

## 第3次沖縄天然ガス資源調査・研究報告(その6)

—試験井の掘さく・仕上げについて—

河内 英幸\* 丹治 耕吉\* 後藤 進\*

## Report of the 3rd Phase Survey for the Natural Gas Resources of Ryukyu Islands (Part 6)

—On the Drilling and Completion of Naha No. 1 Test Well—

By

Hideyuki KAWACHI, Kōkichi TANJI &amp; Susumu GOTO

## Abstract

Naha No. 1 Test Well was drilled as one of the surveys for the inflammable natural gas resources in the southern part of Okinawa Main Island.

The drilling was started on October 6, 1966, under the planned depth of 600 m and the initial diameter of 185 mm.

From the surface of ground to the depth of 23 m, casing pipe with 5 inches in diameter was fixed with cement.

After drilling with a 86 mm coring bit from 23 m to 268 m deep, the bore hole was reamed with a 110 mm diameter wing bit, and 97 mm casing pipe having slits by 2.89% opening ratio between 208 m and 268 m and the total length of 268 m was fixed with cement.

After the production test for shallower reservoirs was completed, the drilling was continued with two types of bit; one was a 85 mm coring bit for recovering spot core samples and the other was a 86 mm rolled bit for rapid drilling without coring. The drilling was finally completed to the depth of 435 m on December 11, 1966, and it took 54 days for all drilling operations. The 73 mm casing pipe having slits by 2.95% opening ratio from 405 m to 435 m deep was fixed at the depth from 191 m to 435 m.

The rocks penetrated by the drilling consist mainly of fine-grained sandstone and mudstone, and these sedimentary rocks have a slight swelling property and a few cracks. Therefore, as the raw materials of drilling muds, bentonite or bentonite with a little CMC colloid was used.

The bottom hole temperature at the depth of 435 m was 37.5°C.

地質管理 地質調査所

## 1. 那覇1号井諸元

坑井所在地	那覇市国場
標高	地表 2.64m 基準面 3.08m
開坑年月日	昭和41年10月6日
掘止年月日	昭和41年12月11日
予定深度	600.00m
掘止深度	434.95m
施行	琉球政府
掘さく	地質調査所
掘さく機械	利根TM-1型(油圧式)

## 2. 掘さく機械類

掘さくに使用されたおもな機械類は、次に示すとおりである。

櫓	4脚アングル櫓(高さ18m)
試錐機	利根TM-1型(油圧式)
ポンプ	268mまで 藤井式縦型3進プランジャーポンプ(最大吐出量 90l/分; 最大圧力 14 kg/cm <sup>2</sup> )
	435mまで 利根式横型2速プランジャーポンプ(最大吐出量 100l/分; 最大圧力 60 kg/cm <sup>2</sup> )

\* 技術部

ボーリング ロッド	50mm (23.3kg/本; 7.767 kg/cm <sup>2</sup> )	5" G P 20mセットまで	3日
コアチューブ	85mmシングル (坑径 86mm; コア径68mm) × 6m 77mmシングル (ウイング使用; 坑径 86mm; コア径58mm) × 6m 65mm (ウイング使用; 坑径 76mm; コア径50mm) × 3m	電気検層 97mm C P 300mセット 中間産出試験 掘進再開準備完了	29日
動力	ディーゼルエンジン 47HP (試錐機) 10~11HP (ポンプ)	600mまで掘進 電気検層 73mm C P 600mセット 産出試験 解体作業完了	

3. 作業計画

4. 作業実績

各項目別の作業計画は、それぞれ次に示すとおりであった。

(1) 坑径・ケーシング計画

深 度	20mまで	330mまで	600mまで
坑 径	184mm	110mm	85mm
ケーシング	5" G P	97mm C P	73mm C P

(2) 泥水計画

掘止めるまで (原則としてベントナイト単味とし、調泥剤を使用せず)

(3) 電気検層計画

深度 300mおよび掘止深度において実施する。

(4) 予定工程

掘進準備作業完了まで 7日

資材の引きとりに手間どったため、掘進開始が8日間遅延して、昭和41年10月6日となったが、その後、10月28日に深度268.30mに達するまでは、掘さくは順調に進み、深度 263mで小緑砂岩を貫いたと判断されたので、深度268.30mにおいて中間産出試験を行なうことにした。ところが、ドリリングチャート (第1図) にも示されているように、拡孔その他の産出試験の準備、産出試験および掘さく再開準備が意外に手間どり、掘進再開が19日間遅延して、11月18日となったため、以後はコア掘りを最少限度に止めることとし、12月9日まで掘進し、深度 434.95 m に達して掘止めとした。掘進再開後はかなり難掘し、コア掘りを最少限度に止めたにもかかわらず、予想したスピードアップができなかった。

第I表 掘 さ く 記 録

深 度 (m)	孔 径 (mm)	ケ ー シ ン グ		ビ ッ ト		給 圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	スピンドル 回転数 (rpm)	ポンプ圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )
		種 類・径	挿入深度 (m)	種 類	数			
0~23	192	5G.P.	23.00	186m/m M.C.	1	400~600	100~120	5~10
				192m/m C.b.	1			
23~268	110	87m/m C.P.	268.00	86m/m W.B.	8	400~600	100~120	10~12
				86m/m M.C.	2			
				86m/m P.R.b.	2			
268~434.95	86	73m/m C.P.	434.95	86m/m W.b.	2	400~600	100~120	15~18
				86m/m Tr.b.	1			
				75m/m W.b.	1			

記号 G.P. ガスパイプ C.P. ケーシングパイプ  
M.C. メタルクラウン C.b. クロスビット  
W.b. ウイングビット P.R.b. パイロットリーマビット  
Tr.b. トリコーンビット

備考 1) 73m/m C.P. の頭は 191.25m にあり 191.25~268m の間では 97m/m C.P. と 73m/m C.P. が重なっている。

2) ストレーナー  
97m/m G.P. 202~265m (長さ63m)  
73m/m C.P. 404.95~434.95m (長さ30m)

第3次沖繩天然ガス資源調査・研究報告(その6)(河内・丹治・後藤)

第2表 作業日数内訳

内 訳	日数	(%)	備 考*
掘 進	38	42.8	前半19日 後半19日
拡 孔	4	4.5	前半のみ
産出試験	6	6.7	前半4日 後半2日
セメントリング 硬化待ち セメント切り	9	10.1	前半のみ
ケーシングセット	3	3.4	3回
電気検層	2	2.2	
修 理	6	6.8	
準備作業	14	15.7	
解体作業	5	5.6	
雨のための休日	2	2.2	
合 計	89	100.0	

\* 中間産出試験後の掘進再開をもって、前半・後半を区分した。

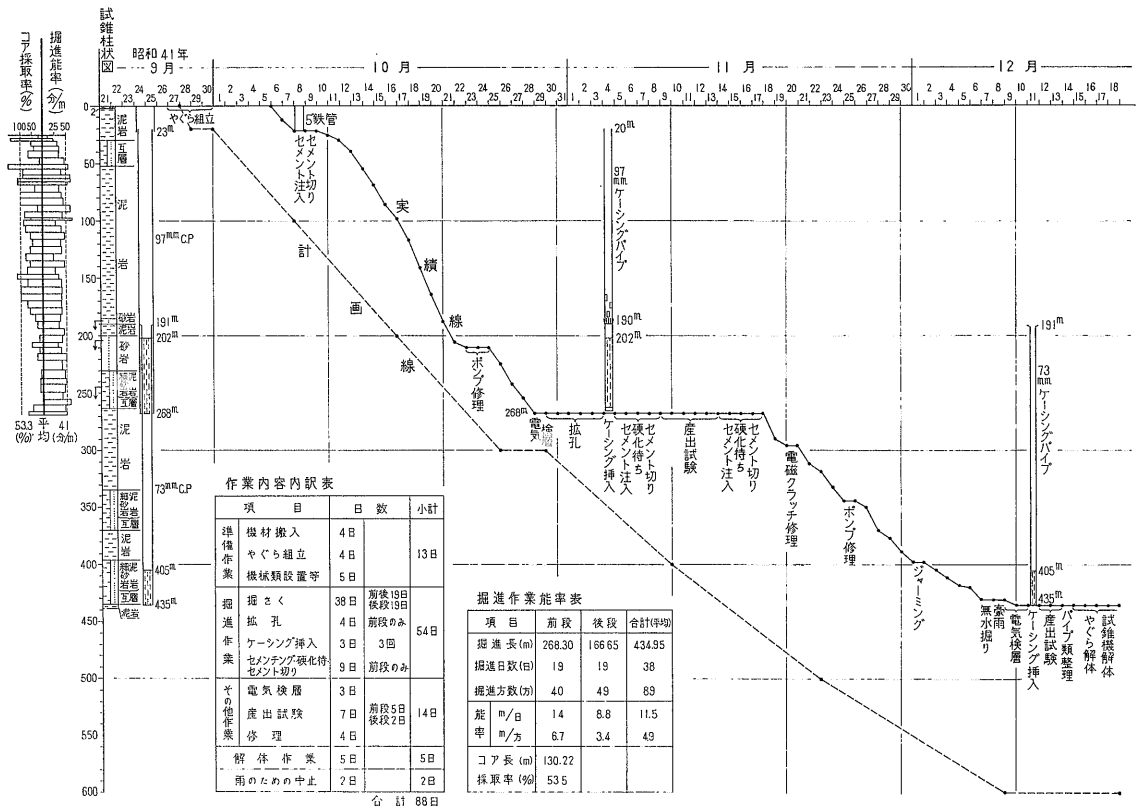
第1～4表はそれぞれ掘さく記録、作業日数内訳、作業能率およびビット記録をとりまとめたものである。また、第1図には試錐柱状図も併記されている。

第3表 作業能率

	前 半	後 半	全 体
掘 進 長	268.30m	166.65m	434.95m
掘 進 日 数	19日	19日	38日
掘 進 方 数	40方	49方	89方
掘 進 能 率	14.1m/日	8.8m/日	11.5m/日
	6.7m/方	3.4m/方	4.9m/方
コア長合計	130.22m	—	—
平均回収率	53.5%	—	—

第4表 ビット記録

ケーシング	5" C.P.	97m/m C.P.	73m/m C.P.	計・平均
孔径 (mm)	192	110	86	—
m 数	23	245	166.95	434.95
ビット数	1	10	4	15
m/ビット(平均)	23	24.5	42	39
m/時間(平均)	4.2	1.46	0.79	1.1
日 数	2	17	18	3.7



第1図 那覇1号井ドリリングチャート

5. 作業状況

1) 準備作業

出発前、かなり余裕をもって準備作業を進めてきたが、輸出手続・船便等の関係で、日程がぎりぎりの線まで追い込まれ、その揚句、台風24号に見舞われ、機材が現場についたのは、予定より6日後であった。準備作業の実際は次のとおりであった。

- 埠頭から現場までの機材の搬入 3日
- 櫓の組立て 4日
- 泥水循環システムの整備 3日
- その他の作業 2日

その間、9月26日には、琉球政府主催のもとに、地鎮祭が行なわれた(写真4)。

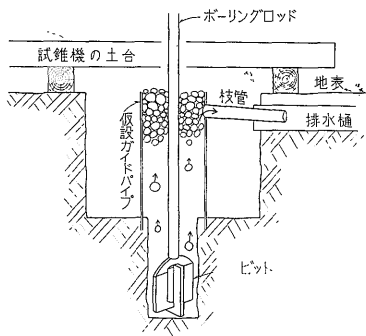
2) 掘進作業

a) ドライブパイプ挿入まで

試錐計画に従って、5"パイプを20mまで挿入するため、孔径185mmのシングルコアバレル(長さ1.5m)を使用して、掘進を開始した。ところが、このコアバレルでは、掘進率も、コア採取率も悪いので、192mm径のクロスビット(写真5)に切替え、深度22.3mまで掘進し、長さ5.5mのガス管を4本継いで挿入し、直ちにセメントでセットした。

この掘進中に次のような現象が起きた。すなわち、第2図のように、あたかもゴムネで木材に穴をあける場合のように、泥塊が仮設パイプの口元に一杯になって盛上ってきた。深度も浅いので、ポンプ圧は2~3 kg/cm<sup>2</sup>程度まで、泥水は順調に循環されていたが、枝管の排出口が小さすぎたためか、泥塊のスライムはそこから排出されず、仮設パイプの口元に累積され、ポンプ圧で溢れ出てきたものらしい。この時、ビットを引掲げてみたら、写真6のような姿で泥塊が採取された。

b) 深度268mまでの掘進



第2図 泥塊スライムの排出状況

深度22.3~38.95mの間(6.65m)は、1交替制で3日を要し、38.95~116.25mの間(77.3m)は2交替制で5日、さらに116.25~268.30mの間(152.05m)は3交替制で8日と1方を要している。ビットは写真7に示すような85mm径のウイングビットで、コアバレルとしては、シングルでコアシェルコンプリートのついたプロロングチューブを使用した。最初のうちは、コアリングと拡孔を同時に行なうため、コアチューブの上に110mmの拡孔錐をつけて掘進したが、ポンプの容量が小さくて掘進率が悪く、かつコアの採取率も悪いので、深度39mでこの方法を中止した。コアの採取率が悪かったのは、拡孔錐の振動でコアも一緒に砕かれたためか、あるいは、掘進速度がおそいため、循環水によってコアがやせてしまったためと考えられる。

深度39mからは、拡孔錐をとり除き、普通工法で掘進したが、このためコア採取率は60~70%にまで向上した。コア採取率は普通工法でも泥質の地層と砂質の地層とでは大いに異なり、砂質のところが悪く、その反面、掘進率は砂質のところの方がよい。コア採取率および掘進率の垂直変化は地質判定にも役立つ。第1図の試錐柱状図にも両者を併記しておいた。前半の掘進状況およびコア採取状況をとりまとめて示したのが次の第5表である。

深度185m付近から小礫砂岩に入り、さらに深度263mからふたたび泥岩に入ったこと、および電気検層その他の日程との関係から、前段を268.3mで掘止めとした。電気検層終了後、97mmケーシングを孔底まで挿入するため、110mmのウイングビットを使用し、深度33mから拡孔を開始し、4日と1方を要して完了した。この間の泥岩は、膨潤性は少ないが、粘性は強く、掘進を早めると水圧が上り(20~30 kg/cm<sup>2</sup>)、ビットの張付きを起こし易いので、コアリングの場合の2倍程度しか拡孔速度を上げられなかった。

c) 孔底までの掘進

種々の事情から、前半の深度268.3mまでの調査が予定よりもかなりおくれ、残りの日数も切迫してきたので、関係者と協議の上、後半はスポットコアリングと

第5表 那覇1号井の前半の掘進能率およびコア採取状況

掘進長	掘進日数	掘進方数	掘進能率		コア採取	
			m/日	m/方	長	(%)
268.3m	19日	40方	14m	6.7m	130.22m	53.5



第6表 那覇1号井の後半の掘進能率

掘進長	掘進日数	掘進方数	能率	
			m/日	m/方
166.65m	19日	49方	8.8m	3.4m

第7表 那覇1号井の後半のコア採取状況

コアリング間隔(m)	深度	掘進長(m)	コア長(m)	備考
12	290.75~296.75	6.00	2.80	泥岩(下部に10cmシルト質)
24	314.75~319.55	4.80	1.10	泥岩
30	344.75~350.75	6.00	3.10	泥岩(下部に14cmシルト質)
27	371.75~377.75	6.00	3.50	泥岩(細砂岩挟む)
52	424.05~430.05	6.00	0	
0	430.05~430.30	0.25	0	無水掘り
0	430.30~434.95	4.65	1.00	泥岩(下部に硬質砂岩)

し、できるだけ深度を延ばすことに専念した。後半の掘進状況を取りまとめて示したのが次の第6表である。

スポットコアリングは、当初20m間隔を予定していたが、終り頃には深度に重点をおいたため、結果的には次の第7表のようなコア採取状況となった。

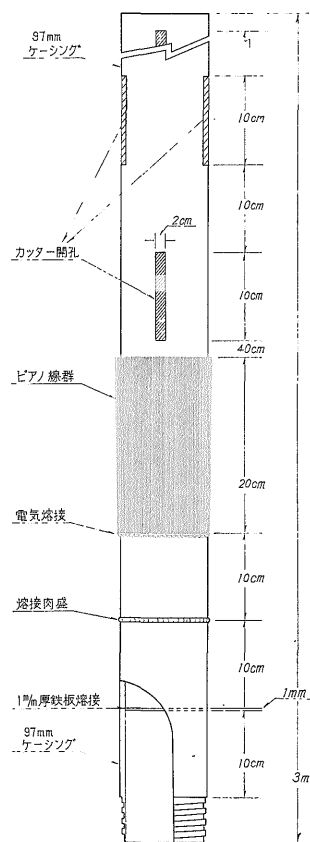
### 6. ビットと泥水

本試錐孔は、坑井地質の項でも述べられているように、大部分が泥質層からなり、その中に砂質層が介在している。砂質層は厚いところで8m位あるが、ほとんどが1m以下の薄層で、泥質層と互層をなしている。このほかに厚さ10~20cm程度の粘土化帯が2~3カ所みられ、この部分が若干の膨潤性を示した。ということは、電気検層の際には引掛るが、ロッド昇降には余り問題にならない程度である。

このような地質であるため、掘さくにはメタルビットが最適である。前半では、オールコアリングであるため、メタルクラウンを使用し、後半では、作業日数の関係もあって、スポットコアリングしたため、ブレードビットおよびトリコーンビットを使用した。コアリングビットはウイングビットで、利根式のもの、クラウンの側面にメタルチップを溶接したものを使用した。地質が粘り気のある泥岩層が主体であるため、孔壁との間隙を充分にとる必要があり、この意味から後者のウイングビットの方がより効果的であった。このような地層であるため刃先の消耗は少なく、1コのビットで10~15mは

使えるし、さらにチップを研磨すれば20~30m程度の使用には耐える。ノンコアリングビットの場合では、ブレードビットよりもトリコーンビットの方が一層効果的であった。今回は中硬岩用ビットを1コしか持っていなかったし、ポンプの容量も充分でなかったため、適性なビット試験はできなかったが、結果からみると、掘進速度は平均して0.8m/時、砂質層のところでは1.6m/時の伸び方であった。ブレードビットの場合は、トリコーンの半分で、0.4m/時程度しか掘進速度が得られなかった。回顧するに、トリコーンは軟岩用の、すなわち間隙の粗い突起の大きいものを使用し、送水量を100l/min以上送ることができれば、数倍の掘進速度を得ることができると思われる。

泥水はベントナイト単味とし、初めのうちは比重1.07、粘速35sec/500ccのものを調泥して使用していた。しかし、泥岩の掘さくが進むにつれて、泥水は濃くなりがちとなり、粘速が60秒以上になるので、濃度の薄いベントナイト泥水によって薄め、粘速をつねに40秒程度にまで下げるように留意した。深度200m以深の砂質層で



第3図 ケーシング外側のセメンチング装置

は、逸泥もあり、スライム排除も悪くなり、またガス徴候も現われたので、関係者と相談の上、CMCを0.1%程度添加し、濃度も濃くして、比重1.10程度まで上げた。この結果、効果が現われたので、パライトは最後まで使用しなかった。

### 7. ケーシングと孔明管

第3図に示すように、深度268mまでの電気検層・拡孔を終えた後、ただちにストレーナ加工した97mmケーシングを挿入してセットした。ストレーナの位置は、深度202～265mの間の63mで、スリットの大きさは0.2cm×14cm、開孔率は2.89%である。産出試験をする際、上部からの浸透水の混入は試験結果の解析上支障をきたすので、深度195mより上部に向かってケーシングの外側にセメンチングするため、写真8・9および第3図のようなパッカーを取付け、さらにセメントミルクがストレーナの方に達しないように、内側に1mm厚さの鉄板を溶接しておいた。セメントが固結後、ケーシング内のセメントと鉄板をクラウンにて掘さくし、静水で十分に孔内を洗滌後産出試験に入った。

前段の産出試験が終了後、この部分のガス・水等が後段の産出試験に干渉するのを避けるために、ストレーナのところは全部セメンチングで閉塞した。後段のケーシングは73mm径のもので、深度191.25mから孔底の434.95mまで挿入し、ストレーナの位置は深度404.95

～434.95mの間の30mで、スリットの大きさは0.2cm×14.3cm、開孔率は2.95%である。73mmケーシング挿入の際は、写真10に示すような左ネジカップリングを作り、ボーリングロッドで降下させ、着底してから孔口のところでロッドを右廻しさせ、ロッドをケーシングから外させるようにした。73mmケーシングの場合にはセメンチングをしていない。

### 8. むすび

今次の工事を通して得られた今後の同様な工事に対する技術的注意事項は、次に列挙するとおりである。

1) この地方の島尻層群の掘さくには、コアリングの場合はウィングビットが、またノンコアリングの場合は軟岩用のローラビットが適している。適切な工法を採用すれば、3交替制の1方あたり10m程度の掘さく能率を挙げることができよう。

2) 膨潤性の少ない地質であるため、泥水管理は大きな問題ではないが、水量の多い高圧ポンプはぜひ必要である。また、砂質層の場合、若干逸泥する。

また、沖縄では、試錐機・ポンプ・エンジン等の特殊部品については間に合わないものもあるので、重要部品については、輸出の手続・所要日時等を考慮の上、余裕をもって携行することが必要であろう。

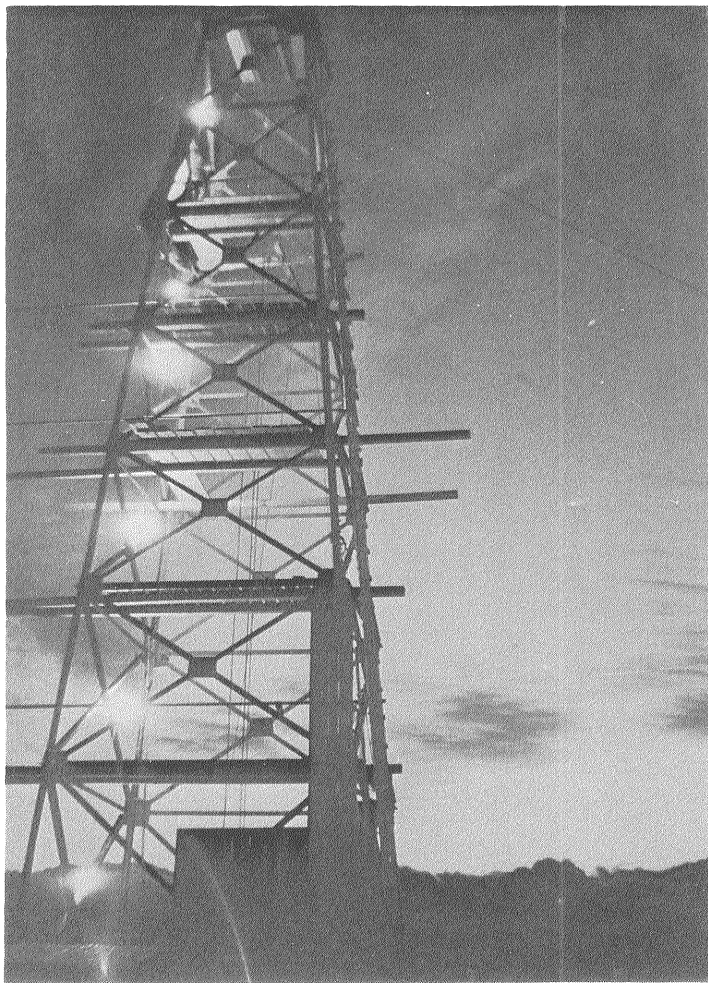
(昭和41年9月調査)



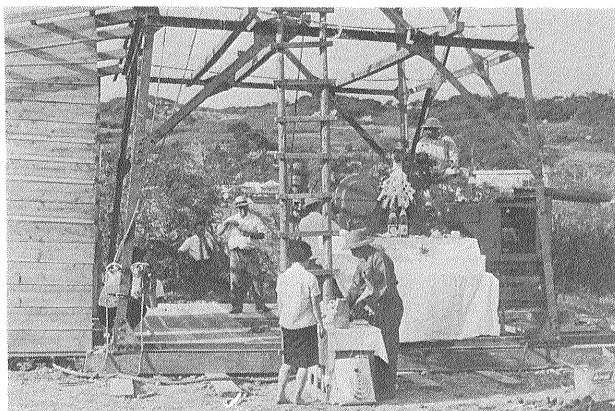
1. 建設局の給水車 (1.8トン入)



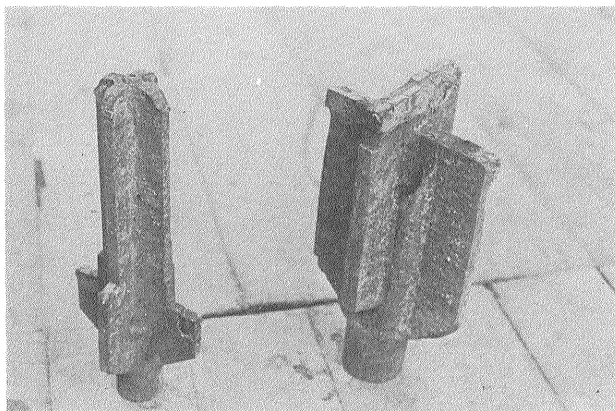
2. 那覇1号井掘さく現場入口



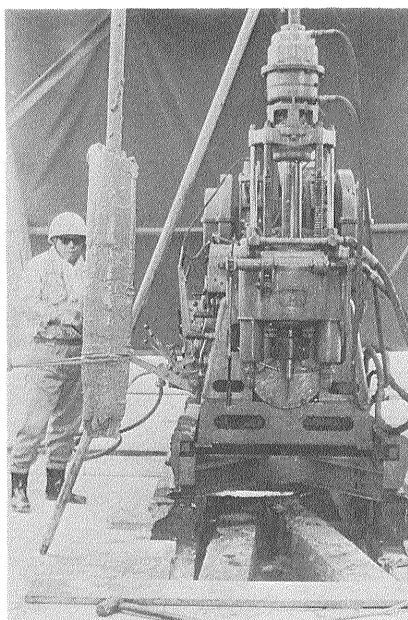
3. 暁の試錐やぐら (掘さくは昼夜兼行で行なわれた)



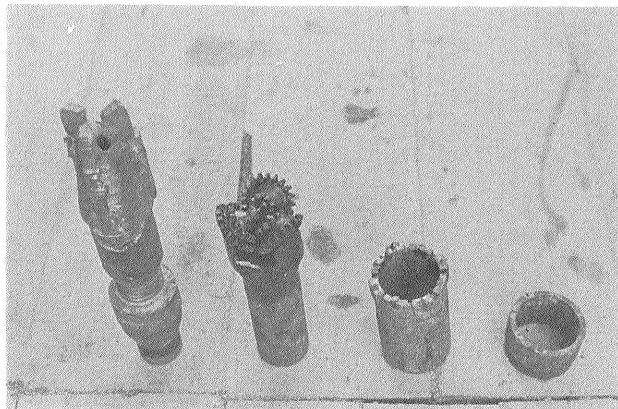
4. 琉球政府主催の地鎮祭



5. クロスビット  
(左)110 mm 拡孔ビット  
(右)192 mm クロスビット



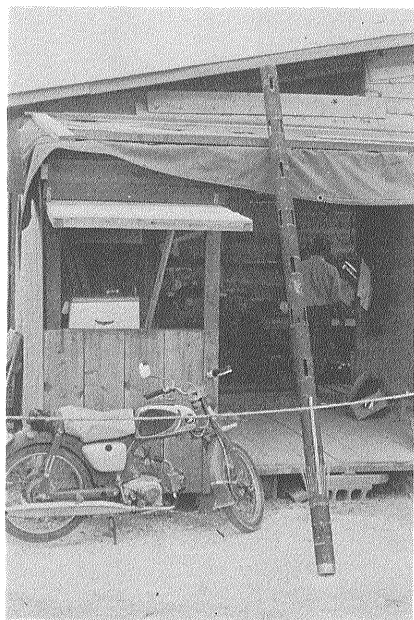
6. 泥塊スライムの引揚げ状況



7. 86 mm 径ビット  
(左) 三羽ビット (中央左) トリコーンビット  
(中央右) ウイングビット (右) メタルクラウン



9. ピアノ線の周囲に昆布を巻いた状態



8. ケーシング外側セメンチング装置



10. ケーシング挿入用左ネジ  
カップリング