

第3次沖繩天然ガス 鉦床調査の記録



琉球舞踊「四つ竹」
打ち鳴らし 鳴らし 四つ
竹は鳴らす けふやお座出
ちて 遊ぶ嬉しや

“We will do our best to leave the world better than we found it.”
(Sir William Herschel, 1792~1871)

“この世界を自分たちが見出したときよりも よりよきものにして残すために努力しよう”
(南原 繁 訳)

1. ま え が き

今に伝わる琉球の宮廷舞踊の服装から 沖繩といえは竜宮伝説の乙姫様を思い浮べる人も少なくないであろう。しかし 現実の沖繩は 伝説の竜宮とはうらはらに まことに貧しい基地の島である。ちなみに 沖繩の県民所得は本土の国民所得の約半分といわれている。その上 生活必需物資の多くは本土より3~4割が高値。さらに悪いことに ただ貧しいだけでなく 経済状態がきわめてよくない。具体的に述べると 貿易のアンバランスがとくにひどく 年間約3億ドルの輸入に対して輸出はわずかに約7,000万ドルである。このような状態では 沖繩住民の願いがかなって本土復帰が実現しても 住民の一時的な精神的満足が得られる止まり 本土との生活水準の大きな格差が住民の思想的混乱を招き ひいては 救いのない政治的混乱を招来しかねないことは明らかである。すなわち 全国民の念願する沖繩の本土復帰は その経済振興の裏づけがあってこそ 沖繩住民の福祉に通ずるものとなり得るのである。

さて 沖繩の経済振興の具体策については これまでも関係者の間でいろいろ議論されているが その自然条件を最大限に生かし かつこれに合った方策を立てることが その第1歩であろう。私どもが行なっている天然ガス鉦床の調査研究も この観点から 本土政府の琉球政府に対する 技術援助計画の一部として推進されて

燃 料 部 福田 理・井島信五郎・影山邦夫・牧野登喜男

技 術 部 後藤 進・比留川貴・河内英幸・牧 真一・本島公司・永田松三・小野寺公児・丹治耕吉

物理探査部 高木慎一郎・田中信一

東北出張所 名取博夫 (所属別アルファベット順)

いるものである。昭和35年度および同40年度に行なわれた第1次 および第2次の調査研究は それぞれ団員2名および4名の小規模なものであったが ここに紹介する昭和41年度の第3次の調査研究は 団員15名のかなりの規模で行なわれたばかりでなく 自前の試験井による調査研究を中心として計画・実施されたという点でも昭和35年度以来の一連の調査研究を 飛躍的に発展させたものといえることができる。そして 試験井についての問題は残されているが 今後数年の間 昭和41年度と同等あるいはそれ以上の規模の調査・研究が本土政府および琉球政府の技術者の協力のもとに実施できる見通しもついた。この記録はいわば沖繩における本格的な天然ガス調査・研究の第1報であり 昭和42年度以後のものについても 一応の結果が出次第 本誌を通じて紹介して行くことにしていたので 本文に入る前に沖繩のあらましとその地質の概要を紹介しておく。

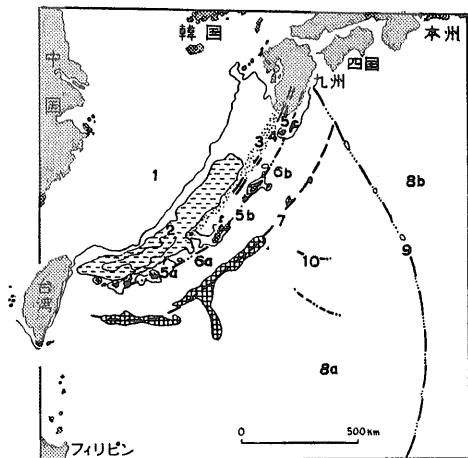
2. 沖 繩 の あ ら ま し

(1) 位 置

一般に沖繩と総称されているのは 戦前沖繩県として3府43県のうちの1県として親しまれていたところで九州と台湾との間にあって 太平洋と東支那海とを境するいわゆる琉球列島のうち 沖繩・宮古 八重山の3群島 東支那海上の尖閣列島 および太平洋上に浮かぶ北・南・沖の3大東島を含む大小60余りの島々からなり 北緯24°から27°にある北回帰線の北側に位置している。

(2) 面積と人口

沖繩の全面積は2,388,24km² また全人口は934,176人(1964年10月現在)で 面積・人口とも佐賀県のそれに近い。かなりの面積を占める基地を考慮しないで計算しても 人口密度は391人/km²と きわめて高く ここにも貧困の原因の1つがある。



第1図 琉球列島およびその周辺の地形区
 1.東海陸棚区 2.琉球後背海盆区 3.古期琉球火山岩区 4.琉球火山帯(または霧島火山帯)
 5.琉球地背斜区 a.東北琉球 b.中部琉球 c.西南琉球 6.宮古凹地 7.琉球海溝
 8.フィリピン海盆区 a.西部フィリピン海盆区 b.東部フィリピン海盆区
 9.九州パラオ海底山稜 10.大東山地区

(3) 気候と風土

その地理的条件からも推定されるように 沖縄を支配するものは亜熱帯性島嶼気候で 冬の寒さも15℃内外 夏は暑いといっても32~33℃止りである。 加えて 海岸から吹きこむ風が 絶えず涼味を与えてくれるので 真夏でも思ったよりしのぎやすい。 しかし 日ざしは強烈で 冬を除いて 戸外ではサングラスを欠かせない。 常夏の国沖縄では 植物も亜熱帯性ないし熱帯性のものが多く 冬になっても 落葉するものはほとんどなく パインアップル バナナ パパイア等の特産物は ここを訪れる人々の味覚を十分楽しませてくれる。 その上 沖縄は自然の美しさと 異国情趣豊かな風光・習俗にも恵まれており その素朴な美しさに魅せられて 再び沖縄を訪れる客も少なくない。

(4) 住民

沖縄の貝塚から出土した石斧・石杵・石皿・素焼土器の破片・魚骨製の針・獸類牙製の首飾等は ほとんど石器時代のもので 日本本土のそれとまったく同一型式の

ものであることや 両地の住民の形質の近縁性等から 沖縄の人々の祖先は紀元前に本土から島々を伝って渡来した原始日本人の一派であるといわれている。 そのためか 沖縄には 日本民族の過去の風俗 習慣 言語およびその他の文化遺産が数多く残っている。

(5) 沿革

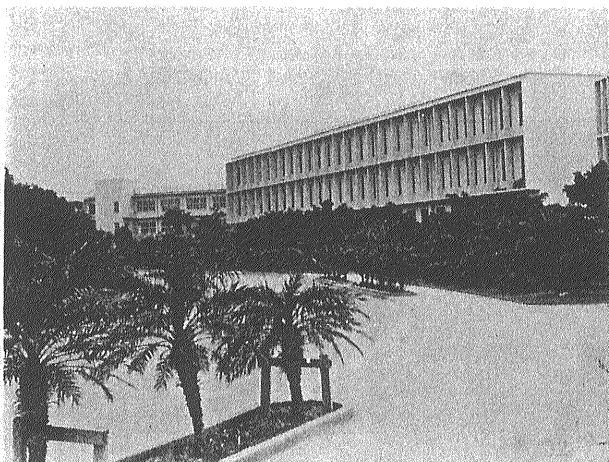
沖縄は 14世紀に明の進貢国となってこのかた琉球国と唱え 1つの独立国をなしていた。 その後慶長14(1609)年に薩摩藩島津氏の統治下に入り 日中両属という曖昧な地位に置かれた長い時代があったが 本土よりおくれた明治12(1879)年に廃藩置県となり 尚泰を最後として封建政治に終止符を打ち 日本本土の3府43県の中の1県となった。 ちなみに 宮廷の音楽舞踊として発達した沖縄の古典舞踊は 国王の世継ぎの際に来琉した中国の冊封使を歓待するために行なわれたものである。

悲しい思い出も新たなように 今次大戦で沖縄は日本の最後の前哨地となり 20万余の尊い人命を失い 山河を一変させるほどの戦火に見舞われたが 奇跡の1哩といわれる那覇市の国際通りに象徴されるさらに 大きな歪みを残しながらも たくましく復興し さらに繁栄の段階に入ろうとしている。

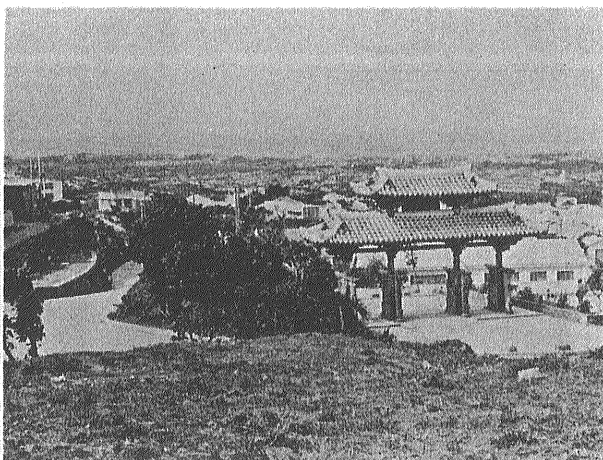
3. 地質のあらまし

(1) 琉球列島

琉球列島は太平洋西北部の地質学的特質ともいえる花緑列島をつくる代表孤の1つ「朝鮮沖繩孤」の南半部に

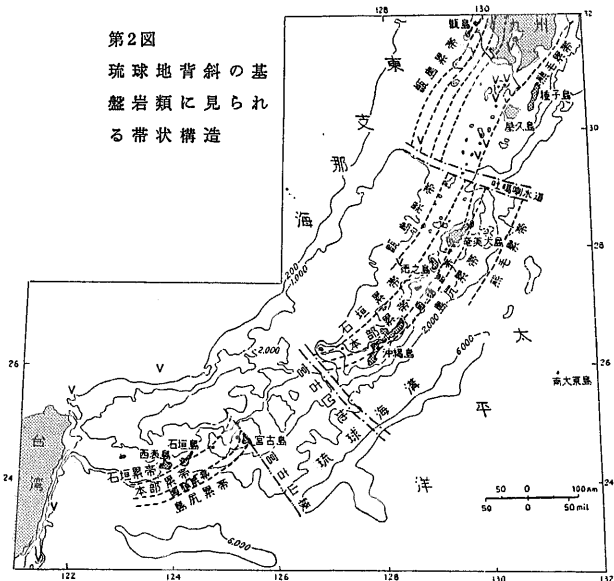


琉 球 大 学 (首 里 城 跡)



琉球大学から守礼の門・那覇市街を望む 守礼の門はもと首里王城の門で「守礼之邦」という額が掲げられているところから その名がある 約400年前 高清王の時代に建てられた 本物は戦禍を受けて焼失した

第2図
琉球地背斜の基
盤岩類に見られ
る帯状構造



当り 九州から台湾に至るまで 延々1,200km に及ぶ弧状列島で 沖縄はほぼその真中以南の地を占めている。最近琉球列島の地史的・構造地質学的研究を行なった金沢大学の小西健二(1965)によれば 本列島とその周辺は 次のような地形区(または現在の地質構造区)に区分される(第1図)。

1. 東海陸棚区 (Tunghai Shelf)
2. 琉球後背海盆区 (Ryukyu Hinterbasin)
3. 古期琉球火山岩区 (Paleo-Rykyu Volcanic Belt)
4. 琉球火山帯または霧島火山帯 (Ryukyu Volcanic Belt or Kirishima Volcanic Belt)
5. 琉球地背斜区 (Ryukyu Geanticline)
 - a. 東北琉球 (Northeast Ryukyus)
 - b. 中部琉球 (Central Ryukyus)
 - c. 西南琉球 (Soutnwest Ryukyus)
6. 宮古凹地 (Miyako Depression) と吐噶喇海峡 (Tokara

Channel)

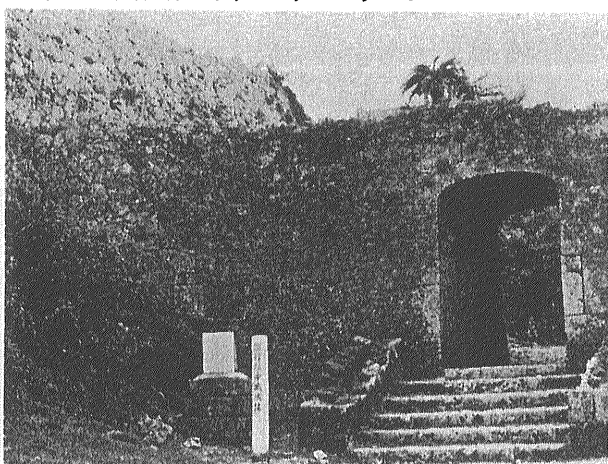
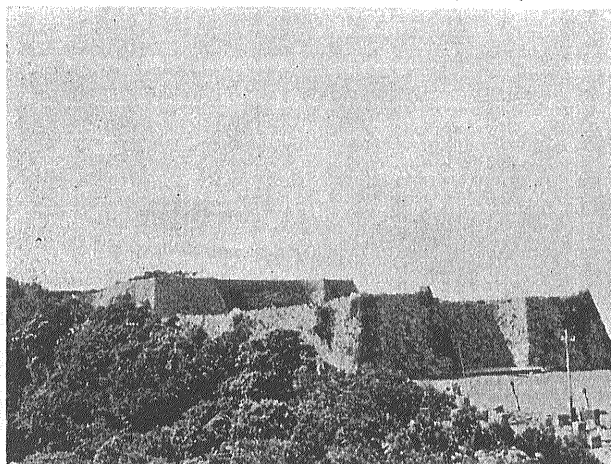
7. 琉球海溝 (Ryukyu Trench)
8. フィリピン海盆区 (Philippine Sea Basin)
 - a. 西部フィリピン海盆区
 - b. 東部フィリピン海盆区
9. 九州パラオ海底山稜 (Kyushu-Palau Ridge)
10. 大東山地区 (Daito Mountains)

琉球列島として海上に露出する岩体のほとんどは 3 4 および5の地形区に属するが これには2つの例外がある。 その1つは それ自体独立の地形区をつくる 10 大東山地区(北大東島・南大東島・沖大東島)である。 他は 大陸寄りにある尖閣群島(魚釣島・黄尾礁・赤尾礁等)で 1.東海陸棚区に入る。

小西(1965)によれば 琉球列島のおもな島々を含む琉球地背斜区は 第2図に示すように 内側から外側に向けて 次の6つの構造累帯に分けられる。

- a) 甑島累帯 (Koshikijima Belt)
- b) 石垣累帯 (Ishigaki Belt)
- c) 本部累帯 (Motobu Belt)
- d) 国頭累帯 (Kunigami Belt)
- e) 島尻累帯 (Shimajiri Belt)
- f) 熊毛累帯 (Kumage Belt)

以上の6累帯のうち 琉球列島中部以南で明瞭でない甑島累帯を除く5累帯は それぞれ第1表に示すような地質学的特徴をもっている。 甑島累帯は浅海相の上部白亜系(姫浦層群)の発達 および赤紫色頁岩を含む礫岩・砂岩質の古第三系(赤崎層群)の発達で特徴づけられる。 また 天然ガス鉱床の賦存が予測される新第三系が分布しているのは 石垣・本部・島尻・熊毛の4累帯である。 さらに 理解を容易にするために 小西(1965)に従って これら構造累帯と西南日本の構造累帯との対応関係を示すと 次のようになる。



中城(なかぐすく)城址 中城城は1440年忠臣護佐丸によって築かれた名城で約100年前ペルリの率いる一隊が城壁を実測し その規模に驚いたという 現在は中城公園となり 住民のいこいの場所となっている 石垣はすべて石灰岩でできている

中城城跡入口

第 1 表 琉球列島の基盤岩類に見られる構造累帯別の地質学的特徴

時代	累帯	石 (ISHIGAKI)	本 (MOTOBU)	国 (KUNIGAMI)	島 (SHIMAJIRI)	熊 (KUMAGE)
		25 - 35 km	25 - 45 km	20 km	60 - 75 km	45 + km
新紀	第四世	琉球石灰岩 (RYUKYU)	後述石灰岩 (MASHINATO)	後述石灰岩 (MASHINATO)	および相当層	および相当層
			小波粘土層 (KOMAKI)	国頭礫層 (KUNIGAMI)	半沢・1935の定義による	および相当層
	読谷石灰岩 (YOMITON)		那覇石灰岩等 (NAHA)	国頭礫層 (KUNIGAMI)	および相当層	および相当層
	山原礫層 (YANAGUSUKU)		山原礫層 (YANAGUSUKU)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)		山原礫層 (YANAGUSUKU)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)		山原礫層 (YANAGUSUKU)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)		山原礫層 (YANAGUSUKU)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)		山原礫層 (YANAGUSUKU)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)		山原礫層 (YANAGUSUKU)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)		山原礫層 (YANAGUSUKU)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)	那覇石灰岩等 (NAHA)
中生代	第三世	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
		山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	
白垩紀	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
侏羅紀	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
三疊紀	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
二疊紀	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)
	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)	山原礫層 (YANAGUSUKU)

(小西・1965)

〔琉球地背斜〕

- 甑島累帯
- 石垣累帯
- 本部累帯
- 国頭累帯
- 島尻累帯
- 熊毛累帯

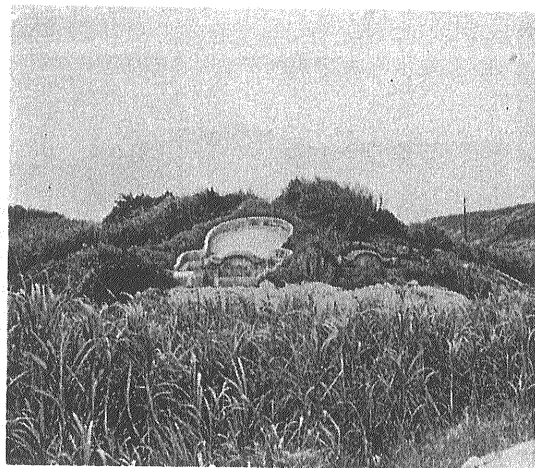
〔西南日本〕

- 領家帯
- 三波川帯
- 秩父累帯
- 四万十累帯北帯
- 四万十累帯南帯
- (海中)

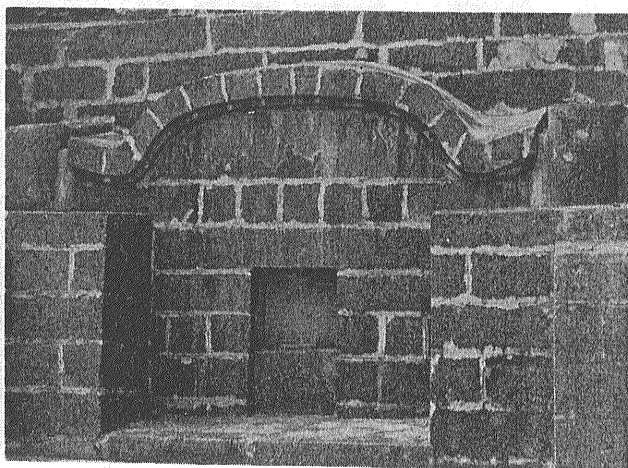
(2) 沖縄群島

琉球列島の地質全般について はじめて詳しい調査研

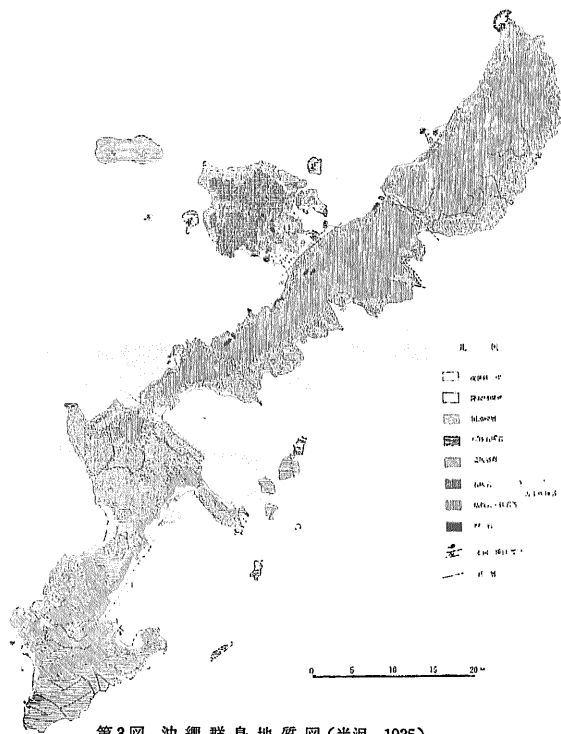
究をした東北大学の半沢正一郎 (1935) によれば 沖縄群島に発達する岩層は 下位より 古生層 珩岩 島尻層群 琉球石灰岩 国頭礫岩および隆起海浜堆積物の6つに大別される(第3図). しかし 最近の小西(1965)の調査研究によれば 古生層の分布は沖縄本島本部半島と西海岸の岬部(丸崎と辺土岬のブロック)および沖縄本島北西側の島々に限られ 他のいわゆる古生層は 西南日本の四万十累帯のものに対比される中生層である. この中生層は 複雑に褶曲し 部分的に層状含銅硫化鉄鉱床を胚胎する緑色片岩類および千枚岩類を主とする累



亀甲墓 沖縄でもっとも一般的な独特のスタイルの墓で 先祖代々の遺骨が納められている 手前は砂糖きび畑である



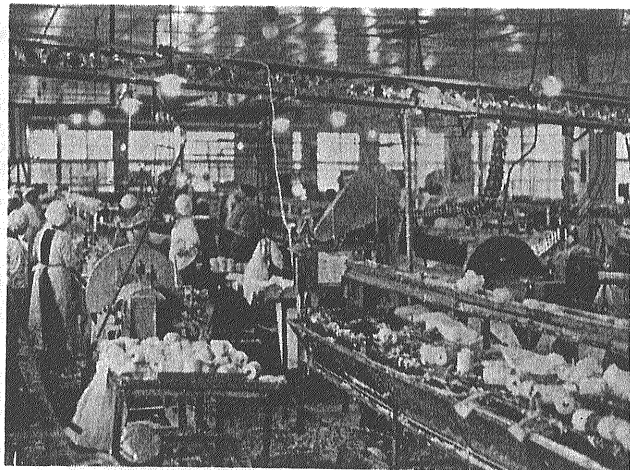
亀甲墓の正面入口



第3図 沖繩群島地質図(半沢 1935)

層(中生界先白亜系)と砂岩(アルコーズまたは長石質グレイワッケ)・頁岩の単調な繰り返しからなる厚い累層の発達で特徴づけられている。後者は典型的なフリッシュ(Flysch)相の堆積物で まれに白亜紀の化石が見出されるほかは おびたしい量の生痕化石のみを産する。

以上に述べた沖繩本島の脊梁山地を構成する中生層と本部半島その他の古生層とは 小西(1965)によれば低角衝上性の刃土構造線をもって境され 構造線に近く第三紀の酸性深成—半深成岩類の迷・貫入が見られる。半沢(1935)の玢岩はこれらの火成岩類に当るものであ



沖繩本島北部のパイン工場の内部

第2表 沖繩本島の新生界層序区分対照表
半沢(1935) MacNeil(1960)

新第三紀	第四紀	第三紀	中生代
新第四紀	隆起海浜堆積物	新第四紀	隆起海浜堆積物および砂丘
更新世	同頭礫層	新第三紀	牧港石灰岩
鮮新世	琉球石灰岩	新第三紀	硫谷石灰岩
中新世	島尻層群	新第三紀	風化残留物
中新世		新第三紀	那覇石灰岩
中新世		新第三紀	新里凝灰岩
中新世		新第三紀	粘土・シルト質砂層
中新世		新第三紀	塊状砂層

る。

次に 新第三系および第四系についても 半沢(1935)によって層序の大綱が確立されたが 数年前 アメリカの MacNeil(1960)はこれに若干の改訂を加えた。両者の層序区分の関係は 第2表に示すとおりである。本表に含まれる諸岩層のうち 当面天然ガス鉱床の探鉱対象となるのは おもに沖繩本島南部に分布する半沢(1935)の島尻層群である。島尻層群については 第2表の MacNeil(1960)の考え方のほか 前記第2次調査に参加した牧野登喜男・樋口雄(1967)の考え方もあり また 今次の調査の結果 以上の何れとも若干異なる考え方に到達したので これら4つの考え方の関係を第3表に示す。今次の調査の結果を要約すれば 地表に露出しているのは 新里層 与那原層および那覇層の最上部までであり MacNeil(1960)の塊状砂岩 すなわち われわれの小緑砂岩は 島尻層群の下半部を占め 主としてシルト質粘土岩と細粒砂岩との互層からなる那覇層の最上位の砂岩層にほからなない。また 後で述べるように 浮遊性有孔虫化石から見ると 那覇・与那原の



具志川村屋慶名(勝連半島)より北方を望む

第3表 沖縄本島の島尻層群層序区分対照表

半沢 (1935)	MacNeil (1960)	牧野・樋口 (1967)	福山 影山 (1967)
島尻層群	Shinzato tuff member	新里層	新里層
	Yonaharu clay member	与那原層	与那原層
		南風原部層	与那原層
	Clay and silty clay	小椋部層	小椋部層
Massive sand	小椋部層	小椋部層	
Lower 2500feet in Yonaharu well		※此層のC-F層はこの部分の上部に位置する	那覇層 未区分

両層が上部中新統に入ること間違いはないが 新里層の層位については 本年度に予定されている第4次調査の結果をまけて論ずることにしたい。

第2表からもうかがわれるように 半沢 (1935) の琉球石灰岩等を含む MacNeil (1960) の琉球層群 および更新世後の堆積物についても 述べなければならないことが多く かつ今後の研究にまたなければならない問題が数多く残されているが これらの諸岩層が天然ガス鉱床の探鉱対象となるとは考えがたいので ここでは いわゆる琉球石灰岩および北大東島・南洋群島等におけるその相当層が 珊瑚礁問題とからんで古くから注目されこの観点から行なわれた多くの研究があることを指摘するに止める。

さて 上に述べたように 天然ガス鉱床の当面の探鉱対象となるのが島尻層群であるということになると その下の基盤岩類が何であるかということが当然問題になつてくる。これについては 那覇市の試錐では本層群下の基盤岩に達し 変成岩が得られたという未確認情報があるほか 直接的な手掛りとなるような事実は知られていない。しかし 小西 (1965) も指摘しているように 地質構造上この部分の北々東方向への延長と考えられる奄美大島の東部から上部白亜系 (ギリヤーク統) を示準する菊石化石が発見され (石川秀雄・山口四郎 1965) またその東端部には高等有孔虫化石から始新統

も確認されるに至ったので 島尻層群の基底下に フリッシュ相の古第三系 (南九州で日向層群・日南層群等と呼ばれている地層) と 一部に新期中生界 (南九州で高隈山帯に入れられている地層) とが埋没していることは まず誤りないところであろう。一方 後で述べるように 沖縄本島南部地区に分布する島尻層群は おそらく断層をもって先に述べた中生界白亜系と推定される緑色片岩類 および千枚岩類を主とする累層に接しているものと推定されるので 上に触れた未確認情報もかなり信頼性があり かつ島尻層群の基底下にこのような変成岩類をもった中生界先白亜系が埋没しているところがあっても不思議ではない。

4. 第1次調査とその成果

日本政府の琉球政府に対する技術援助計画による沖縄の天然ガス資源の第1次調査は 昭和35 (1960) 年9月8日から10月7日にわたる30日間本島公司および牧野登喜男によって 地化学調査を中心として行なわれた。本調査の概要については 本誌上にも紹介されており (本島・牧野 1961) またその詳細な報告が地質調査所月報に掲載されている (本島・牧野 1965)。後者に基づいて本調査によって得られた成果を要約すると 次に列挙するようになる。

- (1) CH₄を主成分とする天然ガス鉱床は 海成の島尻層群中にある
- (2) ガスの根層層は島尻層群の泥岩部が主であると思われる
- (3) ガス層はかん水 (化石海水) を含み 鉱床は塩素度相関型である
- (4) ガス付随水には 沃素が著しく濃縮している
- (5) ガスの賦存度と付随水のNH₄⁺とは正相関するが HCO₃⁻ total CO₂ および KMnO₄ cons. とは逆相関し Cl⁻とCa²⁺/Mg²⁺とは相関しない すなわち この鉱床は 本土の普通に見られる水溶型ガス鉱床と 炭田ガス鉱床との



海上より勝連半島を望む



那覇1号井掘さく現場入口

中間的性格を示している

- (6) ガス質はおおよそ $CH_4=96\sim99\text{ vol.}\%$ $C_2H_6=0.2\sim1\%$ $C_3H_8=0.0\sim0.02\%$ $CO_2=0.04\sim0.6\%$ $H_2=0.000\sim0.00n\%$ $He=0.000\sim0.004\%$ $N_2+Ar=0.9\sim5\%$ である。
- (7) ガス質と付随水の水质との間には 地球化学的平衡が一応成立していると考えられる
- (8) ガス水比は 理論ガス水比に対して $1/2$ 程度の数字が出ている
- (9) 地下水中の Cl^- 濃度は 坑井深度150~300m で数1,000~10,000 mg/l に達し 深度方向に対する Cl^- の増加がきわめて顕著である
- (10) 水溶型ガス層の賦存が確認される島尻層群には 遊離型ガス層が賦存する可能性も少なくない
- (11) 先第三系にも CH_4 系のガスの徴候はあるが 経済性のある鉱床を胚胎することはないと思われる

また 上記の成果に基づいて指摘された沖縄における将来の天然ガス調査のあり方は 次に列挙するとおりである (本島・牧野1965)。

- (1) 地域的に見た調査順位は 島尻層群の発達する順序にしたがい 沖縄本島南部地区・宮古島・沖縄本島北部地区の順になる
- (2) 水溶型ガス鉱床を主とし 構造性ガス鉱床を従とした調査方法でよい
- (3) 地表地質調査は まず沖縄本島南部地区を主対象として地質構造の解明に主眼を置いて実施することが望ましい
- (4) 物理探査としては 地下地質の大要を知るのに役立つ重力探査をまず実施することが望まれるほか 大深度の試錐を前提とするならば 先行調査として地震探査を実施することが必要であろう
- (5) 大深度および小深度の試錐を行なうことが望まれるが まず小深度の試錐によって 地質・地化学・地球物理・ガス鉱床等に関する資料を得て ガス鉱床の実体を明らかにする必要がある

5. 第2次調査とその成果

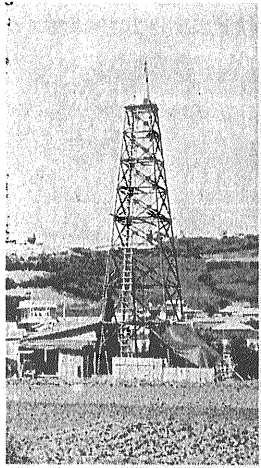
昭和40(1965)年9月27日から11月1日にわたる36日間 井島信五郎 牧野登喜男 橋本知昌および樋口雄によって行なわれた第2次調査は 前節の終りに列挙した5項目のうち とくに(3)の沖縄本島南部地区を主対象としたもので 調査方法としては 地表の地質学的ならびに微古生物学的調査を主とするものであった。本調査の結果 沖縄本島南部の宜野湾市大謝名と中城村掛保久とを結ぶ線以南 糸満町汐平から東風平村伊覇・大里村大城・玉城村慶良原を結ぶ線以北の東西の海岸線に囲まれた約105km²の地域の地質 地質構造および島尻層群中の微化石群集が明らかにされ その結果に基づいて小緑砂岩以上の島尻層群に関する鉱床地質学的考察がなされて 今後の調査に当っては 油層工学的資料をも把握することが望ましいこと等 幾つかの問題点が指摘された(牧野・樋口, 1967)

6. 今次調査の目的

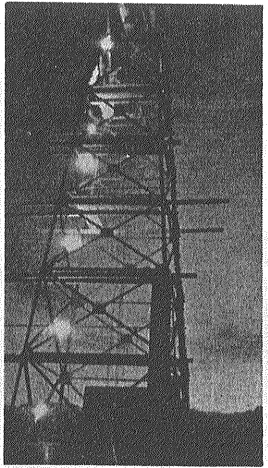
以上に述べた第1次・第2次の調査の成果 およびそれらから明らかにされた今後の調査のあり方にかんがみ 今回の第3次調査においては 第1次調査の成果に基づいて指摘された諸点のうち (5)の小深度の試錐による調査 および第2次調査からの継続事業である(3)の沖縄本島南部地区北部の地表地質調査を実施するとともに 主要路線の地表の有機物および微化石の調査を行なうことにした。

7. 調査期間

予備調査(業務連絡および試錐位置の選定を主としたもの): 昭和41年9月10日~9月24日(15日間)
本調査: 昭和41年9月20日~12月20日(92日間)



那覇1号井の試錐ヤグラ



夜の試錐ヤグラ 掘さくは昼夜兼行で行なわれた



使用されたビット類 左から86mmブレードビット 86mmトリコーンビット 86mmウイングビット 86mmメタルクラウン

8. 業務分担

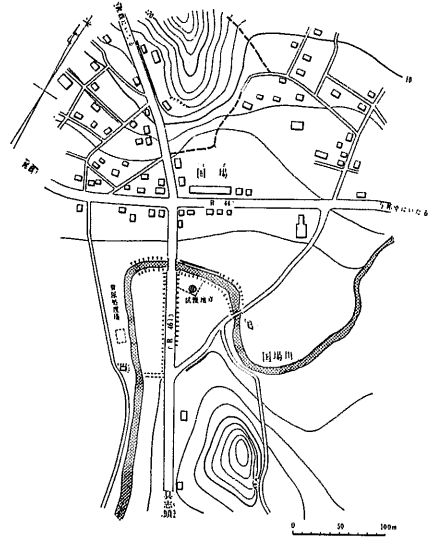
計 画	井島信五郎・本島公司・福田 理
試 錐	牧野登喜男(位置選定) 河内英幸・丹治耕吉・後藤進(実施)
電気検層	高木慎一郎・田中信一
坑井地質	福田 理・名取博夫・影山邦夫
産出試験	井島信五郎・本島公司・福田 理・影山邦夫・永田松三・比留川 貴・名取博夫・河内英幸・後藤進・丹治耕吉
地表地質	影山邦夫・福田 理・小野寺公兎
微化石	名取博夫・福田 理
地化学	牧 真一・永田松三・比留川 貴・本島公司
測 量	小野寺公兎
まとめ	福田 理・井島信五郎・本島公司

9. 試錐による調査とその成果

(1) 目的

第1次調査の結果指摘されているように 沖縄本島南部地区では 地下水中の Cl⁻ 濃度は 一般に坑井深度 150~300m で数 1,000~10,000 mg/l に達するので 深度 300~500m の小口径の試錐を数孔うがつことによって 天然ガス鉱床に関する各種の情報を得ることができると考えられる。 今次の試錐はこの線に沿って計画・実施されたもので そのおもな目的は 那覇市国場付近の主要な帯水層である小椽砂岩およびその上下の地層について 次の諸点を明らかにすることにあつた。

- (1) コアの有孔虫・物理・化学試験によって 天然ガス鉱床に関連する地質学的ならびに地化学的の資料を得る
- (2) 電気検層によって 地層の物理性および間隙水の化学性等の大要を知るとともに 岩石層位学的単位による対比の精度の向上に必要な基礎資料を得る
- (3) 以上の2項の結果に基づいて さく井地点付近の天然ガス鉱床学的性質を明らかにする
- (4) 産出試験によって ガス質・水質 ガス水比・産ガス能力等を明らかにする
- (5) 他の試錐や地表地質等の資料と合せて さく井地点付近の地質構造を細部にわたって明らかにする



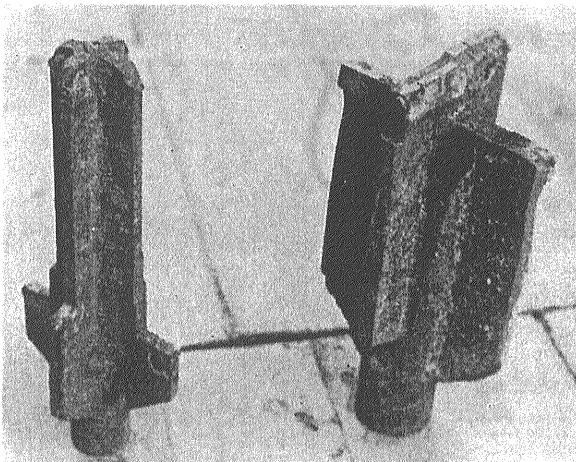
第4図
那覇1号井付近の実測図

(2) 位置

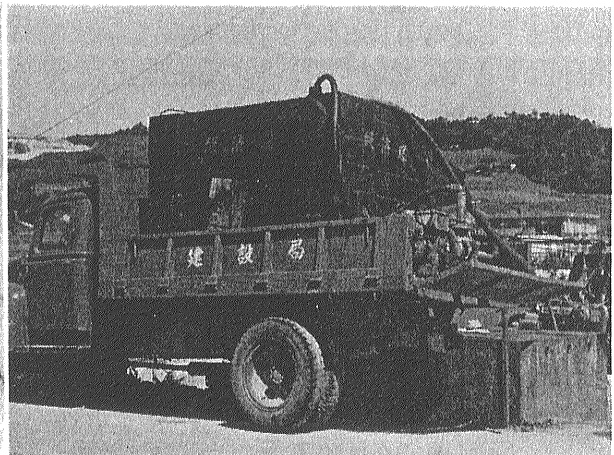
以上の諸目的を達成することをまず考慮するとともに 現地における各種の作業・調査上の便利さを併せて考慮した結果 第4図に示すように 試錐位置は那覇市国場の国場橋のもより地点に選定された。 以下説明の便宜上 本試験井を那覇1号井と呼ぶことにする。

(3) 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(床面) 3.08m
間坑年月日	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)
地 質 管 理	地質調査所



使用されたビット類 左 110mmパイロトリマービット
右 192mmクロスビット



給水車 水が不便なため 掘さく用の水は毎日トラックで現場に運ばれた

第 4 表 掘 さ く 記 録

深度 (m)	孔径 (mm)	ケーシング		ピ ッ ト		給圧 (kg/cm ²)	スピンドル 回転数 (rpm)	ポンプ圧 力 (kg/cm ²)
		種類・径	挿入深 度(m)	種 類	数			
0~23	192	5G.P.	23.00	186m/m M.C. 192m/m C.b.	1	400~600	100~120	5~10
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			
268~ 434.95	86	73m/m C.P.	434.95	86m/m P.R.b.	2	400~600	100~120	15~18
				86m/m W.b.	2			
				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. ウィングビット P.R.b. パイロトリマビット
 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 5 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
セメンチング 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

(4) 掘 さ く 機 械 類

掘さくで使用されたおもな機械類は 次を示すとおり
 である。

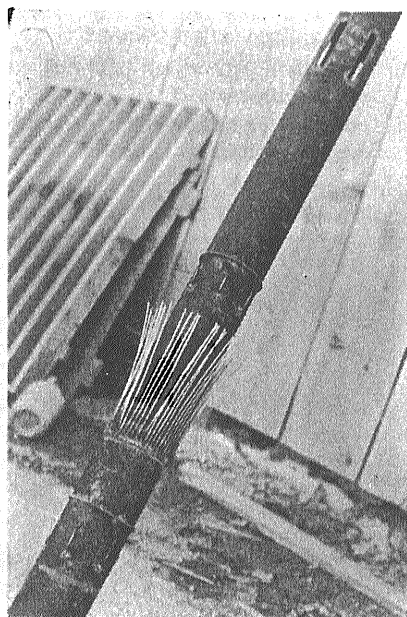
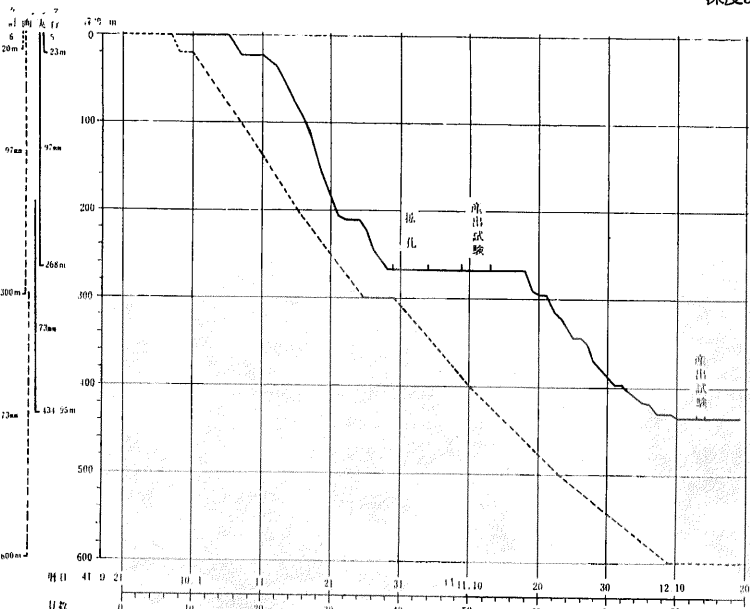
- 槽 4脚アングル槽 (高さ18m)
- 試験機 利根 TM-1 型 (油圧式)
- ポンプ 268 mまで 藤井式縦型3連プランジャーポ
ンプ (最大吐出量 90 l/min; 最大圧力
14kg/cm²)
435 mまで 利根式横型2連プランジャーポ
ンプ (最大吐出量 100 l/min; 最大圧力
60kg/cm²)
- ドリルパイプ 50mm (23.3 kg/本 7.767kg/m)
- コアチューブ 85mm シングル (坑径86mm, コア径68mm)
× 6 m
77mm ウィング (坑径86mm コア径58mm)
× 6 m

65mm ウィング (坑径76mm コア径50mm)
 × 3 m
 動力 ディーゼルエンジン47 HP

(5) 作 業 計 画

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 300mまで 600mまで
 坑 径 184mm 110mm 85mm
 ケーシング 5"GP 97mm CP 73mm CP
- (2) 泥水計画
 掘止まで クレイペースマッド
- (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



セメンチング用バスケット# 97mmケーシングの
 下部に作られたもので 上方にセメント噴出孔が
 見える

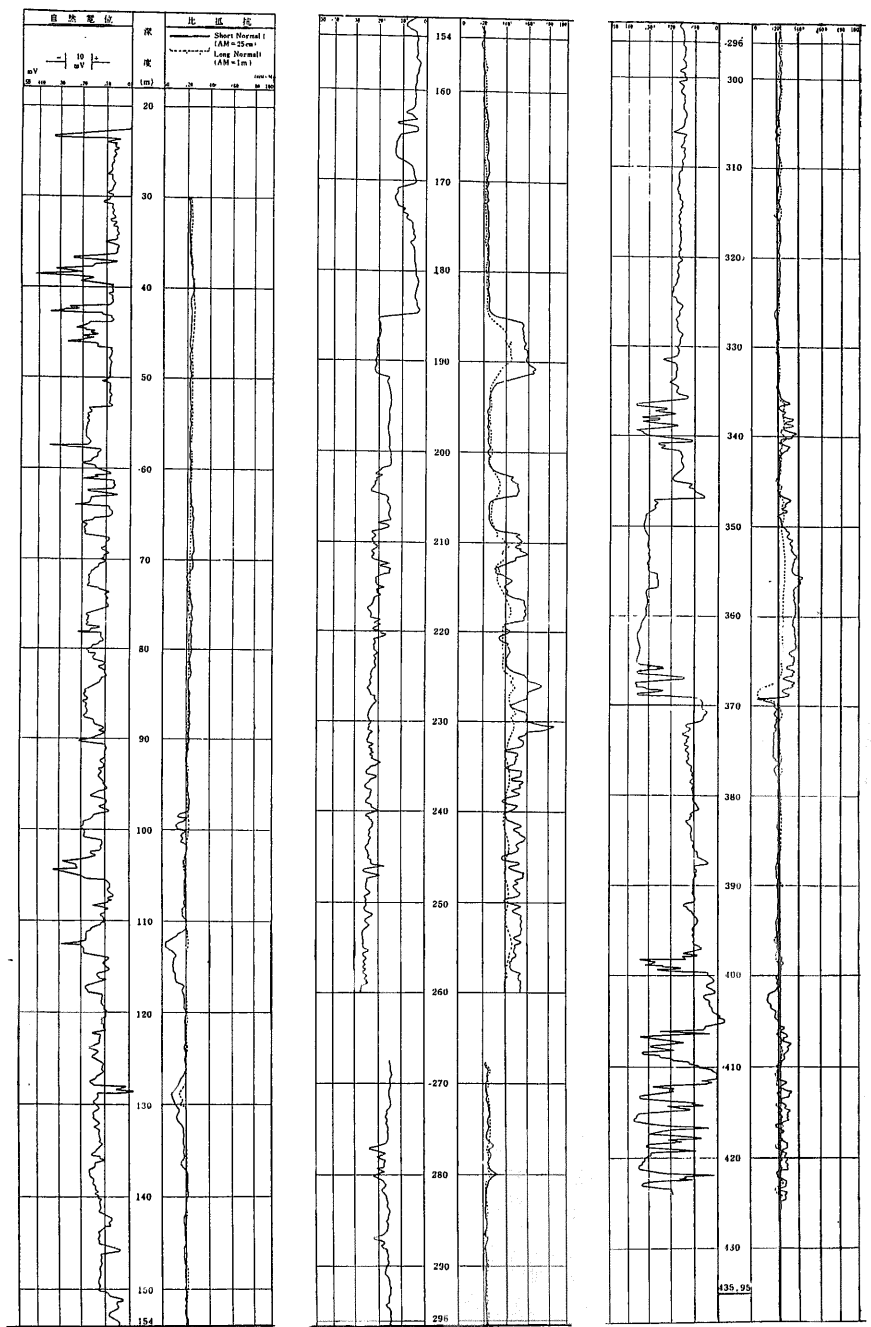
第 5 図 那 覇 1 号 井 ド リ リ ン グ チ ャ ー ト

第 6 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 7 表 ビ ッ ト 記 録

ケーシング	5'' C.P.	97m/mC.P.	73m/mC.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

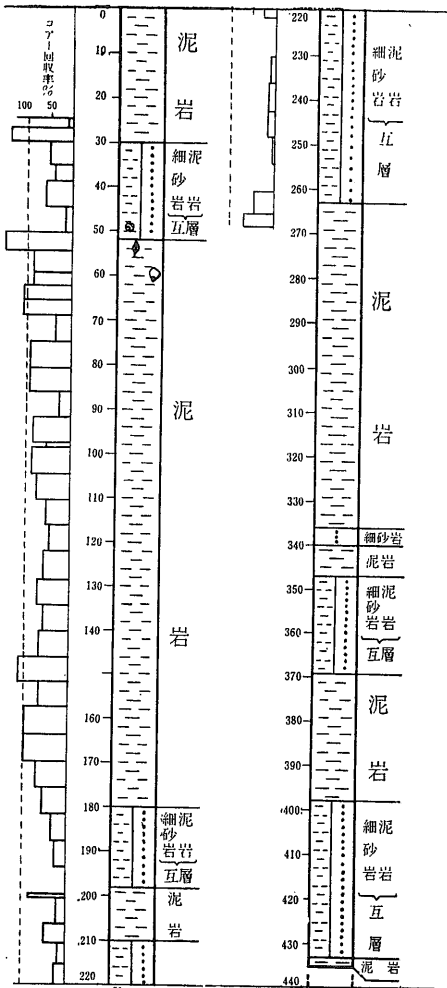


第 6 図 那 霸 1 号 井 電 気 検 査 図

(4) 予定工程
 掘進準備作業完了まで 7日
 5'' GP 20m セットまで 3日
 電気検層
 97mm CP 300m セット } 29日
 中間産出試験
 掘進再開準備完了
 (注) 拡孔に使用したビットおよび日
 数を除く
 電気検層
 73mm CP 600m セット } 50日
 産出試験
 解体作業完了

(6) 作業実績

資材の引き取りに手間取ったため 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5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取り 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434.95m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



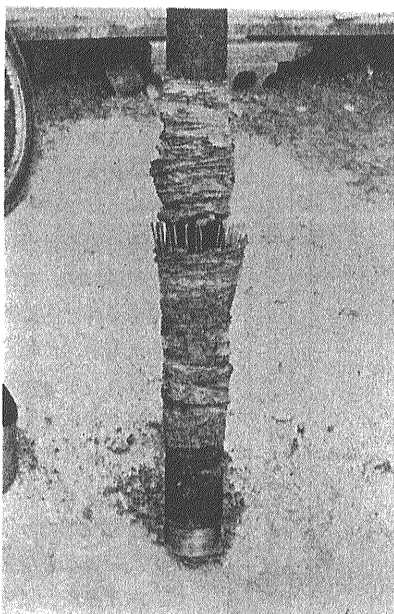
でも予想したスピードアップができなかったことは遺憾であった。

- (1) 掘さく記録 (第4表)
- (2) 作業日数内訳 (第5表)
- (3) 作業能率 (第6表)
- (4) ビット記録 (第7表)

(7) 電気検層

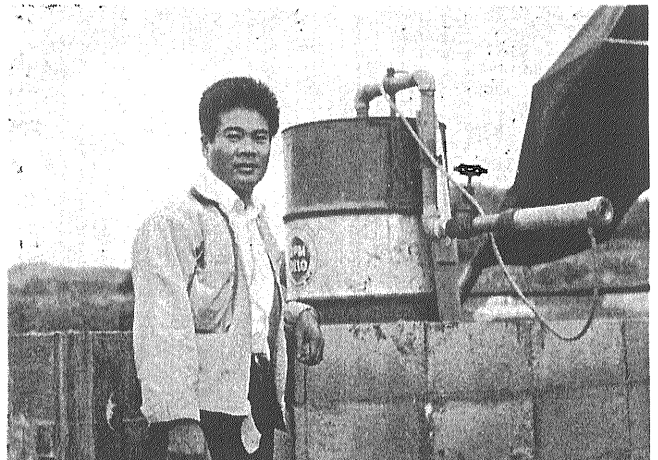
那覇1号井については 268.30mまで (10月29日) および434.95掘止まで (12月10日) の2回に分けて 電気検層を実施した。使用測定機は桑野電気 (株) 製1素子型電気検層機で 抗井内の自然電位 (S.P.) および比抵抗 (電極間隔25cm および100cm の2種 前者を R 25 cm および後者を R 100cm とする) を測定した。第6図は以上の測定の記録をとりまとめて示したものである。

比抵抗曲線では 上部より 185mまで 268~336m および 369~397m の3深度区間は 約20 Ω-m の低比抵抗帯で 変化は少なく 泥質岩層に対応するものである。細く見ると 深度100m 114m および130m 付近には R 25cm 曲線には比抵抗の減少が見られるが R 100cm 曲線にはほとんど変化がないので これは孔内の崩壊を示すものであろう。また これら比抵抗帯のうち上部より185mまでの S.P. 曲線はマイナス偏倚を示すところが多く ある程度の透水性を有することを示しているが 深度268~336m および369~397m の低比抵抗帯の S.P. 曲線がマイナス偏倚を示すところは わずかに277~280 m付近に見られる程度で その幅も小さい。すなわち これら下部の低比抵抗帯に対応する泥質岩層は まったく不透水性のものと見られる。なお 深度 185 m までの S.P. 曲線には 20mV 以上のマイナス偏倚を示すところが点在しているが これは 対応する地層の地層水の塩分濃度が大きく かつ 若干の透水性を有することを示すものであろう。



↑第7図
試錐柱
状図

昆布巻き 水を含むと昆布が膨脹する性質を利用してセメントがバスケットより下方へ流れることを防ぐため 昆布の巻きつけが行なわれる



オリフィスを装着した分離槽 分離槽の本体はドラム缶 (2個) でまた貯水槽はブロックで作られた 木材を使ったのは量水堰の部分だけである

次に 185~192m 202~205m および208~260mの深度区間は いずれも 60 Ω-m 程度の高い比抵抗値を示す。これらは主として粘土分の少ない砂質岩層に対応するものと考えられる。ただし 208 m以下の深度区間は 1~2 mの厚さの泥質岩層との互層と見られる。以上の砂質岩層に対応する S.P. は 先に述べた185m以浅の泥質岩層の部分に比べて 約半分のマイナス偏倚を示す。この減少は明らかにこれら砂質岩層の地層水の塩分濃度の減少を表わしているものである。

本試験井の下部の336~342m 347~369m 397~400 mおよび406m以深の深度区間は いずれも 30 Ω-m 程度の比抵抗値を示すとともに 40 mV 以上の S.P. 曲線のマイナス偏倚を示し これら深度区間が塩分濃度の高い地層水を含む砂質岩層からなることを表わしている。

(8) 坑井地質

A. 岩相層序

コア 掘屑 電気検層記録 およびさく手の判断を総合かつ帰納することによって 那覇1号井には 上位より A B C D EおよびFの岩相層序の大区分が認められる。なお 第7図はさく手による地質柱状図を参考までに示したものである。また 表土は約2 mであった。

(1) A層 2~188m (183m)

本層は径2mm程度までの軽石粒を含む灰色のシルト岩からなる 電気検層記録から読み取れる若干の透水性を有する部分は 軽石粒に富む部分に相当する

(2) B層 185~263m (78m)

本層はいわゆる小緑部層(牧野・樋口 1967)であり 全体的に見ると 白っぽい微細粒砂岩と灰色のシルト岩との互層からなっているが こまかく見ると B₁ B₂ B₃ および B₄ の4層に分けられる

(i) B₁層 185~192m (7m)

本層は白っぽいシルト質微細粒砂岩からなる

(ii) B₂層 192~202m (10m)

本層は灰色のシルト岩からなる

(iii) B₃層 202~233m (31m)

本層は白っぽい厚いシルト質微細粒砂岩と灰色のシルト岩との互層からなる

(iv) B₄層 233~263m (30m)

本層は白っぽいシルト質微細粒砂岩と灰色のシルト岩との互層からなるが 各単層の厚さは上位の B₃ 層にくらべて小さい

(3) C層 263~336m (73m)

本層はやや暗灰色のシルト質粘土岩からなる

(4) D層 336~369m (33m)

本層は 全体的に見ると 白っぽい細粒砂岩とやや暗灰色のシルト質粘土岩との互層からなっているが こまかく見ると D₁ D₂ D₃ および D₄ の4層に分けられる

(i) D₁層 336~342m (6m)

本層は白っぽい細粒砂岩とやや暗灰色のシルト質粘土岩とのややこまかい互層からなる

(ii) D₂層 342~347m (5m)

本層はやや暗灰色のシルト質粘土岩からなる

(iii) D₃層 347~366m (3m)

本層は白っぽい細粒砂岩からなる

(iv) D₄層 366~369m (3m)

本層は白っぽい細粒砂岩とやや暗灰色のシルト質粘土岩との互層からなるが 各砂層の厚さは D₁ 層に比べてやや大きい

(5) E層 369~397m (28m)

本層はやや暗灰色の粘土岩からなる

(6) F層 397~435m (38m)

本層は 全体的に見ると 白っぽい細粒砂岩とやや暗灰色の粘土岩との互層からなっているが こまかく見ると F₁ F₂ および F₃ の3層に分けられる

(i) F₁層 397~400m (3m)

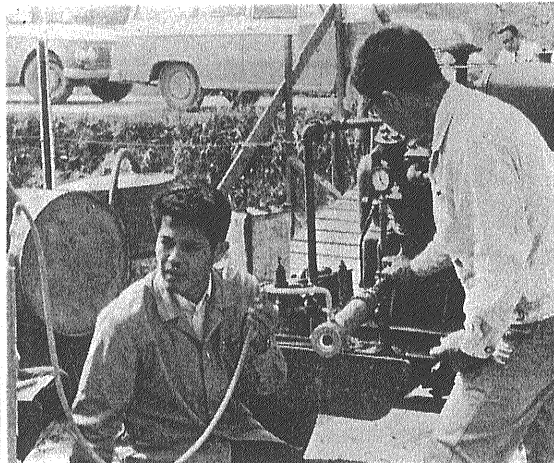
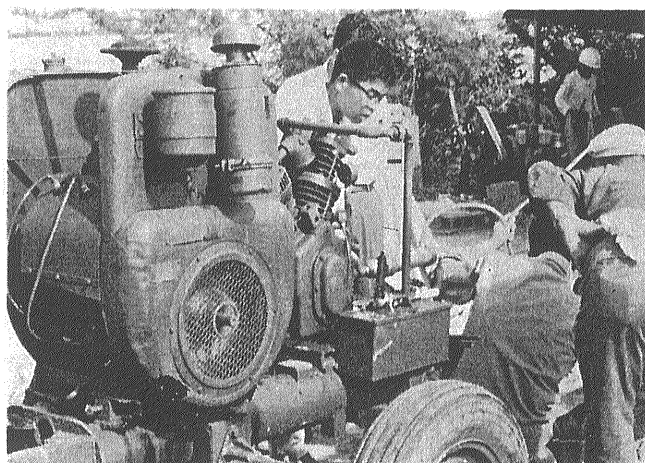
本層は白っぽい細粒砂岩からなる

(ii) F₂層 400~406m (6m)

本層はやや暗灰色の粘土岩からなる

(iii) F₃層 406~435m (29m)

本層は相対的に厚い白っぽい細粒砂岩と薄いやや暗灰色の粘土岩との互層からなる 最終コアとして採取された約1mの粘土岩層が F₃ 層中のものであるかあるいはそれとは区別すべき下位の粘土岩層の最上部



エアリフト試験に使ったコンプレッサー 試運転中でオリフィスが装着されている

コンプレッサーの試運転

を代表するものかを判定する資料を欠くので、ここでは435mの掘止めまでを一応 F₃ 層とした

B. 微化石層序

今回の調査において扱った微化石は有孔虫類だけである。本試験井の抗井地質を底棲有孔虫の群集帯によって明確に区分することは、抗井深度が浅い割りに群集型の変化が大きいこと、および268.30m以深においてコア掘りが行なわれなかったことから、非常に困難である。そのため、この報告においては、上位より一応A、B、C、DおよびEの5群集帯に分けられるものとして、簡単な説明を与えておくことにする。

(1) A 群集帯 23~53m

群集型の変化が大きく、全体を通じて多産するものはないが、一応の多産種として次の6種があげられる

Cassidulina margareta
Globocassidulina subglobosa
Gyroidina nipponica
Bolivina robusta
Tosata hanzawai
Uvigerina peregrina dirupta

(2) B 群集帯 56~146m

A層の主部を特徴づける群集帯で、比較的明確な群集型を有し、優勢種は次に挙げる5種である

Cassidulina margareta
Globocassidulina subglobosa
Gyroidina nipponica
Bulimina cf. gulta
Cibicides pseudoungerianus

中でも *Cibicides pseudoungerianus* は本群集帯の全層準にわたって多産し、しかもその上下の群集帯における産出頻度が低く、本種をもつて本群集帯の指標種とすることも可能である。

(3) C 群集帯 150~206m

本群集帯も A 群集帯と同様に、群集型の変化が大きく

全体を通じて多産するものはないが、あえて多産種を挙げれば、次の3種である

Cassidulina margareta
Globocassidulina subglobosa
Spirobolevina cf. hiratai

また、以上の3種のほかに、やや目立つものとしては *Gyroidina* は属するらしいものが2種あるが、属・種名を決定するに至っていない

(4) D 群集帯 210~320m

本群集帯は C 層の下部を除いて、有孔虫類の小さい群集によって特徴づけられており、全体を通じての多産種は認められないが、あえて多産種を挙げれば、次の2種である

Cassidulina margareta
Bulimina cf. gulta

(5) E 群集帯 344~435m

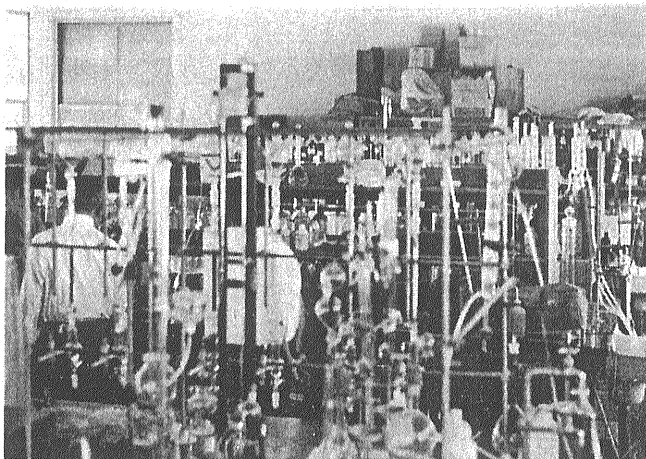
本群集帯は有孔虫数がきわめて小さいことによって特徴づけられており、とくに多産種といえるものはない

以上の全群集帯を通じていえることは、浮遊性種の頻度が、一部を除いて、一般に高く、80%前後を占めていること、および、砂質種はあつても、その頻度はきわめて低いことである。このような一般的特徴および構成種から、A、BおよびCの3群集帯は、全体として、公海性の亜熱帯低浅海区の堆積物であるが、各個の試料について検討してみると、半深海区および真浅海区の堆積物が一部に含まれていることも考えられる。また、有孔虫数が小さいDおよびEの両群集帯も、構成種から見ると、上に述べた上位の3群集帯と大差のない環境の堆積物らしい。有孔虫数が小さい原因については、既知の現生群集とくわしく比較・検討した上で論じなければならぬことであるが、ここでは一応ある程度閉鎖的な環境によるものと考えたい。

また、浮遊性種について見ると、本試験井の全層準を通じて見られる多くの共産種の中に、次の3種が認めら



琉球工業研究指導所(那覇市) 現地での室内実験はすべてここで行なわれた



琉球工業研究指導所の研究室の一部

れることから 本試験井に見られる地層が 全体として *Globigerina nepenthes* 共存区間帯に属することは明らかである。

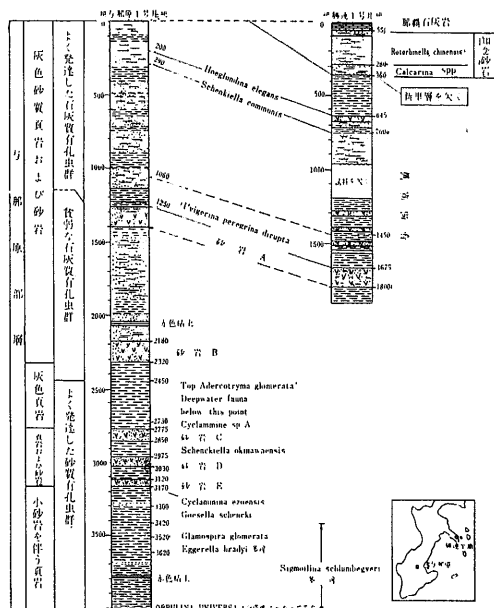
Globigerina nepenthes
Sphaeroidinellopsis seminulina

s. *subdehiscens*

なお ここに *Globigerina nepenthes* 共存区間帯としたのは W.H. Blow (1959) および齊藤常正 (1963) が Venezuela および日本において 同様に *Globorotalia mayeri-Globigerina nepenthes* 共存区間帯 (下位) および *Globorotalia menardii menardii-Globigerina nepenthes* 共存区間帯 (上位) としたものを合せたものである。本試験井のものについても 研究が進めば Blow および齊藤 (1963) の下位の共存区間帯に限定されるものかあるいは両者にまたがるものかを決定できるかも知れない。また 適用範囲を汎世界的に拡張した場合 これら両共存区間帯を区別することが 本質的に困難であるということも考えられないことではない。しかしわれわれの研究は 以上に述べた問題点に答えられるところまで進んでいないので 説明の便宜上 上に述べたような扱い方をした次第である。

C. 対比

以上に述べたことから 本試験井が 終戦後間もなく米軍の手によって掘さくされ L.W.LeRoy (1964) によって報告された与那原1号井 (第8図) において 深度2,300 ft のところにトップを有する灰色頁岩に達していないことは明らかである。何となれば 与那原1号井の灰色頁岩以下の地層は 砂質有孔虫が多産することによって特徴づけられている (LeRoy, 1964) のに対して このような閉鎖的な堆積環境を示す有孔虫群集は 未試験井にはまったく見出されないからである。また 以上に述べたような両試験井の坑井地質の大局的な層位



(Le Roy 1964)

第8図 与那原1号井と勝連1号井との対比

学的関係 および 与那原1号井において豊富な石灰質有孔虫群集によって特徴づけられている上部層と 有孔虫数の小さい石灰質有孔虫群集によって特徴づけられている中部層との境界が ほぼ深度1,150ft 付近にあることから B層は与那原1号井の“砂岩A”に対比されるものと考えられる。

(9) 地化学調査とその成果

那覇1号井の掘進に伴って得られた泥質岩を主とするコア試料を用いて 第1次調査でこの地区の天然ガス鉱床調査上有効であると指摘された化学成分について 地化学的測定とその結果の検討とを行なった。測定項目は 見掛け比重 容量および重量含水率 間隙水の NH₄⁺ および Cl⁻ 含有ガス量 ならびに溶媒抽出による有機



琉球工業研究指導所の研究室の一部



有孔虫化石の研究に協力した女子高校生

物の質的・量的測定である。

第9図に間隙水のCl⁻濃度およびガス量の垂直分布を示す。よく知られているように海成層の場合にはCl⁻は一般にガス賦存力と正相関関係にある調査上重要な指示元素であるが第9図について見るとCl⁻は深度200m付近で1,000 mg/l前後まで低下しガス量曲線とも対応しておりこの深度付近までは天水の地下への侵入現象が認められる。これを地質学的に見ると深度185~263mの砂質岩を主とするB層は後で述べるように上り傾斜(up dip)の方向で一部地表に露出しまた一部いわゆる琉球石灰岩の直下に伏在しているので上に述べた天水の侵入は主としてこのB層を通路として行なわれたものと考えられる。何となれば垂直方向からの天水の侵入が主であるとすると深度80m前後においてCl⁻が8,000 mg/lをこえる極大値をとることが説明できなくなるからである。さらにB層の基底の263mを超えるとCl⁻は深度とともに増加し335mで4,500 mg/lをこえる。

以上のことから深度200m付近の地下水はCl⁻をおよそ500~1,000 mg/l含みまた400m付近の地下水はCl⁻を5,000 mg/l程度含むものと予想される。この場合第1次調査の結果および本土の更新・鮮新両統に胚胎する一般的な水溶型ガス鉱床の例から予想されるガス水比は200m層で1:8~20 また400m層で1:2~4程度である。ただし同じ地質時代の宮崎ガス田の例(福田 1965)から類推すると400m層のガス水比が計算飽和ガス水比すなわち1:1近くに達することも

あり得る。

以上のCl⁻濃度から予想されるガス質は200m層でCH₄=90~95% また400m層でCH₄=95~99%程度である。またCO₂はおそらく1~2%以下で残ガスはほとんどN₂であろう。

有機物はベンゼン・アセトン・アルコールの混合溶液で抽出された。抽出量はおよそ0.03重量%を示し本土の南関東・宮崎両ガス田の炭化水素の推定根源岩の平均値0.028%にきわめて近くまた抽出炭化水素量はその19~45%で新潟油田の石油の推定根源岩に匹敵する値を示すことはきわめて注目される。

(10) 産出試験とその成果

産出試験は深度268m(中間)および435m(掘止)において行なわれた。

A 中間産出試験

(a) 一般産出試験

第10図に示すような坑井構造でB₃およびB₄の両層に対して行なわれたエアリフトによる産出試験の結果は次のとおりである。

水量	40m ³ /日
ガス量	2.24m ³ /日
ガス水比	0.056
産出指数	およそ30kl/日/kg/cm ²
水温	27.8℃
気温	27.0℃

(b) 地化学試験

深度150m付近で得られたガスの組成はおよ次のとおりである。

CH ₄	O ₂	N ₂	CO ₂	H ₂	
87.27	0.67	11.87	0.17	0.03	vol %

また上に述べたエアリフトによって得られた地下水の水質はおよ次のとおりである。

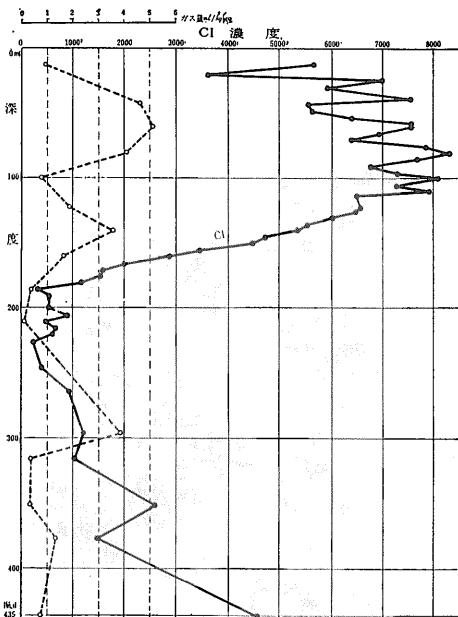
pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	C ²⁺ a ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ /Mg ²⁺
8.35	799mg/l*	242	3.6	0.53	6.79

* total alkalinity を HCO₃⁻ に換算した数値

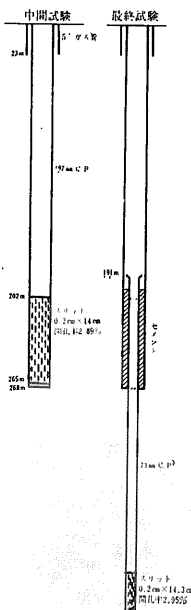
B 最終産出試験

(a) 一般産出試験

第10図に示したような坑井構造でF₃層



第9図 那覇1号井のCl⁻濃度(単位: mg/l)およびガス量の垂直分布



第10図 那覇1号井の産出試験時の坑井構造

に対して行なわれたエアリフトによる産出試験の結果は次のとおりである。

水量	72.5m ³ /日
ガス量	58.9m ³ /日
ガス水比	0.95
産出指数	およそ40kl/日/kg/cm ²
水温	30.0℃
気温	14.0℃

(b) 地化学試験

深度405~435mの間から ベーラー汲みで得られたガスの組成は およそ次のとおりである。

CH ₄	N ₂	CO ₂	O ₂	
90.41	7.18	0.25	2.16	vol%

上の表の中に含まれる O₂ は 試料採取時の空気の混入によるものと考えられるので 原ガスの組成はおよそ次のとおりになるものと推定される。

CH ₂	N ₂	CO ₂	O ₂	
98~99	1~2	0.25	1	vol%

また 深度405~435mの間から ベーラー汲みで得られた地下水の水質は 次のとおりである。

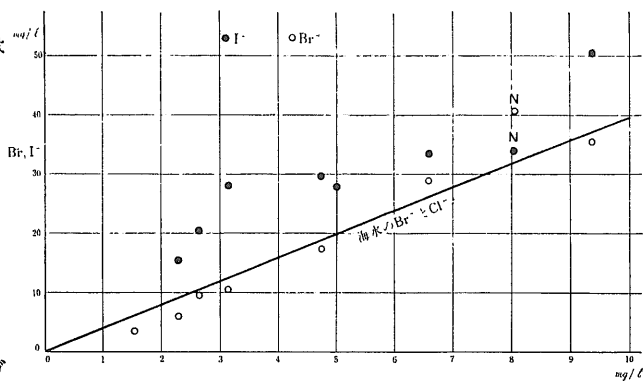
pH	Cl ⁻	I ⁻	Br ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺
7.8	8,050mg/l	33.9%	40.5%	248%	2.8%	26.1%
K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ /Mg ²⁺		
25.9%	5,030%	147%	59.0%	2.49		

さらに 同じ深度区間から ベーラー汲み後のエアリフトによって得られた水の水質は 次のとおりである。

pH	Cl ⁻	I ⁻	Br ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺
7.6	6,020mg/l	24.8%	27.5%	308%	19.8%	0.84%
K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ /Mg ²⁺		
16.3%	3,830%	129%	41.9%	2.84		

C 考察

中間産出試験については エアリフトによって得られた地下水の Cl⁻ 濃度が242mg/l で 同深度の泥質岩の間隙水の Cl⁻ 濃度より低く 天水の地下への侵入現象が明らかに認められること および 産出指数が低いことから 小礫砂岩の主体をなす部分 (B₃・B₄層) の侵透率がかなり小さいと推定されることのほか とくにとり上げるべきことはない。



N: 距離1号井の最終試験の際 ベーラー汲みで採取された水の値
(その他については 本誌・牧野 1965による)

第11図 沖縄本島南部地区における地下水の I⁻ と Cl⁻ および Br⁻ と Cl⁻ との関係

しかし 最終産出試験については ある程度突込んだ説明を与えておかなければならないことが2, 3ある。

まず ベーラー汲みによって得られた地下水と エアリフトによって得られた地下水との間に見られる水質の相違の原因はどこにあるのであろうか。この水質の相違は 前者および後者において それぞれ8,050mg/l および6,020mg/l の値を示す Cl⁻ 濃度によって代表されるもので 他の主要な溶存イオンの濃度も およそこの Cl⁻ 濃度の値に平行した変化を示している。

通常 ガス・石油坑井においては ストレーナーを埋設したところだけから流体の採取を行なうため その上部の管外をセメントでかため 上方からの流体の混入を防止することが行なわれている。中間産出試験に先立つ坑井仕上げの際には この中間遮水あるいはセメンティングと呼ばれる工事を行なったが これまでの不可坑力による工事の遅延と 沖繩退去の日の延引が許されなため 最終産出試験に先立つて行なうべき中間遮水工事を省略せざるを得なかった。したがって ベーラー汲みによって 比較的静かに揚水が行なわれている間に Cl⁻ 濃度が落ち着いたところで採取された産出水は ストレーナーに接する F₃ 層の地層水そのものであるが その後でエアリフトによって得られた産出水には F₃ 層の地層水以外に 上位のD層中の砂質岩の地層水が混入してしまったものと考えられる。とくに 厚さ19mの細粒砂岩からなる D₃ 層の影響は かなり大きいものと思われる。

次に 以上のような観点から 最終産出試験の結果を再検討して見よう。

以上に述べたところから明らかのように F₃層の水質は ベーラー汲みによって得られた水の分析値によるべきである。しかし エアリフトによる産出試験によって得られたガス水比および産出指数は 中間遮水が完全に

行なわれた場合とは 異なった値を示しているとしなければならない。すなわち ガス水比はある程度内輪の値を また 産出指数はある程度大きな値を示しているはずである。

最終産出試験によって得られた数値の中で とくに注目されるのは ガス水比が0.95 すなわち およそ1:1になっている点である。この数値は 那覇1号井のF₃層が 深度対応ガス水比に対して およそ100%のガスを保有することを示しているが 上に述べたような事情から 実際には多少過飽和気味であるかも知れないのである。いずれにしても 水溶性の高ポテンシャルガス層の存在が 沖縄本島ではじめて確認されたことは 今次の調査のもっとも大きな成果である。一方 最終試験時の本来の産出指数を 40kl/日/kg/cm²よりも内輪に見積らなければならないことから推定されるように F₃層中の砂質岩層の侵透率は相当低いと考えられるが 開発という面からすれば これもマイナスの面ばかりではない。何となれば 那覇1号井のF₃層とよく似た砂泥互層からなる貯溜層を仕上げた南関東ガス田地帯の一部の坑井には 開発の進展に伴う水位の低下によってガス水比が数倍になった例が少なくないからである。

水質でもっとも注目されるのは 第1次調査の結果の1つとしてすでに報告されている(本島・牧野 1965)ように Cl⁻とI⁻ および Cl⁻とBr⁻との間には 第11図に示すように 正相関々係があり Br⁻/Cl⁻がほぼ海水程度であるのに I⁻/Cl⁻は海水に比べてきわめて大きいことである。本土のヨード工業が 全面的にガス付随水に依存していることから明らかなように これは 沖縄の天然ガス開発の具体策を考える上に きわめて重要なことである。また 最終試験の際 ベーラー汲みによって得られた水の Ca²⁺/Mg²⁺の値は2.49であるが 本土の上部中新統の地層水の値が2前後であることから見て これはきわめて自然な値である。(つづく)

解 説

天然ガス鉱床という特殊な対象を扱い かつ ある程度用語の厳正を期したため 記事にわかりがたいところがあったと思われるので あまり一般的でない用語その他について解説しておく。

1. 層位学的単元について

わが国の地質学界では 近年の層位学の進歩に則応した層位学的単元の検討がなされていないため 一部の研究者を除いて 明確な定義の上立って関係用語を使用

しているとはいえない。しかし 世界の石油地質学会の大勢は 米国地層命名委員会(1961)制定の地層命名規約に近いものを使用する方向に進んでいるので 本稿においても この命名規約を準用した。

本稿でとくに注意していただきたい層位学的単元は 生層位学的単元(Biostratigraphic units)である。上記の命名規約においては 生層位学的単元およびその主要なものは 次のように定義されている。

生 層 位 学 的 単 元

層位学的単元の1つで 地層の堆積と同時に埋没された化石の内容によって特徴づけられた堆積岩体である。

群 集 帯 (Assemblage zone)

生存区間に無関係に特定の化石群集によって特徴づけられている堆積岩体で 群集中の特徴的な単数あるいは複数の化石の名—一般に種あるいは属—を冠して呼ばれる。例 湾岸地域の *Heterostegina* 群集帯

上総層群の *Bulimina aculeata* 群集帯(2枚ある)

生 存 区 間 帯 (Range zone)

単1の特定の生物分類単元の水平ならびに垂直の全分布を包含する堆積岩体で その化石の名—一般に種あるいは属—を冠して呼ばれる。

例 *Cardioceras cordatum* 生存区間帯

共 存 区 間 帯 (Concurrent range zone)

特定の生物分類単元—多くは種—のいくつかが重複して産する埋積岩体で その名前にはこれらの中の単数あるいは複数の化石名を冠する。

例 カリフォルニアの暁新世の *Bulimina excavata* 共存区間帯。これは *Anomalina judas*, *Bulimina excavata*, *Cibicides fortunatus* その他73種の既知の最下位の産出層 および *Ammodiscus glabratus*, *Bulimina exigua*, *Gyroidina depressa* その他20種の既知の最上位の産出層の全体を包含するものである。

上に述べた共存区間帯は 地層の対比に化石を使用する場合に これまで一般に使われていた帯(Zone)にほかならず 今日でも一般に○○帯と呼ばれているが 本稿においては とくに他の単元との区別を強調するため ○○共存区間帯と完記した。

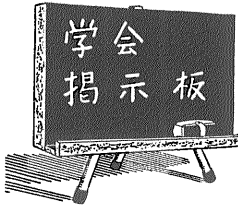
2. 産 出 試 験 について

坑井を仕上げた後 種々の産出坑底圧における流体の産出量を調査する作業を産出試験(Production test)という。産出試験によって得られるもっとも重要な数値

は 坑井から液体が産出する際の産出能力を示す産出指数 (Productivity index) であって 厳密にいえば これは 静止坑底圧と産出時坑底圧との単位差圧当りの単位時間当りの産出量をもって示される。しかし 単層仕上げあるいはこれに準ずる仕上げで ガス量の少ない水溶型ガス坑井については 静止坑底圧と産出時坑底圧との差圧は 静止時の水位と産出時の水位との差 つまり 水頭差でほぼ代用できる。たとえば この場合に産出指数が 40kl/日/kg/cm² といえは 水頭を10m下げれば 1日当り40klの水が得られることを示す。それ

故 この坑井で1日当り400klの水を得ようとすれば 水頭を100m下げる揚水をしなければならない。ここで注意しなければならないのは 産出指数は産出試験時の坑井構造によって大きく左右され 貯溜層の属性そのものを示すものではないことである。

またガス水比 (Gas-water ratio) とは 水溶型ガス坑井から産出したガスと水との地表条件における容積比のことである。



・日本地質学会

1. 昭和42年10月11日 (水)~14日(土)
2. 日本地質学会 第74年総会ならびに日本地質学会 日本鉱山地質学会 日本鉱物学会 日本岩石鉱物鉱床学会 日本粘土学会 連合学術大会

・物理探鉱技術協会

1. 昭和42年10月17日(火)~19日(木)
2. 昭和42年度鉱業関係学協会合同秋季大会
3. 九州大学 (福岡市 箱崎町)
4. 日本鉱業会 物理探鉱技術協会その他
5. 東京都中央区銀座8-7
日本鉱業会 Tel. 東京 (03) 572-5091
川崎市久本135 地質調査所内
物理探鉱技術協会 Tel. 川崎 (044) 83-3171

3. 名古屋大学 (豊田講堂 教養部)

名古屋千種区不老町

4. 日本地質学会行事委員会

5. 東京都文京区本郷7-3-1

東京大学理学部地質学教室 日本地質学会
Tel. 東京 (03) 812-2111 (内線2432)

・国際写真測量学会

1. 昭和43年7月8日~20日
2. 第11回国際写真測量学会
撮影および航法 図化理論および機械 航空三角測量 地形測量 地形測量以外への応用 用語・教育および歴史 写真判読の7つの部会ごとに あらかじめ決定された重要な主題について 決められた報告書の報告をもとにして討論を行なう。
3. スイス ロザンヌ
4. 国際写真測量学会・スイス写真測量学会
5. Secretariat du XIe Congress International de Photogrametrie: Institute de Photogramme Hrie EPUL, 33 Avenue de Cour, 1000 Lausanne, Suisse.

・石炭科学国際会議

1. 昭和43年6月10日~14日
2. 石炭化作用・熱分解・ガス化・石炭組織に関する講演会
3. Mining Institute of the Czechoslovakia, Academy of Science
4. 石炭科学国際会議
5. Mining Iestituti of the Czechoslovak Academy of Science, Praha.

・国際粘土会議

1. 昭和44年9月5日~15日
2. 1969年国際粘土会議 (粘土鉱物の結晶構造 成因その他)
3. 日本
4. 国際粘土研究連会 (Association Internationsl Pour l'Etude des Argiles-AIPEA)
5. 東京都文京区大塚3丁目
東京教育大学理学部地質学鉱物学教室内
1969年国際粘土会議組織委員会

・石炭科学部会

1. 昭和42年11月9日(木)~11日(土)
2. 第4回石炭科学 (石炭の地球科学・組織・化学的性質・加工等に関する講演会)
3. 九州大学工学部
4. 燃料協会石炭科学部会
5. 東京都中央区銀座4-15 西銀座ビル内
燃料協会 東京 (03) 561-3760

・日本地理学会

1. 昭和42年9月9日 (土) 13.00~
2. 九月例会・寝屋川市の都市化~大都市近郊における都市・スプロールと農業の崩壊 (北大 実清隆)
3. 東京大学理学部地理学教室
- 4.5. 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学理学部地理学教室内

・日本花粉学会

1. 昭和42年10月11日 (水)
2. 花粉学・花粉分析・花粉応用
3. 神戸大学 (神戸市)
4. 日本花粉学会
5. 京都市左京区北白川
京都大学農学部応用植物学教室

Tel. 京都 (075) 77-8111 (代表)

日本地理学会

[注] 1. 開催年月日 2. 会合名 3. 会場
4. 主催者 5. 連絡先 (掲載順位は原稿到着順)