

ISSN 0386—5878

土研資料第1646号

土木研究所資料

水中ボーリング機の開発と適用性

昭和56年 3 月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright © (1980) Fiscal year 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 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、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

東京湾岸道路、大阪湾岸道路、伊勢湾岸道路などの大規模特殊事業計画地において、毎年多数の調査用海上ボーリングが実施されている。これらの海上ボーリングは、これまでやぐら型足場、円筒式足場、海上作業台（SEP）を用いて実施している。そのため、やぐらの安定性や船舶航行への支障などの問題が生じている。そこで土木研究所では、海底設置型のボーリング機を製作し、陸上および海上において実用化試験を行なったので、その結果を報告する。

昭和56年3月

建設省土木研究所地質化学部

地質研究室 室長 菅原 捷

研究員 中村 康夫

佐々木 審

国土開発技術研究センター
(前地質研究室主任研究員)

参事 桑原 啓三

目 次

ま え が き

1. 水中ボーリング機の概要	1
1.1 構成	1
1.2 仕様	1
1.3 特徴	3
2. 主要部の詳細	4
2.1 本体	4
2.2 遠隔制御装置	6
2.3 中継ケーブル	9
3. 運転マニュアル	10
3.1 制御装置制御盤の計器	10
3.2 制御盤操作	11
3.3 機械操作	13
4. 本体の作動特性	24
4.1 自由度タイム	24
4.2 作業工程タイム	29
5. 現地実験	31
5.1 陸上実験	31
5.2 海上実験	32
6. 掘削条件と地盤状況の関連	45
6.1 給圧と掘進率の関係	45
6.2 給圧と回転トルクの関係	45
6.3 回転トルクと掘進率の関係	46
6.4 N値と給圧の関係	46
あ と が き	48

1. 水中ボーリング機の概要

1.1 構成

水中ボーリング機は人間が行なう作業をすべて行なうため、陸上機器にない種々の装置が装備されている。表-1に水中ボーリング機の主要構成(図-1参照)を示すが、レッグ装置は海底地盤に着座するための装置で、海底地形最大傾度 10° まで補正できるようになっており、接地圧は水中で約 0.14 kg/cm^2 なる大きさを有している。ドリリングサンプリング装置は、陸上機器のボーリングマシンに相当する部分であるが、回転機構はターンテーブル型、サンブラはデニソン型ワイヤライン式サンブラである。ドリリングパイプ・サンブラ格納装置(スタッカ装置)はドリリングに必要なロッドおよびサンブラを格納しておくものである。マニピュレータ装置はロボットの1種で、人間の手の役目をするものであり、ロッドやサンブラの移送等を行なうものである。油圧ユニット装置は上記各装置の作動を行なうための油圧源である(写真1)。

制御装置(写真2)は水中下にあるボーリング機本体の操作を行なうもので、操作盤、操作のモニター用としてグラフィック表示モニター盤、警報装置等を具備している。アーマードケーブルは操作盤と本体とを結ぶ電力・通信用ケーブルである。

表-1 水中ボーリング機主要構成

主要構成	
a)	レッグ装置
b)	ドリリング・サンプリング装置
c)	ドリリングパイプ・サンブラ格納装置
d)	マニピュレータ装置
e)	油圧ユニット装置
f)	制御装置
g)	アーマードケーブル

1.2 仕様

水中ボーリング機の使用条件および主な仕様はつぎのとおりである。

1) 使用条件

稼動潮流	最大2ノット
海底地形	最大傾斜 10°
稼動水深	最大100m

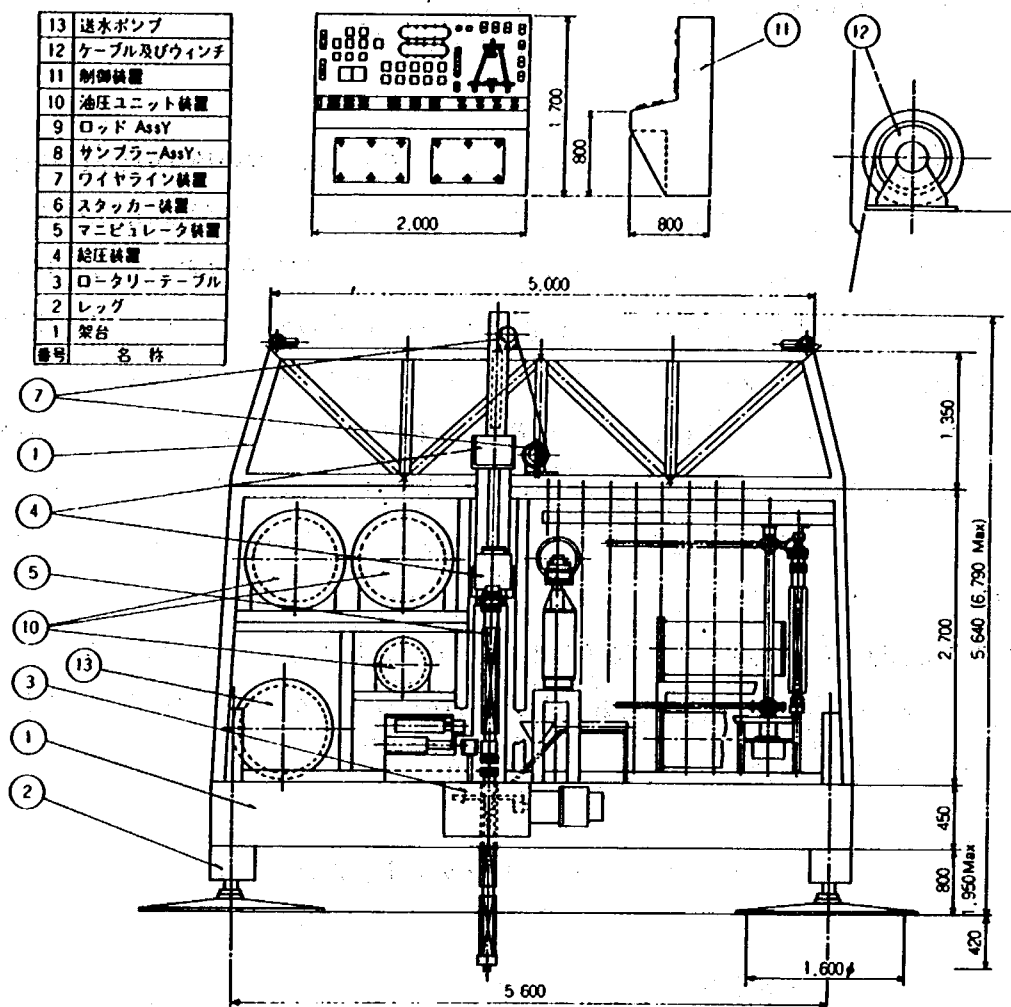


図-1 水中ボーリング機正面図

掘削深度 最大30 m
 接地圧 0.14 kg/cm^2 以下 (水中)
 対象土質 粘性土・砂質土

2) 装置仕様

駆動方式 油圧駆動方式
 掘削方式 ターンテーブル型ロータリ式
 サンプラ ワイヤライン式コアサンプラ, 内径 64mm, 長さ 1.5m, カuttingエッジとビットのクリアランス 0 ~ 50mm
 ドリリングパイプ ケリー兼用特殊六角ロッド, 短径 115mm, 長径 130mm, 長さ 1.5m
 給 圧 油圧シリンダ方式, 押込力 4 ton, 引抜力 4 ton
 回転トルク 最大 150kg-m
 回転数 5, 30, 60rpm
 マニピュレータ取扱重量 最大 100kg

送水ポンプ 最高圧力 20 kg/cm^2 、送水量 62 l/min ($20, 40, 60\text{ l/min}$)

ワイヤライン 巻揚力 $1,000\text{ kg}$ 、ロープ速度 5 m/min

電 源 AC 200 V/60Hz

1.3 特徴

水中ボーリング機はボーリング機本体が水中に没し、遠隔操作となるために通常のボーリング機と比較すると多くの特徴がある。第1にサンプラをワイヤライン式コアバレルにしたことである。一般に土木用に用いられているボーリング機では、サンプラをロッドの先端に固定してサンプリングしている。しかし、本機の場合ボーリング作業時間を短くすること、泥水掘りではなく清水掘りのためドリリングパイプを上げると孔壁崩壊を起こす可能性が高いこと等からワイヤライン式サンプラとした。

第2に、一般のボーリング機の回転方式はスピンドル型ロータリ式であるが、水中ボーリング機ではスイベル部の構造を簡単にし、大きな回転力を得、さらに機械の重心をできるだけ下げるためターンテーブル型ロータリ式とした。

第3に、ターンテーブル型ロータリ式の場合、テーブルの回転をロッドに伝えるためにケリーと呼ばれる回転伝達装置があるが、ロッドを自動的に継ぐためにケリーをおくと操作が極めて繁雑になり、また機械高が高くなるため、ドリリングパイプにケリー兼用の特殊六角ロッドを採用している。また同一深度においてもロッド、サンプラの継足・回収時間を短くするためにロッド長およびサンプラ長を 1.5 m にしている。

第4に、ボーリング機本体を遠隔制御する制御装置は、制御した結果を確認するためにグラフィック表示を行なっている。すなわち、操作ボタンにより本体を作動させると、その作動が確実に完了するとグラフィック表示盤にランプが点灯する。もしランプが点灯しない場合は作動が確実に行なわれなかったか、あるいは、誤動作したと判断でき、次のステップに移行しないシステムとなっている。

第5に、前述のように、本機的全操作は遠隔制御のため、ロボット機構の位置の制御、給圧、回転数、送水圧などの計測・制御項目が約 170 項目ある。この計測制御をすべて個々のラインで結ぶと膨大な芯数となるので、有線テレメータ方式を採用し、芯数の削減を図っている。

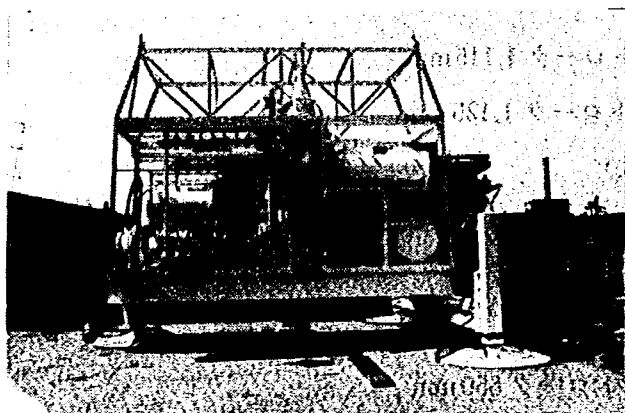


写真1 水中ボーリング機本体

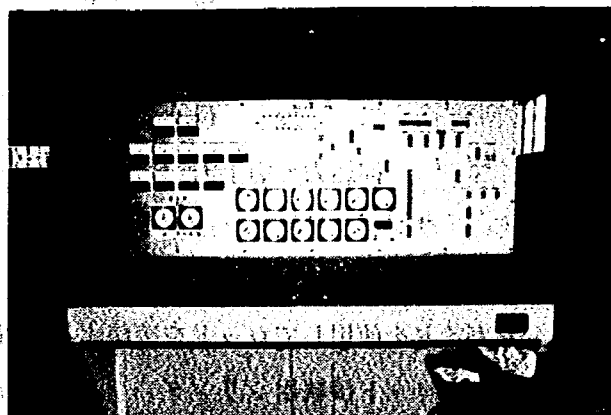


写真2 遠隔制御装置

2. 主要部の詳細

2.1 本体

2.1.1 架台部

給圧装置、ロータリテーブル、スタッカ装置、油圧ユニット装置等主要機器が設置され、それらの重量に充分耐えられる強度をもたせるため形鋼が使用されている。

2.1.2 作動部

1) レッグ

本体を支えるものであり、正三角形配置の三脚よりなる。また各脚は油圧シリンダが設置されており、遠隔操作を行ない本体の傾斜角を修正することができる。なお各脚の接地圧力は陸上で $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 未満(水中で $0.14\text{kg}/\text{cm}^2$ 未満)である。

接 地 盤 : $\phi 2,000\text{mm}$

油圧シリンダ : $\phi 150\text{mm}$, ストローク $1,500\text{mm}$

調 整 角 度 : 10°

2) ロータリテーブル

掘削ロッドを回転する装置で油圧モータ、テーブル、ロッド固定装置等が組込まれた構造になっている。なお、回転数は手動で3段階に変速できる。

テーブル回転トルク : $150\text{kg}\cdot\text{m}$ (最大)

テーブル回転数 : 5, 30, 60rpm

ロッド固定シリンダ : $\phi 40\text{mm}$, ストローク 35mm

ロッド 掴 み 部 : 長径 130mm $\times$ 短径 115mm $\times$ 高さ 330mm (六角形状)

3) 給圧装置

掘削ロッドの下降や上昇に用いる装置であり、テレスコープ式油圧シリンダで駆動する構造になっている。ヘッド部にはスイベルチャック、止水弁、サンブラチャック等を具備している。

テレスコープシリンダ

本 数 : 2本

一 段 目 : $\phi 135\text{mm}$ ストローク $1,115\text{mm}$

二 段 目 : $\phi 100\text{mm}$ ストローク $1,125\text{mm}$

押込力・引上力 : $4,000\text{kg}$ (最大)

サンブラチャック用シリンダ : $\phi 40\text{mm}$, ストローク 65mm

4) ねじ接続装置

ロッドガイドを使用してロッドを接続する装置である。

ロッド接続用シリンダ : $\phi 80\text{mm}$ ストローク 550mm

ロッドガイド開度幅 : 50mm (最大)

5) マニピュレータ装置

ロッドおよびサンブラをスタッカよりボーリング芯に、またはボーリング芯よりスタッカへと移動させる装置である。マニピュレータの自由度は上昇・下降、前進・後退、開（解放）・閉（掴み）、右旋回・左旋回であり、それぞれの駆動はトルクモータや油圧シリンダで行なう構造になっている。

移動耐荷重：100kg（最大）

上昇・下降ストローク：50mm

前進・後退ストローク：150mm

旋回度：ボーリング中心より $\pm 90^\circ$

掴み部開度幅：125mm

6) スタッカ装置

サンブラおよびロッドをそれぞれ区別して収納するための格納装置である。フレーム保持装置、駆動部等から構成されており、前者でロッドおよびサンブラを垂直に支え、フレームに支えられた上を後者で回転し移動させる。なお回転は正転・逆転とも可能である。

収納本数：サンブラおよびロッド各20本

7) ワイヤライン装置

サンプリング終了後、サンブラをスタッカに収納するため掘削位置から定位置まで引き上げる装置で、巻揚ウィンチ、シーブ、オーバショットおよびケーブル等から構成されている。また、潮流等によりオーバショットがドリル芯よりずれるのを防止するロッドガイド、オーバショットの停止位置からの深度を測定する装置、ワイヤの吊上荷重を測定するロードセル等を具備している。

巻上力：1,000kg（最大）

巻上（巻下）速度：5m/min

ワイヤケーブル： $\phi 5\text{mm} \times 50\text{m}$

8) サンブラ

サンプルを採取するチューブであり、スベアヘッドを持つワイヤライン式デニソン型コアサンブラである。ロッドの回転によってライナが回転しない構造になっており、カッティングエッジは交換可能である。

試料径：64mm

試料長：1.5m

なお、砂質土の採取率を向上させるため改造したコアサンブラはボールバルブとライナにばねを取付け気密性を強化すると共に、掘削地盤の固さによってカッティングエッジの突出量が自動的に調整される構造になっている。

試料径：64mm

試料長：1.0m

9) ロッド

給圧力とロータリテーブルの回転を先端のビットに伝達するとともに送水管の役割を果たすもので、六

角ステム方式としロッド継足のための特殊ねじ継手を備えた構造となっている。

ロッド寸法 : 長径 130 mm × 短径 115 mm × 1,600 mm

ロッド重量 : 約 40 kg/本

10) 送水ポンプ

ビット先端のスライム等を孔外へ排出し、回転によるロッドおよびビットの摩擦熱を低減させる役目を果たす。また、本体を海底から引き上げる時は、レグベース接地面に圧力水（浮上水）を送水し、引き上げによる負圧の発生を抑制することができる機能を有している。送水管の末端に近い部分に流量測定ユニットを設けて、実吐出量を測定している。

2.1.3 油圧部

油圧ユニットは下部のタンクおよび上部の電動機、ポンプ、各種バルブ類等から構成され、水深100mの水圧に耐える鋼管カプセル内に収納されている。

1) ロータリテーブル用ユニット

電動機 : 11 kw, AC 200 V

油圧ポンプ : 37 ℓ/min, 140 kg/cm²

2) 昇降シリンダ用ユニット

電動機 : 3.7 kw, AC 200 V

油圧ポンプ : 30 ℓ/min, 70 kg/cm²

3) レグユニット

電動機 : 2.2 kw, AC 200 V

油圧ポンプ : 9.5 ℓ/min, 70 kg/cm²

4) バルブユニット

電動機 : 2.2 kw, AC 200 V

油圧ポンプ : 9.5 ℓ/min, 70 kg/cm²

5) ワイヤラインユニット

電動機 : 2.2 kw, AC 200 V

油圧ポンプ : 18 ℓ/min, 70 kg/cm²

各ユニットとも、圧力と油温を検出し操作盤上に表示できる構造になっている。

2.1.4 制御部

水中の底置掘削部全体の作動状況を電気信号におきかえ、遠隔制御装置に送信するもので、位置検出（3章参照）の近接スイッチ、これらの中継しているコネクタボックス、カプセル内に収納されたテレメータ等から構成されている。

2.2 遠隔制御装置

水中の底置掘削部全体の作動状況を制御する装置であり、作動状況を操作盤上にグラフィック表示する

とともに、給圧、トルク等の各種測定値をメータ類に表示することができる。制御は給圧ダイヤルによる連続可変制御（0～4,000 kg）の他は全て押ボタン式である。計測（アナログ）は専用ケーブルを使用し、制御は有線テレメータ送受信方式を採用している。また、異常時にはその状況を操作盤に表示し、警報ブザーを発することができる。

2.2.1 制御項目

1) モータ 1

ロータリテーブル回転（正転・逆転）

ロータリテーブル回転数（5・30・60rpm）

2) モータ 2

昇降シリンダ動作（上昇・下降，S1・S2・S3・S4・S5・S6）

昇降シリンダ給圧（0～4,000 kg）

3) モータ 3

レグ（X, Y, Z）調整（上昇・下降）

4) モータ 4

マニピュレータ動作（上昇・下降，前進・後退，旋回，攔み・解放）

ねじ接続装置動作（前進・後退，締・弛）

ロッドガイド動作（開・閉）

ヘッドチャック動作（開・閉）

サンブラチャック動作（開・閉）

ロッドチャック動作（開・閉）

止水弁動作（開・閉）

サンプラスチック回転（正転・逆転）

ロッドスタッカ回転（正転・逆転）

サンプラスチック位置

ロッドスタッカ位置

5) モータ 5

浮上水動作

6) モータ 6

ワインライン動作（上昇・下降，S7・S8・S9）

2.2.2 計測項目（アナログ）

1) モータ 1

ロータリテーブル回転数

ロータリテーブル回転トルク

2) モータ 2

昇降シリンダ給圧力

3) モータ 3

本体傾斜角

4) モータ 4

油圧ユニット電動機電流 (4 個)

バルブユニット電流

油圧ユニット圧力 (4 個)

バルブユニット圧力

5) モータ 5

送水ポンプ電動機電流

送水ポンプ送水圧力

送水流量

6) モータ 6

ワイヤラインケーブル張力

ワイヤライン深度

2.2.3 異常時表示項目

各電動機電流 (6 点)

油圧ユニット油温 (5 点)

ロータリテーブル回転トルク

送水ポンプ送水圧

ワイヤラインケーブル張力

ロッド無

..... 3 章参照

オーバショット解放

..... 3 章参照

異常警報ブザー

2.2.4 グラフィック表示項目

昇降シリンダ位置

ロッドスタッカ

サンプラスタッカ

マニピュレータ

ロッドガイド

ねじ接続装置

ヘッドチャック

サンプラチャック

ロッドチャック
ワイヤライン位置

2.3 中継ケーブル

底置掘削部本体と遠隔制御装置は2本のアーマードケーブルで接続され、それぞれ電力用デジタルテレメータ、通信用アナログテレメータ(24ch)となっている。昇降シリンダ位置検出用ケーブルと合わせ、これら3本のケーブルは長さ300mに達するため、ケーブルウィンチによる操作を行なっている。

ケーブルウィンチ仕様

電 源 : 3相200V・60Hz

巻上(巻下)速度 : 5~15m/min 4段切換

巻上(巻下)本数 : 3本

3. 運転マニュアル

3.1 制御装置制御盤の計器

1) モータ 1

ロータリテーブルおよびその関連計器のモータであり、計器には電流計、油温計、ロータリテーブル圧力計、回転トルク計、回転計がある。電流計、油温計、回転トルク計には測定値指示用の黒針と警報値設定用の赤針があり、赤針の設定値を黒針がオーバ（異常）すると操作盤パネルのモータ異常、油温異常ランプが点灯し、警報ブザーが鳴る（この方式は以下のモータ 2～モータ 6 のモータ異常、油温異常と共通である。ただし、回転トルク異常の場合はパネル上の回転トルク異常ランプは点灯するが、警報ブザーは鳴らないので、ボーリング、サンプリング時は常にその値を確認しながら警報設定値の範囲内で掘進する必要がある）。

2) モータ 2

昇降シリンダおよびその関連計器のモータで計器には電流計、油温計、昇降圧計、給圧計がある。

3) モータ 3

レッグおよびその関連計器のモータで計器には電流計、油温計、レッグ圧力計、傾斜計がある。掘削前に本体を水平にするためには、傾斜計をみながら鉤を操作して X 軸、Y 軸とも傾斜角 0 度にする。

4) モータ 4

ねじ接続装置、スタッカ、マニピュレータ、ヘッドチャック、ロッドチャック、サンブラチャック、ロッドガイド、止水弁およびその関連計器のモータで、計器には、電流計、油温計、油圧計がある。

5) モータ 5

送水ポンプおよびその関連計器のモータで計器には電流計、送水圧計、送水流量計がある。送水圧計には赤針があり、送水圧異常時には送水圧異常ランプが点灯するので、送水中は常に送水圧を確認しながら掘削する必要がある。

6) モータ 6

ワイヤライン装置およびその関連計器のモータで計器には電流計、油温計、ケーブル張力計、深度計がある。ケーブル張力計には赤針と青針があり、それぞれ最大許容張力、最小作動張力を示す。実際のケーブル張力（黒針）がこの範囲にない場合はモータが停止（サンブラヘッドをつかんでいない場合は最小作動張力以下となるので作動しない）する。また、ワイヤラインオーバショットがサンブラスピアヘッドを掘む位置まできているか否かは深度計およびケーブル張力で確認する。その場合ワイヤライン深度は掘削深度と異なるので次式で概略の値を計算する。

$$4.5 + 1.5 (n - 1) \quad \text{ただし、} n \text{ はロッド本数}$$

ケーブル張力は下降時（試料なし）で 20～30 kg を、回収時（試料有り）には 40～60 kg を着底時には 20 kg 以内の値を示す。さらにはオーバショットがサンブラスピアヘッドを掘んだか否かは、パネル上のオーバショット解放ランプの点灯で確認する。

3.2 制御盤操作

電源を切るとロードチャック〈閉〉、ヘッドチャック〈閉〉、止水弁〈開〉になるので、運転開始前に電源（ON）、メイン（ON）、モータ4（ON）の状態において、グラフィック表示盤（以下表示盤という）でこれらを確認する。

1) モータ1（ロータリテーブル）

モータ1を（ON）にする。操作は操作盤上 **逆転** **停止** **正転** 釦の〈正転〉或いは〈逆転〉を押してから **5** **30** **60** **OFF** 釦を地質状況に応じて選択する。停止時にはその逆で〈OFF〉－〈停止〉の順序で操作する。なお、操作された釦はその操作の実行中（ロータリテーブル回転中）は点灯している。回転数はカウント数/min で計測しているため表示盤上の回転数メータにはすぐには表示されず、一定時間経過後に値が表示される。掘削中の回転数は地質に応じて3種の中から任意に選ぶことができるが、ねじ接続は5rpmで行なう。回転数を変える場合 **5** **30** **60** **OFF** 釦の〈OFF〉を押し（〈OFF〉釦は点灯する）釦が消灯してから選択する。また、掘削作業開始後、逆転させるとロードが損傷する恐れがあるので逆転させてはならない。なお、回転トルクが異常に高い場合は表示盤の回転トルク **異常** ランプが点灯する。

2) モータ2（昇降シリンダ）

モータ2を（ON）にする。操作は操作盤上の給圧装置 **上昇** **停止** **下降** 釦の〈上昇〉〈下降〉を押して行なう。昇降シリンダ作動中は **上昇** **停止** **下降** 釦の〈上昇〉〈下降〉のいずれかが点灯している。S1～S6を選択する場合は操作盤上 **S1** **S2** **S3** **S4** **S5** **S6** **OFF** 釦を直接押す。この釦を操作した場合（〈S1〉～〈S6〉）いずれも **上昇** **停止** **下降** 釦の〈下降〉が点灯し、昇降シリンダは下降する。また、これらの操作によって作動した昇降シリンダが〈上限〉或いは〈下限〉に達したとき、表示盤上上限下限ランプが点灯する。また〈S1〉～〈S6〉から選択してその位置に達したときは **S1** **S2** **S3** **S4** **S5** **S6** **OFF** 釦の選択された釦が消灯と同時に表示盤上 **S1** **S2** **S3** **S4** **S5** **S6** ランプの対応するランプが点灯する。昇降シリンダのスピードは連続可変ダイヤルで調整する。昇降シリンダの位置が〈S1〉～〈S6〉の各々の位置より下にあるとき **S1** **S2** **S3** **S4** **S5** **S6** **OFF** 釦の対応する釦を押した場合 **上昇** **停止** **下降** 釦の〈下降〉が点灯し〈下限〉まで下りる。さらに、**上昇** **停止** **下降** 釦の〈下降〉を押して **S1** **S2** **S3** **S4** **S5** **S6** **OFF** 釦の〈S1〉～〈S6〉を押しても〈下限〉まで下がる。したがって、〈上昇〉〈下降〉或いは〈S1〉～〈S6〉のいずれかを操作し、これらの切換えを行なう場合は必ず〈停止〉或いは〈OFF〉を押してから行なう。また〈S3〉まで下降する時はマニピュレータがドリル芯にないと〈下降〉しないので表示盤で確認する（マニピュレータのドリル芯表示ランプが点灯している）。

3) モータ3（レグ）

モータ3を（ON）にする。操作盤上 **上昇** **下降** 釦の〈上昇〉或いは〈下降〉を押し続けると任意の位置まで作動し、手を離すと同時に停止する。X、Y、Z脚についてこの操作を表示盤上の傾斜計に示される角度が0度になるまでくりかえし行なう。X軸、Y軸の両傾斜計が共に0度を示したら水平調整は完了する（図÷2参照）。

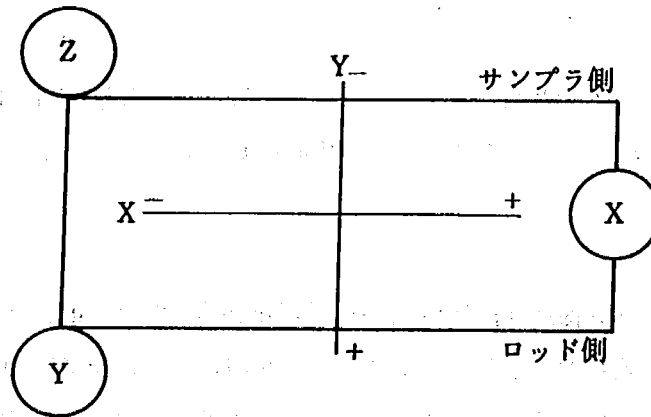


図-2 傾斜角度の調整

4) モータ4 (バルブユニット)

モータ4を (ON) にする。

— マニピュレータ —

操作はアーム **前進** **後退**, **上昇** **下降**, **開閉** 釦を押して行なう。このとき押された釦は点灯する。これらの動作の完了時には、表示盤上の **前進** **後退**, **上昇** **下降**, **開閉** ランプの点灯と同時に操作盤の釦は消灯する。旋回については **右左** 釦を押し続けると動作が中断される。またく右>旋回の場合は表示盤のランプが点灯して **右左** 釦のく右>が消灯するまで押し続けることによって操作は完了する。マニピュレータはく上昇>或いはく後退>していないとく旋回>しない。したがって、く旋回>する時は必ず表示盤でく上昇>く後退>を確認しなければならない。またく閉>の操作によって表示盤の **ロッド無** ランプでロッド或いはサンプラの有無が確認できる。**ロッド無** ランプが点灯したときはロッド或いはサンプラを掴んでいないことを表示している。アームのく前進>く後退>を途中で中止することはできないが、誤操作などの緊急時には反対の釦を押すことによって、誤操作前の位置に戻ることができる。

— ねじ接続装置 —

操作はねじ **締弛**, **前後**, ロッドガイド **開閉** 釦を押して行なう。このとき押された釦は点灯する。これらの動作の完了時には、表示盤上 **締弛** **前後** **開閉** ランプの点灯と同時に操作盤の釦は消灯する。ねじ接続装置をく前進>或いはく後退>させる場合はロッドガイドく開>でないと作動しない。したがって、く前進>く後退>の際はロッドガイドのく開>く閉>を途中で停止させることはできないが、逆の釦を押すことによって、もとの位置にもどすことができる。

— スタッカ —

ロッドスタッカおよびサンプラスタッカは **正転** **逆転** 釦の操作によって1ステップだけ回転 (く正転>或いはく逆転>) し、回転完了と同時に操作釦は消灯する。ロッドスタッカ、サンプラスタッカ共に正転を行なうと表示盤のランプが1つ消灯し、逆転の場合は1つ点灯する。消灯および点灯ランプの番号は本体のロッドスタッカの番号と対応している。作動したスタッカをメインスイッチ (ON), モータ4 (ON) の状態では途中で停止させたりもどすことはできないので、緊急時にはメインスイッチ (OFF) によ

て停止させる。また、マニピュレータが後退していないと回転しない。

—— ロッドチャック及びヘッドチャック ——

開閉 釦によって操作する。押された釦は点灯し、表示盤上の**開閉** ランプの点灯と同時に消灯し、動作の完了を表わす。モータ 4 〈OFF〉と同時にロッドチャック、ヘッドチャックおよび止水弁は閉じるので、モータ 4 を〈ON〉にしたら表示盤上の**開閉** ランプ〈閉〉の点灯を確認しなければならない。

—— サンプラチャック ——

開閉 釦によって操作する。押された釦は点灯し、表示盤上の開閉ランプの点灯と同時に消灯し、動作の完了を表わす。

5) モータ 5 (送水ポンプ)

操作盤の **20 30 45 60 OFF** 釦によって流量を選択する。表示盤上の流量計には実際の流量が表示される。送水中は選択された釦は点灯している。また送水流量を変える場合は〈OFF〉を押して（同時に〈OFF〉釦は点灯）消灯したら流量を選択する。また、送水圧計により送水圧異常のときは表示盤上の送水圧**異常** ランプが点灯する。

6) モータ 6 (ワイヤライン装置)

モータ 6 を〈ON〉にする。操作は操作盤上のワイヤライン **上昇 停止 下降** 釦の〈上昇〉〈下降〉を押して行なう。ワイヤライン作動中はこの釦の〈上昇〉〈下降〉のいずれかが点灯している。S7～S9 を選択する場合は操作盤上の **S7 S8 S9 OFF** 釦を押す。これらの釦を押した場合〈S9〉ではワイヤラインは上昇し、**上昇 停止 下降** 釦の〈上昇〉が点灯する。〈S8〉〈S7〉では下降し、〈下降〉が点灯する。また、これらの操作によって作動したワイヤラインが〈上限〉或いは〈S7, S8, S9〉に達した時は**上限** 或いは **S7 S8 S9** ランプが点灯すると同時に、**上昇 停止 下降** , **S7 S8 S9 OFF** 釦は消灯する。ワイヤラインの位置が〈S7〉〈S8〉のそれぞれの位置より下にあるとき **S7 S8 S9 OFF** 釦の〈S7〉〈S8〉を押した場合 **上昇 停止 下降** 釦の〈下降〉が点灯し、**OFF** 釦により停止させない限り下降する。〈S9〉の位置より上にあるとき〈S9〉を押した場合 S9～上限の間は殆んど差がないので〈上昇〉が点灯して〈上限〉以上に上がる。また、**上昇 停止 下降** 釦の〈下降〉或いは〈上昇〉を押してから **S7 S8 S9 OFF** 釦の〈S7, S8, S9〉を押しても、或いはその逆の場合でも〈下降〉〈上昇〉が優先される。したがって、〈上昇〉〈下降〉や〈S7, S8, S9〉の切換えを行なうときは〈停止〉〈OFF〉を押し、その釦の消灯を確認してから行なう。ワイヤラインが〈S7〉にある時、**S7 S8 S9 OFF** 釦の〈S8〉を操作すると約 1 秒後 **S7 S8 S9** ランプの〈S8〉が点灯する。1 秒以上経過しても、〈S8〉が点灯しない場合は S8 が正常に作動せずワイヤラインのワイヤがたるんでいるのみで、巻上げ時にワイヤが絡む恐れがあるので、直ちに〈OFF〉釦を押して停止させなければならない。

3.3 機械操作

現在までの実験結果をまとめ機械操作マニュアルとして示したのが図-3・1～図-3・6 である（図-3.1 は全体の流れ図、図-3.2 は先端ロッド掘削工程、図-3.3 はサンブラ回収工程、図-3.4 はサンブ

ラ投入工程，図-3.5はロッド継足工程，図-3.6はロッド引上工程）。またその参考資料として表-2に昇降シリンダ位置およびワイヤラインの制御位置と作業内容を示す。図-3中に示される各種判断（記号◇）は様々の試行過程で得られたものであるので，その回数が多くなる程作業サイクルタイムは長くなる。また操作ミスを防ぐための反復操作も各判断にとりいれている。

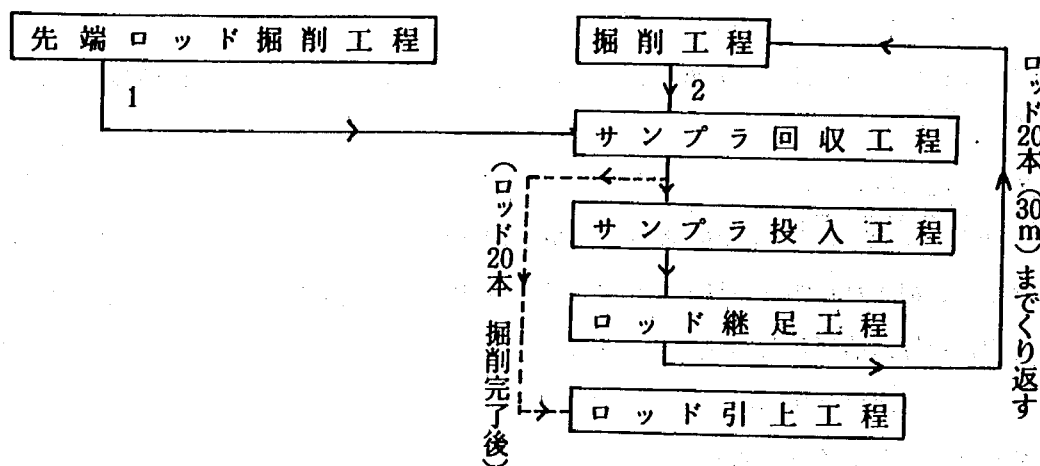


図-3・1 機械操作全体図

(海底着座)

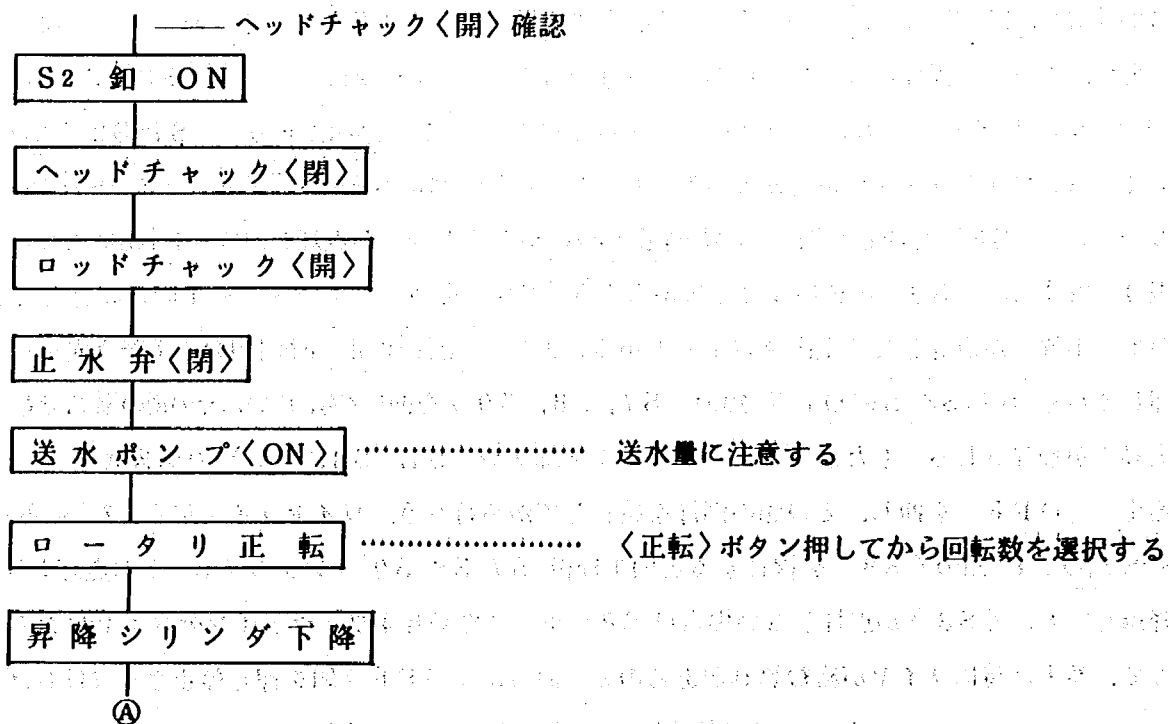
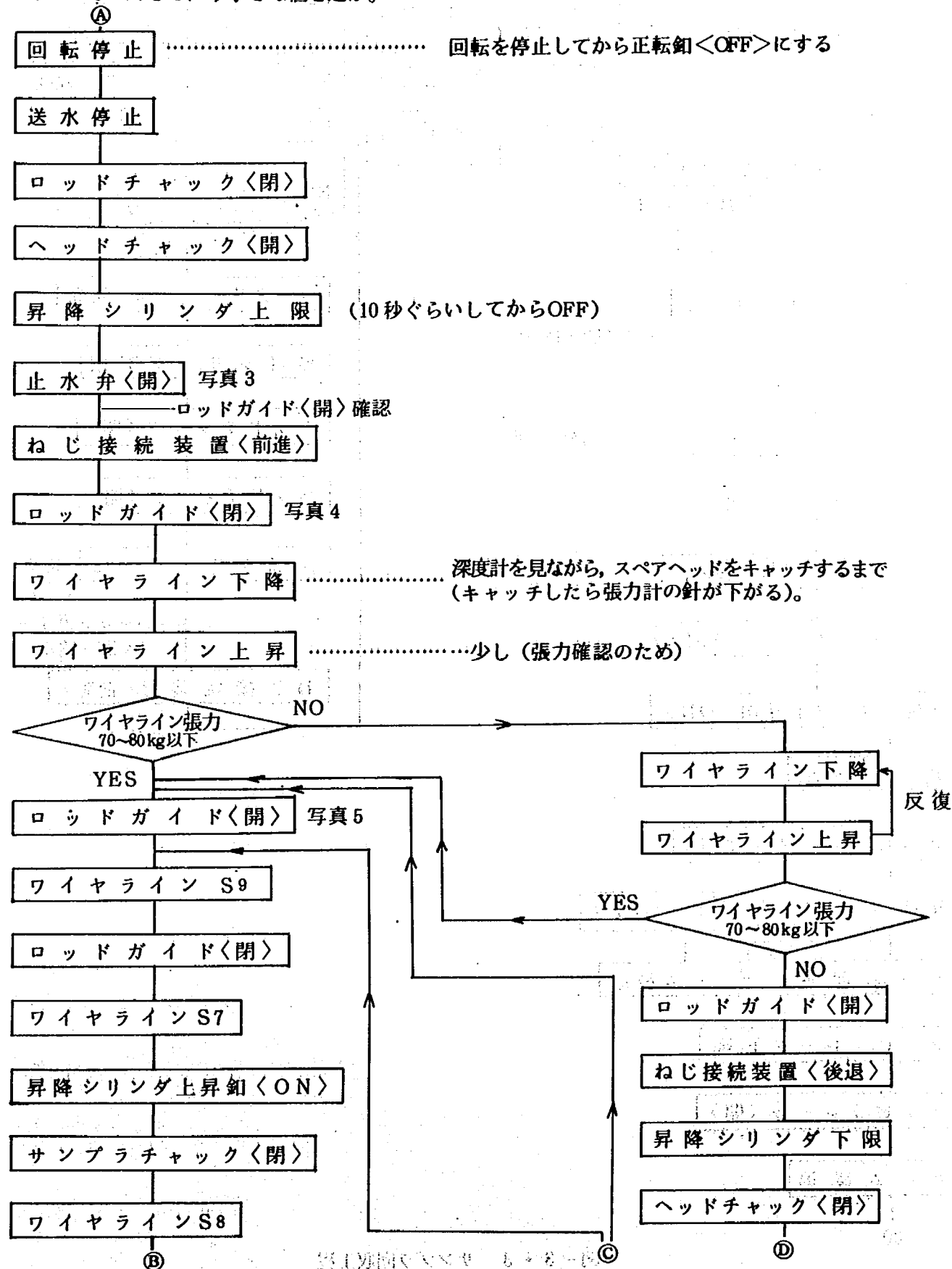


図-3・2 先端ロッド掘削工程

掘削終了，約3分間洗浄する。この際，孔内の崩壊防止のため，スライム排除できる範囲内で回転数，送水圧ともできるだけ小さな値を選ぶ。



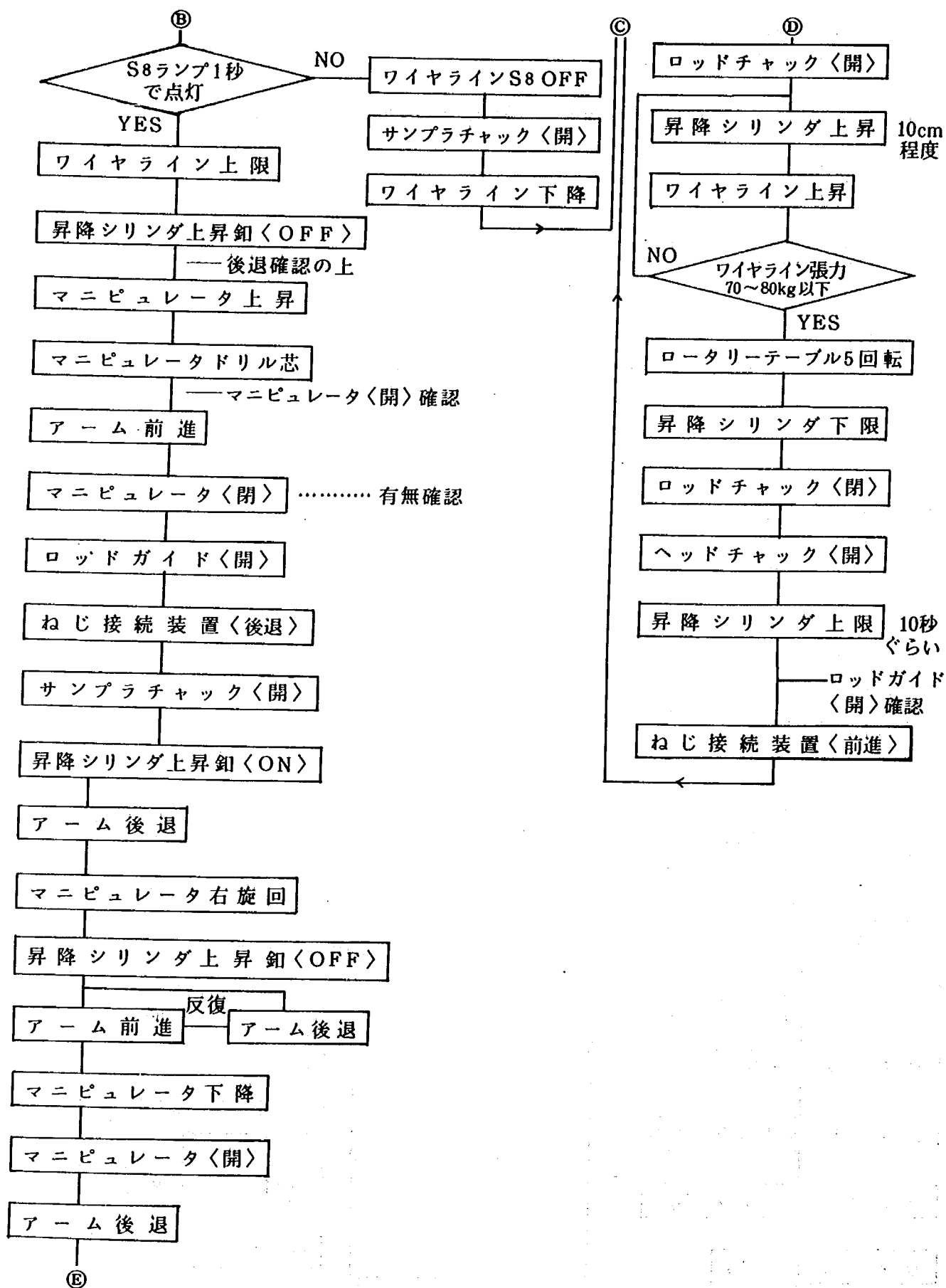


図-3・3 サンプラ回収工程

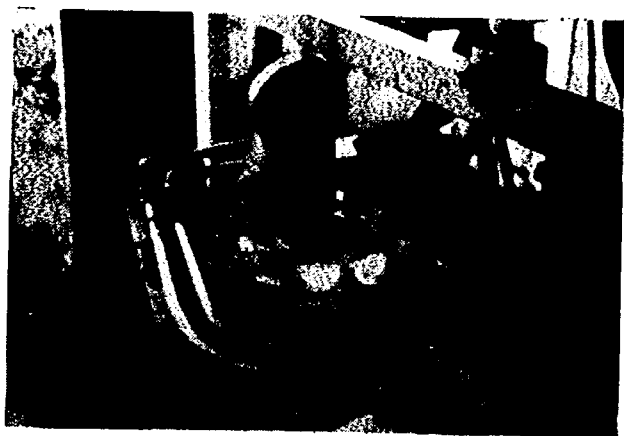


写真3 止水弁〈開〉

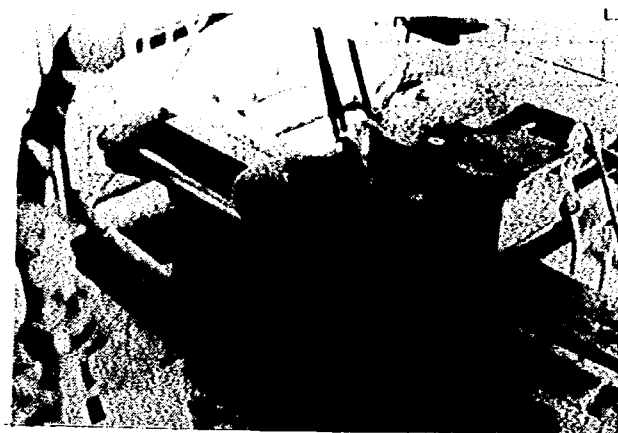


写真4 ロッドガイド〈閉〉

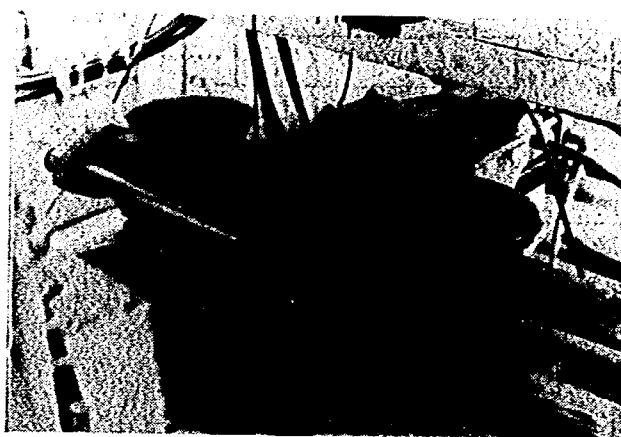


写真5 ロッドガイド〈開〉

サンプル回収に引続いて行なう。

⑤

サ.ソ プラ ス タ ッ カ 正 転

—— マニピュレータ〈下降×開〉の確認

ア ー ム 前 進

マニピュレータ〈閉〉

マニピュレータ〈上昇〉

ア ー ム 後 退

昇降シリンダ上昇釦〈ON〉

…………… スペアヘッドとの微差考慮のため

マニピュレータ左旋回

⑥

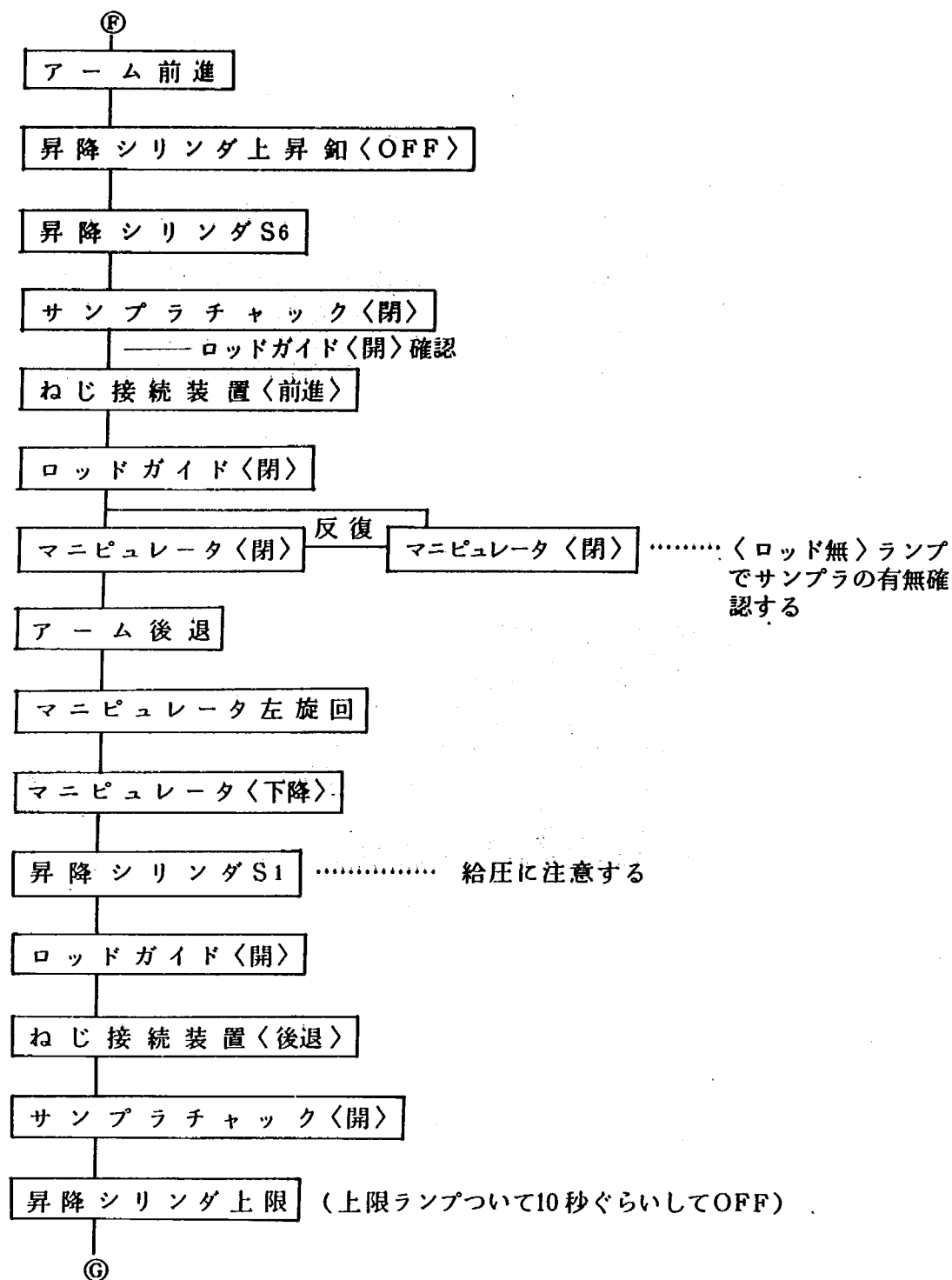


図-3・4 サンプラ投入工程

サンプル投入に引続き行なう

㊦

ロッドスタッカ正転

——マニピュレータ〈開〉〈下降〉確認

アーム前進 写真6

マニピュレータ〈閉〉

マニピュレータ上昇

アーム後退

マニピュレータ右旋回

アーム前進

——ヘッドチャック〈開〉確認の上

昇降シリンダS3

ヘッドチャック〈閉〉

マニピュレータ〈開〉

反復

マニピュレータ〈閉〉

-----〈ロッド無〉ランプで
ロッドの有無確認する

アーム後退

マニピュレータ旋回 左右任意

マニピュレータ〈下降〉

ねじ接続装置〈前進〉

ロッドガイド〈閉〉

昇降シリンダS4

ロッドガイド〈開〉

ロータリテーブルが正転5回転

㊧

㊨



写真6 マニピュレータのアーム前進

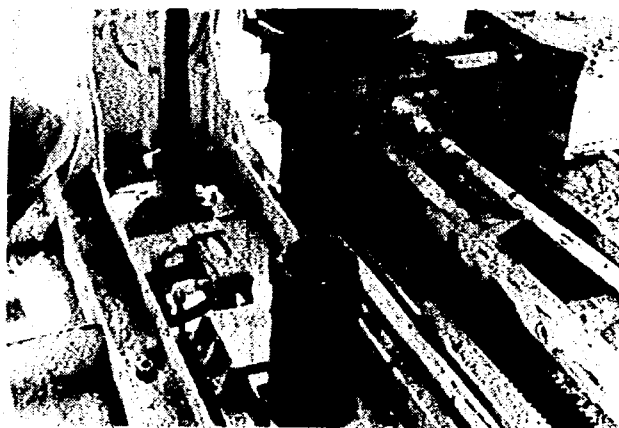


写真7 昇降シリンダS4
(ねじ接続をするためにロッドをS4(ねじ接続)
準備位置)まで下降中の写真

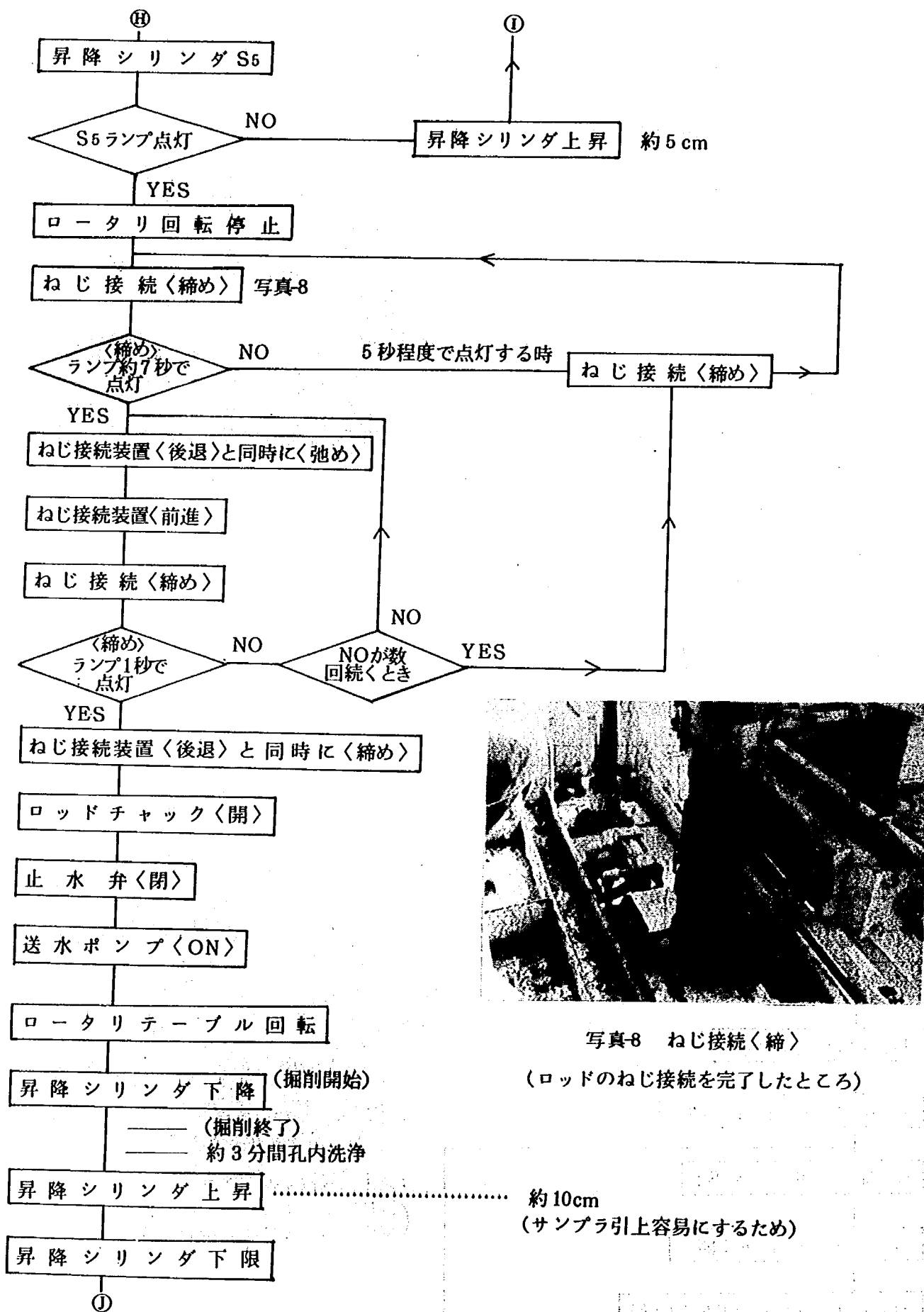
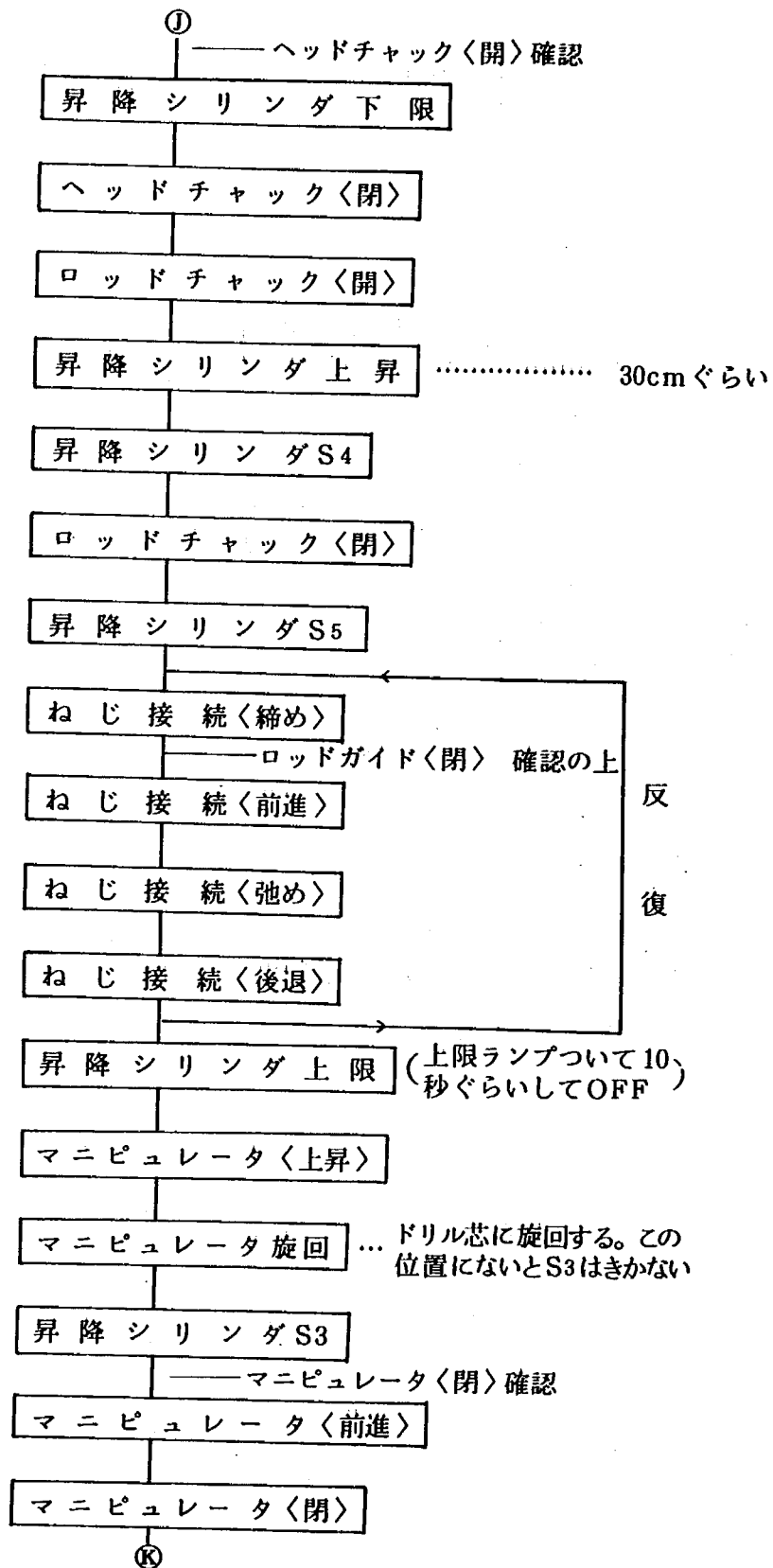


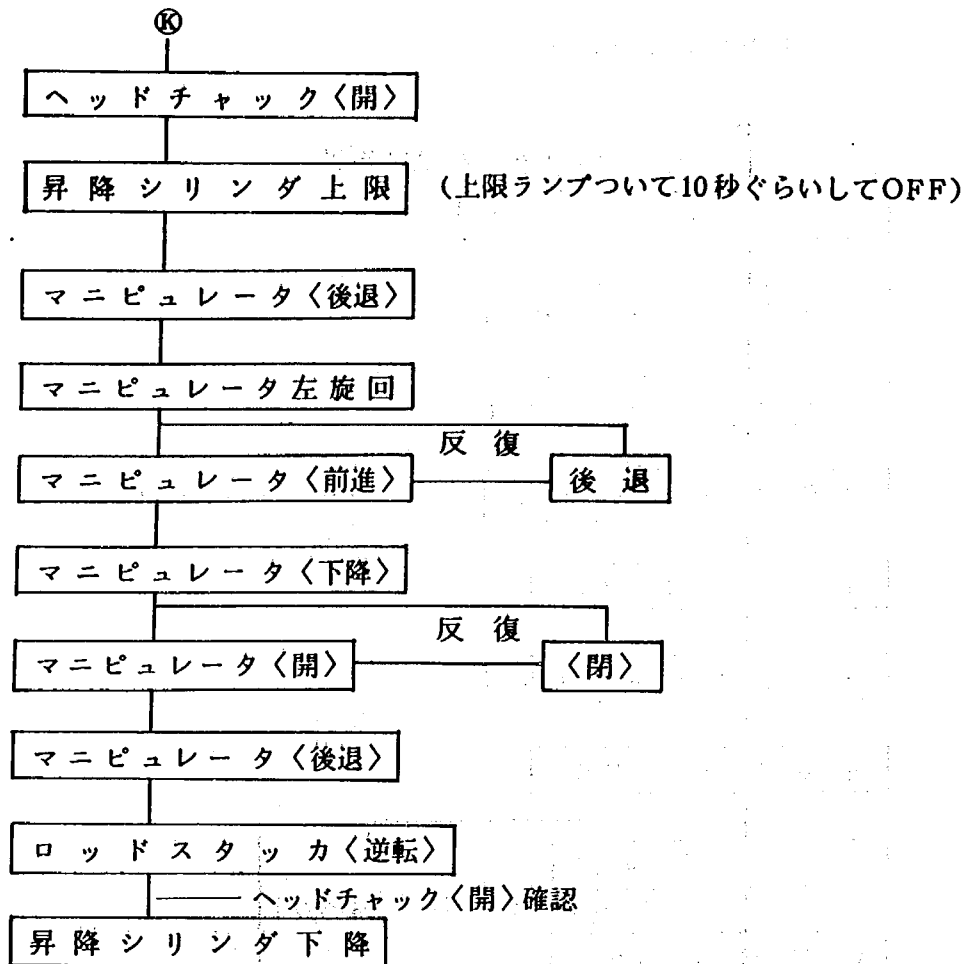
写真8 ねじ接続<締>

(ロッドのねじ接続を完了したところ)

図-3・5 ロッド継足工程

ロッド20本掘削完了後行なう



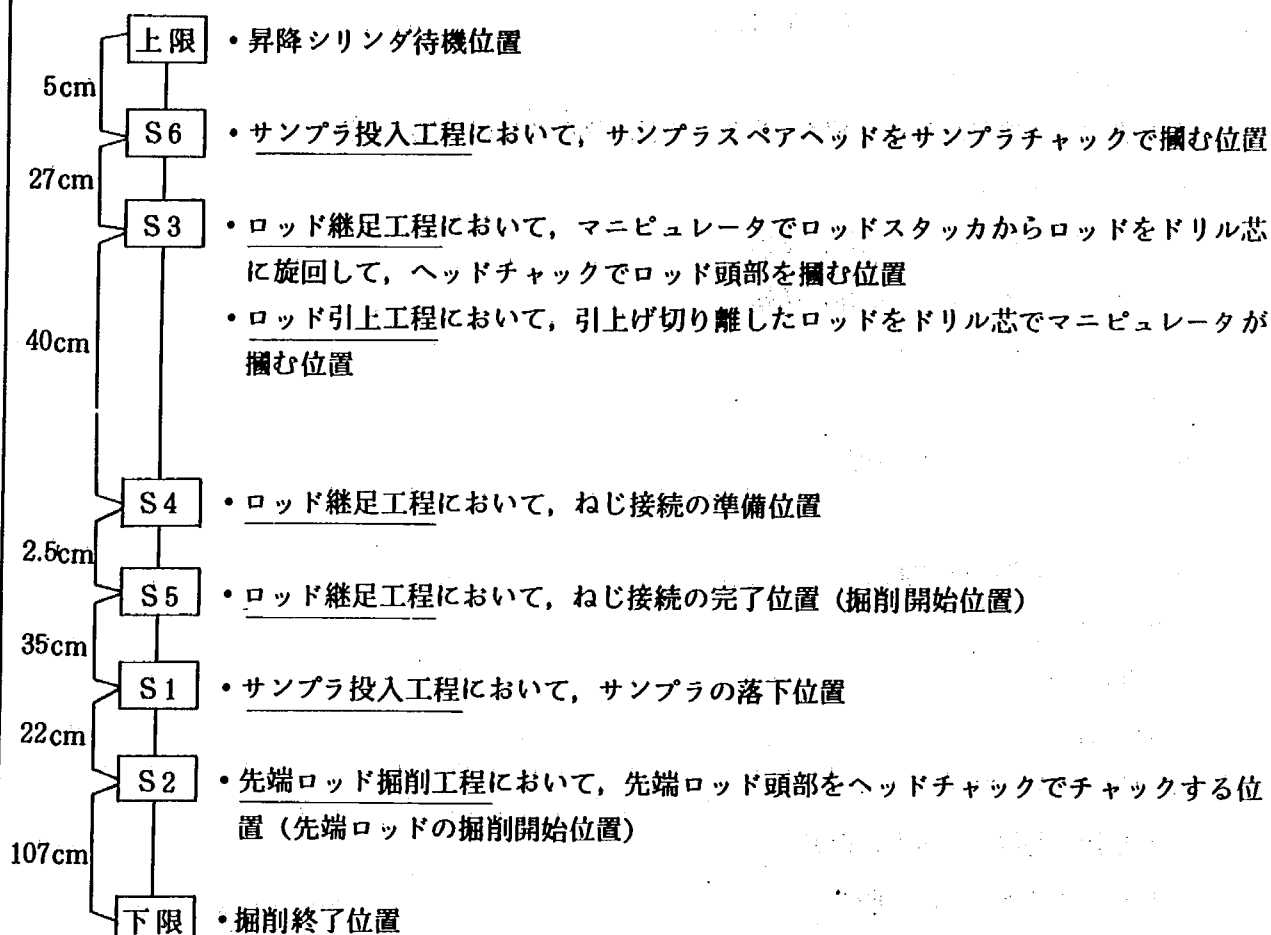


ボーリング1地点終了

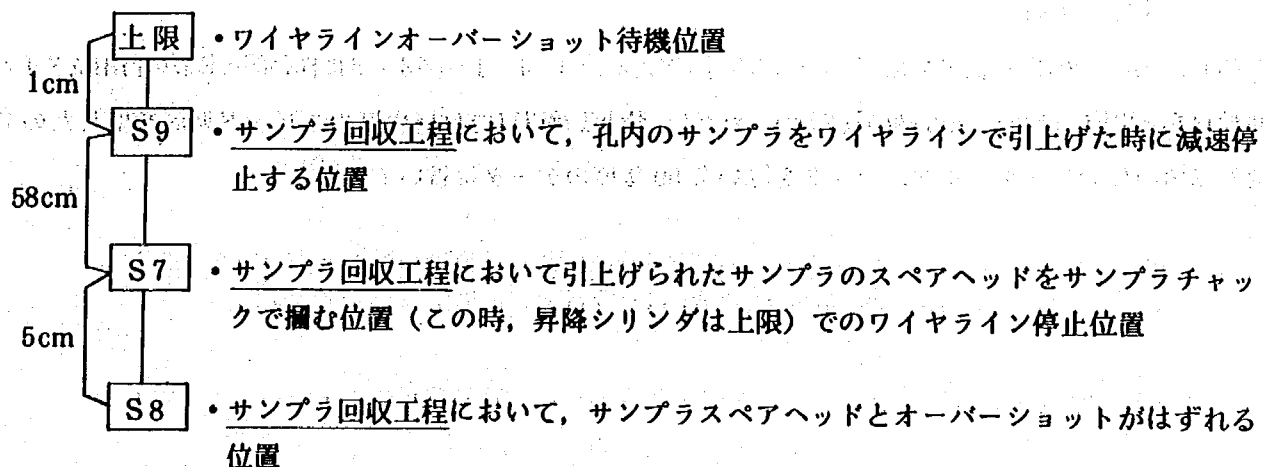
図-3・6 ロッド引上工程

表-2 昇降シリンダおよびワイヤラインの制御位置と作業内容

昇降シリンダ位置



ワイヤライン位置



4. 本体の作動特性

4.1 自由度タイム

自由度タイムとは本体作動部の各装置（マニピュレータ、スタッカ、ヘッドチャック等）の作動（上昇、下降等）時間のことである。自由度の項目とは、

1) マニピュレータの自由度

右旋回、左旋回、上昇、下降、前進、後退、攔み（閉）、解放（開）

2) スタッカの自由度

ロッドスタッカ：正転、逆転

サンプラススタッカ：正転、逆転

3) ヘッドチャックの自由度

開、閉

4) サンプラスチャックの自由度

開、閉

5) ロッドチャックの自由度

開、閉

6) 止水弁の作動

開、閉

7) ねじ接続装置の作動

ねじ接続装置：前進、後退

ロッドガイド：開、閉

8) ワイヤラインの自由度

巻上、巻下

9) レッグの自由度

上昇、下降

を指し、海底での作業状況を把握するのに不可欠である。図-4・1～図4・8に作動部各装置の自由度タイムの度数分布と平均、最大値、最小値の例を示す。ただし、陸上実験以降では自由度のスピード調節を施したので、調節機構のないワイヤライン、レッグを除いて50年度のデータは省いてある。

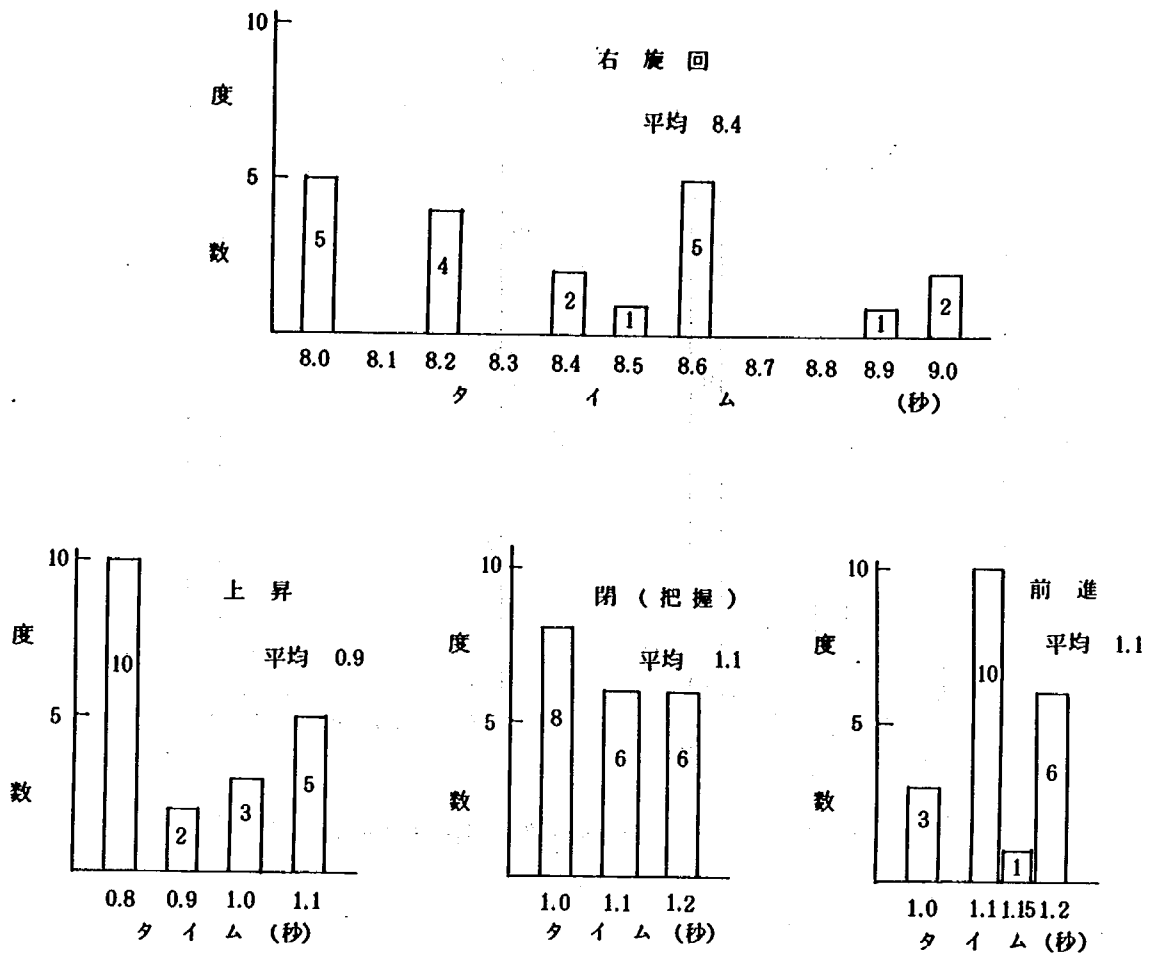


図-4・1 マニピュレータの自由度タイム

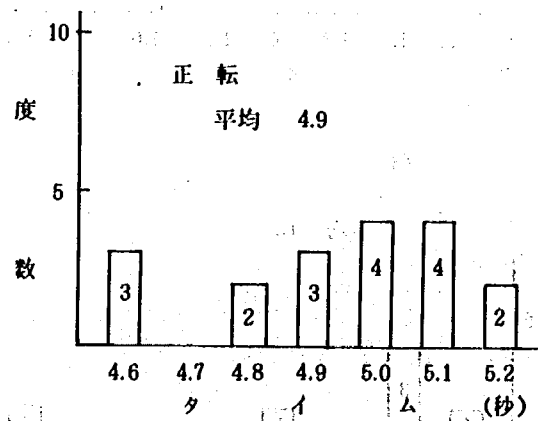


図-4・2 ロッドスタッカ自由度タイム

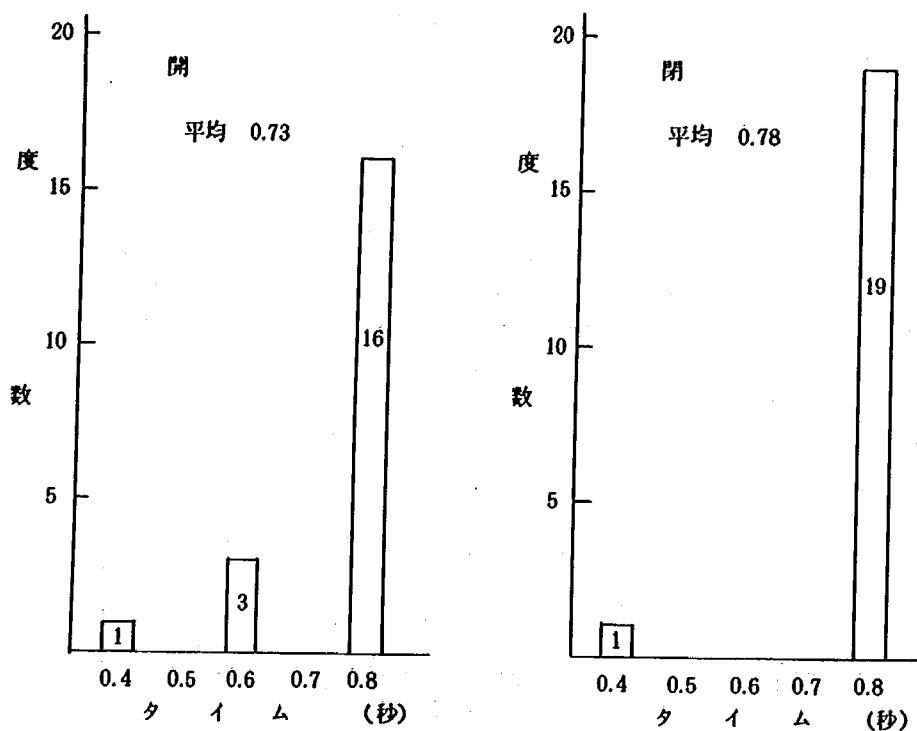


図-4・3 ロッドチャックの自由度タイム

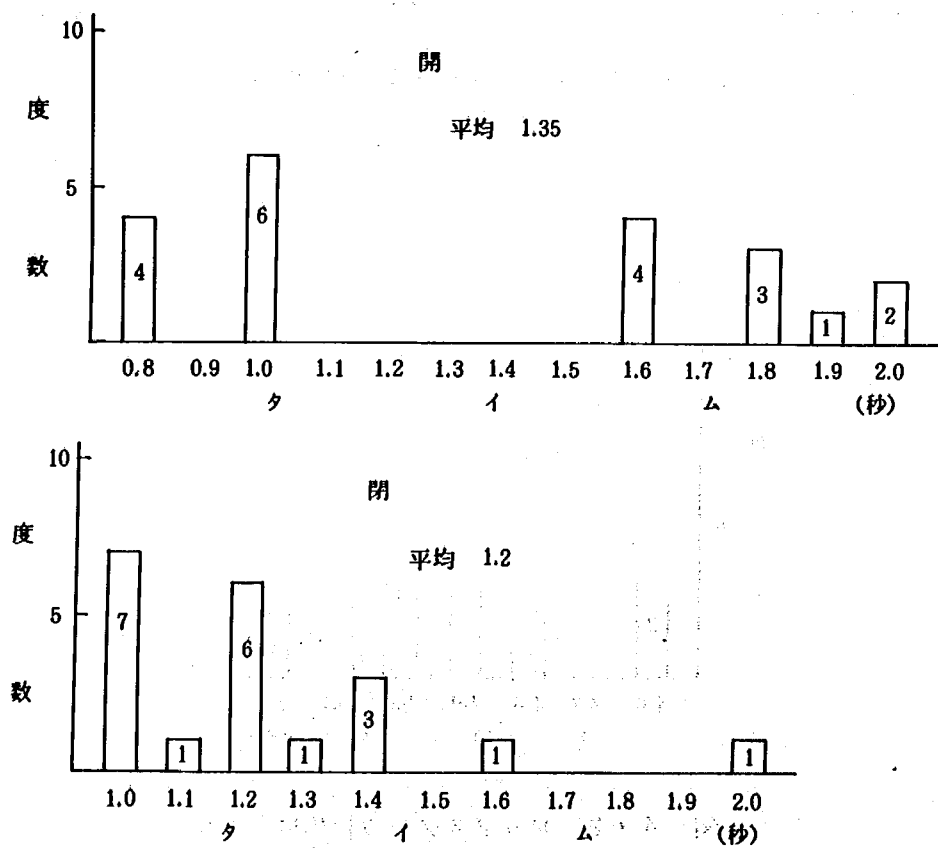


図-4・4 サンプラチャックの自由度タイム

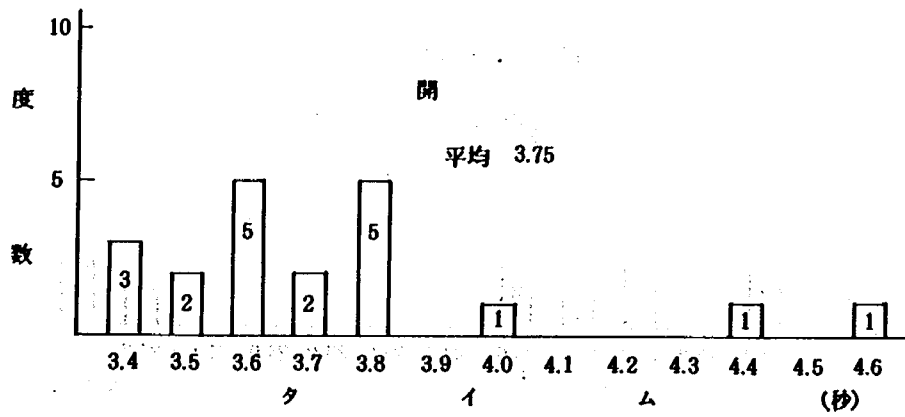


図-4・5 ヘッドチャックの自由度タイム

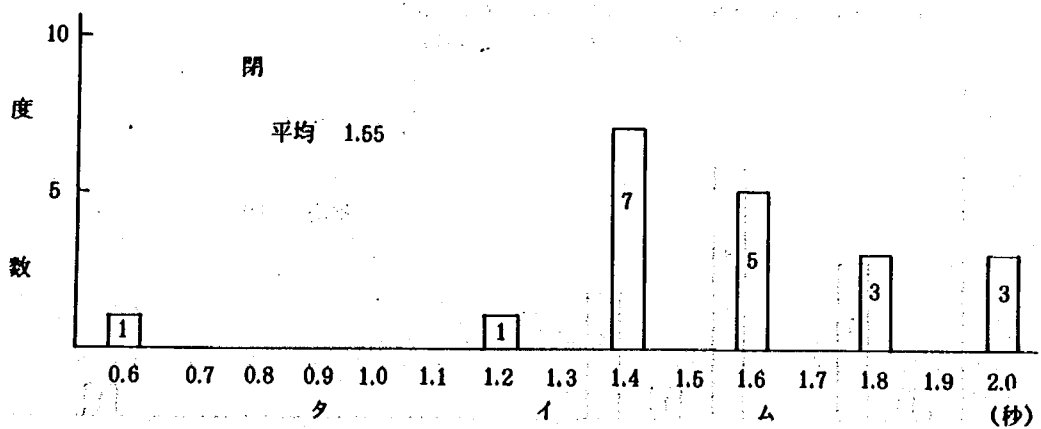
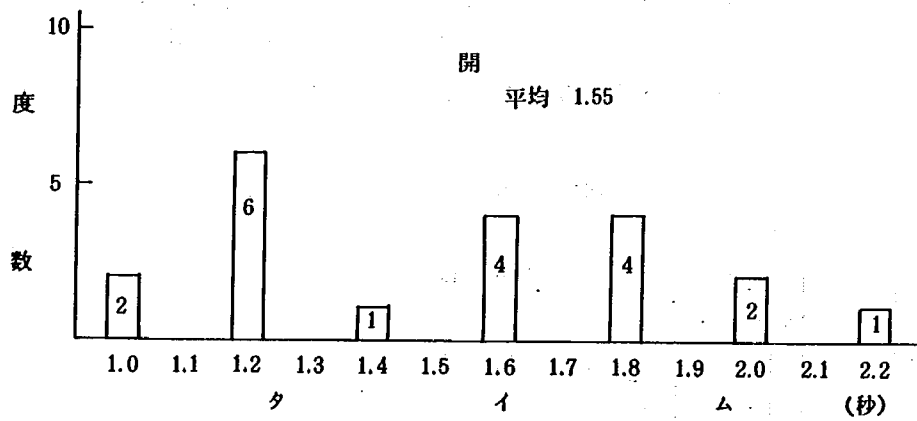


図-4・6 ロッドガイドの自由度タイム

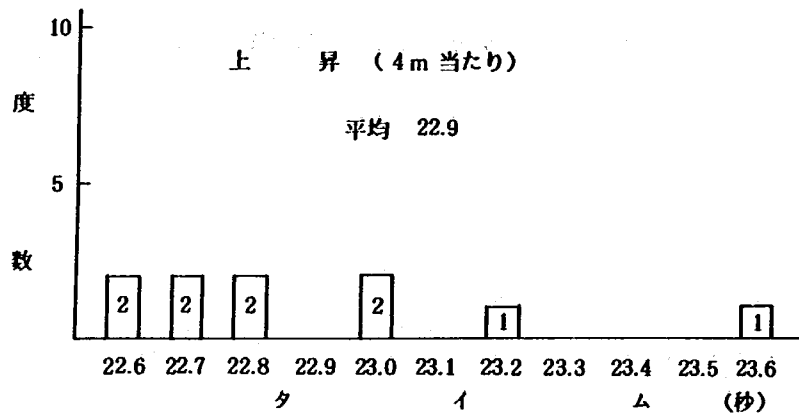
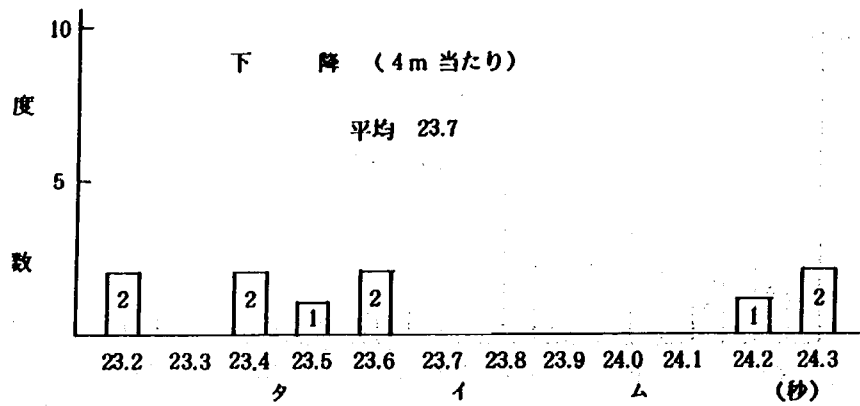


図-4・7 ワイヤラインの自由度タイム

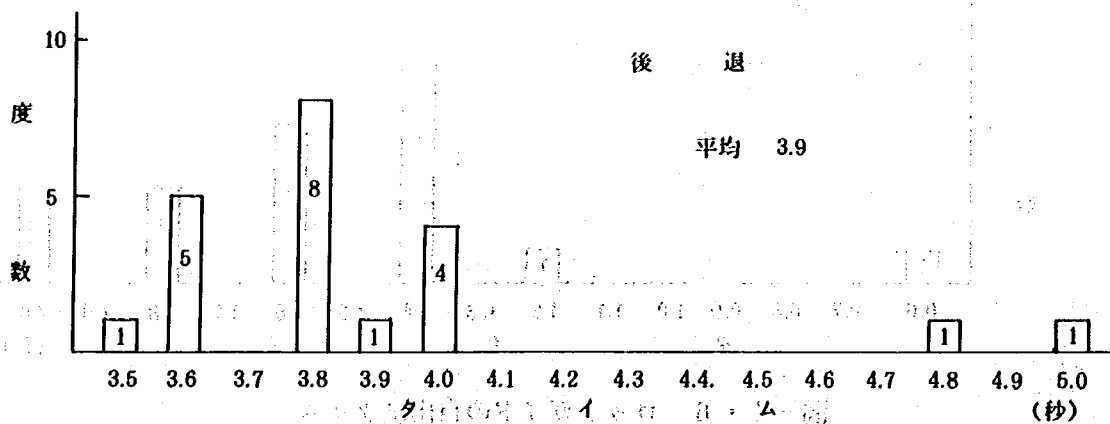
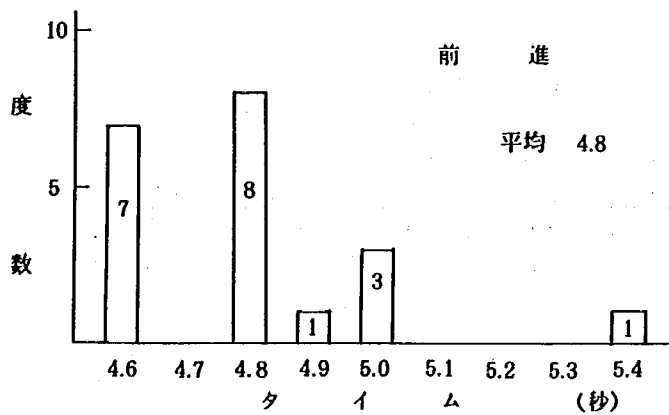


図-4・8 ねじ接続装置の自由度タイム

4.2 作業工程タイム

作業工程タイムとは以下の各作業に要する時間を指す。

1) サンプラ投入工程

サンプリングを終了したサンプラをサンプラスタックに収納し、新しいサンプラを投入した後、給圧装置を上限に上げるまでの所要時間。

2) ロッド継足工程

サンプラ投入工程終了後、掘進作業に入るまでの所要時間。

3) サンプラ引上工程

掘削作業終了後、サンプラをサンプラスタックに収納し、マニピュレータが定位置にもどるまでの所要時間。

4) ロッド引上工程

サンプラ収納後、ロッドをスタックに収納し、マニピュレータが定位置にもどるまでの所要時間。

5) 掘削工程

純掘削作業の所要時間。

作業工程タイムの例を次の図-5に示してあるが、各タイムはかなりばらついている。ばらつきの原因としては以下のものが考えられる。サンプラ回収作業では深度と地盤の硬さによって作業タイムが影響される。つまり深度が深くなるほど作業タイムは増加し、地盤が硬い場合にはサンプラが容易に引き抜けず、正規の作業工程を変更する必要がある場合もある。サンプラセット作業では波浪等によって作業タイムが影響され、ロッド継足作業では深度が増加するに従ってロッドの継足本数が多くなり、掘削終了から次のロッド継足作業までの間にスライムが沈殿する。また砂質地盤では孔壁崩壊を生じたり、ロッド継足時にロッドが回転しなかったり、ねじ部のかみ合わせがスムーズに行なわれないこともある。実掘削作業では砂質地盤でジャーミングが、粘性土地盤ではスライム排除が不良なことなどが考えられる。このように作業タイムは自由度タイムと共に重要なファクターであり、自由度は各々の作動状況を監視するのに、作業工程タイムはその作業工程全体を把握するのに役立つものである。

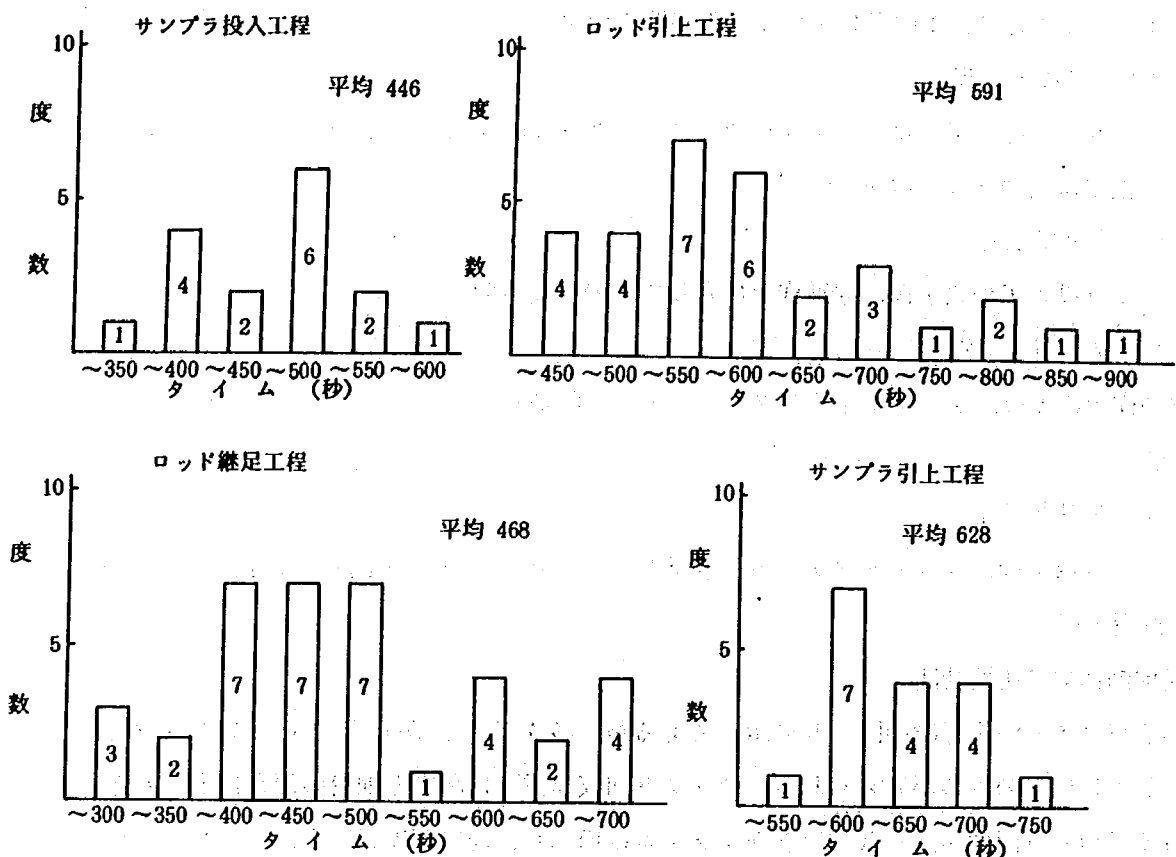


図-5 作業工程タイム

5. 現 地 実 験

底置型水中ボーリング機の陸上・海上における掘削性能の調査および各作業に要する時間を求めると共に機械操作法について検討を加え、機械操作マニュアルを作成するために旧土木研究所千葉支所構内および東京湾において現地実験を実施した。東京湾における実験位置を図-6に示す。

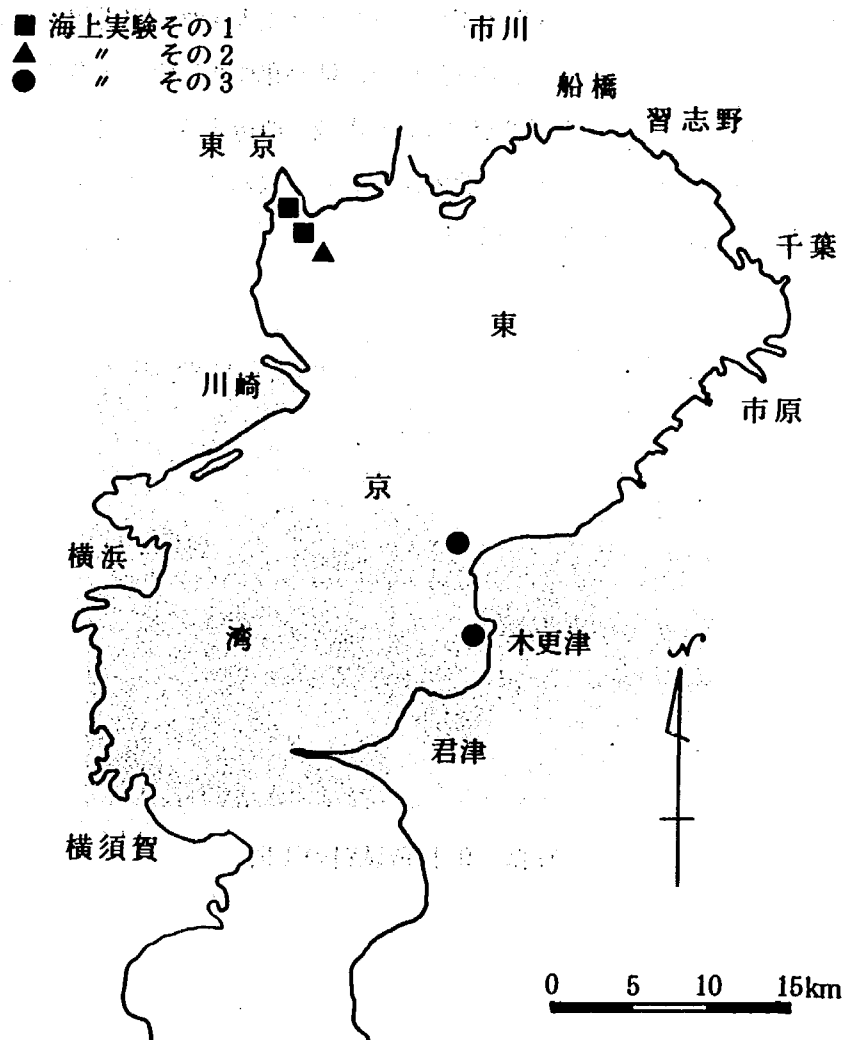


図-6 調査位置図

5.1 陸上実験 (千葉市穴川4-12-62 旧建設省土木研究所千葉支所構内)

海上における実験の予備実験として千葉市穴川4-12-62 旧建設省土木研究所千葉支所構内において陸上実験を行なった。実験に際して標準貫入試験を主体としたテストボーリングを先行して実施し、地盤の地層構成やN値を調査した。それによると、上部約3.5mがN値2～5を示す埋土層、その下約6mまで

がN値2～5の比較的均質な細粒砂層（成田層）である（図-7参照）。水中ボーリング機による掘削実験は試料採取率をあげるように、グラフィック表示盤の各種計器や表示ランプ等を目視して作業状況の確認をしながら給圧および送水量を調整して行なった。回転数は5, 15rpmでは掘進率が著しく低下するため38rpmに限定した。試料採取率は70%程度であった。写真9は採取試料の1例を示したものである。図-7より給圧1,000～1,500kg、回転数38rpm、送水量20～40ℓ/minに対する送水圧は2～4kg/cm²、掘進率は8～12cm/minであることがわかる。これらの計測値の相互関係と土質・N値・深度等地盤条件との関係は明確ではないが、図-7に示すような柱状図を作成することができ、本機の陸上におけるおおよその掘削性能は把握できた。また、各作業工程（サンブラ投入・ロッド継足・サンブラ引上・純掘削・ロッド引上）の作業サイクルタイムは、ロッド継足作業、純掘削作業によって多小ばらつくが、概ね35～40分程度であった。本実験の結果、以下の2点について本機を改造することにした。①ロッドスタッカおよびサンブラスタッカにロッドやサンブラを充分安定を保って収納できるようにする。②回転数5, 15rpmでは掘進率が著しく低下したので回転能力を増す。

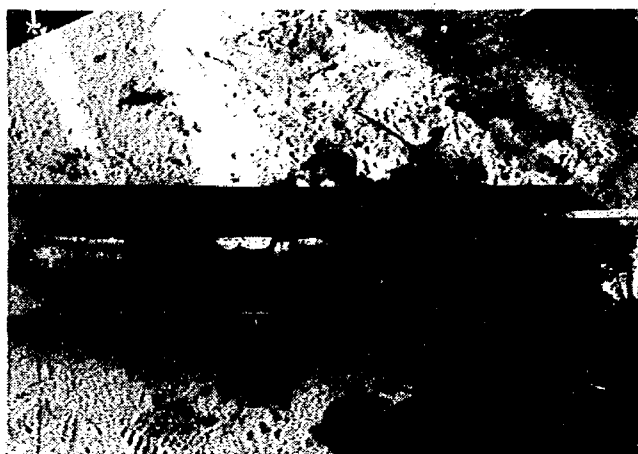


写真-9 採取試料の1例

5.2 海上実験

海上実験はその1、その2、その3を実施した。その方法はいずれも旧建設省土木研究所千葉支所構内に保管しておいた水中ボーリング機を上部架台、給圧装置、下部架台（作動部・油圧部・制御部がある）、Xレグ、Y-Zレグに解体し、他のケーブルウィンチ、コンテナハウス（遠隔制御装置を収めている）、ロッド、サンブラと共に、それぞれ適当に配分をしてダンプトラック（下部架台は底床式トレーラ）に積み込み、海上実験海域付近の岸壁まで運搬し、組立てを行なった。表-3に運搬に必要な車両および船舶を、表-4に本体解体および組立ての順序を示す。なお組立後は本機の調整を兼ねた試運転、陸上掘削を実施した。陸上掘削終了後実験海域までは、本体および遠隔制御装置等実験機器一式を作業台船に積載して航行し、実験地点で台船をアンカに固定して、35ton吊上クレーン船で水中ボーリング機を海底に着座させた。さ

図-7 陸上実験 ボーリング柱状図と掘削条件

表-3 水中ボーリング機の運搬設置に必要な車両および船舶

運 搬 車 両	① 35 t 吊上クレーン車1台 ② 25 t 低床式トレーラ1台 ③ 11 t 積トラック2台 ④ 6 t 積トラック1台 ⑤ 20 t 積トレーラ1台
作 業 船 舶	① 35 t 吊上クレーン船1隻 ② 曳船 (150 HP) 1隻 ③ 台船 (15 m × 20 m) 1隻

表-4 本体解体および組立の方法と順序

i) 本体解体

1. 制御装置とケーブルウィンチをつなぐケーブルのコネクタを各々はずす。
2. 水中ボーリング機本体付備の中継カプセルとウィンチをつなぐケーブルを中継カプセルからはずし、ウィンチに巻き上げる。
3. 上部架台を解体する。
4. 給圧装置を解体する。
5. Xレグを解体する。
6. Y-Zレグを解体する。

ii) 注意事項

1. i)の1,2を逆に行ない、制御装置からケーブルウィンチに接続されているケーブルを接続したまま、ウィンチを巻き上げることのないようにする。
2. 給圧装置を解体吊上げる時に、本体中の他の機体部分・アングル等に衝撃を与え機体の破損の生じないように振れをおさえると共に、電気配線の断線・破損にも十分留意しなければならない。
3. i)の5,6においては、解体前にワイヤ式ターンバックルを取りつけ、レグの固定を保持する。

iii) 本体組立の順序

機械組立は解体の逆の順に行なえばよい。注意事項は同様である。

らに、表層の軟弱層の圧密による本体の沈下がほぼ終了した後水平調整を行ない、約1時間の浸水テストを行なって漏水等の異常のないことを確認してから掘削を開始した。

5.2.1 海上実験その1（東京湾有明13号地その1防波堤内側）

海上実験その1は当初、波浪を避けるため東京湾東防波堤内側において行なう予定であったが、本海域の海底地盤は最上層にヘドロが1.5 m以上堆積しており、本体の水平調整に約2時間要したばかりでなく、1.5 m以上沈下し掘削不能となった（写真10）。そのため、実験場所を有明13号地その1と防波堤内側に変更した。本海域にはヘドロ層はほとんど堆積しておらず、実験期間中機械は水平に保たれていた。実験結果を図-8、9、10、に示す。No 1, 2, 3 孔は非常に近接した場所にあり、いずれも深度2 mまで暗灰色のゆるい砂が堆積し、その下に密度が中程度の黄褐色の細砂が堆積している。その下約8 mまでがN値5~30の中砂で、その下11 mまでがN値9~37の硬い凝灰質粘土、その下にN値50以上の密な砂礫層がある。No 3 孔（図-10）では礫層と思われる地層にあたったので、3,000 kg以上の給圧を与えると回転トルクは150 kg・m以上に達し、本機的能力を超過して回転不能となり掘削できなかった。制御できる掘削条件としての給圧・回転数（5, 30, 60 rpmに改造）・送水量と地盤条件によって決まる回転トルク・送水圧・掘進率は各ボーリング孔によってばらついているが、特に掘進率は大きくばらついている。試料採取率は最大でも40%前後で、ほとんどがサンプラの先端に10~30 cm位採取できる程度であった。また採取した試料は乱された状態の試料であった。掘進率は速い方がよいが、それは乱されない試料を多く採取できるということを満足した上でのことなので、もう少し慎重にゆっくり掘削した方がよいと思われる。試料採取率が低い原因を本機の機能面から考えると、送水ポンプの送水が不規則でしかも実際の送水量を計る計器がないため、掘削状況を把握するための情報が得られなかったこと、ワイヤラインのサンプラ引抜能力が小さいためにサンプラの引抜きができず、掘削ロッドを上下したり回転したりしてサンプラに衝撃や振動を与えたことなどが考えられる。そのため、海上実験終了後、旧建設省土木研究所千葉支所構内において、今回の実験の結果明らかになった問題、すなわち、①軟弱層における本体の安定性の確保、②サンプラの引抜きがスムーズにできなかったこと、



写真-10 レッグ接地盤および下部架台のヘドロ（海上その1）

実験場所 : 東京港有明13号地その1防波堤内側
水深 : 9 m

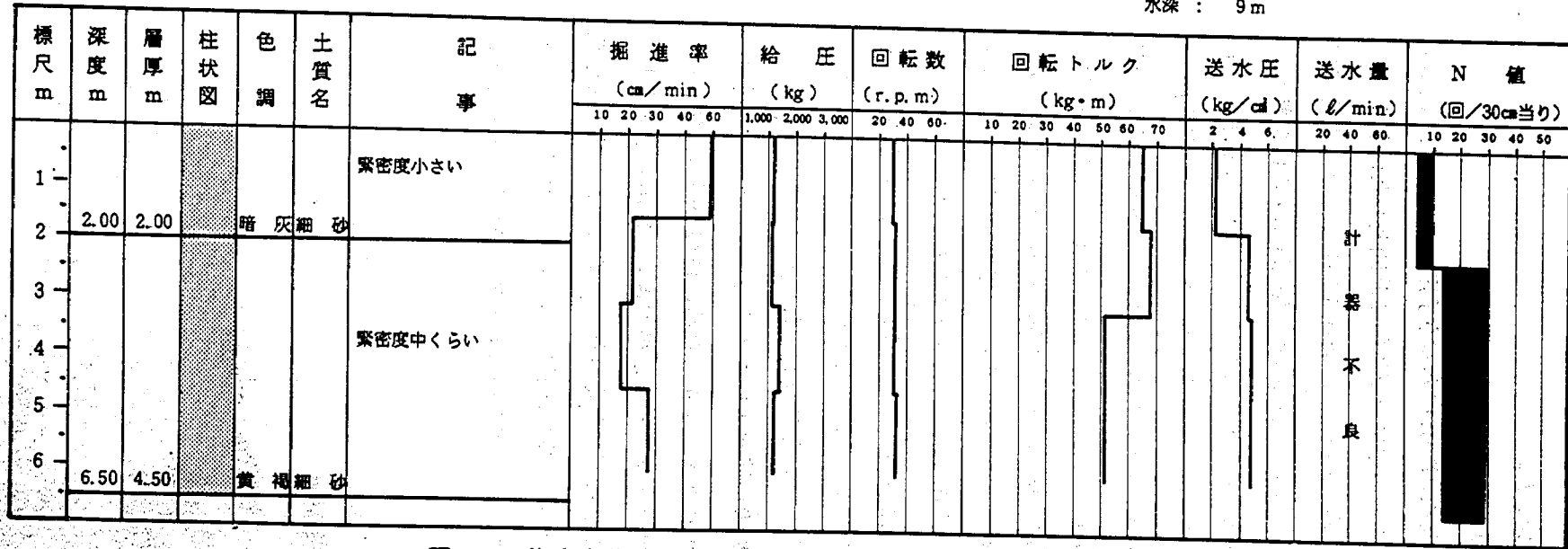


図-8 海上実験その1 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.1孔)

実験場所： 東京港有明13号地その1防波堤内側
水深： 9m

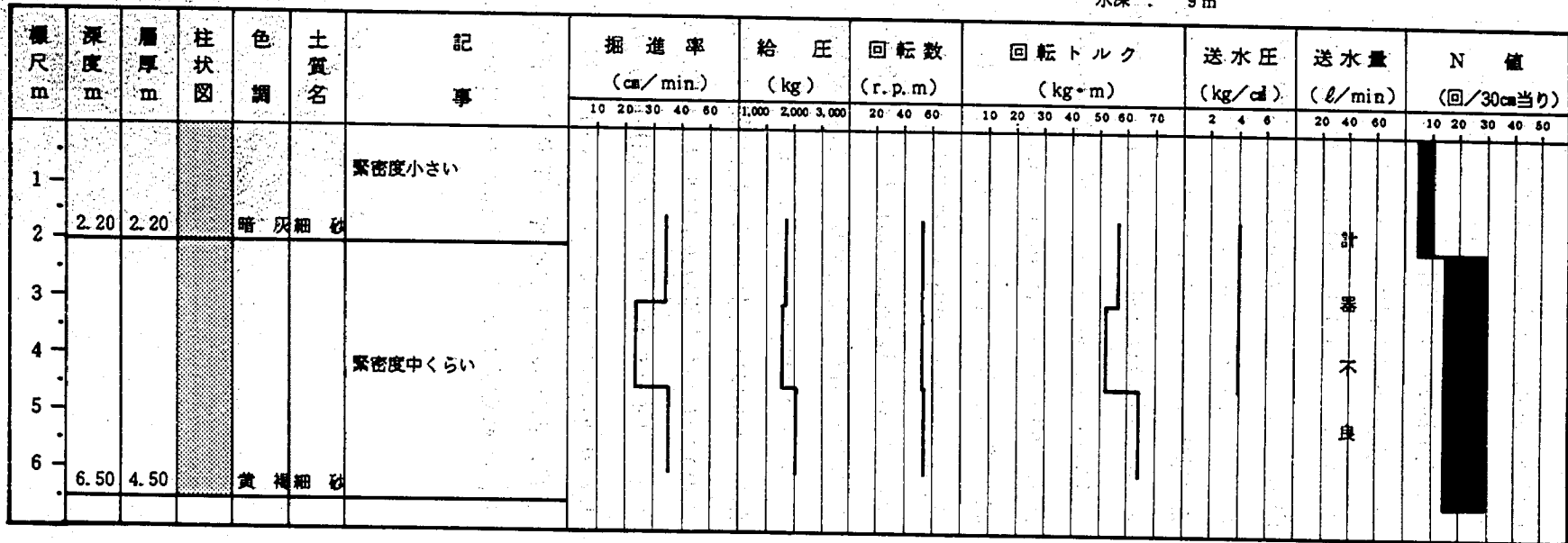


図-9 海上実験その1 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.2孔)

水深 : 9 m

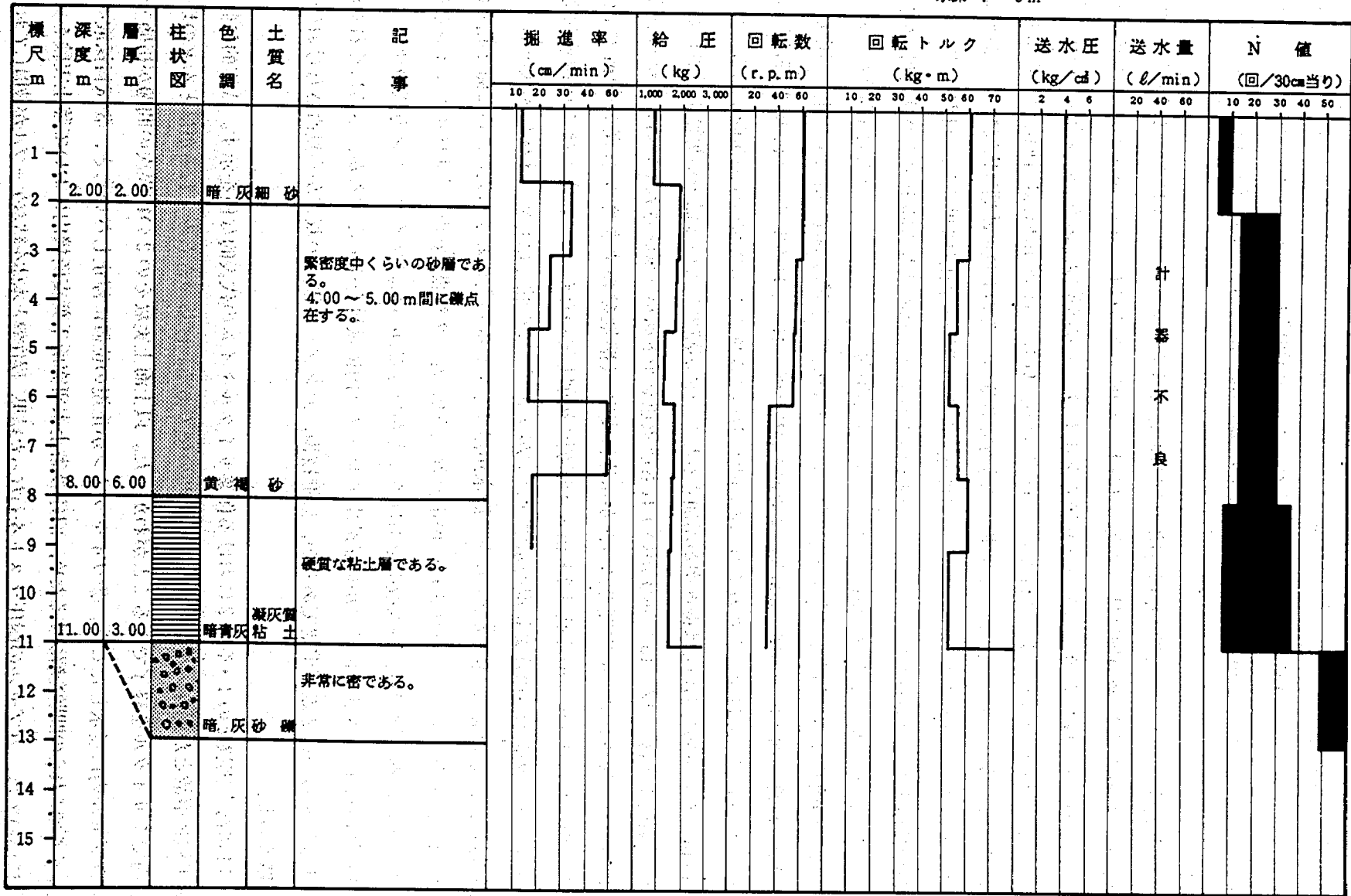


図-10 海上実験その1 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.3孔)

③試料採取率が悪かったことなどについて検討するため、陸上実験を行なった。その結果、以下のように改良する必要があることが明らかとなった。ハード面：①レッグの接地面積を大きくする。②送水ポンプを有段変速とし、流量計を取付ける。③ワイヤラインの引抜能力を大きくする。ソフト面：①機械操作ミスをなくするため操作手順に反復操作を組込む。②各作業工程で様々な状況を想定し、その場合の操作手順を明確にする。

5.2.2 海上実験その2（東京都江東区有明2丁目地先10号その2埋立地および10号ふ頭東岸壁水域）

既存資料によると本地域の地層は、最上部（GL-0.00）からGL-1.50 mまでは表土で、瓦礫等が混入している。以下GL 7.00 mまでは埋立層でシルト分混入の細粒砂である。その下に、旧海底面下の軟かい砂質シルト層がGL-18.00 mまで堆積している。GL-18.00 m以深に細粒砂が堆積している。地層状況は、GL-18.00 mまでは全体に軟弱層であるが、その下位の砂層は比較的堅密な地層（既存資料ではN値26～50）となっている。10号埋立地における陸上掘削結果を図-11に示す。この掘削は本機の調整を兼ねた試運転であり、海上実験その1およびそれに共なう陸上実験の結果明らかとなった送水ポンプ（20, 30, 45, 60ℓ/minに改造、流量計も取付）、ワイヤライン（張力1,000 kgに改造）、機械操作手順の改善などの効果を確認した。回転数は60rpm、送水量は60ℓ/minで一定、給圧は1,100～1,600 kg、深度が増すに従って3,000 kgまで増加させたが、掘進率は深度1～7 mの細粒砂層と深度7～14 mのシルト層に注目するとそれぞれの地層内において深度とともに減少する傾向がある。また深度7～15 mのシルト層においては掘進率が増加するとトルクが減少している様子が明瞭に示されている。海上での実験結果を図-12, 13に示すがいずれも暗灰色シルト層から構成されていることがわかる。本海域のヘドロの厚さは30 cm程度であったが本体は安定（接地盤の大きさを直径2.00 mに改造）していた。No 1孔は4.5 m、No 2孔は7.8 mまで順調に掘削していたが、No 1孔ではこの深度に達した時、グラフィック表示盤の作業状況を示すランプがランダムに点滅しはじめ、本体に異状があったと判断し引上げた。点検の結果、本体カプセル内に海水が浸水していることがわかった。さらにNo 2孔ではサンプラの引上作業中ワイヤラインが正規の停止位置（S9、表-2参照）で止まらずワイヤライン装置が破損した。また、本実験でも試料採取率をあげることができなかった。ワイヤライン方式のサンプリングで試料採取率を向上させるにはいかに掘進中にサンプラ内に試料を充てんするか、さらにそれを脱落しないようにするかの2点が重要であるが、掘進技術、サンプラの構造の双方から見直さなければならない問題である。

図-14に海上実験その1・その2における作業サイクルタイムの代表的な値を示す。代表的な値とは各作業工程に事故とか操作ミスなどのなかった時の値である。ばらつきもみられるがほとんどの場合一時間以内で1サイクルを終了できることがわかった。以上海上実験その2の結果次の問題が指摘できる。①本体カプセル内に浸水したこと、②ワイヤラインが正規の位置に停止しないこと、③試料採取率が低いこと。そこでこれらの問題を解決するため、旧建設省土木研究所千葉支所構内において陸上実験を実施した。①については、カプセルの耐圧テストを行なった結果、操作盤と本体を結ぶケーブルが破損しており、そこから浸水したことがわかった。ケーブルの巻上・巻下は今回まで全て人力で行なっており、そのため

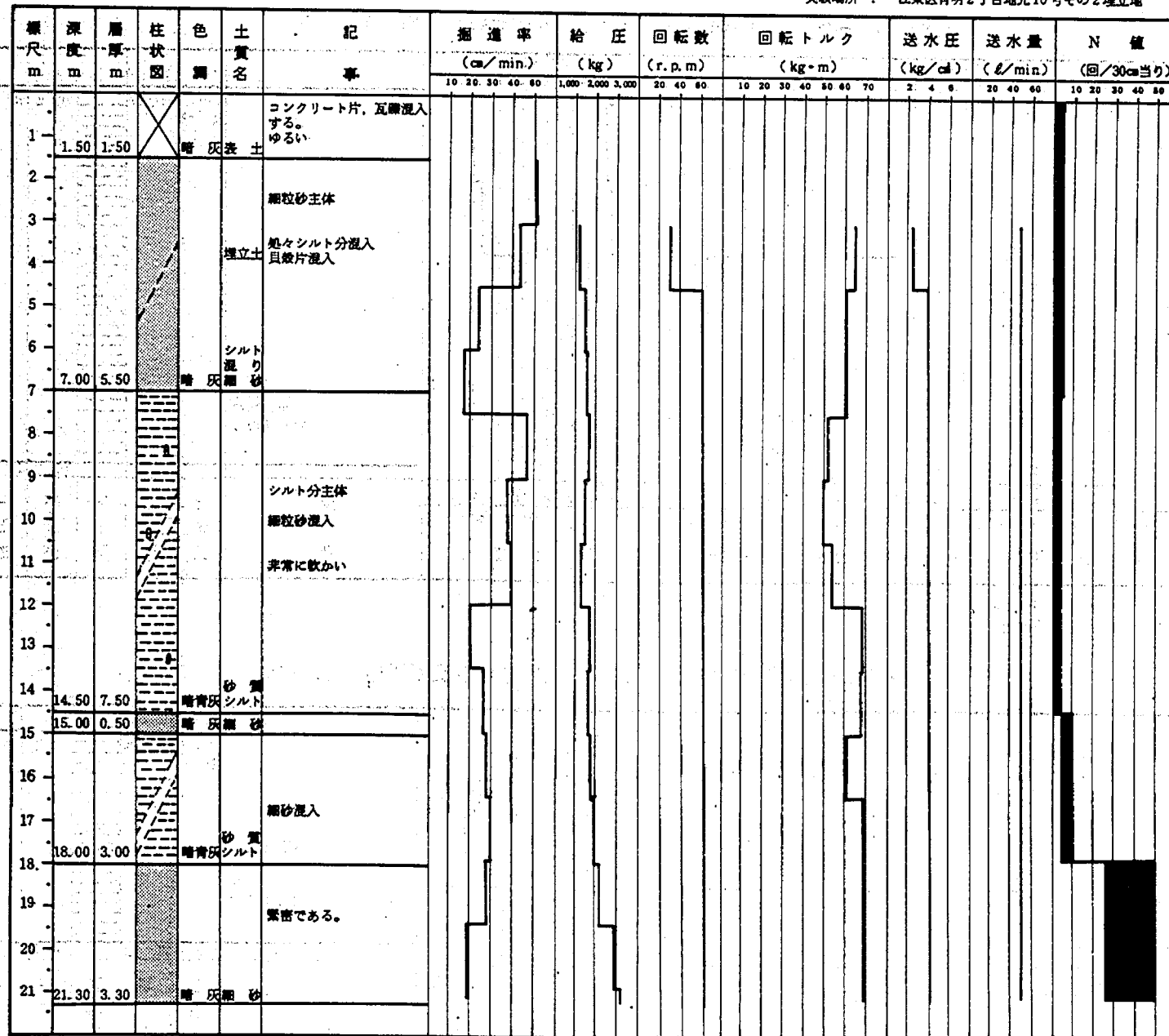


図-11 海上実験その2 ボーリング柱状図と掘削条件（陸上掘削）

実験場所 : 10号ふ頭東岸壁水域
水深 : 6~7 m

[illegible]

図-12 海上実験その2 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.1孔)

実験場所 : 10号ふ頭東岸壁水域
水深 : 6~7m

[illegible]

図-13 海上実験その2 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.2孔)

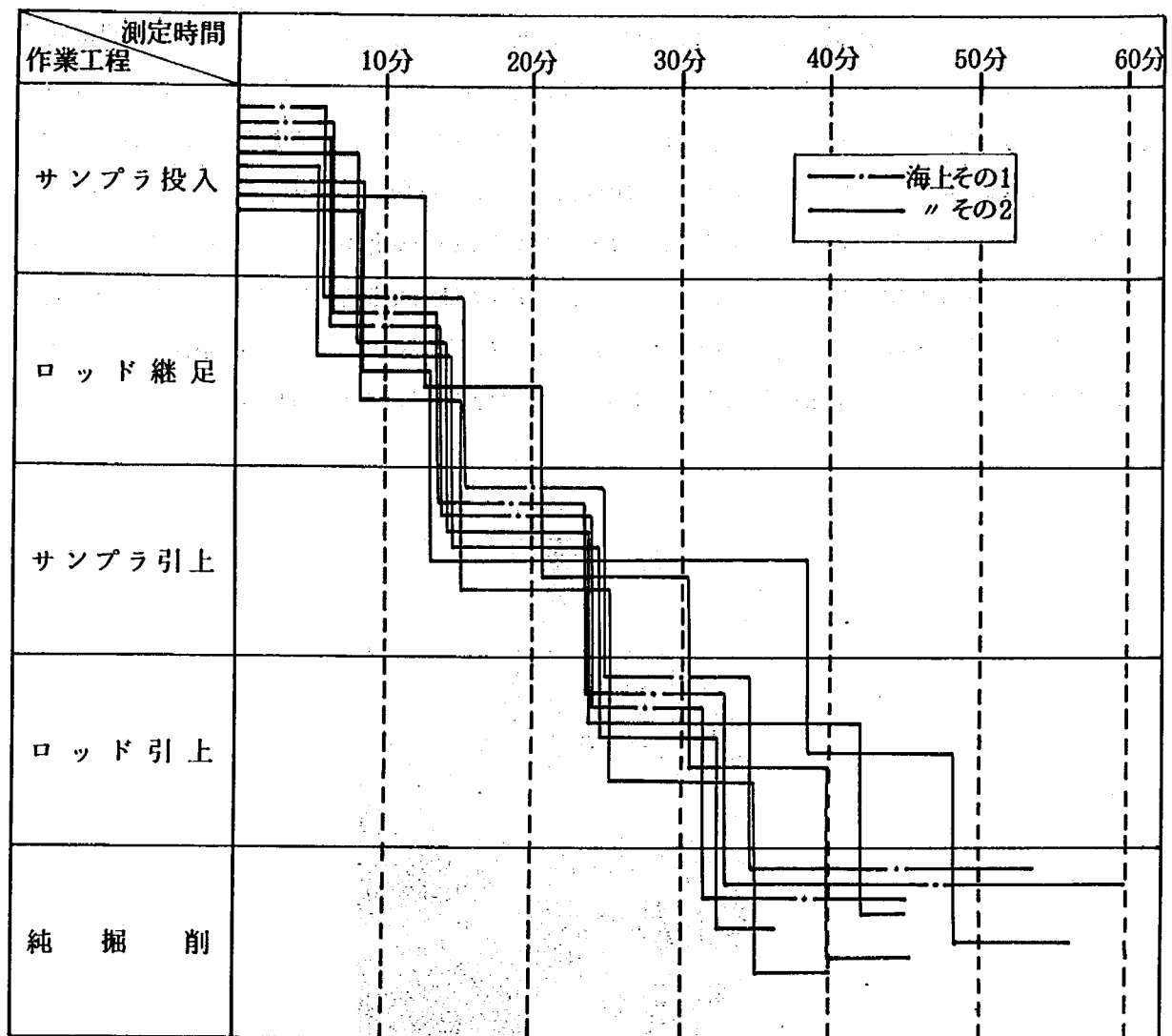


図-14 作業サイクルタイム

破損したと考えられる。作業の迅速性・安全性からも巻上・巻下の自動化が必要と考えられたので、ケーブルウィンチを作成した。②については、原因として考えられた波浪との関係を考慮し、ロビソン風速計を用いてワイヤラインの揺れと風速の関係を解明した結果、ワイヤラインの揺れはわずかでも、S9と上限（誤停止位置）の差がわずか1 cmであるため、小さな波浪にも影響を受けて揺れたためとわかった。S9と上限の差を大きくするか、波浪の影響を受けないためのカバーを取付けるなどの対策が必要であることがわかったのでカバーを取付けた。②については、まだ海上において十分な深度を掘削しておらず、したがって現段階ではまず掘削深度を下げるのが重要であり、一方では現在までの陸上・海上実験の結果得られている掘削条件と掘進率・地盤条件との関係のデータの総点検とさらにデータの集積を行なうことにした。なお実験風景を写真11に示す。

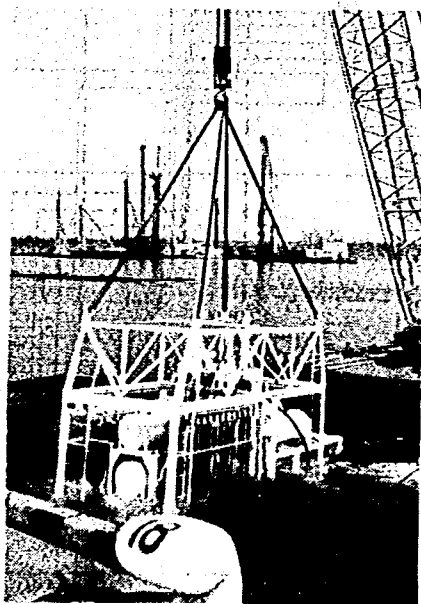


写真-11 海上実験その2 実験風景

5.2.3 海上実験その3（千葉県木更津沖合A-B浮標線外側、木更津港内）

実験結果を図-15に示す。本海域は平坦な砂質地盤でヘドロはほとんど堆積しておらず、本体は実験期間中水平に保たれていた。約1時間の浸水テスト後掘削を開始したが波浪が大きくなったので作業を中止し、実験場所を木更津港内に変更した。結果を図-16, 17, 18に示すが、本海域はいずれも暗灰色の砂で構成されていることがわかる。No2孔は深度5.25 m, No3, 4孔はともに4.50 mのところまで回転トルク150 kg・m以上になったので掘削を中止した。

水深 : 18 m

[illegible]

図-15 海上実験その3 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.1孔)

水深 : 10 m

[illegible]

図-16 海上実験その3 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.2孔)

水深 : 10 m.

[illegible]

図-17 海上実験その3 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.3孔)

水深 : 10 m

[illegible]

図-18 海上実験その3 ボーリング柱状図と掘削条件 (No.4孔)

6. 掘削条件と地盤状況の関連

ボーリングおよびサンプリングを効果的に行なうためには給圧・回転数・送水量等の掘削条件を地盤の状況に応じて適切に設定しなければならないが、現在までの実験からこれらに関して以下に示すような結果を得ている。

6.1 給圧と掘進率の関係

給圧と掘進率の関係を図-19に示す。給圧と掘進率に関数関係は認められないが、砂質土と粘性土の間には差があり、回転数 30~60 rpm の範囲では、砂質土は給圧 1,100 ~ 3,000 kg で掘進率 8 ~ 33 cm/min、粘性土は給圧 700 ~ 2,000 kg で 8 ~ 37 cm/min である。したがって、砂質土の場合は粘性土と比較して全体的に高い給圧で掘削する必要がある。

6.2 給圧と回転トルクの関係

給圧と回転トルクを図-20に示す。回転トルクは、砂質土の場合給圧が 1,100 ~ 2,700 kg では

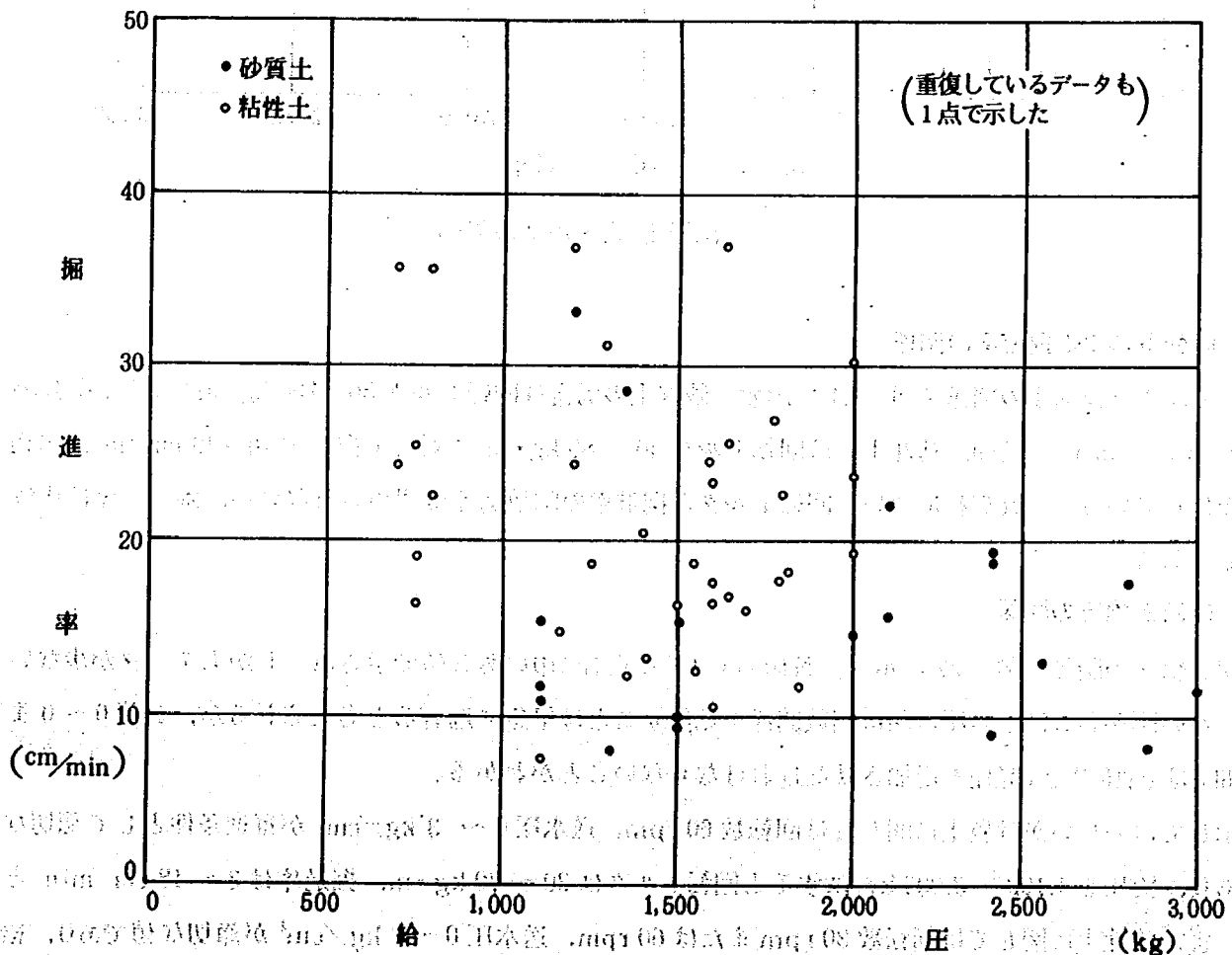


図-19 給圧と掘進率の関係

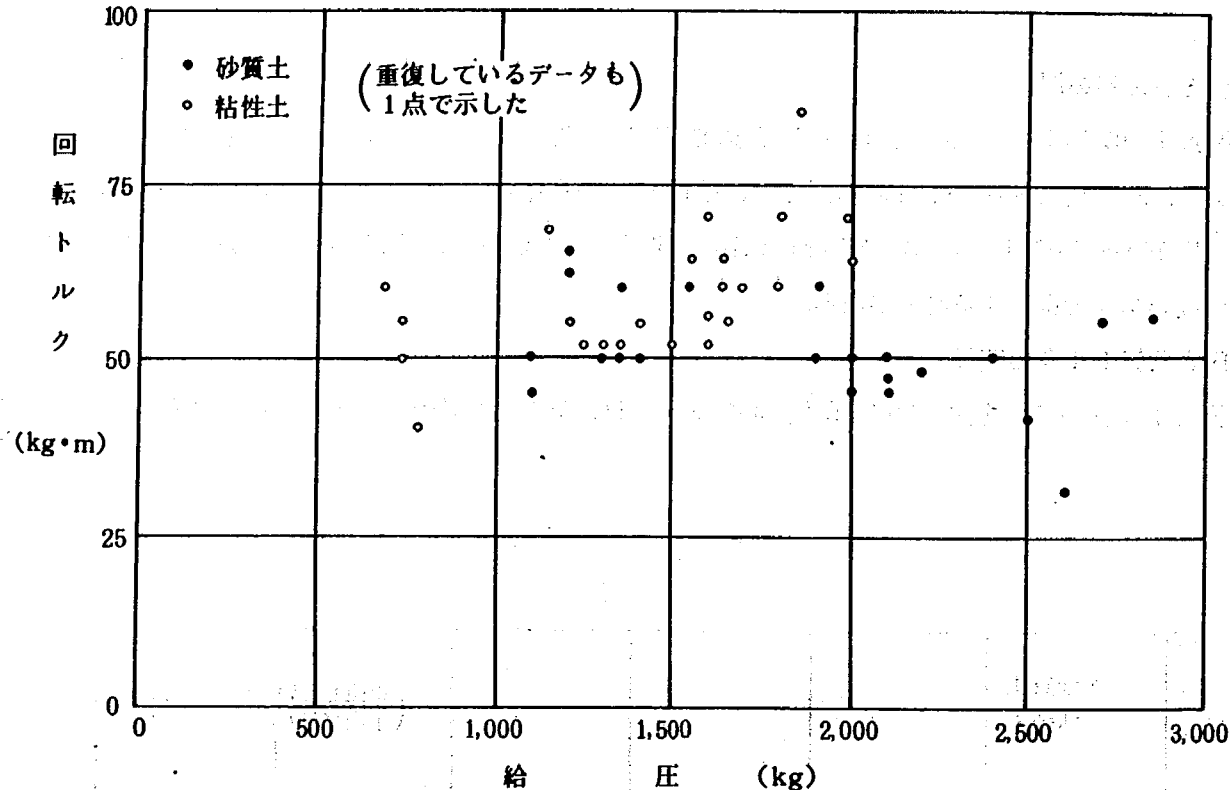


図-20 給圧と回転トルクの関係

6.3 回転トルクと掘進率の関係

回転トルクと掘進率の関係を図-21に示す。砂質土の場合は回転トルク 30~120 kg・m に対して掘進率は 6~35 cm/min の範囲、粘性土では回転トルク 40~85 kg・m に対して掘進率 10~48 cm/min の範囲で変化している。それぞれについて回転トルクと掘進率の関数関係は認められないが、両者の差は比較的明瞭である。

6.4 N値と給圧の関係

N値と給圧の関係を図-22に示す。N値および給圧ともに巾のある値で示され、しかもデータが少ないため、この図からN値と給圧の間に関数関係を見出すことは早急に過ぎると考えられるが、N値0~0までの間ではそれに応じて給圧も増加させなければならないことがわかる。

図示してはいないが砂質土に関しては回転数 60 rpm, 送水圧 0 ~ 3 kg/cm² が掘進条件として適切な値であり, 給圧を 1,100 ~ 3,000 kg にすると回転トルクは 30 ~ 70 kg・m, 掘進率は 3 ~ 18 cm/min となる。また粘性土に関しては回転数 30 rpm または 60 rpm, 送水圧 0 ~ 3 kg/cm² が適切な値であり, 給圧を 700 ~ 2,000 kg にすると回転トルクは 40 ~ 85 kg・m, 掘進率は 2 ~ 10 cm/min となる。

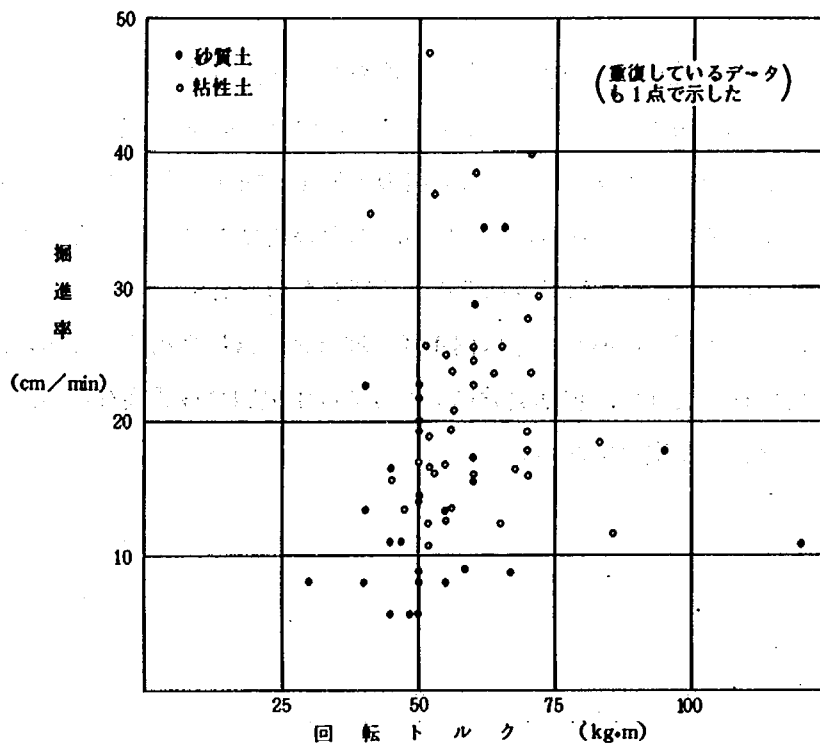


図-21 回転トルクと掘進率の関係

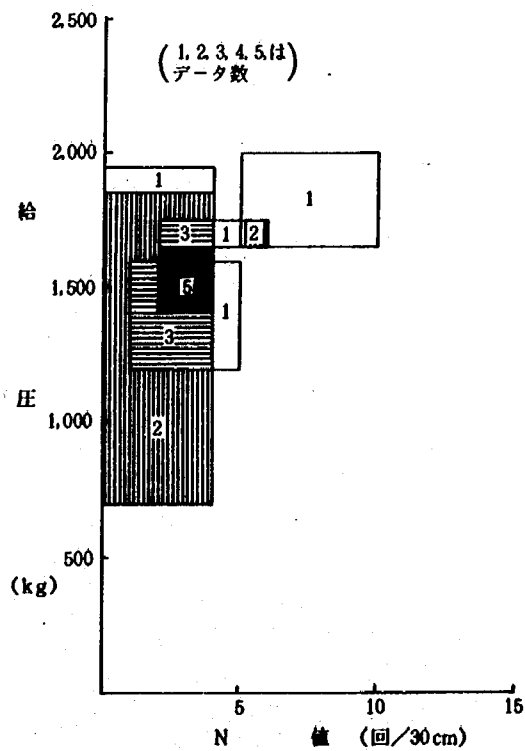


図-22 N値と給圧の関係

あ と が き

現在までの実験により、水中ボーリング機の基本的特性や掘削性能および地盤への適用性の概要をほぼ把握することができた。具体的内容については本文で述べた通りであるが、実際の水中ボーリング作業においてさらに地盤への適用性を高めるためには装置の小型化、操作の自動化、コア採取率を高めるための改良等いくつか解決すべき問題点も残されている。本機の開発において蓄積されたノウハウが今後の海洋開発機器の制作において有効に利用されることを望むものである。

本機の設計・製作および現地実験にあたっては岡本隆一地質官に常に御指導して頂いた。また設計・製作にあたっては塚本精機株式会社に、現地実験にあたっては中央開発株式会社に格段の努力をして頂いた。以上の方々に深く感謝する次第である。

菅原 捷, 桑原啓三, 中村康夫, 佐々木 審

キーワード 底置型水中ボーリング機, ワイヤライン式サンブラ, 特殊六角ロッド,
遠隔制御, 現地実験, 掘削条件, 機械操作マニュアル

要 旨

地質研究室では海底地質調査を精度良くしかも迅速に実施する1つの手法として底置型水中ボーリング機を開発し, 陸上および海底において掘削実験を行ってきた。本報文は底置型水中ボーリング機の仕様, 作動特性について総括するとともに本機の海底地質調査への適用性について述べたものである。

○

郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

地 質 研 究 室

御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 1646 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 ㊦