,700㎡	－4.7m	±5cm	30～200kg	安山岩	
横浜市南本牧中仕切ケーソンマウンド	H3. 6. 3～H3. 6.28	4,700㎡	-11.75m	±5cm	30～200kg	安山岩	
横浜市南本牧中仕切ケーソンマウンド	H3.12.16～H4. 1.17	3,200㎡	－23.4m	±10cm	50～100kg	普通 砂岩	
中国電力三隅火力外郭護岸ケーソンマウンド	H4. 9. 9～H4. 5.15	7,800㎡	－10.0m	±10cm	20～200kg	安山岩	
茨城県常陸那珂港東防波堤（運輸省）	H4.11.12～H4.11.24	1,800㎡	－18.5m	±10cm	20～200kg	安山岩	○
釜石港湾口防波堤開口部潜堤マウンド	H5. 5.28～H5. 5.31	640㎡	－32.0m	±30cm	30～200kg	安山岩	○
茨城県常陸那珂港東防波堤（運輸省）	H5. 6.11～H5. 7.29 9.20～10.21 11. 9～11.29 6. 1.27～ 2. 5 4.22～ 4.28	4,400㎡ 1,800 2,200 1,000 1,100	－18.5m	±10cm (±30cm)	20～200kg 標準偏差 10cm 85%以上が 10cm	安山岩	○
茨城県常陸那珂港東防仮置マウンド　国	H5.10.22～H5.11. 9 12. 7～12.15	3,300㎡ 3,000	－17.5m	±30cm	20～200kg	安山岩	○
茨城県常陸那珂火力発電所北護岸　電発	H5. 6.19～H5. 8.31 6. 2. 6～ 3. 6	3,300㎡ 2,200	－12.8m	±5cm	20～200kg	安山岩	○
小計	S58.2.27～H6.4.28	113,110㎡					

別紙（その２）

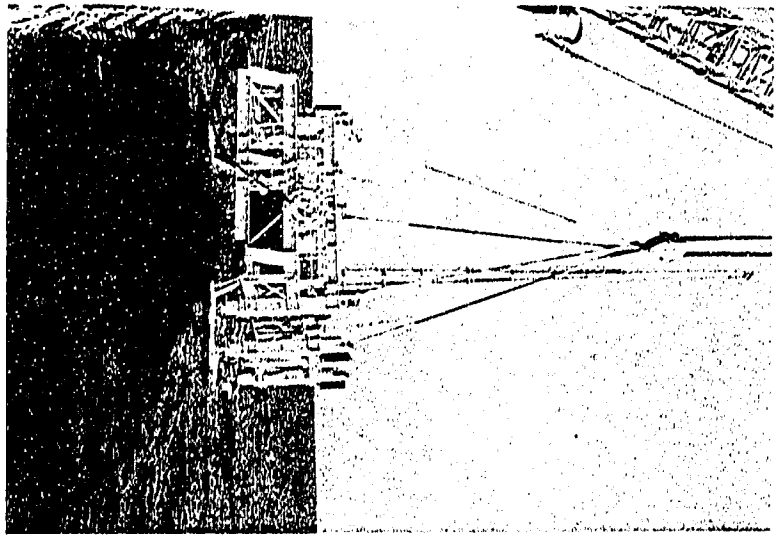
捨石ならし機施工実績概要表

現場名 作業内容	作業条件 施工時期	施工面積	施工水深	均し管理値	捨石の大きさ	捨石の種類	自動測量システム
茨城県常陸那珂火力発電所東護岸 東電	H5. 9. 6～H5.12.18	7,300㎡ 9,300	－12.8m	±５cm	20～200kg	安山岩	○
茨城県常陸那珂火力仮置ﾏｳﾝﾄﾞ 東電	H5. 8. 2～H5. 9.15	4,800㎡	－10.5m	±５cm	20～200kg	安山岩	○
茨城県常陸那珂東４Ｄ護岸 県	H5.12.19～H6. 1.28	2,000㎡	－15.0m	±５cm	20～200kg	安山岩	○
茨城県常陸那珂火力発電所北護岸 電発	H6. 4.16～H6. 5.14	2,800㎡	－12.8m	±５cm	20～200kg	安山岩	○
茨城県常陸那珂港東防波堤（運輸省）	H6. 5.19～H6. 6.25 7. 7～ 8.21	4,400㎡	－18.5m	±10cm	20～200kg	安山岩	○
茨城県常陸那珂東４Ｄ護岸 県	H6. 5.19～H6. 7.28 8.22～ 8.27	1,800㎡ 600	－15.0m	±５cm	20～200kg	安山岩	○
小計	H6. 8. 2～H6. 8.27	33,000㎡					
総計	S58.2.27～H6. 8.27	146,110㎡					

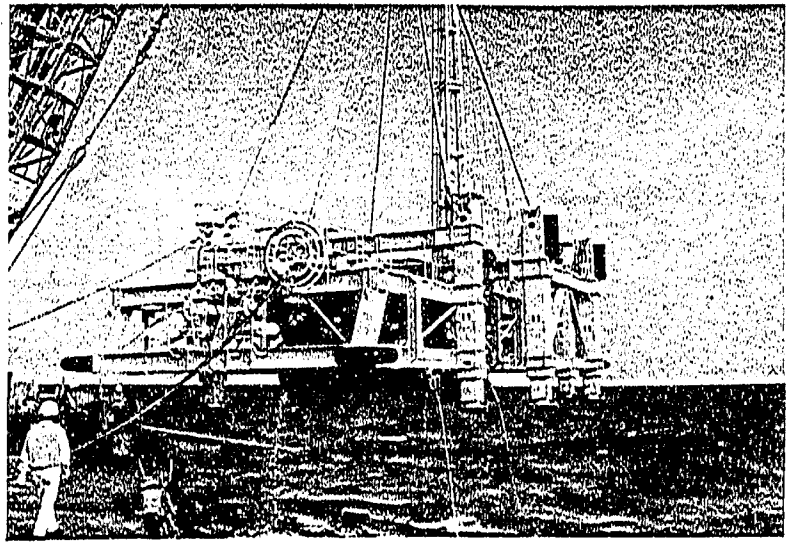
施工状況



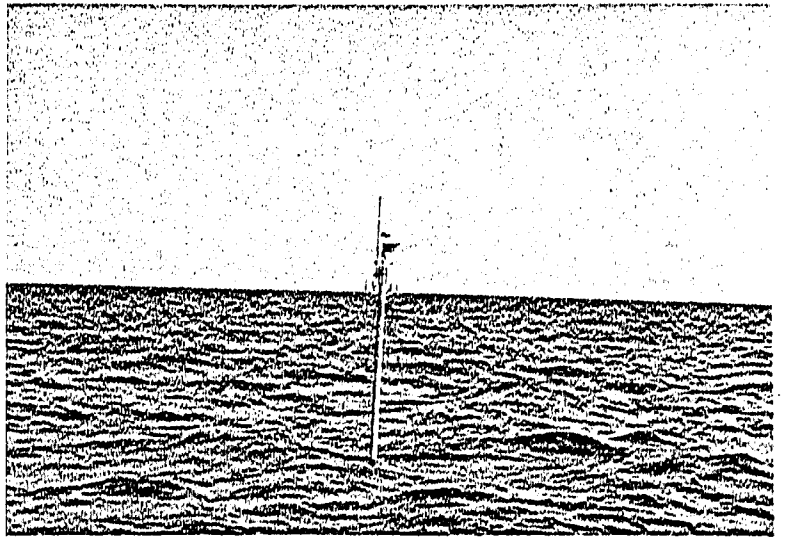
写真－1



写真－2



写真－3



写真－4

3．コンクリート床仕上げロボット

機種名：コテキングＹＳ－100

開発会社：鹿島建設㈱

① ロボットの機能及び仕様

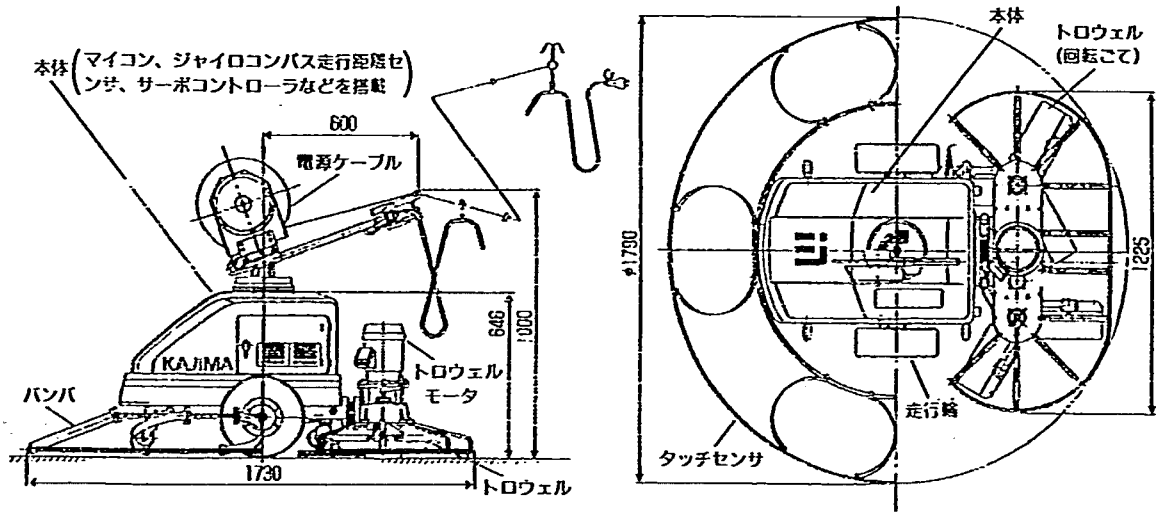
② 操作方法

③ 現場適用例と問題点

① ロボットの機能及び仕様

表－1　コンクリート床仕上げロボットの概略仕様

項目		仕様			
寸法（バンパを除く）		1150×1225×646(mm)			
重量		本体	71kg	トロウエル	54kg
		バンパ	2kg	ケーブルハンドラ	14kg
		合計141kg（ワンタッチで4分割が可能）			
走行速度		0～18m／分			
コテ回転数		39～78回転／分			
施工能力		500㎡／時（コンクリート仕様、気候などにより変わる）			
操作方法	自動運転	作業区域を指定すれば開始ボタンを押すのみ。（数示入力可能）			
	手動運転	無線遠隔操作で、発停・前後進・旋回が可能			
制御方式		マイクロコンピュータ、ジャイロコンパス、走行距離センサによる自律航法自動制御方式			
電源		AC3φ200V、1.5kVA			
安全装置	障害物検知	タッチセンサ（バンパ部では回避走行、本体部では停止）			
	警報装置	警報音、ランプ表示			



図－1　コンクリート床仕上げロボットの外形図

② 操作方法

a．運転方法

① 手動運転

－1　手動ボタンを押す。

－2　前進、後退、右、左ボタンを押し、操作する。

注）1．ボタンは押している間のみ有効です。

2．右、左は押し続けると90°旋回して停止。

② 自動運転

－1　操作パネルに幅、奥行、旋回方向を設定。

－2　自動ボタンを押す。

－3　開始ボタンを押す。

記）1．幅設定の目安＝実際の施工現場－2.4m

2．幅、奥行は自動運転中でも変更できます。

3．自動運転中障害物に当たる前に回避したい場合は、後退ボタンを押す。

③ 自動運転→停止→自動運転を再開する場合

－1　停止ボタンを押す。

－2　再開ボタンを押す。自動運転再開。

④ 自動運転→停止→手動運転→自動運転を再開する場合

－1　停止ボタンを押す。

－2　手動ボタンを押す……手動運転ができます。

－3　自動ボタンを押す。

－4　再開ボタンを押す……自動運転再開。

記）再開時は、必ず自動運転領域内であり、方位が前の自動運転時の方位にほぼ等しくする必要がある。

⑤ 自動運転を中止したい場合

－1　停止ボタンを押す。

－2　開始ボタンを押す……方位／アラームコード表示が〔E204〕になる。

－3　解除ボタンを押す……自動運転が中止される。

⑥ 教示運転

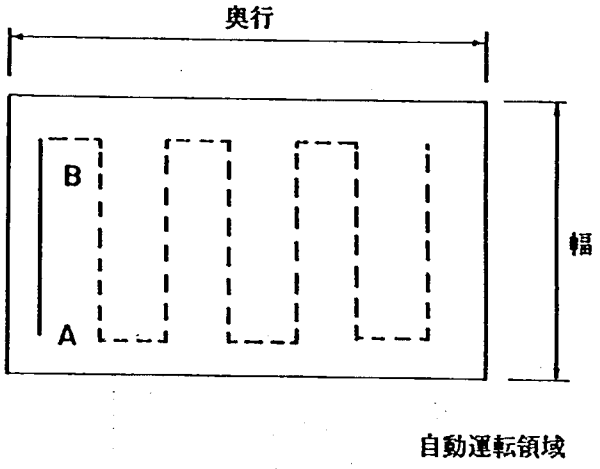
－1　奥行きを操作パネルに設定。

－2　無線機の手動ボタンを押す。コテキングを施工開始地点Aへ移動する。

－3　教示ボタンを押す。次に前進ボタンを押し続けB地点へ移動する。

－4　B地点で施工したい方向へ90°旋回させる。（無線機の左、右ボタンを押し続け必ず90°旋回させる。）

－5　自動ボタン、開始ボタンを押す。自動的にB地点よりジグザグ走行を開始する。



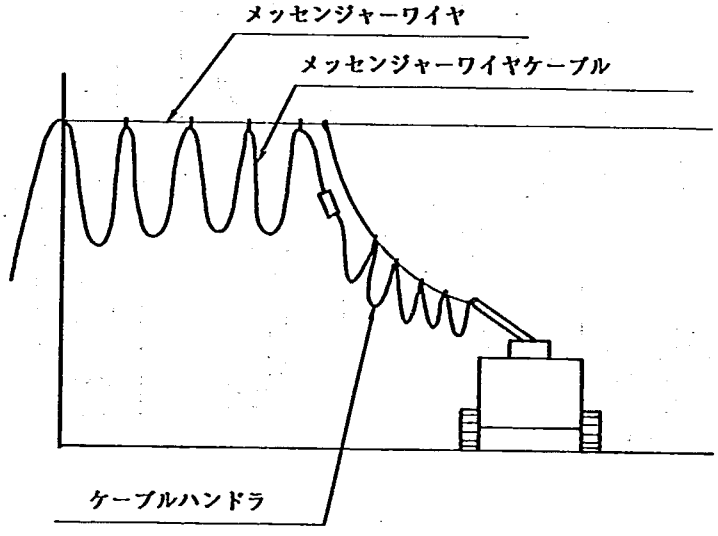
b．操作上の注意

1．コテキングがメッセージワイヤのケーブルと交差する時、下図の様にメッセージワイヤケーブルの下をくぐらない様にする。ケーブルの下をくぐるとケーブルハンドラのケーブルを痛めたり、ケーブルハンドラの動きが悪くなりケーブルが施工面に接する恐れがある。

2．無線機が仕様できず有線にする場合、有線ケーブルがトロウェルに巻き込まれない様にする。

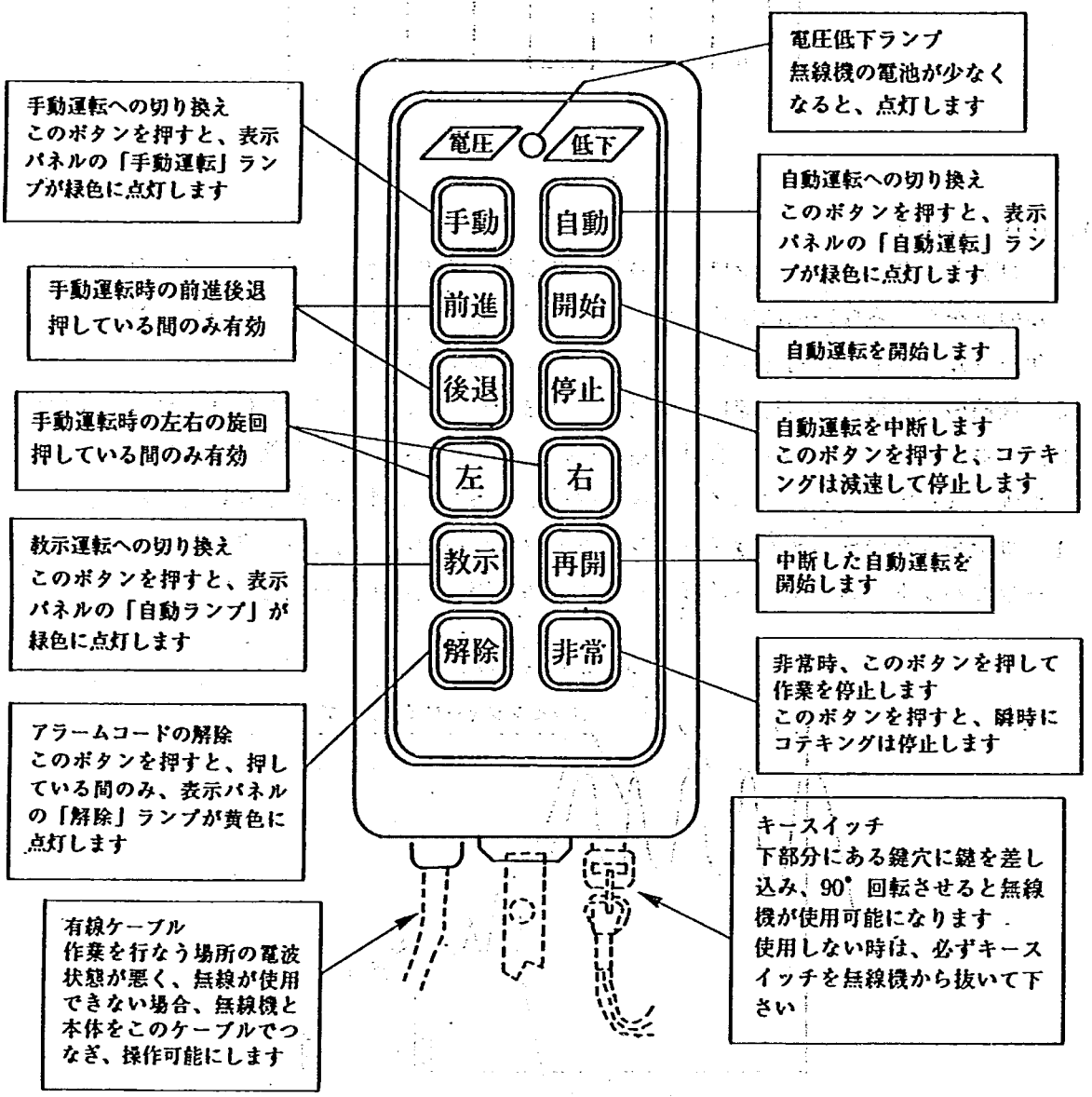
3．トロウェルは左右15kg、合計30kgのウエイトを乗せることが可能です。但しコンクリート表面が固くなりすぎると、ウエイト30kgでは重すぎトロウェルが回転しない時がある。

4．コテキングの施工範囲はメッセンジャーワイヤを中心に12.5mであり、12.5m以上になるとケーブルハンドラのワイヤー及びケーブルの切断等、故障の恐れがある。



5．施工範囲内及び施工後の退避場所に25cm以下の突起物がある場合、コテキングは障害物を検出できないので本体の車輪が乗り上げたり、トロウェルのコテに障害物が当たったりして故障の原因となる。

b．無線機の機能



図－2　無線機の機能

③ 現場適用例と問題点

a．適用工事名

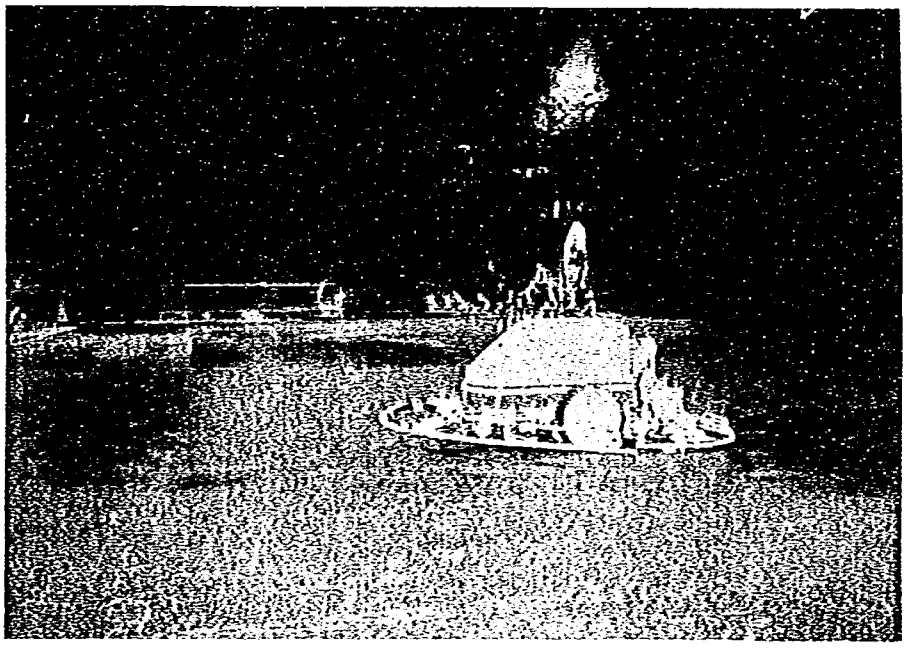
温井ダム建設工事

b．作業内容・作業条件

コンクリート床上げロボットは、床のコンクリート打設後コテで表面を平滑に仕上げる機械装置である。

c．問題点・改善点

現在動力は外部からメッセンジャーワイヤを介して稼働させているが、騒音等の規制が無い場所では、発電機タイプでも良いのではないかと思われる。



写真－1　施行状況

４．水中テレビロボット

機種名：ＲＴＶ－100

開発会社：三井造船と関東地方建設局の共同開発

① ロボットの機能及び仕様

② 操作方法

③ 現場適用例と問題点

① ロボットの機能及び仕様

a．概略仕様

(1) 水中テレビロボ

1）主　要　目

最大使用深度		150m
使用大気温度		−10℃〜45℃
使用海水温度		−2℃〜28℃
電　　源		AC100V±10%、50/60Hz、1φ、2 KVA
外形寸法	長さ	約81cm
	幅	約56cm
	高さ	約36cm
空中重量		約25kg

性　能

潮　流　下記の潮流分布において、深度100mで運動できる。

表層	2ノット
中層（水深40m）	1ノット（0〜40mまでは漸減）
底層（水深100m）	1ノット

速　　力	2.9ノット（静水中）
浮　　力	中性浮力
トリム	鉛ウェイトにて調整

2）映像装置

カラーTVカメラ	撮像部	1/2インチCD個体撮像素子
	解像度	480本（水平）
	最低被写体照度	1.8 LUX
	レンズ	焦点距離　3.7mm
		最大口径比　1：1.6
	絞り	自動
パンチルト装置	TVカメラはパンチルト装置に装備する。	
（俯仰旋回）	パン	水平±20°
	チルト	上下±50°

3）水中照明灯　ハロゲンランプ、100V、150W×2灯、ディマー付

4）深度計・方位計

深度計	画面内スーパーインポーズ	デジタル表示
方位計	画面内スーパーインポーズ	デジタル表示（0〜359°）

5）推進装置（スラスタ）

水平スラスタ	前後進／旋回用	出力　220W	2台
垂直スラスタ	上昇／下降用	出力　220W	1台

横スラスタ　横進用　出力 220W 1台

(2) 水中ケーブル（電力・光複合型）

長さ　150m（標準）

外径　φ12mm

破断張力　250kg

構成　光ファイバー　2芯

動力線　4芯

外皮　EPゴム（橙色）

(3) 電源装置

構造　アルミ合金製棒沫、箱型

電源　AC100V、 1φ、 50/60Hz、 2.3KVA

寸法　22.5（幅）×20（高さ）×42.5（奥行）cm

重量　約21kg

機能　ビークルと電源側との絶縁

出力　±120VDC×6A

(4) 制御装置

構造　アルミ合金製防沫、箱型

寸法　41（幅）×18（高さ）×39（奥行）cm

重量　約10kg

機能　光信号送受信、電源ON/OFF

(5) ジョイスティック装置

構造　アルミ合金製、箱型

寸法　約21（幅）×13（高さ）×12.5（奥行）cm

重量　約2.4kg（ケーブル含む）

機能　左手ジョイスティック・・・上昇／下降、横移動

右手ジョイスティック・・・前進／後進、旋回

調光ボリューム・・・水中照明灯調光

チルトスイッチ（1個）

パンスイッチ（右旋回／左旋回用各1個）

システム発停スイッチ（ON/OFF各1個）

(6) カラーTVモニター　ブラウン管サイズ　10インチ

重量　8.3kg

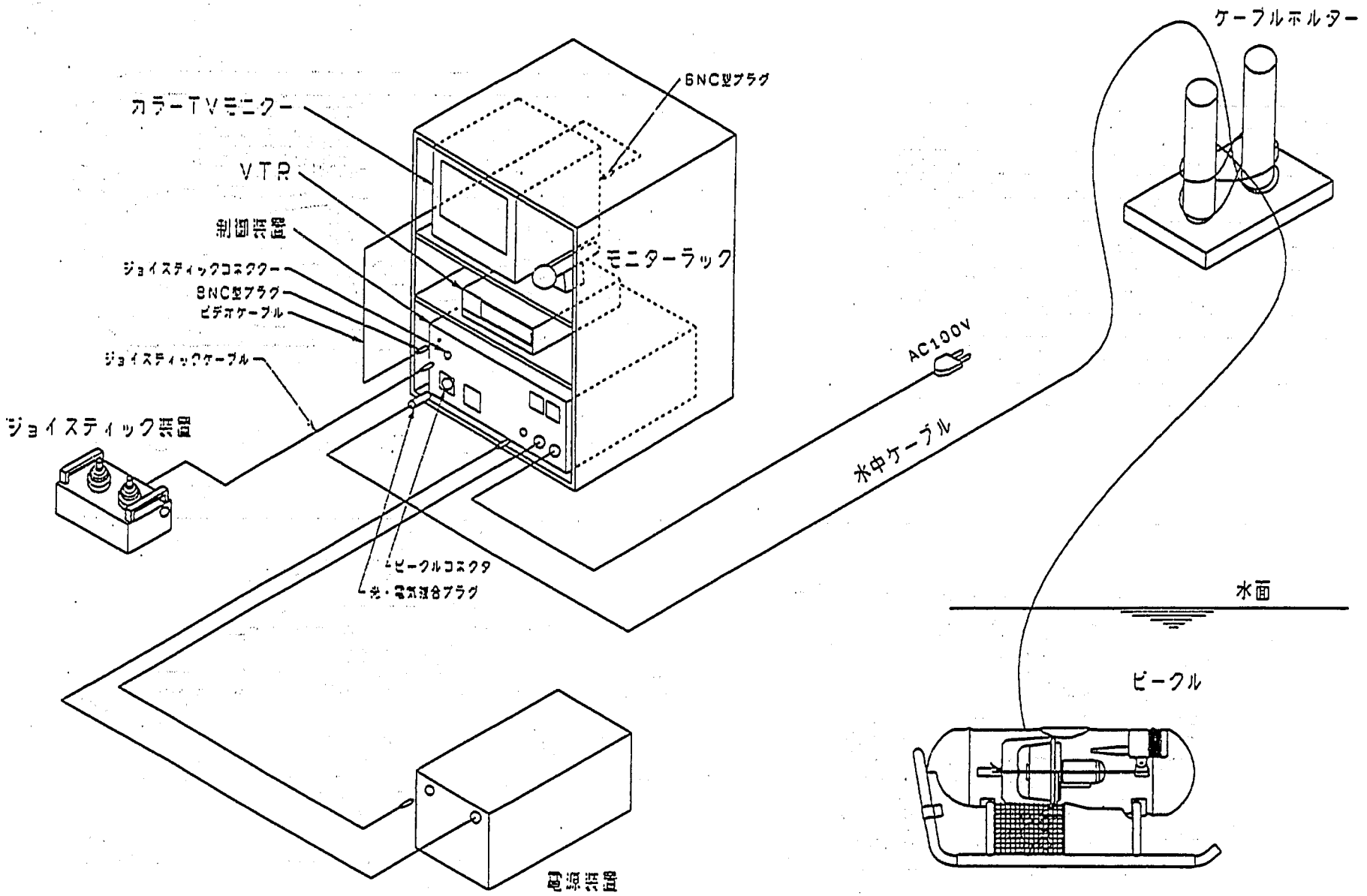
(7) ケーブルホルダー

形式　ダブルビット型

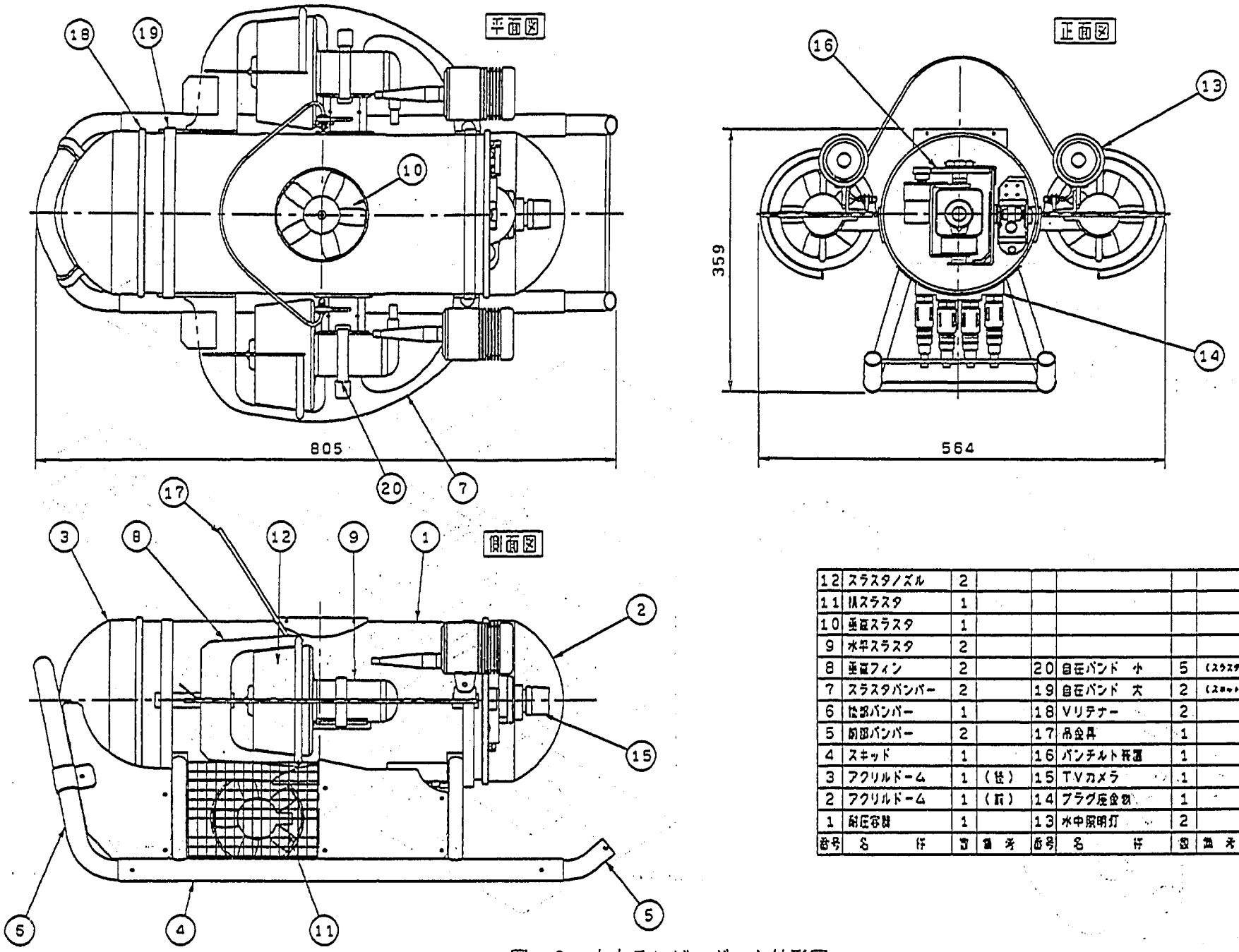
寸法　約75（長さ）×50（奥行）×68.5（高さ）cm

重量　約35kg

材質　硬質塩化ビニール

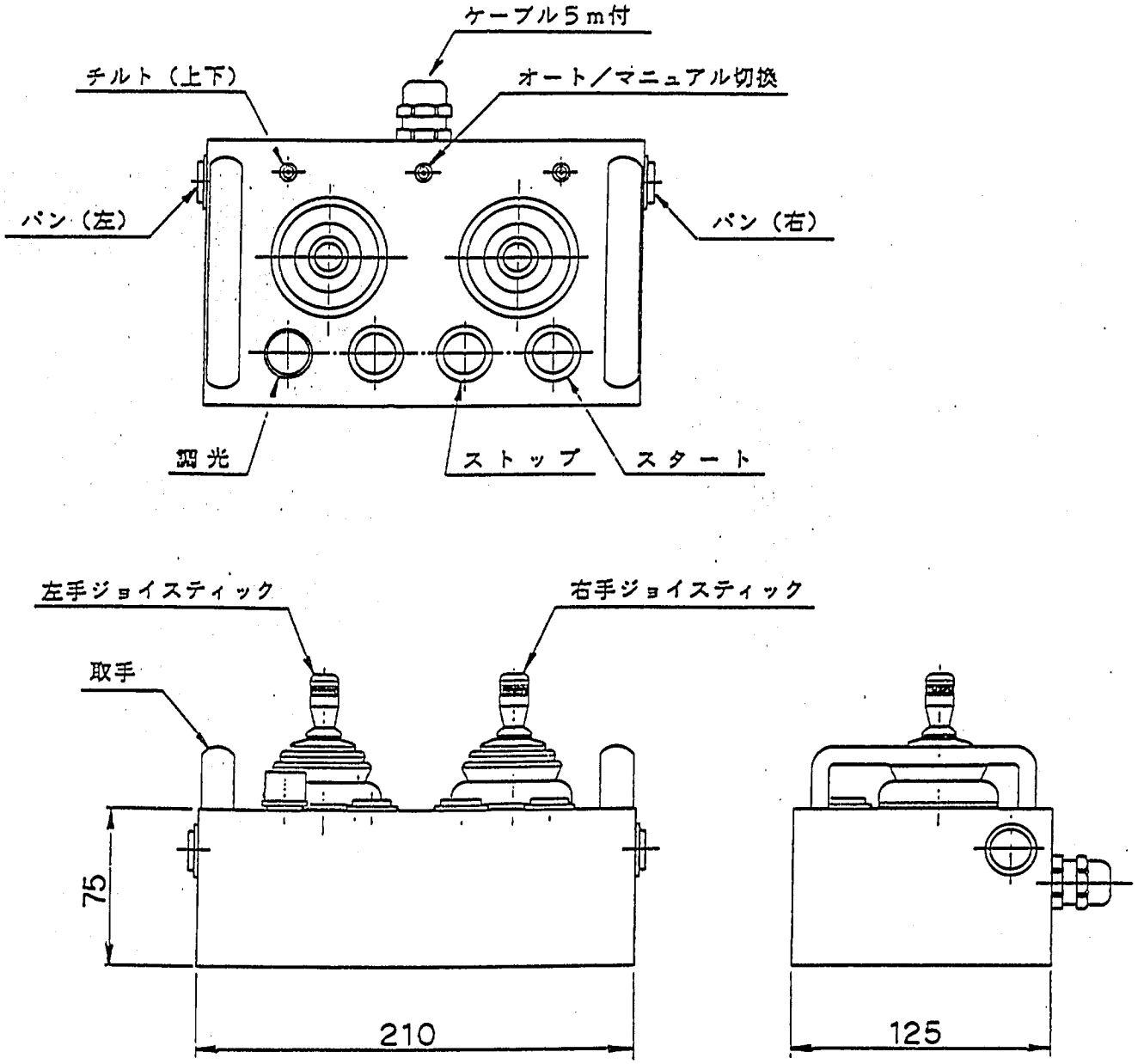


図－1　水中テレビロボットのシステム構成

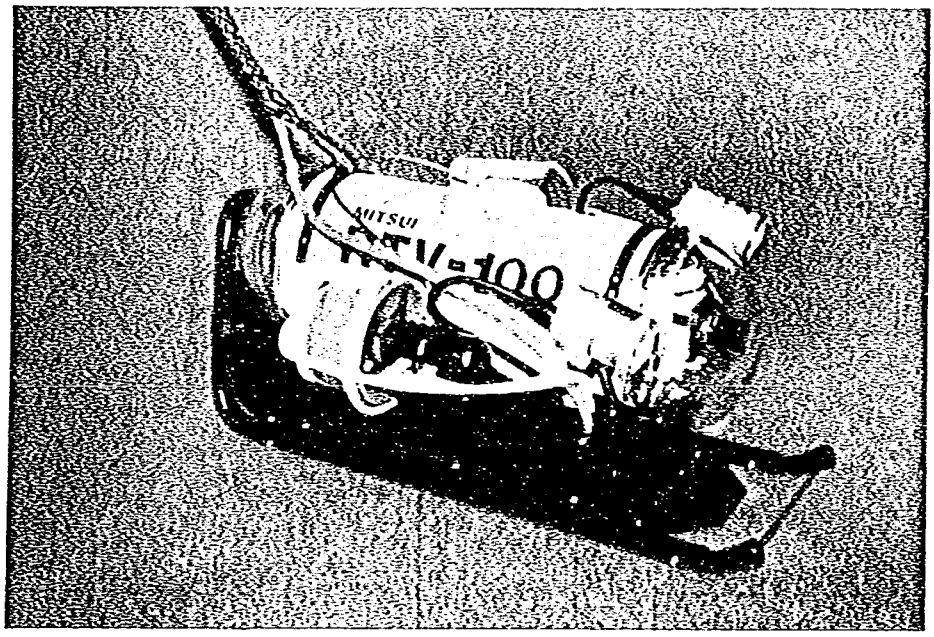


番号	名称	数	備考	番号	名称	数	備考
12	スラスタノズル	2					
11	横スラスタ	1					
10	垂直スラスタ	1					
9	水平スラスタ	2					
8	垂直フィン	2		20	自在バンド 小	5	(スラスタ)
7	スラスタバンパー	2		19	自在バンド 大	2	(スポット)
6	後部バンパー	1		18	Vリテナー	2	
5	前部バンパー	2		17	吊金具	1	
4	スキッド	1		16	パンチルト装置	1	
3	アクリルドーム	1	(後)	15	TVカメラ	1	
2	アクリルドーム	1	(前)	14	プラグ座金物	1	
1	耐圧容器	1		13	水中照明灯	2	

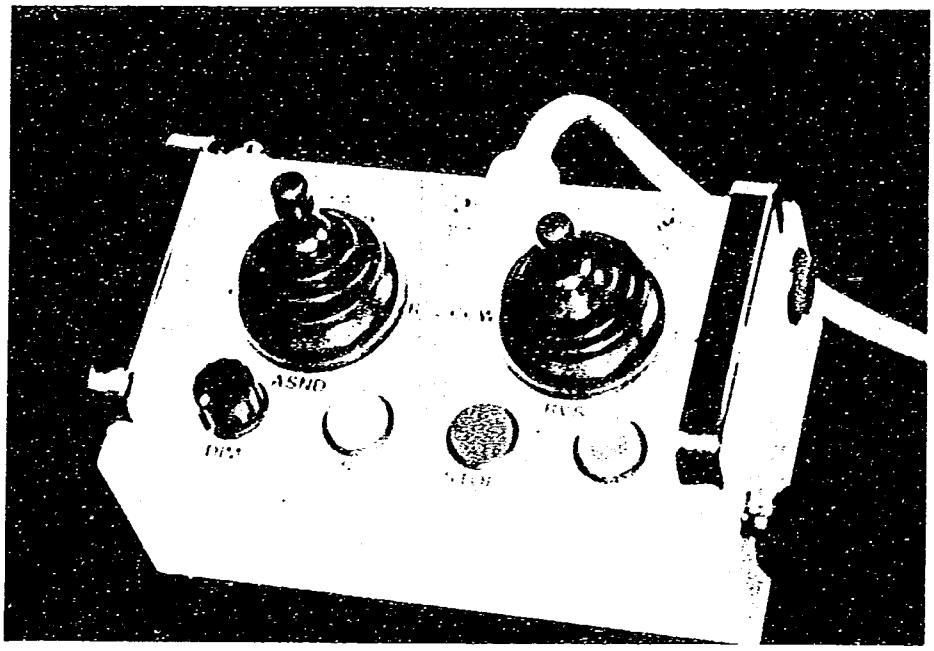
図－2　水中テレビロボット外形図



図－3　ジョイスティック外形図



写真－1　水中テレビロボット



写真－2　ジョイスティック

b．水中テレビロボットの機能

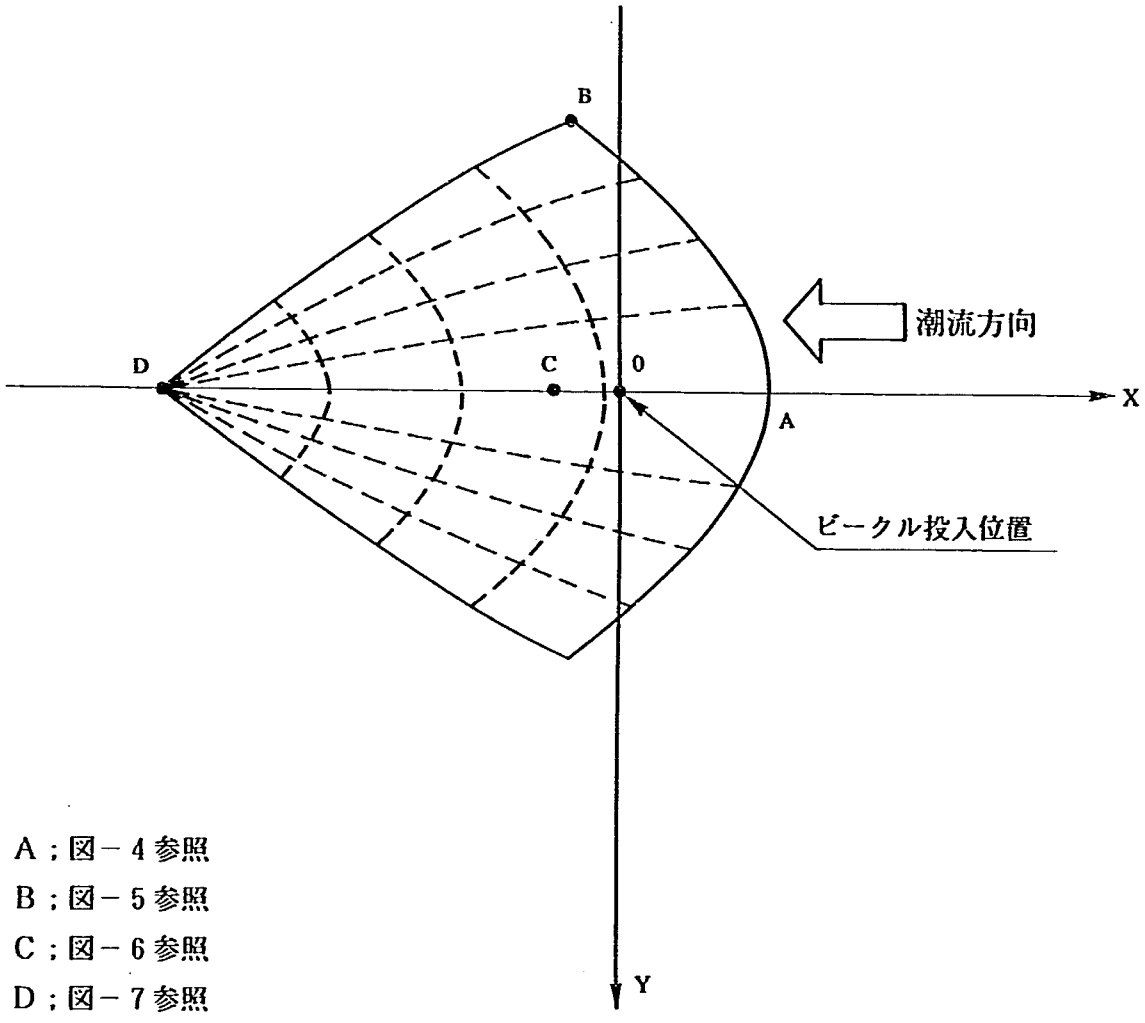
水中テレビロボMitsui RTV-100は、水中を自由に移動できるビークルと船上からこのビークルを遠隔操作する制御装置及びビークルと船上を結ぶケーブルなどで構成されている。その基本機能は水中を見るとこであり次の特徴を有している。

1）水深150mまで使用できる。

2）水中ケーブルは光・電力複合ケーブルであり、ＴＶ画像・スラスタコントロール他すべての船上・ビークル間のデータ通信は光伝送によっているため、高品質のデータ通信が可能であると共に、各種機器の追加装備に対応し得る大きな通信容量を有している。

3）100Vの商用電源が使用でき、市販の小型エンジン発電機が使用できる。

4）小型ユニット化により入力運搬ができる。



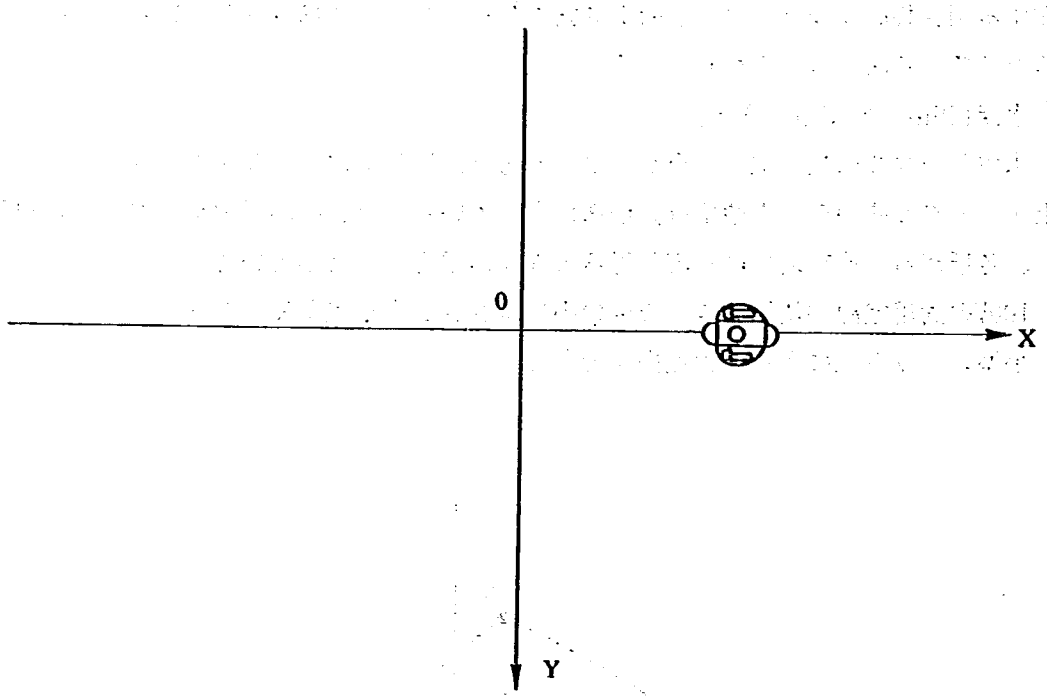
A；図－４参照

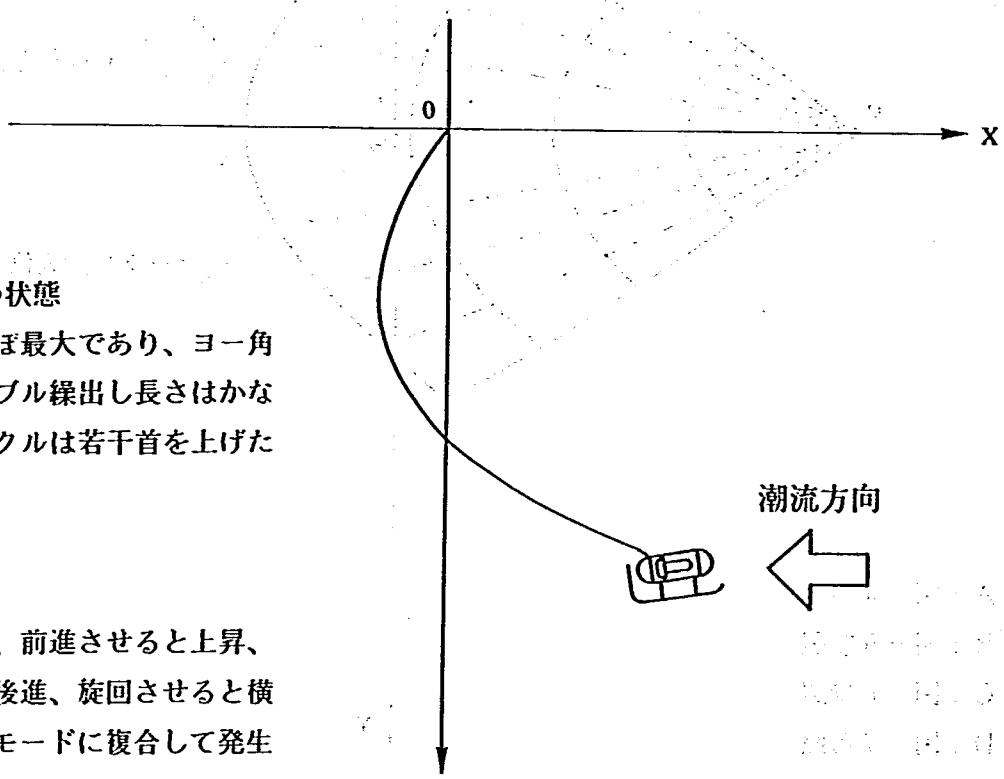
B；図－５参照

C；図－６参照

D；図－７参照

図－３　ＲＴＶ－100行動範囲





○ＲＴＶ－100の状態

前進推力はほぼ最大であり、ヨー角はゼロ、ケーブル繰出し長さはかなり長い。ビークルは若干首を上げた姿勢である。

○運動特性

この付近では、前進させると上昇、降下させると後進、旋回させると横移動が主運動モードに復合して発生する為、オペレーションが難しく感じられることがある。

図－４　点Ａに於けるＲＴＶ－100の行動特性

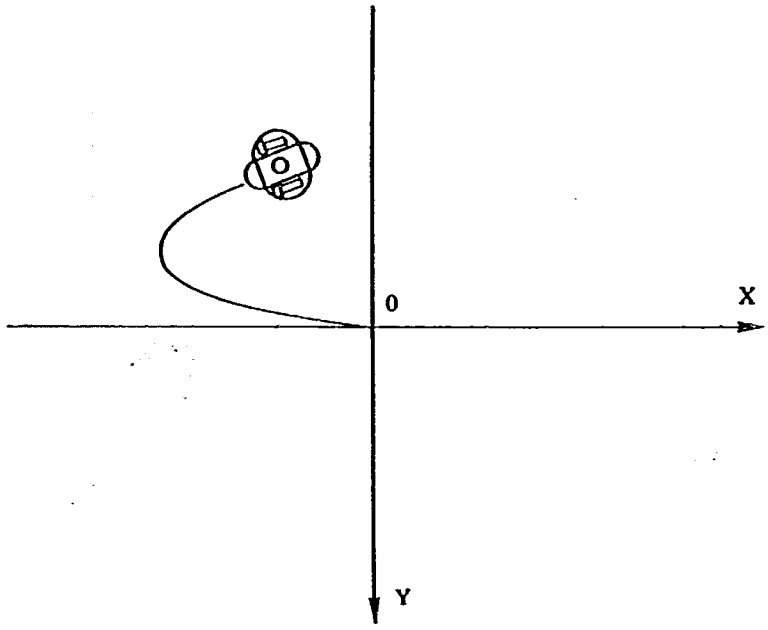
○ＲＴＶ－100の状態

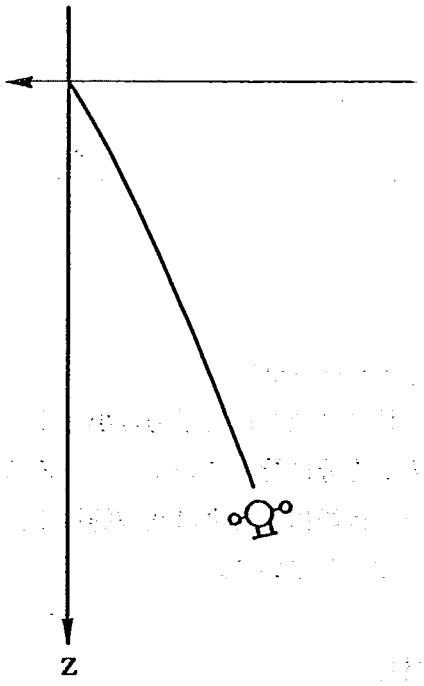
前進推力はほぼ最大であり、ヨー角、ロール角とも大きく、ケーブル繰り出し長さはかなり長く、ビークルは若干首を上げた姿勢である。

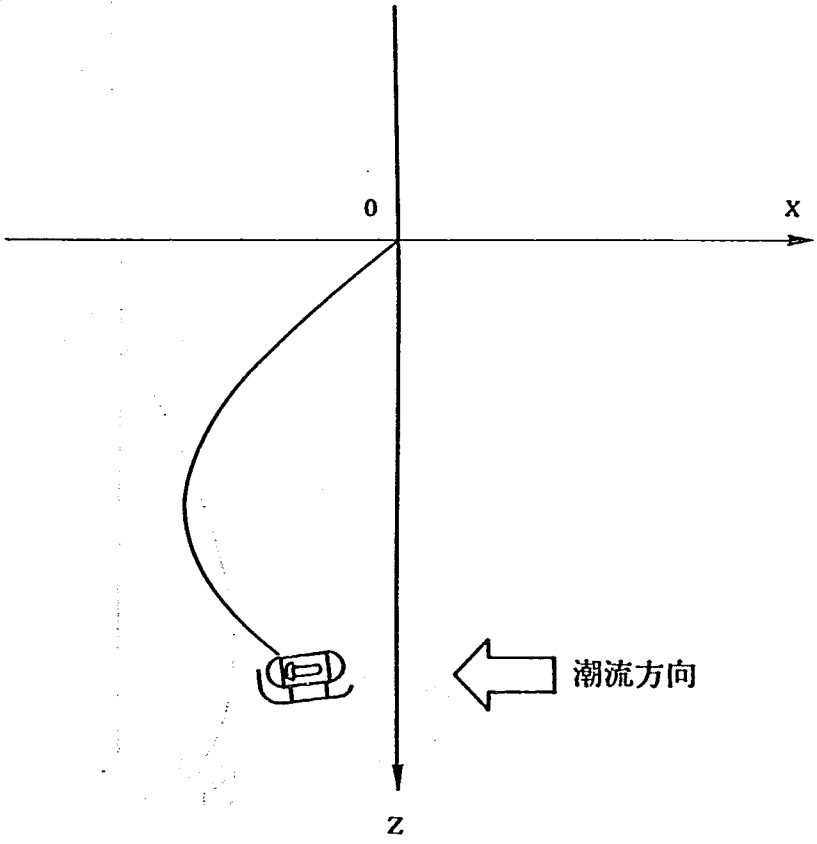
○運動特性

前進させると浮き上がり、降下すると右後方に流され、旋回すると斜に流される為、オペレーションが難しく感じられる。

特に潮流が強いと、ビークルの姿勢が不安定となり（横倒しとなり）、流れの下に押し流されることがある。この時、水中ケーブルの張力が急に増加するで、ケーブルオペレータは注意が必要。

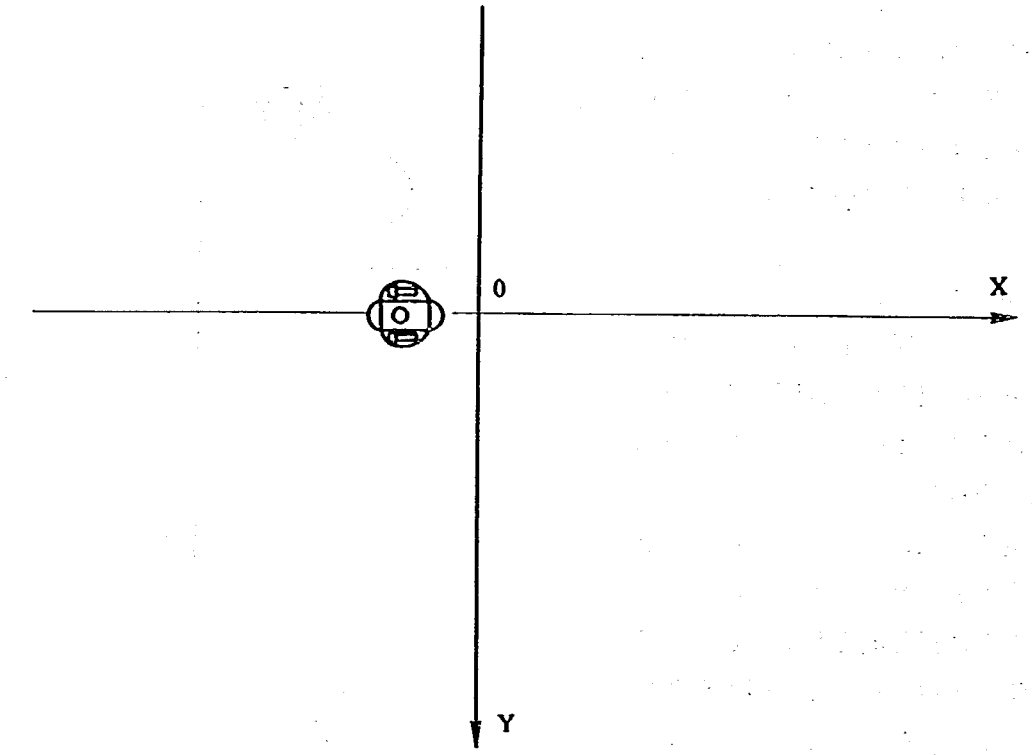


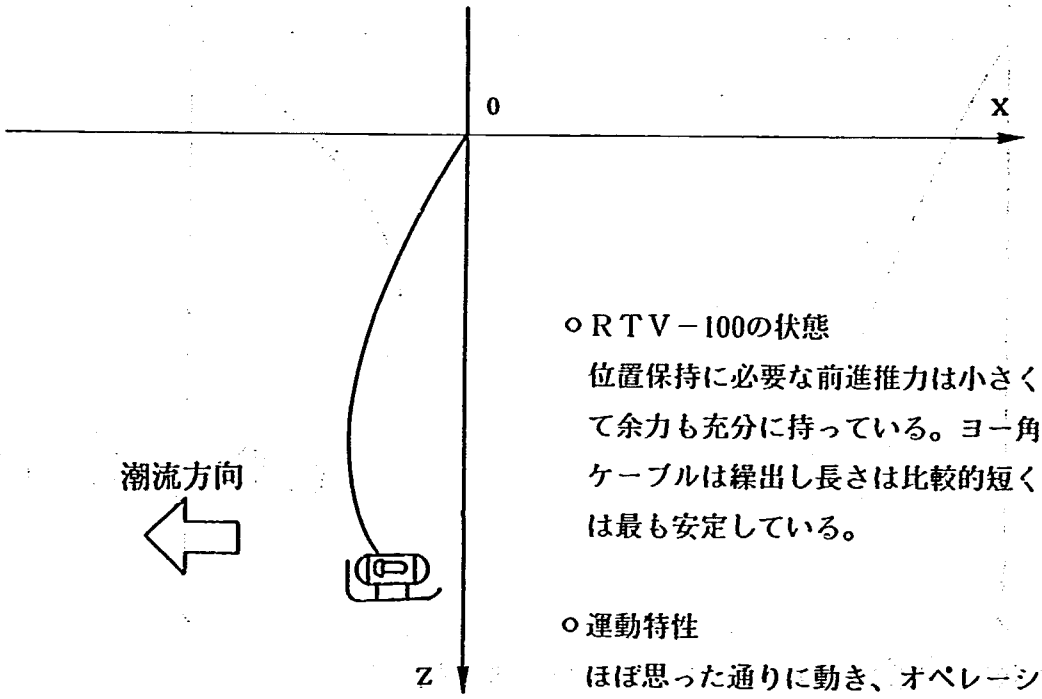




横倒し状態から姿勢を復元させるには、ケーブルをたるませて、ケーブル反力の影響を小さくして行う必要がある。

図－5　点Ｂに於けるＲＴＶ－100の行動特性





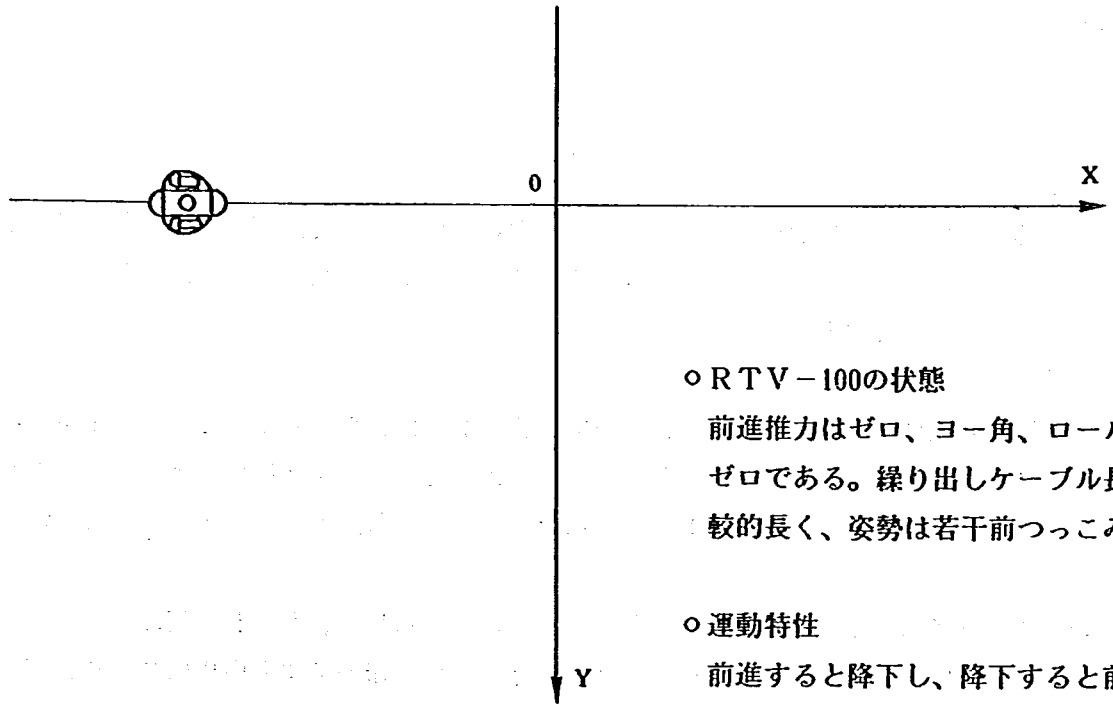
○ＲＴＶ－100の状態

位置保持に必要な前進推力は小さく、従って余力も充分に持っている。ヨー角はゼロ、ケーブルは繰出し長さは比較的短く、姿勢は最も安定している。

○運動特性

ほぼ思った通りに動き、オペレーションは最も楽である。

図－６　点Ｃに於けるＲＴＶ－100の行動範囲

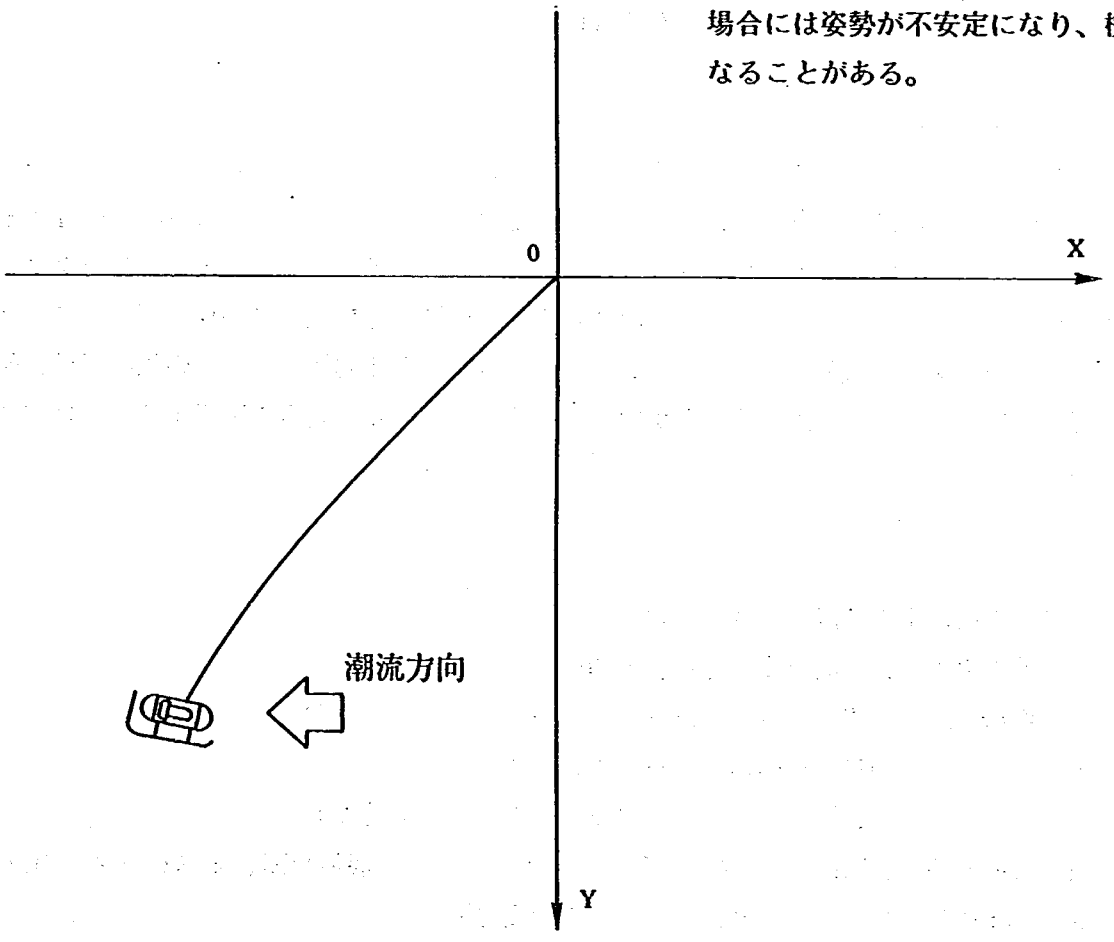


○ＲＴＶ－100の状態

前進推力はゼロ、ヨー角、ロール角ともゼロである。繰り出しケーブル長さは比較的長く、姿勢は若干前つっこみである。

○運動特性

前進すると降下し、降下すると前進する為、若干オペレーションがやりにくい感じがすることがある。潮流が非常に強い場合には姿勢が不安定になり、横倒しとなることがある。



図－７　点Ｄに於けるＲＴＶ－100の行動特性

② 操作方法

a．ジョイスティック

1）右手ジョイスティック

前方(FWD) 側に傾ければ前進、手前(RVS) 側に引けば後進、右(CW)側に傾けば右旋回、左(CCW)側に傾けば左旋回するようにビークルを運転できる。このジョイスティックは、指を離すと中央にスプリングリターンで戻る。

2）左手ジョイスティック

前方（DSND）側に傾ければ下降、手前（ASND）側に引けば上昇するようにビークルを運転できる。このジョイスティックは、前後方向の傾きに対しては、その位置を保持するようになっており、スプリングリターンにはなっておりません。このため、手を離しても垂直スチスターは一定の推力を発生し続ける。

この左手ジョイスティックを右（R）側にかたむければ右移動、左（L）側に傾ければ、左移動となる。左右方向の傾きに対してこのジョイスティックは、指を離すと中央にスプリングリターンで戻るようになっている。前述のように、垂直スラスタのジョイスティックはスプリングリターンとなっていないので、そのままにして置くといつまでも回転し続けてしまうため、使用後、左手ジョイスティックは中央に戻さなければならない。

b．オペレータの役割分担

実オペレーションに入る前に、2人のオペレータ（ジョイスティック・オペレータ、ケーブル・オペレータ）間で充分に打合せを行い、どこにある、どの目標物を、どのような方法で探査するかを明確にしておくことが重要。実オペレーションに入ったら、ジョイスティック・オペレータは、モニター画面を見て目標物の探索を行ったり、画面にとらえた目標物を見失わない様にデョイスティック操作を行う、その間ジョイスティック・オペレータは、周囲の全体的状況（船との位置関係、船の方位、他の障害物の位置など）を把握することが困難となる、ビークルの安全を監視することは主にケーブル・オペレータの役割となる。

c．事前計画

下記項目を事前に出来る限り確認しておく。

(1) 目標地点の水深、潮流速度、底質、透明度

(2) 目標地点周辺の障害物の有無、形状（ピラー、ワイヤー、網など）

(3) 水面から、水中の目標物へのアプローチの方法
（ガイドワイヤー、壁づたい、パイプラインをつたって等々）

(4) 機器（電源装置、VTR、モニター、ケーブルホルダー）の設置場所、オペレーターの位置

(5) 電源（AC100V、発電機or陸電、電源コードの長さ）

(6) 母船の係留設備

(7) 概略スケジュール（目的地点迄の往復、準備、撤収）

d．事前準備

事前計画にもとづき次の項目を調整する。

(1) バランスウエイト

1）真水で使用する場合には、前後のバランスウエイトから黄色の海水用ウエイトをはずす。

2）通常は中性浮力（浮力＝重量）で使用するが、場合によってはバランスウエイトを多くして負浮力（浮力＜重量）で使用した方が良いこともある。

（例えば、海底に着底して、その付近の物体を安定した状態で撮影する様な場合など）

ケーブルにかかる潮流力によりビークルに上向きの強い吹上げ力がかかる場合にも、バランスウエイトを増加して、見かけ上中性浮力とすることにより、ビークルの運用が楽になることがある。しかしながら、過大に負浮力にすると、水底に容易に着底出来、潮流によって吹上げられることがなくなるのは良いが、移動の際にスラスタが水を水底に向かって吹き出すことから、水底の泥を巻き上げ、視界の悪化をまねくことがあるので充分注意が必要である。

e．現地でのオペレーション

(1) 必ずオペレーションを始める前に水密の確認を行う。

(2) 次の方位の確認を行う。（特に障害物がある方角、潮流の方角は必ず確認して置く必要がある。）

(3) ビークルの投入位置は、場合により異なるが、一般には目標物の真上よりやや潮流上手側とするのがオペレーション上楽である。

(4) 目標物に接近するには、できるだけガイドラインを用いるようにする。（海底の様子を見るような、特定の場所でなくてよい場合には、ガイドラインは必要ない。）ガイドライン無しで行き当たりばったりで探すのは、よほど運が良くないと目標物を発見することが出来ない。

(5) 降下していく間、水中ケーブルを捩らないよう、ビークルを一定方向に向けるようにする。

(6) 水底に近づいたら、降下速度を落として静かに着底する。（勢い良く水底に着地すると、泥を巻き上げ視界を遮り、目標物を見失なう場合がある。）

(7) 水底付近の目標を観察するには、ビークルを着床させると位置保持が簡単で、かつ、安定した映像が得られる。

(8) 捜索活動を始めるまえにパンチルトにより周囲を注意深く観察し、十分に周囲の状況を把握する。

(9) 水底近くで捜索を行っている間は、出来る限り後進、上昇は使用しないで、前進、降下、旋回でオペレーションする。（後進するとビークルが自分自身でひっかきまわした泥水の中に入ってしまい、視野を遮り，上昇すると、垂直スラスタからの水流が水底の泥を巻き上げる。）

③ 現場適用例と問題点

a．適用工事名

随時使用

b．作業内容・作業条件

河川の調査、工事、管理に使用している。
○河床の堆積状況調査、○護岸等の水中部の調査点検
○矢板、捨石、しゅんせつ等の工事監督、施工状況調査
○その他、水中のモニターが必要な調査、施工監督、状況確認等

c．問題点・改善点

○操作部とロボット間が有線である（100m）ため、セッティングや移動に不便さがある。
○河川で使用する場合流れに流されて、目標のポイントの保持がむつかしい
○基本操作は簡単だが、広範囲の探査を行う場合位置の確認ができなくなる点と定点でのロボットの保持（ホバリング）がむつかしい点は、特に河川での使用時のネックになると思う。

5．遠隔操作式油圧ショベル

機種名：フジタ・テレアースワークシステム

開発会社：㈱フジタ

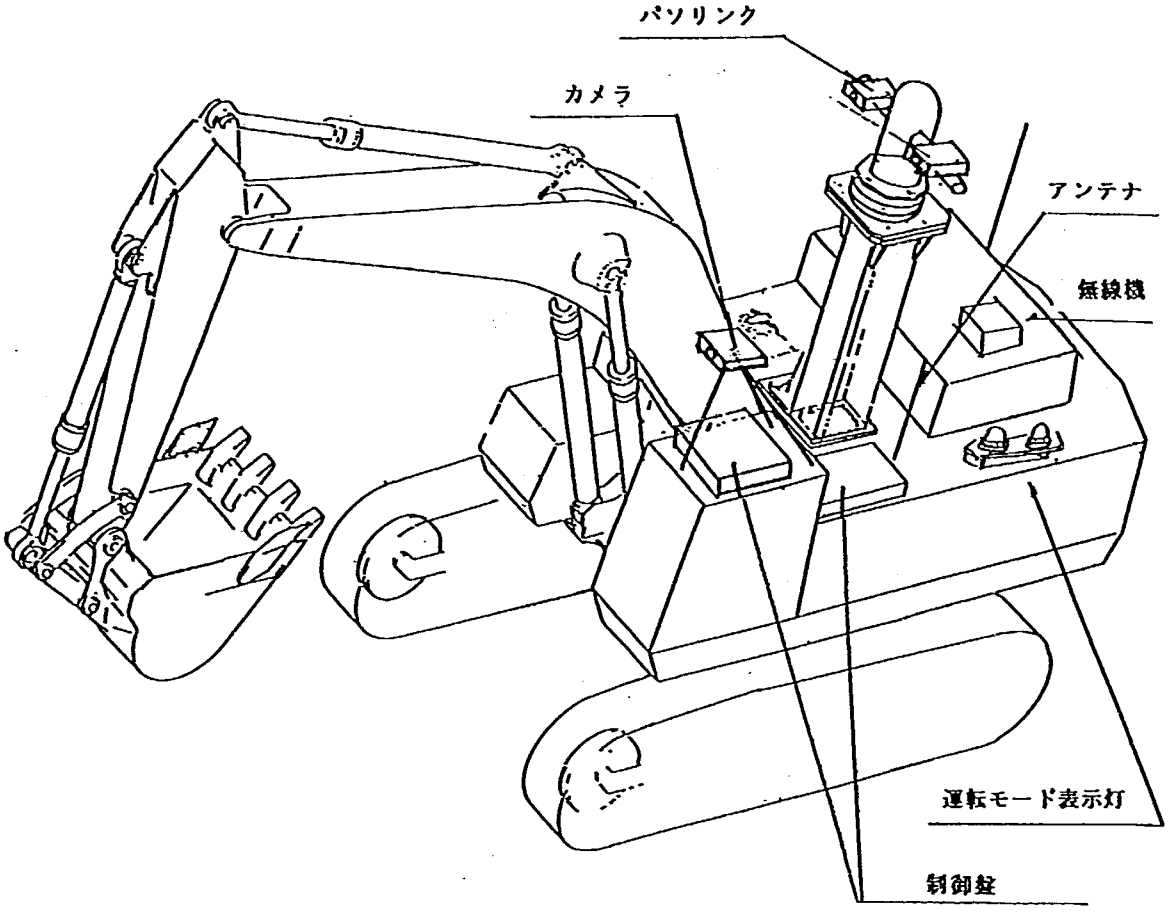
① ロボットの機能及び仕様

② 操作方法

③ 現場適用例と問題点

① ロボットの機能及び仕様

図－1に遠隔操作式油圧ショベルの概観を示す。



図－1　バックホウ（ＰＣ650)の外観

② 操作方法

1　車両本体の準備

1）車両のセフティーロックレバー解除

2）アクセルレバーをアイドル位置にする。

3）非常停止スイッチ解除の確認

2　操作コンピューターの立上げ

1）本体の電源ON

2）ディスプレーのモードスイッチON

3）操作ボックスの電源キースイッチON（パイロットランプ点灯確認)

4）非常停止スイッチ解除

3　運転操作（操作ボックス）

1）エンジン始動方法

①　駐車ボタンを押す・・・（ランプ点灯）

②　車両の黄色いパトライト及びディスプレイの重機状態（駐車確認）

③　エンジンＯＮを押す・・・ランプ点灯（駐車ランプ消灯）

（予熱時間約15秒）

④　運転開始確認・・・駐車ランプ点灯、エンジンＯＮランプ点灯

（暖機運転時間約20秒）

2）作業運転

①　作業ボタンを押す・・・（ランプ点灯）

②　作業機（ジョイスティック）の操作（別紙図面参照）

③　作業終了後、駐車ボタンを押す・・・（駐車ランプ点灯）

3）走行運転

①　走行ボタンを押す・・・ランプ点灯（駐車ランプ）

②　ジョイスティックの操作

③　走行終了後、駐車ボタンを押す

4）エンジン停止

①　エンジンＯＮボタンを押す・・・（ランプ消灯）

4　操作コンピューターの終了

1）非常スイッチを押す・・・（全ランプ点灯）

2）操作ボックス電源ＯＦＦ・・・（パイロットランプ消灯）

3）本体電源ＯＦＦ

5　各機能の説明

1）ヘッドライト、ホーン、走行Hi、駐車ブレーキはベース車両取扱説明書による

2）エンジン回転は、停止、アイドル、Lo、Hiの４段階ある

エンジンHi、Loを押していない状態はアイドル回転

6　注意事項

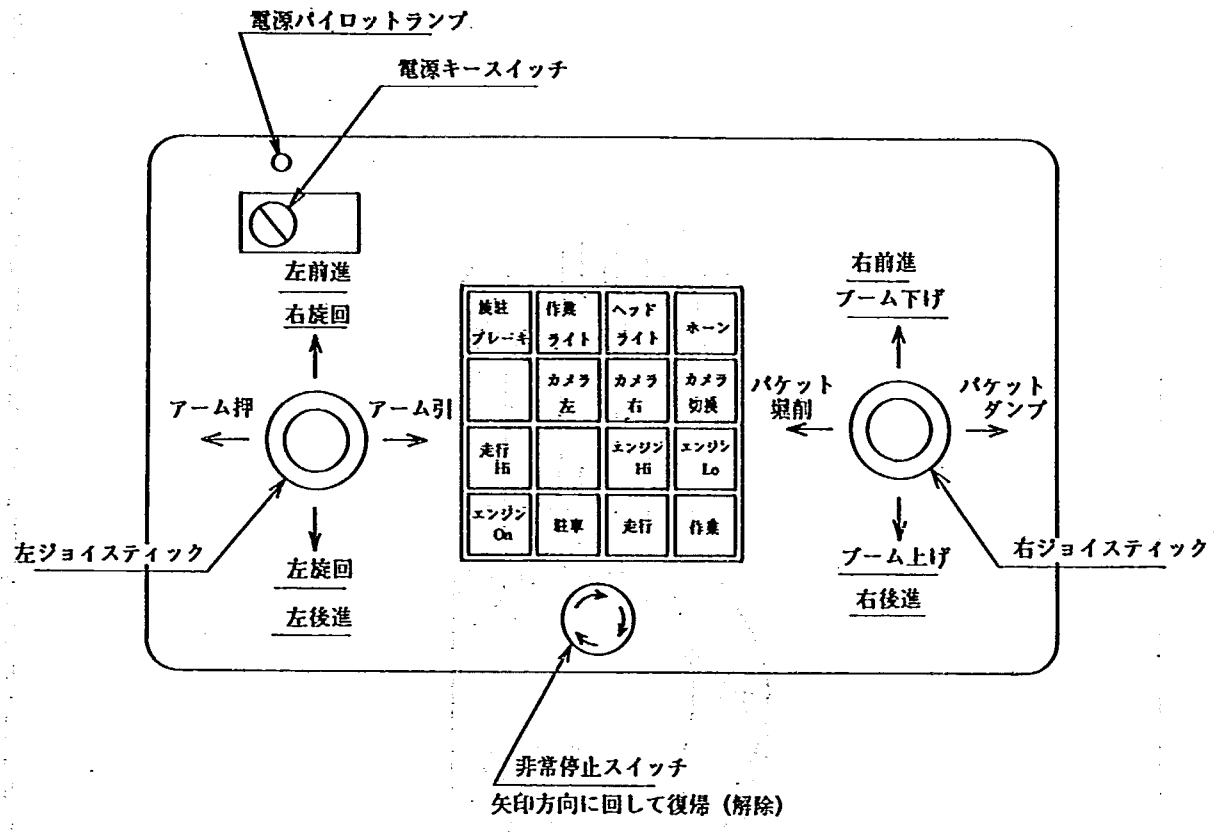
1）旋回制限、前向基準で左右に180度以内とする

2）パソリンクの回転制限・・・接続コード範囲に注意のこと

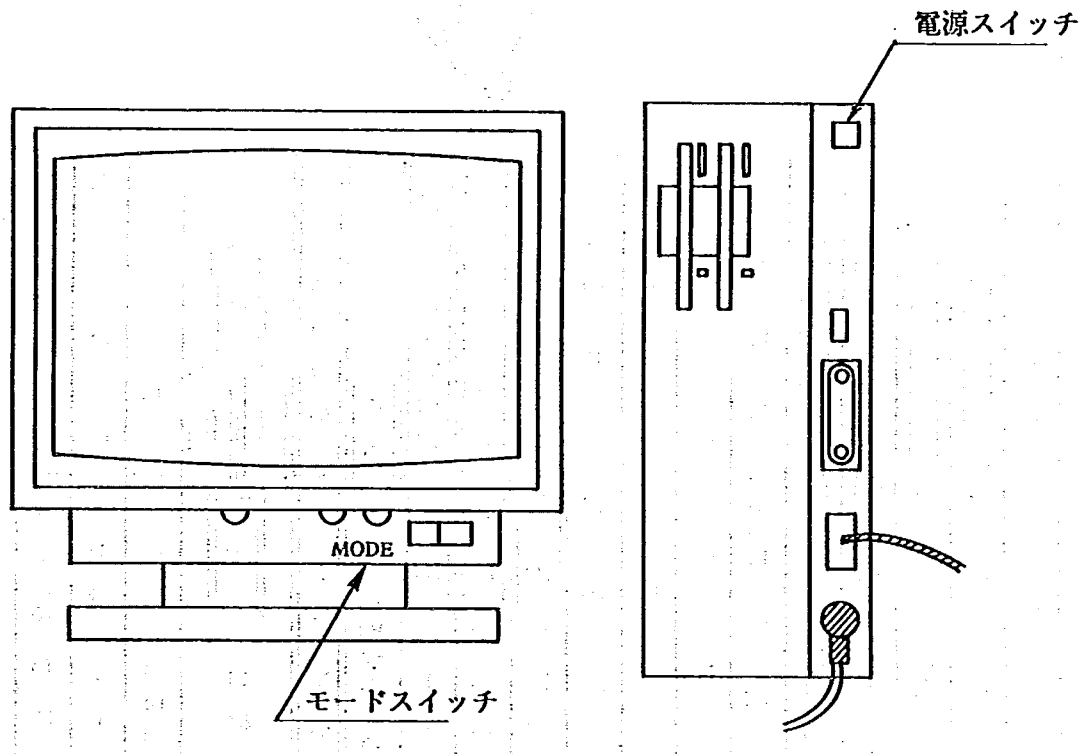
3）有人運転の場合（操作コンピュータ終了のこと、パトライト消灯のこと）

4）リモートコントロール優先となっている

5）長期停止（４～５日以上）はバッテリー端子取り外しのこと



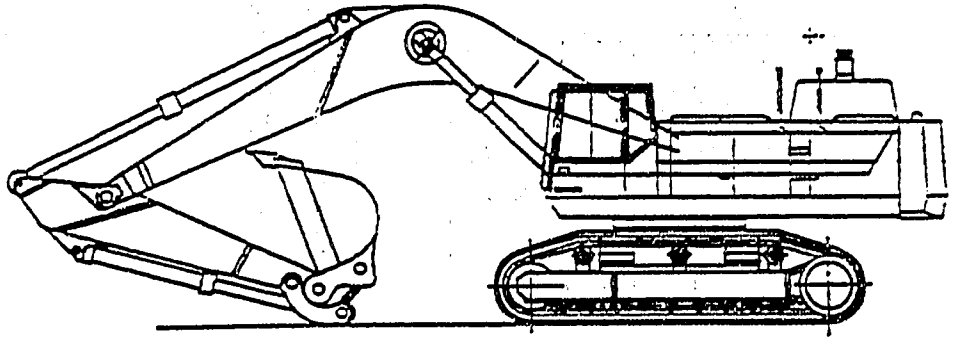
図－2　バックホウ操作パネル説明



図－3　操作コンピュータとディスプレイ

PC650ディスプレイ画面（1／2）

PC-650状態	[停車]			
燃料残量	E			F
C TEMP	0℃			130℃
バッテリー	0V			32V
エンジンRPM	0			3000
予熱中	エンジン始動中	ホーン		
ヘッドライト	作業灯			
車輌前後	前 1.5度			
車輌左右	右 2度			
警報警報	正常	異常確認 ▼		
システム	正常	異常確認 ▼		
ヒューズ	正常	断線切り替え ▼		
エンジン油圧スイッチ	ON			
ワイパー	ウオッシャ			
盗台	◀ ▲ ▼ ▶			
OLSS	H	S	L	
オートディセル	自動	解除		
旋回ブレーキ	自動	解除		
車外非常停止	有効			
CGモード	モード1	モード2	モード3	モード4
3Dアニメーション				



PC650ディスプレイ画面（2／2）

機器情報	異常確認 ●
PPC油圧	正常
フィルタ目詰まり	正常
クーラントレベル	正常
エンジン油量	異常
オルタネータ	正常
作動油温度	正常
作動油量	正常
盤内温度	正常

システム	異常確認 ●
通信	正常
通信ボード	正常
CPUボード	正常
ADボード	正常
DAボード	異常
カウンタボード	正常
非常停止ボタン	OFF
エンジン始動	失敗

ヒューズ	断線切り替え ●
1 正常	ヒューズ切替えOFF
2 断線	ヒューズ切替えOFF
3 正常	ヒューズ切替えOFF
4 正常	ヒューズ切替えOFF
5 正常	ヒューズ切替えOFF
6 正常	ヒューズ切替えOFF

③ 現場適用例と問題点

a．適用工事名

雲仙普賢岳無除石工３号遊砂池第２工区無人化除石工事

b．作業内容・作業条件

【作業条件】

雲仙普賢岳の噴火により体積した土砂を取り除く為、安全地帯に設置したコントロールルームから通信中継車を経由し、油圧ショベルまで双方向通信を行い通信による立体映像・音声・制御データ・CG等の情報を利用し遠隔で油圧ショベル操作する。

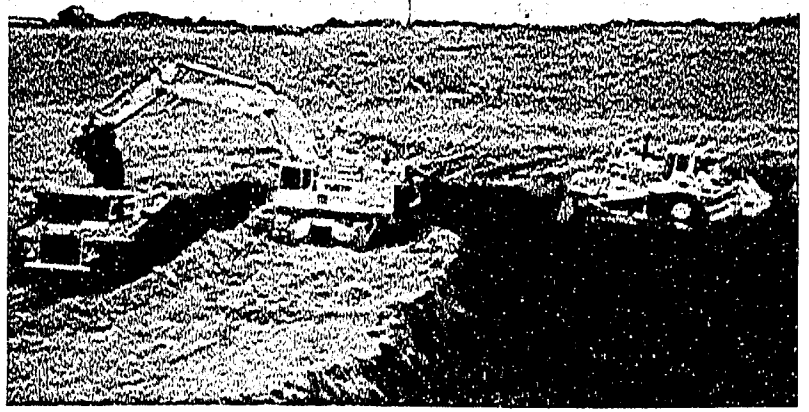
【作業内容】

ブルドーザによって集土された堆積土を油圧ショベルによって掘削し、運搬機へ積み込む作業を遠隔で行う。

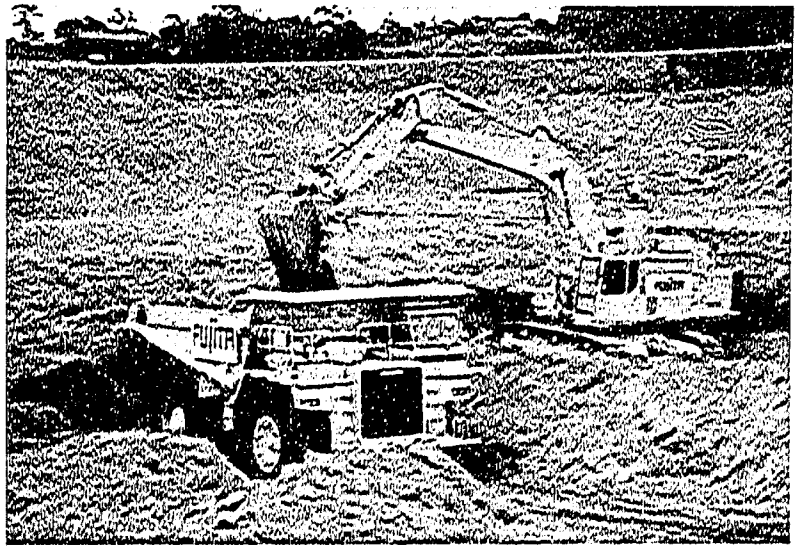
c．問題点・改善点

1．立体映像による目の疲れ。
2．より臨場感のあく操作環境の現実
3．負荷の掛かり具合がわかりにくい。
4．車体の傾斜を確認しにくい。
5．コントローラは運転席のレバータイプが操作しやすい。
6．走行及び作業モードの同時動作が必要。

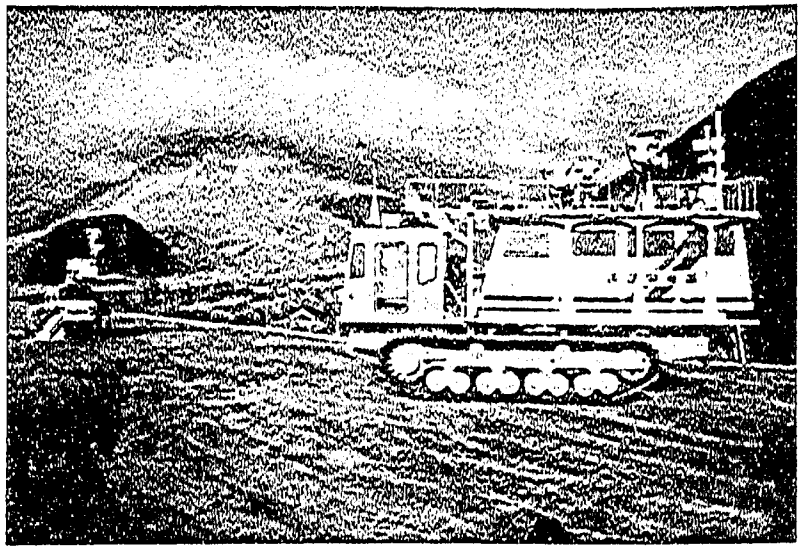
施工状況



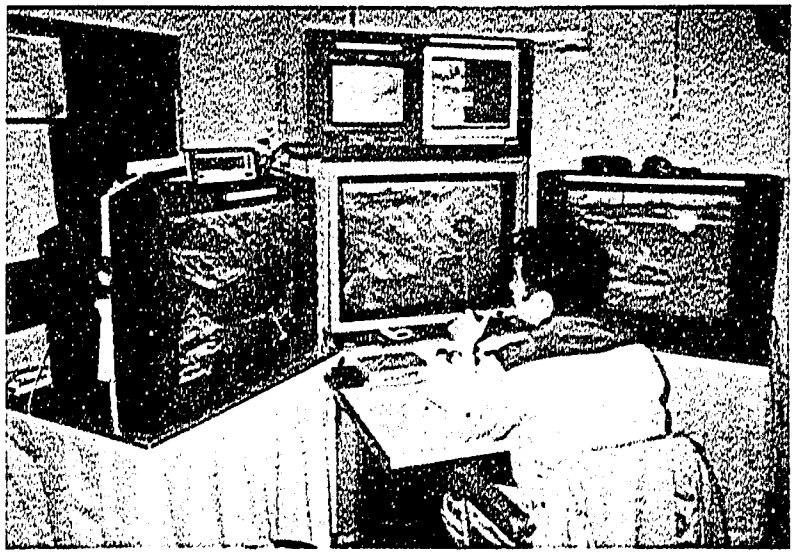
写真－1　施工現場全景



写真－2　建設ロボット（油圧ショベル、ダンプトラック）



写真－3　通信中継車及び高所カメラ車



写真－4　操作卓

6．ＴＢＭ掘進機

機種名：3.5Mφハイブリット型トンネル掘削機

開発会社：川崎重工業㈱

① ロボットの機能及び仕様

② 操作方法

③ 現場適用例と問題点

① ロボットの機能及び仕様

本体は円筒の外殻を持つシールド構造となっており、機械前方から前胴部、中胴部、後胴部に区分でき、それぞれの接合点が屈曲可能な中折れ形に構成し、カーブ掘進、蛇行修正が容易に行えるようになっている。

前胴部は掘削を行う部分で、多数のローラーカッターを装備したカッターヘッド、これを支える軸受装置、回転駆動する駆動装置、振動を防止し推進方向の案内を行うフロントグリッパー等から構成されている。

カッターにより圧砕されたズリはカッターヘッド前面及び側面に設したスクレーパーにより速やかに掬り取って、カッターヘッド回転によりかき上げベルトコンベヤ用ホッパーへ投入され、ベルトコンベよにより排出される。

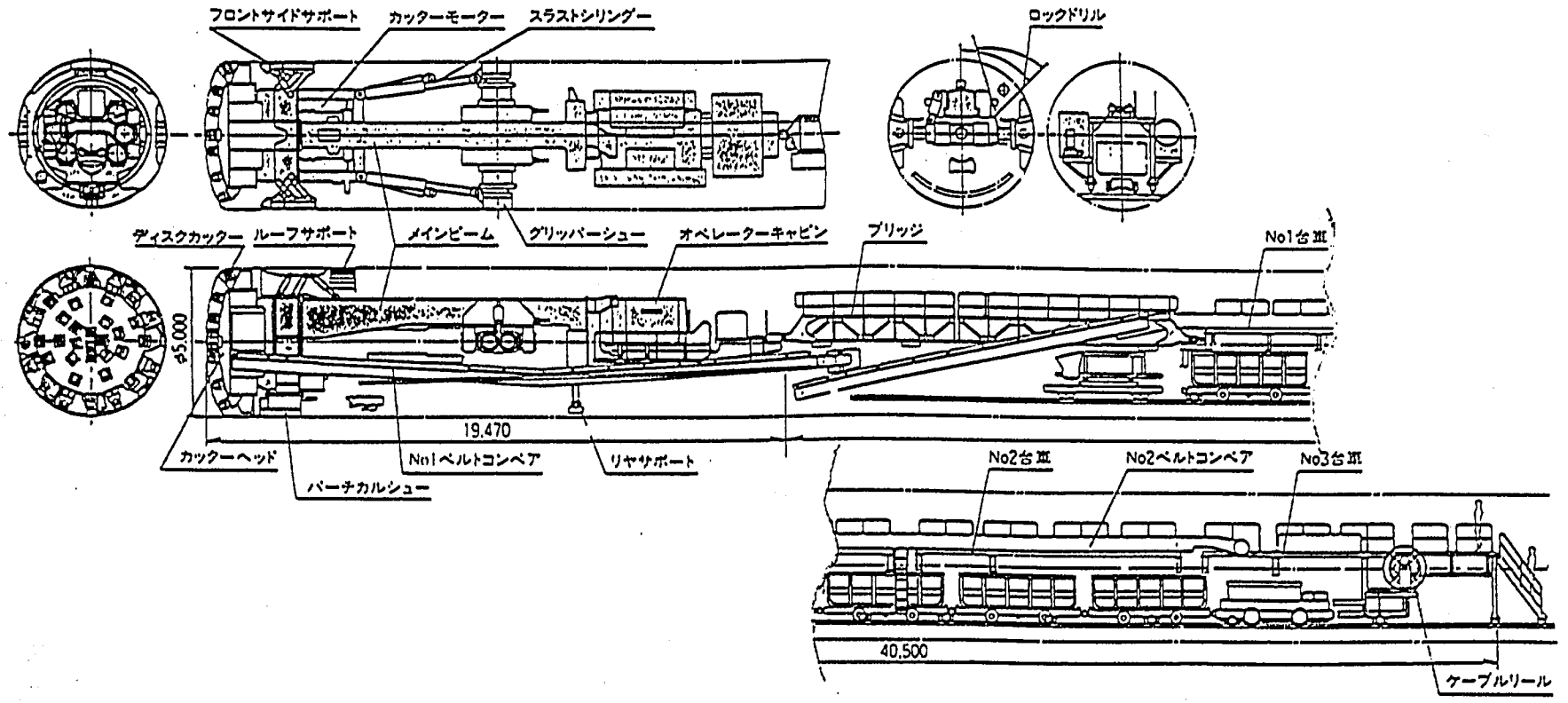
中胴部は本体の伸縮部分となっており、外シールと内シールドが摺動可能に組合されて、掘進の1ストローク分伸縮できるようになっている。

後胴部は機体固定するメイングリッパー、セグメント使用時のシールド推進ジャッキ、エレクター装置、機体のローリング修正を行うローリングジャッキ等によって構成されている。

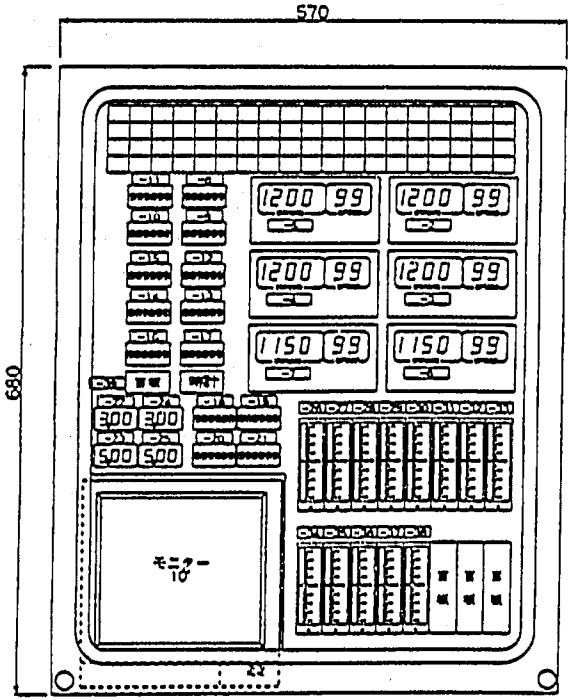
通常の地質ではメイングリッパーで機体を固定し、前胴と後胴を連結しているスラストジャッキにて掘進し、メイングリッパで反力がとれない地質では、セグメントに反力をとりシールドジャッキを使用し掘進する。

表－1　掘削機の概略仕様

掘削基準径	mm	3500
本体長さ	mm	9920
機械全長（台車最後尾まで）	m	約 115
総重量	ton	約 245
装備電動機総出力	kW	約 750
電源（1次～2次）		6kV-400V, 200V, 100V
カッター動力	kW	600(110×6台)
カッタヘッド　トルク	ton-m	通常65
カッター装備数 センターカッター	set	5（5リング）
カッター装備数 インナーカッター	set	20（20リング）
カッター装備数 ゲージカッター	set	2（2リング）
カッタヘッド回転数	r.p.m	0～7.6
主推進推力	ton	最大 420
基本推進ストローク	mm	1000
補助推進推力	ton	最大 800
補助推進ストローク	mm	1000
グリッパ推力	ton	最大 1200
グリッパ接地圧	kg／cm²	最大 42.8
グリッパストローク	mm	150
ローリング修正角度	度	±2.1
スラストジャッキ速度	mm／min	最大 90
ズリ運送能力	Ton／Hr	最大 160


フロントサイドサポート
カッターモーター
スラストシリンダー
ロックドリル
ディスクカッター
ルーフサポート
メインビーム
グリッパーシュー
オペレーターキャビン
ブリッジ
No1台車
φ5,000
19,470
カッターヘッド
No1ベルトコンベア
リヤサポート
バーチカルシュー
No2台車
No2ベルトコンベア
No3台車
40,500
ケーブルリール

図－1　掘削機の外形図

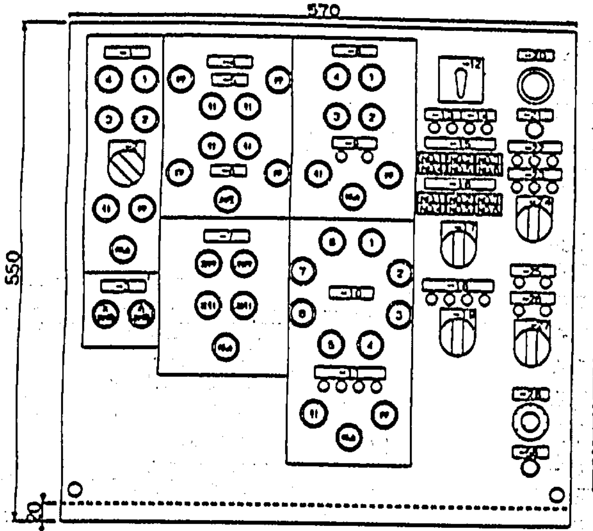


TBM操作盤
監視面図

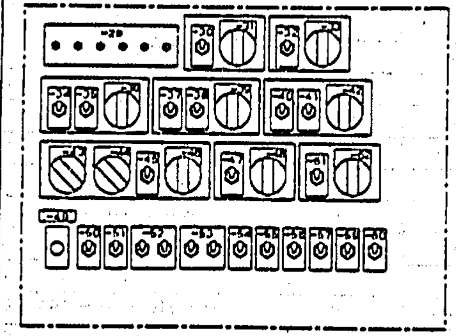
銘板	記入文字	寸法	記号
NP−1	TBM操作盤	300×63×5t	
−2	NO.1スラストジャッキストローク・温度	50×12×2t	ST−SP−1
−3	NO.2スラストジャッキストローク・温度	〃	ST−SP−2
−4	NO.3スラストジャッキストローク・温度	〃	ST−SP−3
−5	NO.4スラストジャッキストローク・温度	〃	ST−SP−4
−6	NO.3シールドジャッキストローク・温度	〃	ST−SP−5
−7	NO.6シールドジャッキストローク・温度	〃	ST−SP−6
−8	NO.1フロントグリッパジャッキストローク	40×8×2t	FOST1
−9	NO.2フロントグリッパジャッキストローク	〃	FOST2
−10	NO.3フロントグリッパジャッキストローク	〃	FOST3
−11	NO.4フロントグリッパジャッキストローク	〃	FOST4
−12	NO.1方向制御ジャッキストローク	〃	DCJ1
−13	NO.2方向制御ジャッキストローク	〃	DCJ2
−14	NO.3方向制御ジャッキストローク	〃	DCJ3
−15	NO.4方向制御ジャッキストローク	〃	DCJ4
−16	左メイングリッパジャッキストローク	〃	MOSTL
−17	右メイングリッパジャッキストローク	〃	MOSTR
−18	カッター回転数累計（TBM）	〃	COTT
−19	運転時間累計（TBM）	〃	HMT
−20	カッター回転数累計（シールド）	〃	COTS
−21	運転時間累計（シールド）	〃	HMS
−22	ピッチング（前胴）	〃	PIF
−23	ローリング（前胴）	〃	ROF
−24	ピッチング（後胴）	〃	PIR
−25	ローリング（後胴）	〃	ROR
−26	カッター圧力	30×12×2t	PIC
−27	カッター回転温度	〃	R−C
−28	FGJ低圧保持圧	〃	PIFOL
−29	FGJ高圧保持圧	〃	PIFOH
−30	MGJ保持圧	〃	PIMO
−31	スラスト荷圧	〃	PITH
−32	シールド荷圧	〃	PIS
−33	推力	〃	CWR

銘板	記入文字	寸法	記号
NP−34	左土砂シール温度	30×12×2t	TT1
−35	右土砂シール温度	〃	TT2
−36	NO.1ベルトコンベア回転温度	〃	BCR
−37	NO.1ベルトコンベア電力	〃	BCA1
−38	NO.2ベルトコンベア電流	〃	BCA2
−39	ピッチング　+前上り　−前下り ローリング　+右下り　−左下り	40×12×2t	

図－2　TBM操作盤の表示器の構成



盤内取付



銘板	記入文字	寸法	記号
NP-1	フロントグリッパジャッキ選択	50×12×2t	(PBL(P01~7) (CLD417~423))
-2	フロントグリッパ圧力 低圧 高圧	○	CST11
-3	ローリングジャッキ	50×12×2t	(PBL(R01~7) (CLD422~428))
-4	方向制御ジャッキ	50×12×2t	(PBL(C1~6) (RLD426~432) (RLD501))
-5	NO.4 NO.1	40×12×2t	(PBL(C6) (RLD502))
-6	NO.3 NO.2	〃	
-7	メイングリッパジャッキ	50×12×2t	(PBL(M01~5) (CLD503~507))
-8	スラストジャッキ	〃	(PBL(TH1~7) (CLD508~514))
-9	スラストジャッキ 操作条件 選択	〃	WLO 515 WLO 516
-10	シールドジャッキ	〃	(PBL(SH1~11) (CLD517~524))
-11	シールドジャッキ 操作条件 選択	80×12×2t	WLO 530 WLO 528 WLO 529 WLO 531
-12	[illegible] 単動	○	CST12
-13	ブーストポンプ 運動 運転	40×12×2t	WLO 319 WLO 320
-14	グリースポンプ 運動 運転	〃	WLO 401 WLO 402
-15	カッターポンプ選択	80×12×2t	WLO321~326
-16	カッターポンプ運転	80×12×2t	WLO327~332
-17	カッターポンプ 停止 起動	○	CST5

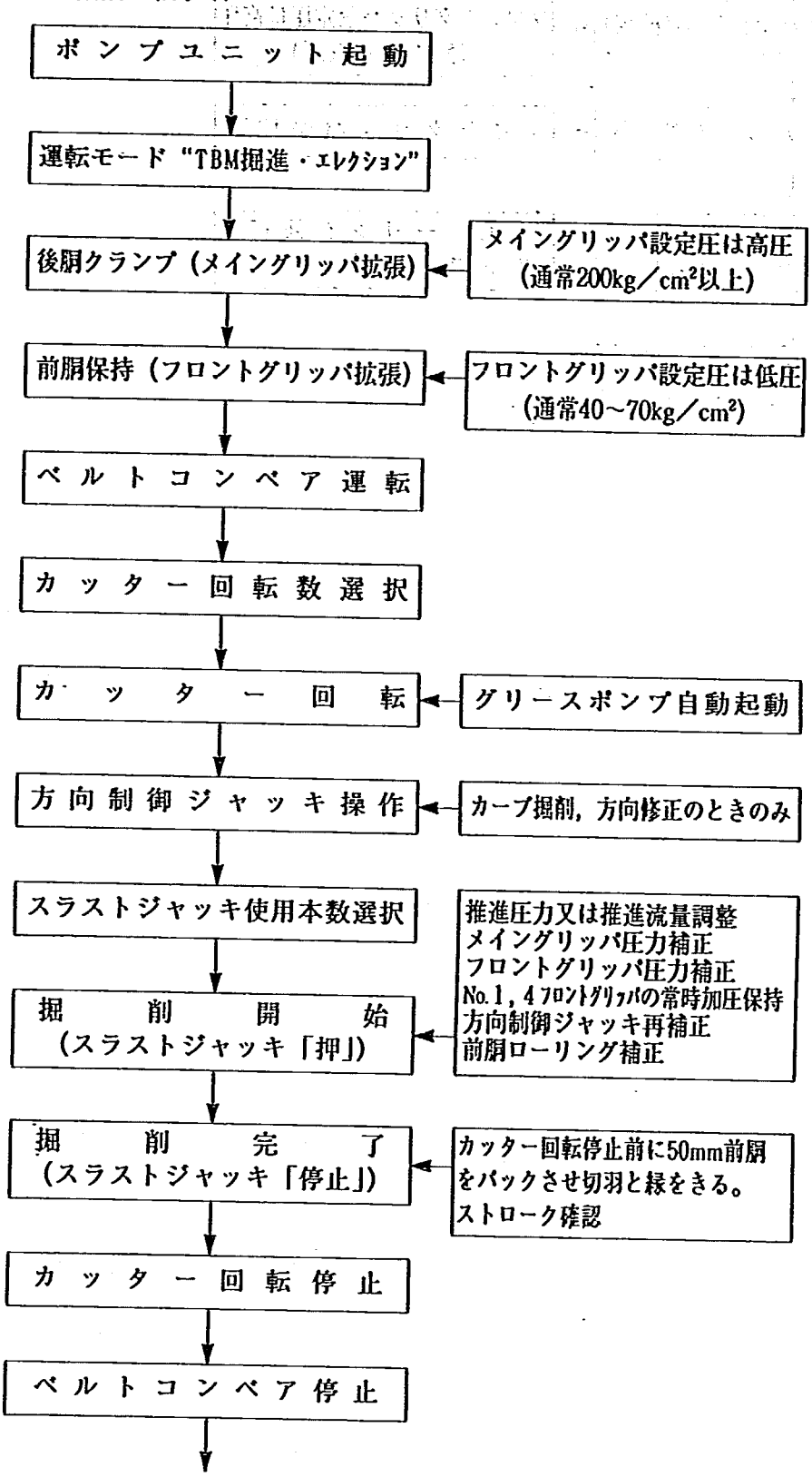
銘板	記入文字	寸法	記号
NP-18	旋回 操作 カッター 操作	80×12×2t	WLO 403 WLO 404 WLO 405 WLO 406
-19	カッターヘッド回転 停止 回転	○	CST6
-20	非常停止	40×12×2t	PBET1
-21	ブザーリセット	40×12×2t	PBT1
-22	ポンプ運動選択 スラスト シールド グリッパ	60×12×2t	WLO 407 WLO 408 WLO 409
-23	ポンプ運転 スラスト シールド グリッパ	〃	WLO 410 WLO 411 WLO 412
-24	横通制御用ポンプ運動操作 停止 起動	○	CST10
-25	ベルトコンベア運動選択 NO.1 NO.2	50×12×2t	WLO 413 WLO 414
-26	ベルトコンベア運転 NO.1 NO.2	〃	WLO 415 WLO 416
-27	停止 起動	○	CST16
-28	NO.1ベルトコンベア速度	40×12×2t	VRDC
-29	カッターポンプ選択 NO.1 NO.2 NO.3 NO.4 NO.5 NO.6 使用 休止	150×45×2t	T5~T10
-30	ブーストポンプ 連動 単動	25×45×2t	T4
-31	ブーストポンプ単独操作 停止 起動	○	CST4
-32	グリースポンプ 連動 単動	25×45×2t	T3
-33	グリースポンプ単独操作 停止 起動	○	CST3
-34	スラストポンプ 正常 異常	25×45×2t	T12

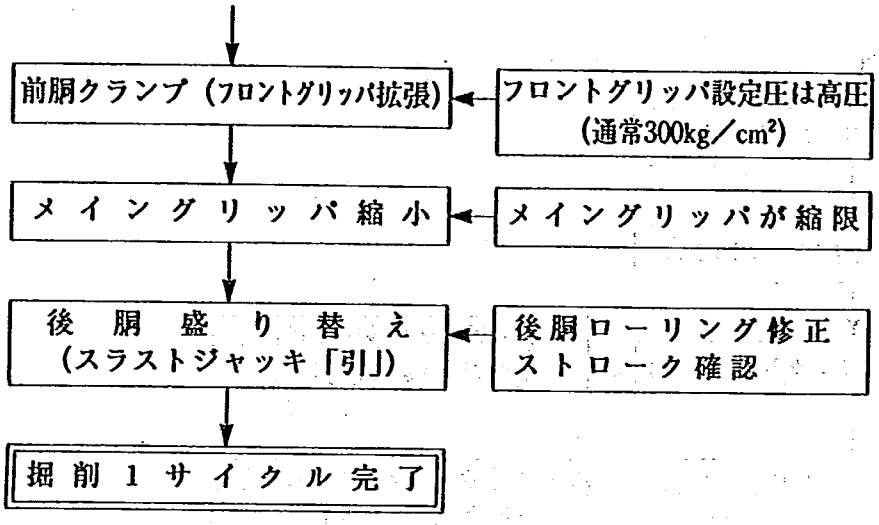
銘板	記入文字	寸法	記号
NP-35	スラストポンプ 連動 単動	25×45×2t	T16
-36	スラストポンプ単独操作 停止 起動	○	CST7
-37	シールドポンプ 正常 異常	25×45×2t	T13
-38	シールドポンプ 連動 単動	〃	T16
-39	シールドポンプ単独操作 停止 起動	○	CST8
-40	グリッパポンプ 正常 異常	25×45×2t	T14
-41	グリッパポンプ 連動 単動	〃	T17
-42	グリッパポンプ単独操作 停止 起動	○	CST9
-43	NO.1ベルトコンベア電源 商用電源 インバータ	○	CST17
-44	NO.1ベルトコンベア 逆転 正転	○	CST20
-45	NO.1ベルトコンベア 連動 単動	25×45×2t	T22
-46	NO.1ベルトコンベア単独操作 停止 起動	○	CST14
-47	NO.2ベルトコンベア 連動 単動	25×45×2t	T23
-48	NO.2ベルトコンベア単独操作 停止 起動	○	CST15
-49	NO.1ベルトコンベア インバータリセット	40×12×2t	PBT2
-50	カッター回転インターロック 入 切	25×45×2t	T11
-51	カッターグリース	〃	T2
-52	ジャッキ選択 スラスト シールド 入 切	50×45×2t	T21 T20
-53	油圧インターロック フロントグリッパ メイングリッパ 入 切	〃	T18 T19
-54	ランプテスト	25×45×2t	T1
-55	(無記入)	〃	T24
-56	チャンバー内モニターカメラ洗浄 水・エアー共 入 切	〃	T25
-57	チャンバー内モニターカメラ洗浄 エアーのみ 入 切	〃	T26
-58	ベルトコンベア運転合図	40×12×2t	PBT3
-59	(無記入)	25×45×2t	T27
-60	設送系圧力・流量調整 入 切	〃	T28
-61	カッター・土砂シール冷却水ポンプ 連動 単動	25×45×2t	T29
-62	カッター・土砂シール冷却水ポンプ単独操作 停止 起動	○	CST21

図－3　ＴＢＭ操作盤の操作器の構成

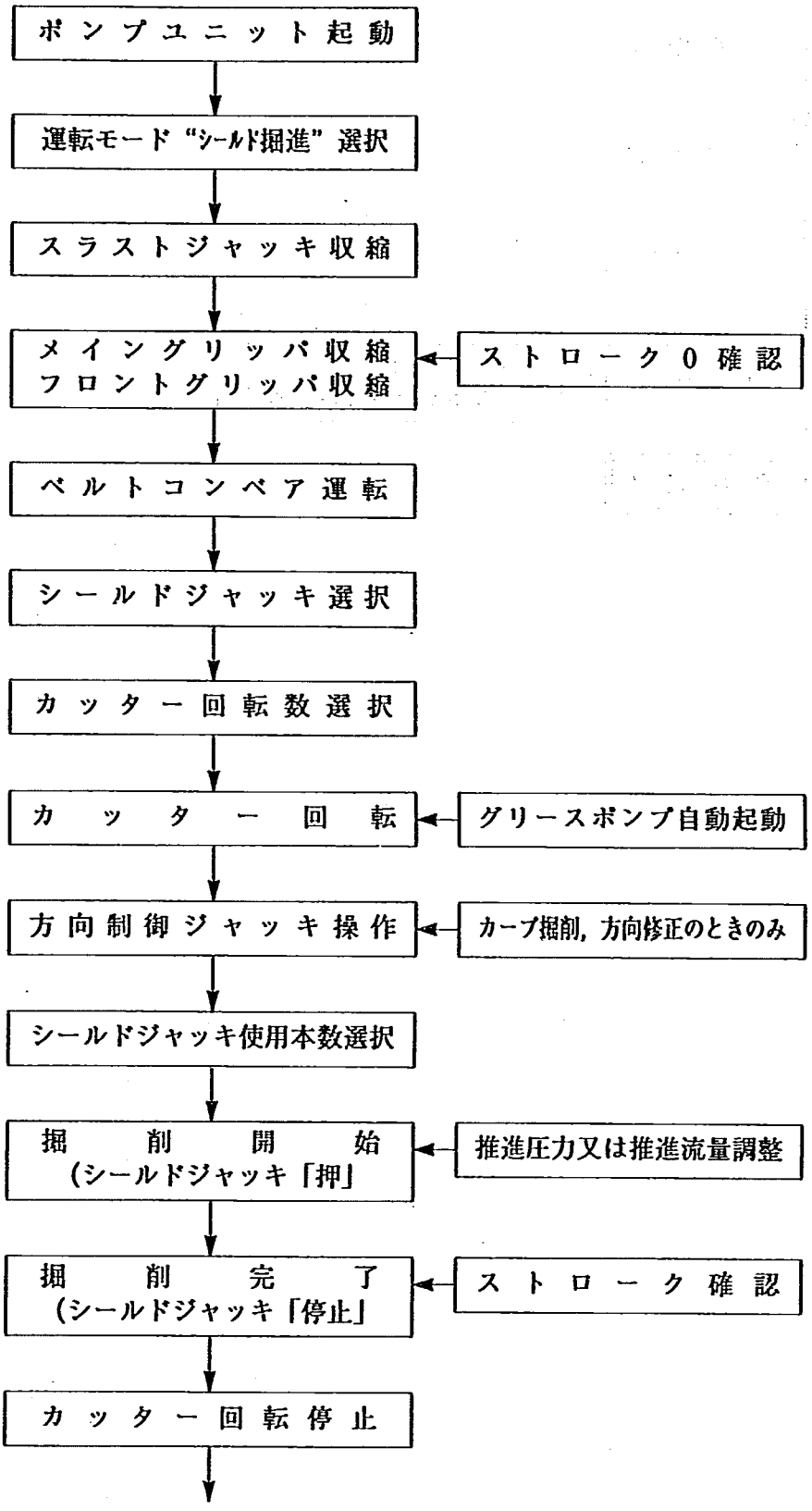
② 操作方法

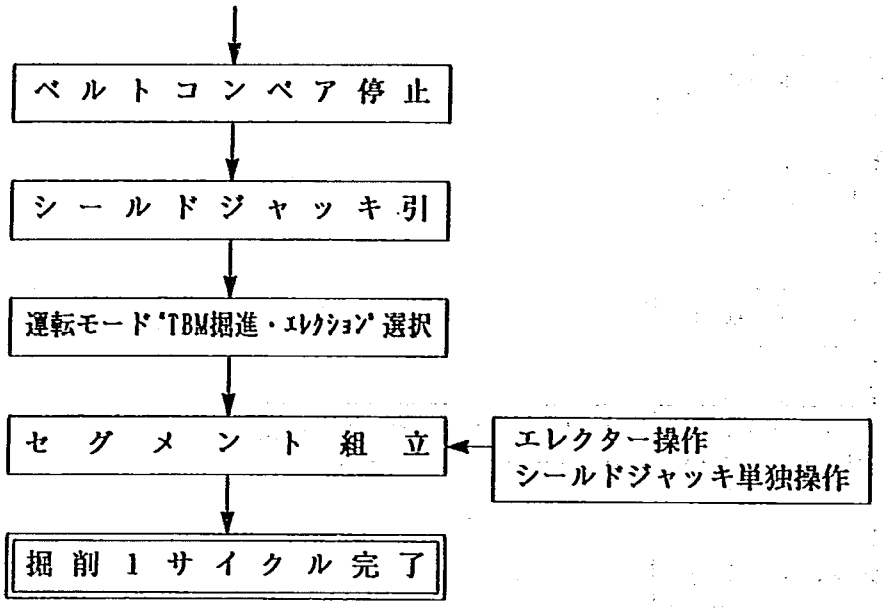
a．ＴＢＭ掘削運転手順




前胴クランプ（フロントグリッパ拡張）
フロントグリッパ設定圧は高圧
（通常300kg／cm²）
メイングリッパ縮小
メイングリッパが縮限
後胴盛り替え
（スラストジャッキ「引」）
後胴ローリング修正
ストローク確認
掘削1サイクル完了

b．シールド掘削運転手順




ベルトコンベア停止
シールドジャッキ引
運転モード'TBM掘進・ｴﾚｸｼｮﾝ'選択
セグメント組立
エレクター操作
シールドジャッキ単独操作
掘削1サイクル完了

c．操作方法

本掘削機はベルトコンベヤが運転されていない時は連動掘削運転操作が出来ないようにインターロック機構を採用している。

操作盤上の「ベルトコンベヤ運転」の赤色ランプが点灯しベルトコンベヤの運転が完全におこなわれている事を確認してから操作を行う。

又、運転中にベルトコンベヤ設備に異常が発生すると「ベルトコンベヤ過負荷」の警報ランプ点滅と共に警報ブザーが鳴り自動的に掘削運転が停止する。

カーブ掘削及び方向修正掘削るを行う場合にはまず「フロントグリッパ」の上部２本を収縮させ前胴を自由の状態にしてから方向制御ジャッキにて前胴を曲進方向に屈曲させ、その後「フロントグリッパ」上部２本を低圧（15～70kg／㎠）にて拡張して前胴を保持する。そしてスラストジャッキ（２本）の片押しにて目的の方向へ掘削する。

(1) 方向制御ジャッキ操作要領

方向制御ジャッキにより前 ⟷ 中胴の屈曲を行う場合には各方向制御ジャッキのストローク表示に注意して方向制御ジャッキNo.１～No.４の「押」・「引」作動により前 ⟷ 中胴を屈曲させる。

方向制御ジャッキの「押」「引」の選択は任意の本数の操作が出来る。

(2) スラストジャッキの操作要領

片押しを行う場合には掘進方向に対して外側のジャッキ２本を選択して推進を行う。スラストジャッキの選択はNo.１～４まで各々単独に行うようになっています。

(3) カーブ掘進時に本体スキンプレートがトンネル壁面に当たって推力が増大するような場合にはスラストジャッキのストロークを短くして盛り換えを小さく繰り返すようにするとカーブ掘進が容易になる。

(4) スラストジャッキによるカーブ掘進運転を行う場合、各スラストジャッキストローク表示に注意して一番先行しているジャッキストロークがストロークエンドになる手前で推進を停止させる。

以後その位置から前胴を50㎜後退させた後、後胴盛替を行う。

③ 現場適用例と問題点

a．適用工事名

道志導水路（早戸工区）新設工事

b．作業内容・作業条件

・オペレータが直接行う作業内容

ＴＢＭ掘進機の運転操作を後続台車運転席より行う。

・オペレータが直接行う判断内容

運転開始と停止の作業、トラブルや異常があった時の押しボタンなどによる停止等。

c．問題点・改善点

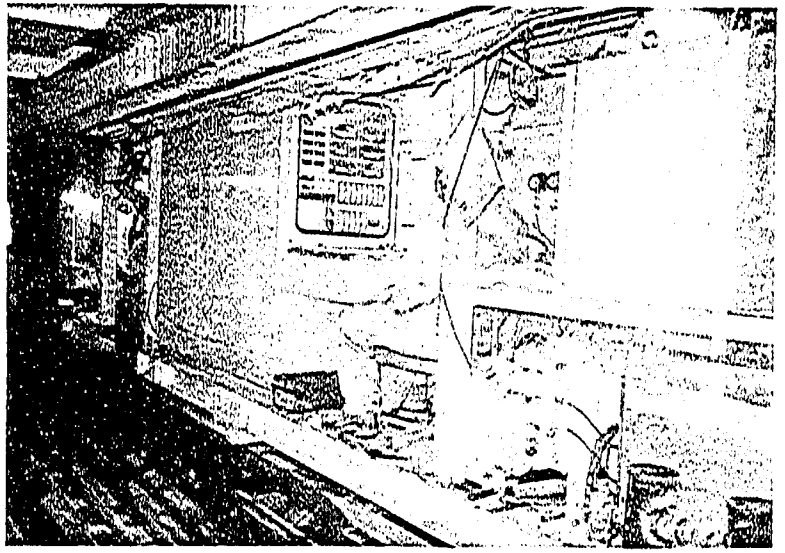
問題点

オペレータが動きなどを見る事が出来ないため、他の作業員に聞くなどするこが多くなった。

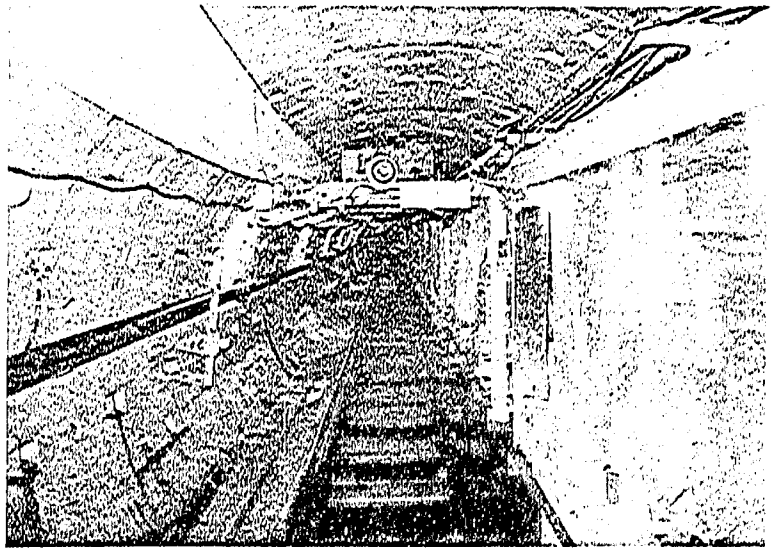
前述の問題を解決するために考えられる対応策

テレビカメラ等モニターを取り付ける事によりある程度は改善される。リレー、コンピュータ等を使用する事により対応可能。

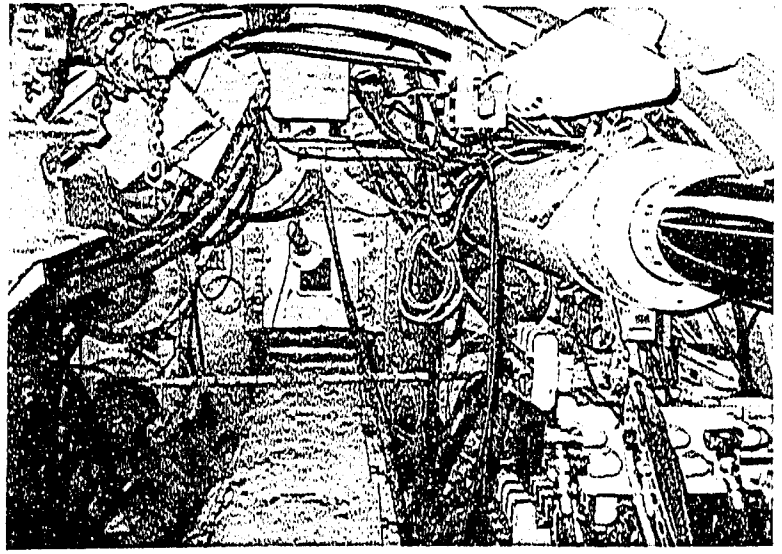
施工状況



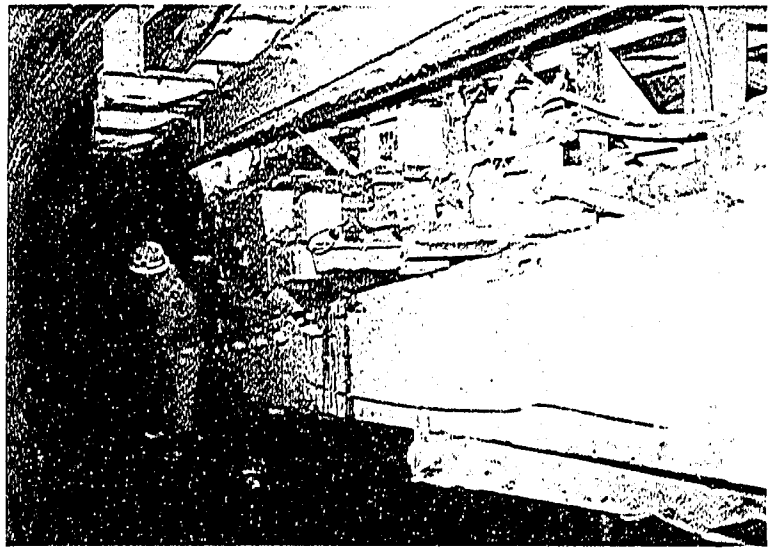
写真－1　T・B・M運転席



写真－2　ベルコンNo.2後部（ずり積口）



写真－3　T・B・M本体内



写真－4　ベルコンNo.1、No.2

7．草　刈　車

機種名：ラジコン草刈車　AMX－5

開発会社：㈱クボタ

① ロボットの機能及び仕様

② 操作方法

③ 現場適用例と問題点

① ロボットの機能及び仕様

a．概略仕様

性　能

(1)	除 草 幅	1.2m
(2)	最大除草法面角度	35度以上
(3)	最高走行速度	4.0km/h以上

主要諸元

(1)	全　　長	2,950mm以下
(2)	全　　幅	1,450mm以下
(3)	全　　高	1,000mm以下
(4)	最低地上高	160mm以上
(5)	トラクタ重量	940kg以下
(6)	作業装置重量	260kg以下
(7)	車両総重量	1,200kg以下
(8)	接 地 圧	0.18kg/cm²以下

機　関

(1)	形　　式	水冷・ディーゼル機関
(2)	定格出力	24ps以上
(3)	最大トルク	8.4kgm以上
(4)	充電発電機	12V－40A以上
(5)	始動方式	12V電動機式
(6)	蓄 電 池	12V－52AH（5時間率）以上×1
(7)	機関許容傾斜角度	
	前後方向（連続運転）	40度以上
	左右方向（連続運転）	40度以上

走行装置

(1)	形　　式	履帯式、左右単独油圧起動
(2)	履帯中心距離	900mm以上
(3)	接地長さ	1,000mm以上
(4)	履　　帯	
	形　　式	エンドレスゴム履帯
	幅	300mm以上

(5) 起動輪

形　　式	スプロケット式
外径×内径－数量	290㎜×19枚－２個

(6) 遊道輪

形　　式	凸型転輪形
外径×幅－数量	242㎜×18㎜－２個
張力調整形式	グリスアップ式

作業装置

(1) 形　　式	ハンマーナイフ式
(2) 駆動方式	油圧式
(3) 昇降方式	油圧式
(4) カッタ外径	400㎜以上
(5) ナイフ数量	70個以上
(6) カッタ回転速度	2,300rpm以上

油圧装置

(1) 油圧ポンプ（走行用）

形　　式	可変容量形プランジャ式
吐 出 量	38ℓ／分以上
数　　量	２個

(2) 油圧ポンプ（カッタ駆動用）

形　　式	歯車式
吐 出 量	52ℓ／分以上
数　　量	１個

(3) 油圧ポンプ（カッタ昇降用、チャージング用）

形　　式	歯車式
吐 出 量	16ℓ／分以上
数　　量	１個

(4) 油圧モータ（走行用）

形　　式	減速機付定容量形プランジャ式
流　　量	10cc／rev以上
出力トルク	110kgm以上
数　　量	２個

(5) 油圧モータ（カッタ駆動）

形　　式	定容量形プランジャ式
流　　量	30cc／rev以上

出力トルク　　10kgm以上
数　　量　　1個

(6) 油圧シリンダ（カッタ昇降用）
形　　式　　単動式
内径×行程　　65mm×75mm以上
数　　量　　1個

(7) 操 作 弁（カッタ駆動用）
形　　式　　電磁操作スプール式
作動位置　　上、中立、下の3位置
数　　量　　1個

運転装置

(1) 形　　式　　無線操縦式（有線操作可能形）

(2) 操作項目（無線操縦）
①走行スティック
②ステアリングスティック
③ステアリングモードスティック
④車速設定ボリューム
⑤ＰＴＯスイッチ（正転、停止、逆転）
⑥作業機スイッチ（上昇、停止、下降）
⑦作業機操作モードスイッチ（自動）
⑧作業機高さ設定ボリューム
⑨エンジン停止スイッチ

（有線操縦）
①走行スイッチ左（前進、後進）
②走行スイッチ右（前進、後進）
③車速切替スイッチ（高速、低速）
④作業機スイッチ（上昇、停止、下降）
⑤エンジン停止スイッチ

(3) レバー・スイッチ類
アクセルレバー　　1
無線有線切替スイッチ　　1

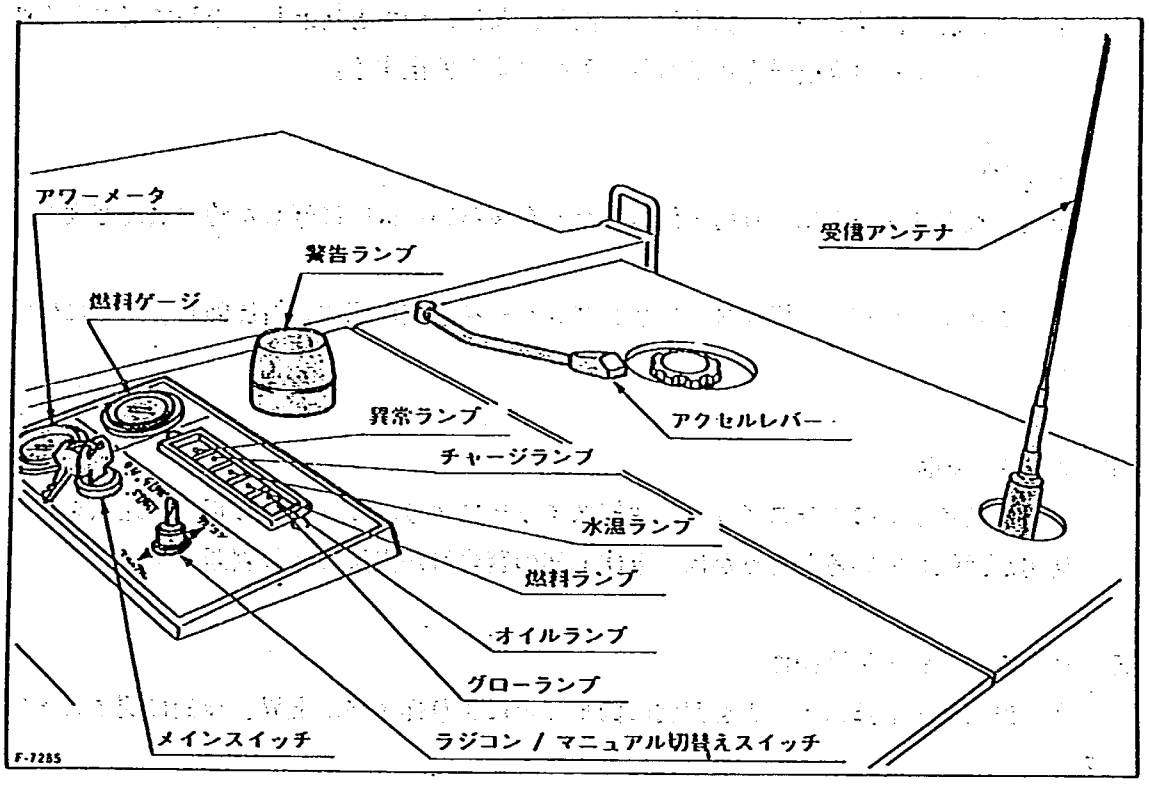
(4) 計 器 類
燃 料 計　　1
アワメータ　　1
モニターランプ　　1式
警 告 灯　　1

集草装置

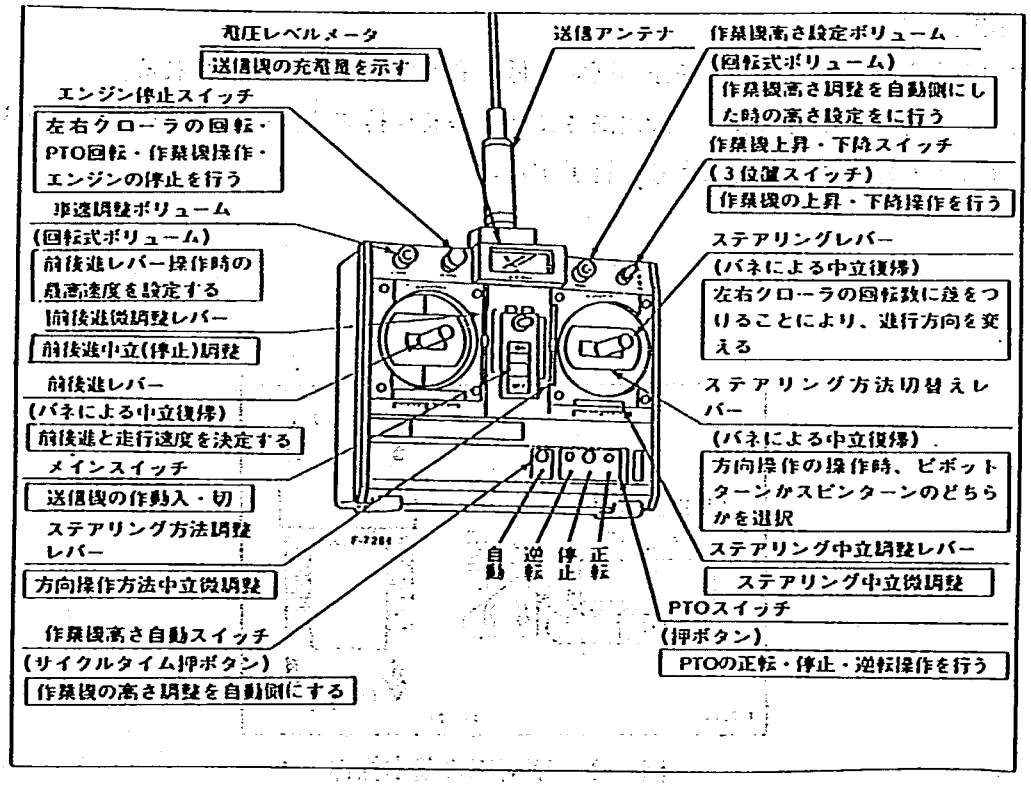
(1)	形　　式	レーキ式
(2)	性　　能	
	集 草 幅	1.6 m
	最大集草法面角度	35度
	適応出力	9～25ps
	装着方式	3点リンク直装式
	最高作業速度	6.0 km/h
(3)	主要諸元	
	全　　長	1,300㎜以下
	全　　幅	1,785㎜～3,215㎜
	全　　高	1,020㎜以下
	装着重量	150kg以下
(4)	作業装置	
	形　　式	タイン式
	駆動方式	油圧式
	タイン数量	18本
(5)	油圧装置	
	油圧モータ形式	オービットモータ式
	吐 出 量	78cc/rev
	最高回転数	650rpm
	最大トルク	20kgm
	数　　量	1

b．操作機器及び表示機器の機能

ロボット本体と無線操縦器について、操作表示機器の構成とその機能を図－１及び図－２に示す。



図－１　ロボット本体の操作・表示機器の構成



図－２　無線操縦器の構成

② 操作方法

(1) 前・後進レバーの操作

車速は、前・後進レバーを倒す量に比例し、前側に倒すと前進し、後側に倒すと後進する。レバーはバネによる中立復帰方式であり、手を離すと停止する。

(2) 車速調整

車速調整ボリュームにより前・後進レバーを後ろいっぱいに倒した時の最高速度を設定する。

(3) ステアリングレバーの操作ステアリングレバーを右側に倒すと右旋回し、左側に倒すと左旋回する。

(4) カッターの回転

ＰＴＯスイッチの正転スイッチ、逆転スイッチにより、カッターの正転・逆転を行う。

切刃が回転しているかどうかは、車体上部の警告灯が点滅により判断できる。

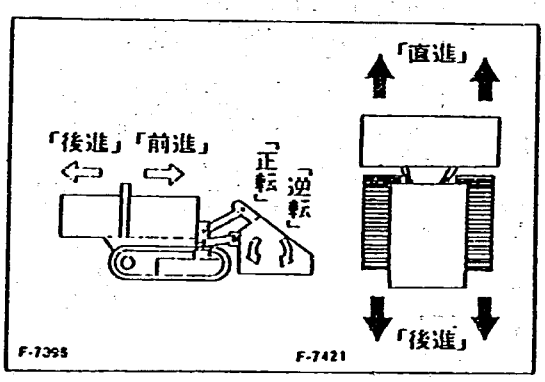
(5) 作業機の上昇・下降操作

作業機上昇・下降スイッチを前側に倒すことにより作業機が上昇、後側に倒すことにより下降する。

(6) 作業機の自動高さ設定

作業機高さ設定ボリュームを左へ回すと低く右を回すと高く設定される。

スイッチを押すことにより、設定高さに作業機を保持する。自動高さ設定は、作業機上昇・下降スイッチを操作することにより、終了する。



図－3　草刈車の基本操作

③ 現場適用例と問題点

a．適用工事名

平成６年度吉野川右岸堤防維持第３工事

b．作業内容・作業条件

・河川堤防維持工事に伴う、草刈作業に使用する。

・作業時期は、初夏～秋にかけて２回使用する。

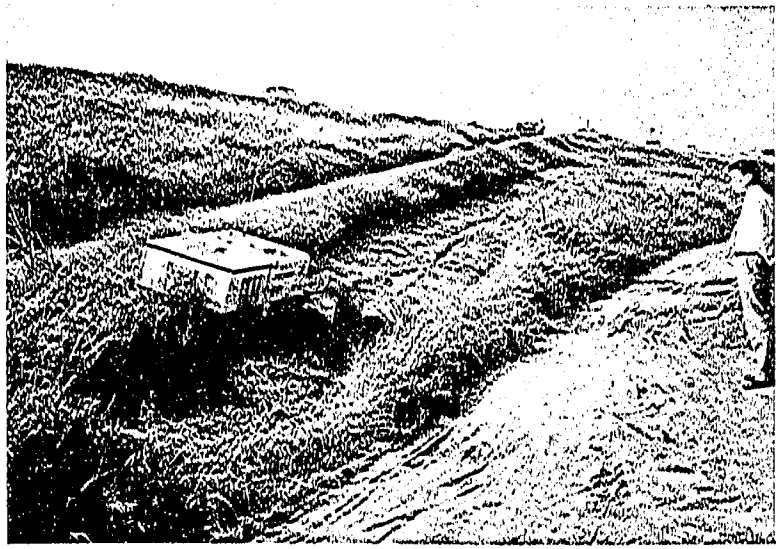
作業条件

・使用箇所は、１割９分以上（28度未満）の勾配である。

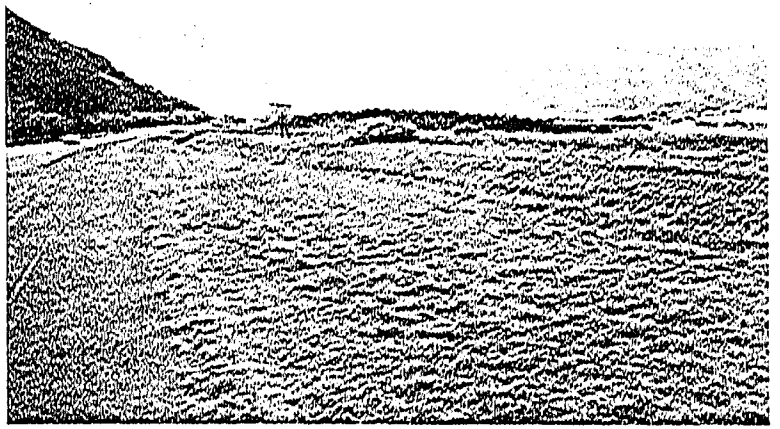
c．問題点・改善点

1. 作業機高さ自動設定のままで使用すると、地面の凹凸により、刈り高さにむら及び右等の飛散が生じるため、機械の例について作業機昇降スイッチを操作して対応している。現状では、高さ自動調整は解除可能であるが、昇降用シリンダーの油圧フリーは出来ない状態である。よって、カッター部にガイドローラを取付：油圧フリーとすることで法面上の凹凸に追従できるようにしてはどうか。
2. 正転の場合、刈刃が堤防法肩の上石をえぐると飛石となり、現状逆転をして作業を行っている。石等の飛散対策を検討する必要がある。
3. 操作上に関しては、カッター部が重く感じられる程度であり、操作は容易である。

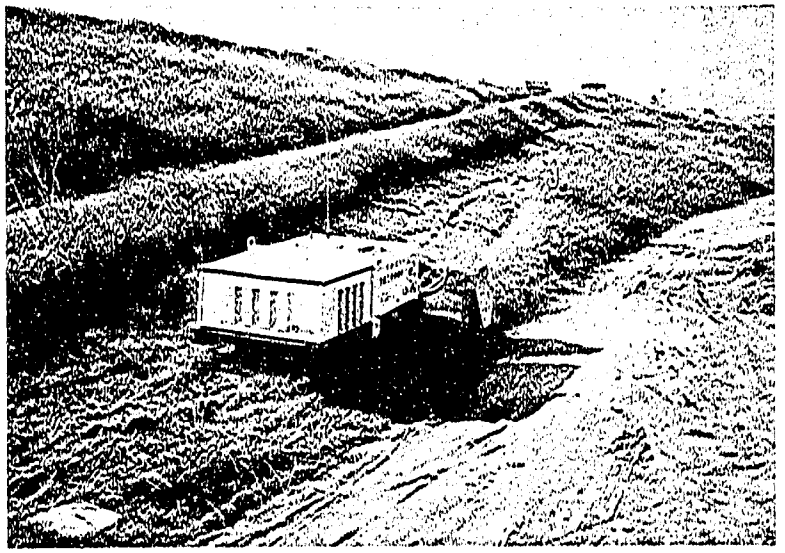
施工状況



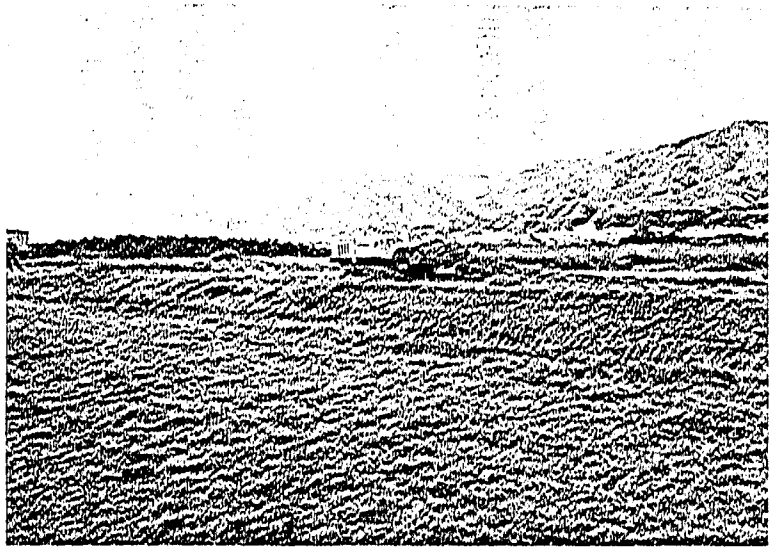
写真－1



写真－2



写真－3



写真－4

Ⅲ. 調査機種における問題点及び改善点の検討

1. 水中排砂ロボット

この操作方式の特徴はロボットを直接操作する無線操縦者と制御盤を監視し無視操縦者に状況を伝える制御盤監視者及び排砂ポンプからの排泥水の濃度・流量を無線掃除を者に伝える吐出側監視者により情報のやりとりを行いながら作業を進めることである。ロボット操縦者の携帯する無線操縦器は操作機能のみか無く、直接入手できる情報は作業を観察することであり、また制御盤監視者はロボットの状態監視を行い、直接操縦することは無い。

ヒアリング結果等からは、堆積する土砂の性質等によって集砂スクリューの回転停止や走行不能等、ロボットの機構・機能上の問題に起因したオペレータの操作を妨げる要因が多々あると類推できるが、それを未然に防ぐ、または適切に対処するためには、ロボットのハード面の改良とともに作業時の人と人の役割分担について検討が必要と考えられる。

2. 水中捨石ならし機

本機は海底での作業に使用するため、操作者は機械の状態、地形等の作業環境を直接確認することは出来ず、各種計測機からの情報を基に操作しなければならない。この様な場合、センシングしたデータをどのように加工しオペレータに提示するかが重要である。

ヒアリング結果には、情報の読みとりに改善が必要との指摘があり、オペレータにとってより直感的な情報の提示方法の検討が必要と考えられる。

3. コンクリート床仕上げロボット

本機は回転式の機械ゴテが採用されており、コンクリート上を回転ゴテで仕上げながら走行するものであり、無線または有線により遠隔で操作するものである。

ヒアリング結果からは、ロボットに接続する電源ケーブルが作業に不便であることが指摘されており、作業の効率を向上させるためには、運用方法・作業方法を考慮したシステムの検討が必要と考えられる。

4. 水中テレビロボット

水機は水中カメラを搭載したビークルを地上から遠隔操作するものであり、ロボットの移動機構、姿勢制御、水中での視認方法が操作性に重要となる。

ヒアリング結果から、広範囲の操作を行う場合の位置確認やロボットの姿勢保持の難しさが指摘されており、今後、ロボットの姿勢制御方法や位置のモニタリング方法の検討によって、操作性の向上が可能と思われる。

5. 遠隔操作式油圧ショベル

汎用建設機械の遠隔操作においては、これまでオペレータが行ってきた操作をどこまで機械に委ねるか、またオペレータに伝達すべき情報と伝達方法についての検討が必要である。遠隔操作化によってオペレータの作業時の安全確保が可能となるものの、その反面、オペレータは操作に必要な情報を

直接入手できなくなるので、提示する情報の量・方法等によって操作性が左右される。これを補完するためには、マンマシンインターフェースすなわち人と機械の情報のやりとりの仕方が重要であるとともに、人と機械の役割分担、すなわち単純な繰り返し作業の自動化、また機械と機械すなわち油圧ショベル、ブルドーザ、ダンプ等の遠隔操作に合った作業配置・分担を検討する必要がある。

ヒアリング結果によると、より臨場感のある操作環境の実現が望まれているが、立体映像による目の疲れなど生理的疲労も指摘されており、今後これらの問題について更なる検討が必要と思われる。

6. ＴＢＭ掘進機

本調査によるとオペレータはスラストジャッキ、グリッパ等の圧力や油量、カッタヘッドの電流値等から判断してステアリング操作等を行っているが、より操作に直感的な情報の提示によって施工性の向上が可能になると考えられる。

ヒアリング結果からも、オペレータは直接に機械の動きをみることが出来ないため他の作業員に話を聞くことが多くなったとの指摘がなされているように、オペレータへの情報提示方法・内容等について検討が必要と考えられる。

Ⅳ. ま と め

今回の調査結果から共通していえることは、ロボットの機能上の問題とともに、遠隔操作にとって最も重要なマン－マシンインターフェースの問題が存在していることである。

これらの問題点をまとめると以下の通りである。

(1) 人と機械の役割分担

施工現場の無人化を考える際、単純な繰り返し作業は自動化した機械に任せることが望ましい。また、今後情報処理技術の発展等によって、より複雑な作業でも自動化が可能になることが考えられる。

現状の技術で施工効率の向上や信頼性・周囲の安全性の確保を踏まえてどこまで機械により自動化するか検討することが重要である。

(2) 人と人の役割分担

複雑なシステムになると一人のオペレータが全ての機械を管理、操作することは人間の生理的能力から言ってもシステム運用の信頼性低下は避けられない。建設現場における無人化施工においても複数のオペレータによるシステム運用が考えられるが、人と人との役割分担を考えることは重要であり、また、それぞれがコミュニケーションをいかにとって効率よく作業を進めるかが重要な課題となる。

(3) 人と機械の情報伝達方法

一般に建設機械による施工では、目標となる最終出来形をもとにそれを達成するための作業手順・計画を立て、操作中は機械の状態、作業対象、周囲の環境等を認識しながら判断・操作を行っている。このような作業を遠隔で行うためにはオペレータが適切に判断・操作できるだけの情報を適切な表示方法、タイミングでオペレータに対して提示することが必要である。そのような面からマン－マシンインターフェースを検討することが必要である。

おわりに

今後、本格的な自動化機械・建設ロボットの普及のためには、建設事業者の当初の導入目的を達するだけの能力・機能を有することはもちろんのこと、施工方法や操作方法についても施工性・安全性の面から十分な検討がなされることが必要である。本調査においては、既存の自動化建設機械・建設ロボットの機能・仕様及び操作方法について調査を行い、各調査対象機種についてとりまとめを行った。

なお、本報告書は、機種の選定、資料収集及び適用現場へのヒアリング等、各地方建設局の調査結果をとりまとめたものであり、関係各位に厚く御礼申し上げます。

建設ロボットの現状調査報告（その２）
－遠隔操作式建設機械の機能・仕様に関する実態調査－

平成６年度調査担当者名簿

所属	官職	氏名
東北地方建設局道路部機械課	課長補佐 業務第二係長	山田　一彦 山尾　昭
東北地方建設局北上川下流工事事務所機械課	課長 整備係長 技官	葛西　堯 平　義則 中島　朋也
関東地方建設局道路部機械課	課長補佐 業務第一係長 開発調査係長	佐々木　敏彦 佐々木　喜八 荒井　猛
関東地方建設局宮ヶ瀬ダム工事事務所機械課	機械係長	氣田　優治
北陸地方建設局道路部機械課	課長補佐 業務第一係長	三日月　晋一 上杉　修二
中部地方建設局道路部機械課	課長補佐 整備係長	五嶋　政美 粟野　哲郎
中部地方建設局木曽川下流工事事務所機械課	課長 業務係長	永江　豊 桜田　明彦
中国地方建設局道路部機械課	課長補佐 整備係長 技官	片岡　孝次 山根　圭太郎 仲田　忍
中国地方建設局温井ダム工事事務所機械課	課長 機械係長 技官	清水　芳郎 大西　隆弘 野口　道明
四国地方建設局道路部機械課	課長補佐 整備係長 技官	尾崎　宏一 宮本　正司 宇田　浩
四国地方建設局技術事務所機械課	課長 機械調査係長	岩澤　委式 泉川　暢宏
九州地方建設局道路部機械課	課長補佐 業務第一係長 技官	村上　輝久 永溝　茂 坂口　誠
九州地方建設局技術事務所機械課	課長 機械調査係長 技官	篠原　眞 鴇　治幸 三浦　成治
土木研究所機械研究室	室長 主任研究員 技官	吉田　正 石松　豊 三村　茂男

建設ロボットの現状調査報告
（その２）
－遠隔操作式建設機械の機能・
仕様に関する実態調査－

ISSN　0386－5878
土木研究所資料第3365号
平成７年６月（1995）
機械研究室
吉田　正・石松　豊・三村茂男

要　旨
現在、建設産業では、施工の自動化・無人化を目的として建設機械のロボット化が進められ、一部の工種においては建設ロボットの普及が進みつつある。これまでに開発されている建設ロボットは、遠隔で操作するものが殆どであるが、このような遠隔操作方式では、オペレータが作業中の機械の状態を把握することが難しく、操作の困難やそれに付随する施工品質の低下さらに周囲の安全性の確保等の問題を抱えている。本報告書は、既存の遠隔操作式建設機械を用いた作業手順・操作方法を調査するとともに導入現場へのヒアリング調査を実施し、問題点・改善点について検討した結果である。

キーワード：遠隔操作式建設機械、操作性、マン・マシンインターフェース

○

郵便はがき

切手をはって下さい。

3 0 5 －□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
機械研究室　行

No.　30

No.　30

配布先氏名　　○

配布先住所

土木研究所資料第3365号

部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　㊞

土木研究所資料第3365号

○　建設ロボットの現状調査報告（その２）