

第 5 次 沖 繩 天 然 ガ ス 資 源 調 査 ・ 研 究 概 報

福 田 理*	本 島 公 司**	井 島 信 五 郎*
大 山 桂***	藤 井 紀 之****	佐 藤 良 昭*
植 田 芳 郎*	鈴 木 泰 輔*	影 山 邦 夫*
名 取 博 夫*	高 木 慎 一 郎*****	田 中 信 一*****
小 川 健 三*****	須 田 芳 朗*****	岡 重 文**
石 橋 嘉 一**	加 藤 完**	藤 貫 正**
川 野 昌 樹**	永 田 松 三**	比 留 川 貴**
伊 藤 司 郎**	村 上 正**	石 田 正 夫*****
	村 瀬 正*****	

Natural Gas Resources of the Ryukyu Islands

—Preliminary Report by the 5th Phase Survey Team of G. S. J.—

By

Osamu FUKUTA, Kōji MOTOJIMA, Shingorō IJIMA, Katura OYAMA, Noriyuki FUJII,
Yoshirō UEDA, Yoshiaki SATO, Taisuke SUZUKI, Kunio KAGEYAMA, Hiroo NATORI,
Shin-ichirō TAKAKI, Shin-ichi TANAKA, Kenzō OGAWA, Yoshirō SUDA,
Shigefumi OKA, Kaichi ISHIBASHI, Kan KATOH, Tadashi FUJINUKI,
Masaki KAWANO, Syōzō NAGATA, Takashi HIRUKAWA, Shiroh ITOH,
Tadashi MURAKAMI, Masao ISHIDA & Tadashi MURASE

Abstract

This report deals with the results obtained by the joint work between the members of the Geological Survey of Japan (G.S.J.) and the members of the Ryukyu Industrial Research Institute. According to the Technical Assistance Program of the Japanese Government to the Ryukyu Government, the 5th phase natural gas survey has been done in the duration from October 10, 1968 to June 1, 1969.

The main surveyed area is the southern part of Okinawa Main Island.

Naha R-2 Test Well for natural gas resources was drilled at Ōnoyama, in the western part of Naha City, and the total depth of this well was 978.4 m from the surface of ground. This test well penetrated the Recent sediments, Miocene Shimajiri Group and Mesozoic Shimanto Group. Therefore, this is the first well which penetrated into the Mesozoic rocks through Neogene formations.

Under the surveyed program are included such subjects as shown in the following:

Subject	Duration
1. Surface geologic survey.	Oct. 29—Dec.27, 1968
2. Surface geochemical survey.	Oct. 29—Dec.20, 1968
3. Gravitational survey.	Oct. 29—Dec.27, 1968

* 燃料部 ** 技術部
*** 地質部 **** 鉱床部
***** 物理探査部
***** 北海道支所

- | | |
|---|---------------------------|
| 4. Reconnaissance survey for natural gas resources at Yonaguni-jima, Taketomi-jima and Miyako-jima. | Jan. 1—Feb.26, 1969 |
| Production test for natural gas and groundwater at the shallower part of Naha R-2 Test Well. | |
| 5. Guidance in well completion of Naha R-2 Test Well. | Apr. 9—May 13, 1969 |
| 6. Electric logging at Naha R-2 Test Well. | Apr. 9—Apr.21, 1969 |
| 7. Geological and paleontological survey at Naha R-2 Test Well. | Dec.22, 1968—May 28, 1969 |
| 8. Geochemical survey at Naha R-2 Test Well. | Dec.22, 1968—May 28, 1969 |
| 9. Production test at the deeper part of Naha R-2 Test Well. | May 10—May 17, 1969 |

The results obtained are summarized as follows:

- 1) In 1967, the organic geochemists of the 3rd phase survey team had a proposal to check the stratigraphic correlation of the sand layers developed between Yonabaru-machi and Nishiharamura, therefore in 1968 the field geologist of the 5th phase survey team carried out the detailed examinations for the subject, and as a conclusion, they decided that the sand beds of the examined area could correlate to the uppermost part of Lower Yonabaru Formation and could not correlate to Oroku Sand in the uppermost part of Naha Formation.
- 2) The existence of Shuri Fault which has the direction from Tomari-minato to Yonabaru-machi was decided by the joint works of surface geological, underground geological, gravitational and geochemical surveys. The strike of Shuri Fault is about NWW-SEE, and this direction is perpendicular to the direction of general strike of Shimajiri Group. At the southern part of Shuri, the apparent vertical displacement is about 150 m and the apparent horizontal displacement is about 600 m. This fault may cut the basement rocks, because along the fault line the slight anomaly of iso-gravity lines and the existence of helium in the natural gas from Yonabaru-machi have been recognized.
- 3) The researches on heavy minerals in the sedimentary rocks have clarified that during the deposition of Shimajiri Group the depositional basin had been supplied the detrital materials from the metamorphic rocks.
- 4) According to the studies of fossil Mollusca, it is almost unquestionable that in Kume-jima the age of most part of Aga Formation which has been correlated to Shimajiri Group, is upper Pliocene and they can be correlated to Naha Limestone and Nakaoji Sandstone. However, the content of organic carbon is 0.40 wt % and the quantity of organic matter extracted by organic solvents is 345 ppm, and these values were given by the geochemical examinations for the surface sample of mudstone from Kume-jima. These values are convenient for the source rocks of natural gas, therefore, it is necessary to check in detail whether Shimajiri Group exists or not in this island, in the near future.
- 5) It was clarified that the gravitational survey can decide not only the accurate depth of basement rocks underlying Shimajiri Group, but also the geologic structure such as Shuri Fault. The presumed depth given by gravitational survey was confirmed by Naha R-2 Test Well.
- 6) The stratigraphy of lower Shimajiri Group under the bottom part of Naha R-1 Test Well (drilling site is Kokuba, Naha City) was decided. Namely, the stratigraphy of Lower Shimajiri Group which can not be seen at the surface of ground was decided.
- 7) The only one bed of thick sandstone in Shimajiri Group which exposes in the surface of

ground is Oroku Sand. On the contrary, at Naha R-2 Test Well, in the underground, except for the sandstone bed discovered at the bottom of Naha R-1 Test Well, six sand beds were discovered, and these sand beds were named H Bed, J Bed, N Bed, P Bed and R Bed each. Below D Bed, the total thickness of sandy beds and the effective thickness of sand beds are 497 m and 363 m respectively.

8) Judging from the vertical distribution of Cl^- in the interstitial water of core samples from Naha R-2 Test Well, the natural gas may be saturated in groundwater below 300 m from the surface of ground.

9) Generally, the sedimentary rocks of Naha Formation and the basement are rich in content of organic matters.

10) The result of the production test for natural gas and groundwater at the shallower part of Naha R-2 Test Well are summarized below:

Reservoir depth of production test	from 312 m to 364 m
Diameter of casing	7 inches
Gas production by air lift	52.6 m ³ /day
Water production by air lift	103.4 kl/day
Productivity index	29.1 kl/day/kg/cm ²
Gas-water ratio	0.51
Water temperature at casing head	28.5°C
pH of groundwater	7.75
Cl^- content in groundwater	11,400 mg/l
I^- content in groundwater	51.9 mg/l
Ca^{2+} content in groundwater	282 mg/l
Mg^{2+} content in groundwater	119 mg/l
CH_4 content in natural gas	more than 75 vol. %

11) The porosity and permeability of four core samples from Naha R-2 Test Well have been measured at the Geological Survey of Japan and the results are shown in Table 17. The maximum value of air permeability is 115 milli-darcys at the depth of about 890 m, and this value is convenient for economic gas reservoir. Therefore, it is possible to get the conclusion that the natural gas and groundwater of R(831-943 m) reservoir exist in the normal sandstone space and the extension of reservoir pore space of this type is generally larger than that of fissure type.

12) The results of the production test at the deeper part of Naha R-2 Test Well are summarized below:

Reservoir depth of production test	from 831 m to 943 m				
Diameter of casing	4 inches				
Gas production under natural flowing state	about 900 m ³ /day				
Water production under natural flowing state	about 600 kl/day				
Productivity index	285.7 kl/day/kg/cm ²				
Gas-water ratio	about 1.5				
Composition of natural gas in volume %					
CH_4	89.52*	O_2	0.48*	N_2	9.72
CO_2	0.24	H_2	ca. 0.019	He	ca. 0.028

* O_2 and N_2 were increased by the air contamination, therefore the original CH_4 content is estimated about 92 vol. %.

Water temperature at casing head	44°C
under natural flowing state	

Composition of groundwater

pH	7.5	Cl ⁻	12,000 mg/l	I ⁻	31 mg/l
Ca ²⁺	510 mg/l	Mg ²⁺	62 mg/l		

Above-listed values obtained by the production test for R bed (Reservoir VIII) show that not only this R-2 Test Well has a capacity of economic production but also R Bed near R-2 Well has a reservoir character of economic gas production.

Therefore, the authors expect that R-2 Test Well will keep the good condition to be able to do the in-hole measurements of underground temperature and resistivity of groundwater.

Because the hydrostatic pressure of Reservoir VIII is 1.4 kg/cm² higher than the expected ordinary value, the production test for L, N and P Beds could not expect using R-2 Well, and these beds are intercalated in the muddy rocks with high Cl⁻ containing pore water. Accordingly, these L, N and P Beds may act as the reservoir for natural gas and iodine, and the authors hope to examine these economic points by the drilling in the next fiscal year.

From the standpoint of natural gas resources in the Ryukyu Islands, geologically, the next hopeful area is Miyako-jima, and the Mesozoic rocks are also important, therefore further investigations are expected.

1. 緒言

日本政府の琉球政府に対する技術援助計画による沖縄における天然ガス資源の今次の調査は、昭和35 (1960) 年の第1次調査、同40 (1965) 年の第2次調査、同41 (1966) 年の第3次調査および同42 (1967) 年の第4次調査の結果に基づいて計画・実施されたものである。今次の調査は、昭和43年10月29日から昭和44年6月1日にわたる216日間、延べ1,019日をもって、地表地質・地化学調査、重力探査精査および関連地域の調査、ならびにこれらに必要な水準・地形両測量および薄片の作成を行なった。さらに、那覇市内において予定深度1,000mの試験井を掘さく・仕上げし、これによる各種の調査を実施するとともに、琉球政府の関係者にこれら天然ガス鉱床の調査・開発に関する技術指導を行なった。

今次調査の一環として那覇市奥武山において掘さく・試験中の琉球政府那覇2号井は、去る5月10日未明自噴を開始した。試験は5月17日まで続けられ、4吋仕上げの自噴状態で、ガスおよそ900m³/日、および付随水およそ600kl/日の産出が確認された。このガスおよび付随水の産出層は、後で述べるように島尻層群の基底砂・礫岩で、その深度は832~943mである。このガスはおよそ92%のCH₄を含み、総発熱量は約9,000 kcal/Nm³の優秀なもので、付随水は水温44°C、Cl⁻が12,000 mg/lの高温含土類強食塩泉注1)である。

地質調査所が手がけた水溶性のガス鉱床で、この種の成功をえたのは、昭和30~34年の宮崎・日南ガス田、昭和29~30年の北海道長万部ガス田、少しさかのぼって昭

和26年の東京ガス田などの例がある。

沖縄という遠隔、かつ制約の多い土地においてこのような成功を収めることができたのは、地道な調査・研究に深い理解を示され、その実施の道を開いて下さった総理府特別地域連絡局、通産本省関係各局および工業技術院、ならびに第1次調査以来調査団を受け入れて下さった琉球政府があつてのことである。また、私どもの一連の調査・研究の糸口をつけられたのは、沖縄にも水溶性ガスがあることを初めて明らかにされた琉球大学の兼島清教授である。さらに、斉藤憲三代議士の御援助も大きかった。

第5次調査・研究の結果をとりまとめるにあたり、これまでお骨折り下さった関係者各位に感謝する。

2. 目的

- 1) 沖縄本島中・南部の島尻層群に重点をおいた地質図の完成をはかる。(地表地質調査)
- 2) 沖縄本島中・南部の構造地質学的性格を明らかにする。(地質構造調査)
- 3) 島尻層群の堆積環境を明らかにする。(重鉱物、粘土鉱物および微量元素の調査)
- 4) 本島の中・南部以外の地域において断片的に分布するいわゆる島尻層群の実体を明らかにする。(貝化石および関連地域の調査)
- 5) 島尻層群の基盤の地質・鉱床学的な性格を明らかにする。(基盤岩露出地域の地質路線調査)
- 6) 地表においてみられない島尻層群下半部の層序を確立する。(坑井地質・微化石調査、物理検層などの方法による)

注1) 厚生省：衛生検査指針，VI，協同医書出版社，1957による。

7) 那覇市周辺の地下深部におけるガス鉱床の賦存状況および鉱床学的性格を明らかにする。（坑井地化学調査、産出試験および物理検層）

3. 調査・研究期間

緒言で述べたように、全調査・研究期間は昭和43年10月29日から昭和44年6月1日にいたる216日間であるが、調査・研究の大項目別にみた期間は、次のとおりである。

- 1) 地表地質調査・研究 43. 10. 29～43. 12. 27
- 2) 地表地化学調査・研究 43. 10. 29～43. 12. 20
- 3) 重力探査による調査 43. 10. 29～43. 12. 27
・研究
- 4) 関連地域調査・研究 44. 1. 7～44. 2. 26
（同一期間内に那覇2号井の浅部産出試験を行なった）
- 5) 試錐・仕上げ技術調査 44. 4. 9～44. 5. 13
・研究
- 6) 深部物理検層^{注2)} 44. 4. 9～44. 4. 21
- 7) 坑井地質・微化石調査 43. 12. 22～44. 5. 28
・研究
- 8) 坑井地化学調査・研究 43. 12. 22～44. 5. 28
- 9) 深部産出試験 44. 5. 10～44. 5. 17

4. 業務分担

- 1) 地表地質
 - a) 島尻層群分布地域 影山邦夫・鈴木泰輔・石田正夫・名取博夫
 - b) 基盤岩分布地域 植田芳郎
 - c) 貝化石 大山 桂
 - d) 重鉱物 佐藤良昭
 - e) 粘土鉱物 藤井紀之
 - f) 関連地域 福田 理
 - g) 測量 岡 重文
- 2) 地表地化学
 - a) 微量元素 伊藤司郎
 - b) 有機物 藤貫 正
- 3) 地表地質・地化学調査用の薄片作成 村上 正
- 4) 重力探査
 - a) 観測・解析 小川健三・須田芳朗
 - b) 測量 石橋嘉一・村瀬 正
- 5) 坑井地質 福田 理
- 6) 坑井微化石 石田正夫・名取博夫・福田 理
- 7) 坑井地化学 永田松三・川野昌樹・比留川貴・本島公司

注2) 浅部物理検層は請負とした。

- 8) 浅部産出試験 福田 理
- 9) 深部物理検層 高木慎一郎・田中新一
- 10) 深部産出試験 本島公司・井島信五郎
・福田 理
- 11) 掘さく・仕上げ技術 加藤 完
- 12) まとめ 福田 理・本島公司・井島信五郎

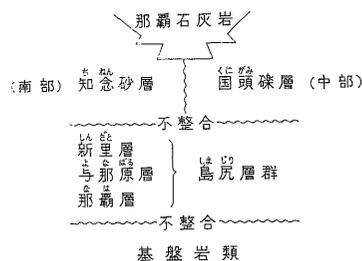
5. 地表地質・地化学調査・研究および重力探査

5.1 島尻層群分布地域の地質

今次の地表地質調査は、沖縄本島中・南部の島尻層群が分布する地域の島尻層群に重点をおいた地質図の完成を目標として計画されたが、具志川市内の露出が意外に悪かったため、地質図を完成できたのは、5万分の1地形図「那覇」、「コザ南部」、「糸満」、「コザ北部」の一部および「久高島」内の軍用地を除いた範囲にとどまった（第1図）。また、米軍基地および施設内は調査ができず、地質図上に塗色していない。

5.1.1 層序

本地域の層序の概要は、次のとおりである（上位から）。



上に示した那覇石灰岩は、半沢正四郎（1935）の“琉球石灰岩”の一部に相当し、Mac NEIL（1960）の論文にもあるように、一応この形に近いものと考えられる。しかし、天然ガスの資源調査を本務とする私どもとしては、これらについてくわしい調査を実施できる立場にないので、問題点のあることを指摘するにとどめる。また、知念砂層は、“琉球石灰岩”のうちの古いもの、すなわち、Mac NEIL（1960）の那覇石灰岩の下に整合に横たわり、中部地域の国頭礫層と直接の関係は見られないが、同時異相的な横の関係で島尻層群の上に不整合に重なるものと考えていることを付記しておく。

以下には、島尻層群に属する新里、与那原、那覇の3層および基盤岩類について略述する。

1) 新里層（層厚約 250m）

本層は、下位の与那原層の上に整合に重なっている。下位層との境界は、その粘土岩が終わり、顕著な砂岩が

始まることとした。また、本層はいわゆる琉球石灰岩を主体とする鮮新～更新統によって不整合に覆われている。

本層の全般的な岩質は、基底部が砂岩を主に、またそれより上位が粘土岩を主にした互層である。基底より上位約20mの間は、砂岩勝ちの砂岩と粘土岩の互層で、とくに基底部には磨砂凝灰岩(安山岩質結晶凝灰岩)を2～3枚挟むほか、軽石の円礫(最大2cm×1cm×1cm程度)を多量に含む細～中粒砂岩(厚さ約5.5m)がある。この砂岩には顕著な偽層がみられる。この砂岩の上位の互層部には、貝化石および珊瑚化石を多産するほか炭化木片を含む。本層の主体をなすものは、以上に述べた基底部の上に重なる帯緑灰色粘土岩を主とし、砂岩を従とする互層で、この部分の上部にも凝灰岩が挟まれており、また中部および上部には貝化石が多産するところがある。

2) 与那原層(層厚約900m)

本層は地表でみられる島尻層群の主体をなすもので、その分布は広い。全体的にみると、本層は主として帯緑あるいは帯青灰色のシルト質粘土岩からなり、散在する浮石片に富んでいる。今次調査では、図化のことも配慮して、本部層を上・中・下の3部層に細分したが、中部の勝連半島では地層の露出状態が悪く、3部層に区分することは困難である。一応人為的に地層界を引いたが、今後の課題として残る。また、調査地域の東の中城湾口に浮かぶ津堅島の西海岸には、与那原層と思われる地層が分布している。この地層を与那原層とすると、本島と津堅島間の中城湾に褶曲または断層などの地質構造が存在することを意味する。

a) 上部層(層厚約350m)

本部層の下限は、厚さ4～5mの微細粒砂岩の始まることとした。本部層は、主として灰色ないし帯緑灰色のシルト質粘土岩からなり、砂岩および凝灰岩を夾有する。本部層の下位と上位には、それぞれ厚さ20～30cmの磨砂凝灰岩および安山岩質結晶凝灰岩があり、とくに上位のものは、南部地域ではその厚さが数mに達する場合もある。また、本部層は下位の中・下部層に較べて貝化石が多い。勝連半島では、ホワイト・ビーチと与那城村屋慶名の海上公園の下の貝化石を比較的多く含む露頭を上部層とした。しかし、前述のように下位との地層界は判然とせず、人為的なものである。

b) 中部層(層厚約500m)

本部層の下限は、シルト質粘土岩を主体とする一連の厚層の下底とした。本層は、主として散在する浮石片に富む帯緑あるいは帯青灰色のシルト質粘土岩からなり、

上部層に較べて一般に粘土分の占める割合が少ない。本部層のシルト質粘土岩は、一般に水に溶けやすく、雨天の際は崖の付近が泥濘化する。本部層が分布する地域の中央部付近の下位層準には、しばしば連続性に乏しい薄い砂岩が挟まれており、なかには異常堆積とみられるものもある。また、本部層は全層にわたって凝灰岩の薄層を夾有するが、上半部のものは安山岩質、また下半部のものは石英安山岩質である。中部地域における中部層の下限は、本層の下位にくる連続性のある砂層が露出不足のため、認定が困難である。このため、砂層を頻繁に挟む付近(勝連村)と、下位とくらべて粒度が粗く、岩質的に変化したところを人為的に地層界とした。

c) 下部層(層厚約50～80m)

本部層の最上位には、調査地域北部の一部を除いて、ほぼ全域にわたって追跡できる含貝化石細粒砂岩があり、与那原層中の良好な鍵層となっている。この砂岩の厚さは、地域によってかなり変化し、調査地域北部の中城村では4～6m、与那原町～首里付近では約30m、また調査地域南部の糸満の北方では8mである。この砂岩は風化すると黄褐色になり、とくに厚く発達するところでは、後で述べる小禄砂層に似ている。しかし、この砂岩には貝化石が含まれていることおよび重鉱物組成が異なることなどから、両者を区別することができる。またこの砂岩は、分布地域のほとんど全域にわたって異常堆積を示す特徴がある。

本部層の主体をなす粘土岩は、上記砂層の下位に横たわるものである。この粘土岩は、帯緑灰色で、中位には厚さ数10cm以下の細～中粒砂岩数枚と凝灰岩(石質凝灰岩)の薄層を夾有する。本部層の粘土岩は、上部層の最上部および最下部のものと同様に、とくに粘土分が多い。また、この粘土岩の中には小型の貝化石が散見されるほか、大型の有孔虫化石がみられる。

3) 那覇層(層厚約1,150m)

本層の大部分は地下にだけ発達し、今回の那覇2号井によって確認された部分を含めると、その層厚は約1,150mにおよぶ厚い地層となるが、地表には最上部の65mほどしか露出していない。その65mのうち60mは、小禄砂岩として知られている砂質岩層である。

小禄砂岩は、主として帯緑灰色の粘土・シルト質微細粒～細粒砂岩からなるが、上部はしばしば粘土岩の薄層を夾有する。この砂岩は、風化すると黄褐色になり、さらに、全般的に雲母片に富んでいる。

小禄砂岩以下の地層が地表で見られるのは、那覇市小禄付近と豊見城村我那覇付近および北谷村謝畑付近だけで、3地域とも層厚5m前後の帯緑灰色粘土岩がわずかに

に頭部をのぞかせているに過ぎない。また、この粘土岩には、石英安山岩質結晶凝灰岩の薄層が夾有されている。

5.1.2 島尻層群の層位

第4次の調査によってすでに明らかにされているように、一般に鮮新・中新両統の境とされている *Globorotalia truncatulinoides* 帯と *Sphaeroidinellopsis seminulina* 帯との境界は、ほぼ与那原層の最上位(新里層の直下近く)に、また、後者と *Globorotalia menardii menardii*-*Globigerina nepenthes* 帯との境界は、同層上部層の中位より少し基底よりにある。さらに、後で述べる那覇2号井の那覇層の下部は、斉藤常正(1963)の *Globorotalia mayeri*-*Globigerina nepenthes* 帯(Blow, 1959の *G. mayeri*-*Globorotalia languaensis* 亜帯)に入っているものと推定される。いまほぼ結論的にいえることは、島尻層群は、上部中新統の最下部から鮮新統にまたがる地層であるということである。

5.1.3 地質構造

この地域の地質構造のなかでもっとも大規模なものは、島尻層群と基盤岩類とを境する天願断層である。本断層は、国頭礫層・那覇石灰岩によって覆われており、地表ではみられないが、第3次調査の際、井島信五郎が収集した米軍の水井戸資料によって、第1図に示すようにその位置をかなり明確に知ることができる。すなわち、本断層は北谷村砂辺に始まり、嘉手納基地のまんなかをほぼ南西—北東に走って、コザ市白川、美里村平田・登川を経て具志川市宇堅の天願川下流方向にのびている。この間、具志川市安慶名では北西—南東に走る断層によって切られているようであるが、南北方向のずれはわずかである。本断層は、後で述べる等重力線図にもよく現われており、南落ちの正断層と推定される。

天願断層に次ぐ大規模な地質構造は、那覇市泊港から安里、松川、大道、南風原村新川を経て与那原町与那原に至る北西—南東東の走向を持った首里断層である。本断層は、西半部では北落ち、また東半部では南落ちで、断層の北側が南側に対して大きく東方にずれた断層である。天願断層の場合ほど明瞭ではないが、本断層も等重力線図に現われているようであり、基盤まで切っているものと考えられる。また、那覇市松川付近から東方には、ほぼ東西方向に走る本断層のかなり顕著な副断層が認められる。

首里断層の南側の地域の地質構造は、南東方向に傾斜する単斜構造を基調とした単調なもので、那覇港付近に見られる半ドーム構造のほかは顕著な構造が認められない。しかし、階段断層群を構成する小断層の発達が顕著なところがあり、それがこの地域の水溶性ガス鉱床など

のような影響を与えているかは、今後の重要な研究課題である。

首里断層の北側の地域の地質構造は、かなり複雑であるが、大局的にみれば南東東方向に緩斜する単斜構造である。しかし、浦添村牧港付近から首里にかけては、南に沈む顕著な半ドーム構造があるほか、その周囲には複雑な小褶曲のくり返しがみられる。また、中城湾においては、等重力線が南東方向に著しく張り出しており、この方向に島尻層群下の基盤の高まりがあることを示している。

5.2 基盤岩類分布地域の地質

沖繩本島は、地体構造論的な立場から、本部半島を構成する石灰岩、チャートおよび粘板岩からなる二疊系の本部累帯、本島の主部を構成し、中生界とされている千枚岩および砂岩を主とする地層からなる国頭累帯、および、島尻層群に被覆され、古期新生界および新期中生界からなると推定されている島尻累帯の3累帯に分けられている(小西建二, 1965)。しかし、最近、本部累帯とされている中から、中生代を示す化石が発見される(石橋毅氏談)などの新しい地質学的な事実が蓄積されつつある。今次の調査対象は、天願断層をはさんで島尻層群に接する国頭累帯にしばられた。

5.2.1 国頭累帯の構成

国頭累帯を構成する岩層は、小西(1965)によれば、名護層と嘉陽層とに分けられる。二層は漸形関係にあるが、変成度などから考えて、嘉陽層が上層で名護層が下層とされている。

1) 名護層

本層は、広域変成作用の結果生じた千枚岩から片岩までの各種の岩層からなっている。そのおもなものは次のとおりである。

a) 黒色片岩

黒色片岩は、細粒の泥質岩源の変成岩で、石墨を主とするものと、絹雲母および緑泥石を主とするものがある。

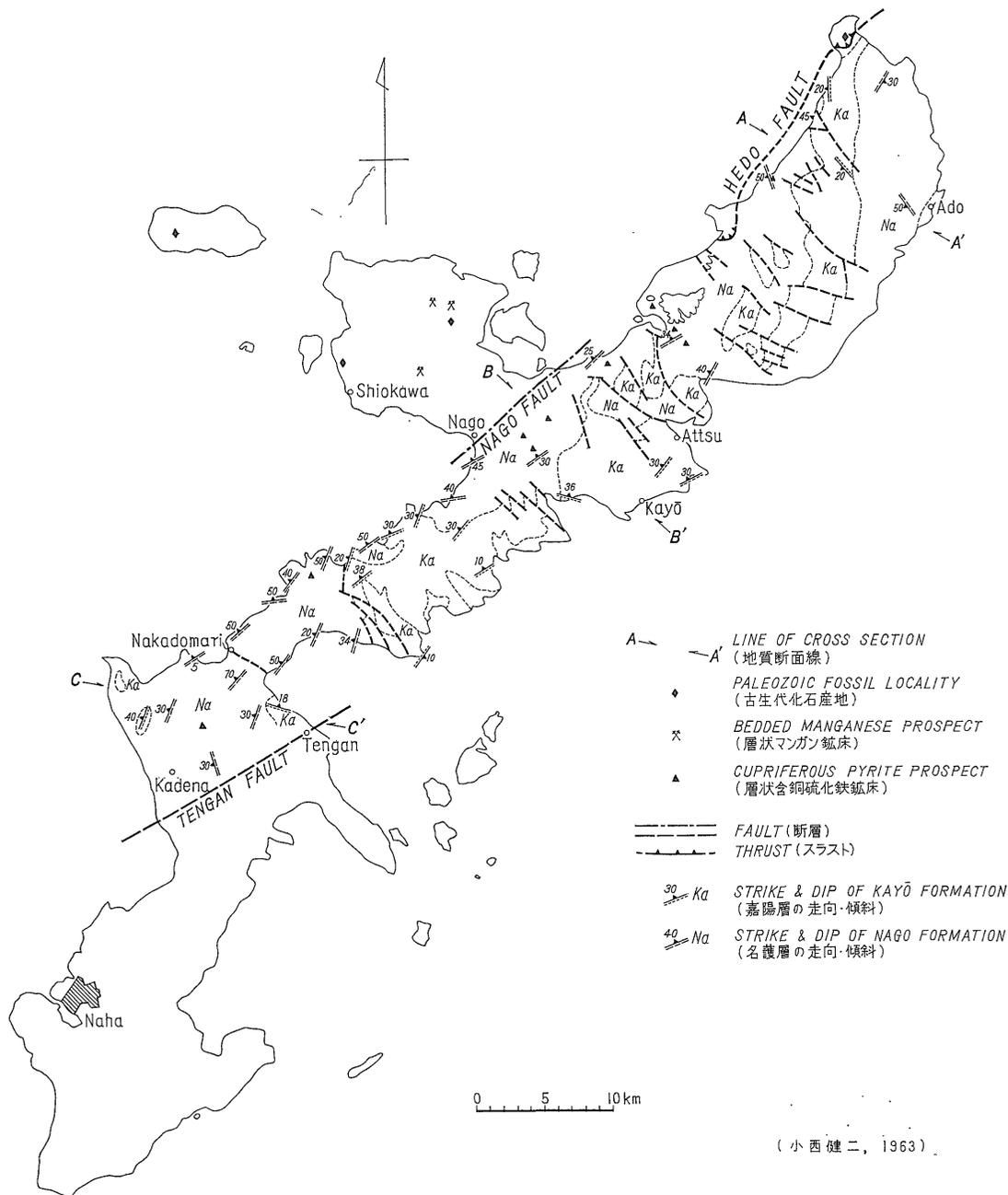
b) 互層片岩

互層片岩は、砂岩と頁岩の互層を原岩とするもので、変成度の低いものには互層が明瞭に認められるが、変成作用を強く受けたと思われる地域では、砂岩部がレンズ状に配列しているところがある。

c) 砂岩片岩および礫岩片岩

この片岩類は、砂岩および礫岩を原岩とするもので、砂岩には片理が、また、礫岩にはつぶれた礫がみられる。

2) 嘉陽層



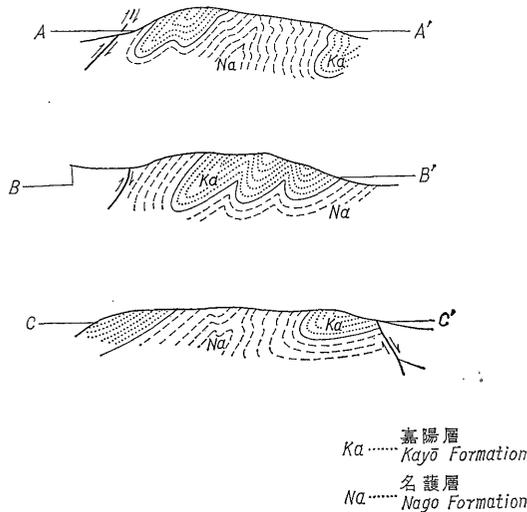
第 2 図 沖縄本島基盤岩類分布地域の地質略図
Outline of geology of basement rocks in Okinawa Main Island

本層は、名護層にひき続いて堆積したとみなされる砂岩の優勢な地層である。石橋毅氏 (談) によれば、最近本層から *Nummulites* の化石が発見された。

5.2.2 地質構造

今回の概査によれば、層面あるいは片理面の走向は、

ほぼ本島の延長方向(N 45°E)に一致する。しかし、くわしく見ると北部 (国頭) では南西方向を、名護付近では N 60°E, また仲泊付近では N 20°W となり、本島の延長方向に対していく蛇行する傾向が認められる (第 2 図)。地層の傾斜はすべて西落ちで、比較的ゆるく 20°~



第3図 国頭累帯の地質断面概念図

Schematic cross section showing the geology of Kunigami Belt

50°のところが多い。

以上の走向・傾斜、名護・嘉陽両層の上下関係および堆積構造から、国頭累帯の地質断面は、概念的に第3図のようになると考えられる。

5.2.3 ガス母層としての名護層

恩納村山田温泉付近の名護層にはガスの徴候があることから、本層が島尻層群の下にも伏在していれば、島尻層群へのガス供給層としても意味があるものと思われる。この点でとくに注目されるのは、本地域の南部に黒色片岩が広く分布していることである。

5.3 関連地域の地質

今次の調査では、関連地域として与那国島、石垣島、宮古島、久米島および沖縄本島北部をとり上げる予定であった。しかし、試験井工事現場における事故が多発したため、宮古島の調査の途中で、現場作業の指導および善後策の打合せのため召還され、予定どおりの調査を実施し得なかった。

5.3.1 与那国島

本島の調査目的は、与那国島にも島尻層群があるかどうかの確認にあった。調査の結果によれば、本島には島尻層群が分布していないことが確認された。また、古くから知られている八重山夾炭層中の海棲動物化石(有孔虫、貝類およびウニ類)の存在を再確認するとともに、*Operculina* と *Astryclypeus* と思われるウニが共産している事実をつきとめることができた。*Astryclypeus* は、西表島からも産出することが知られているもので、台湾および

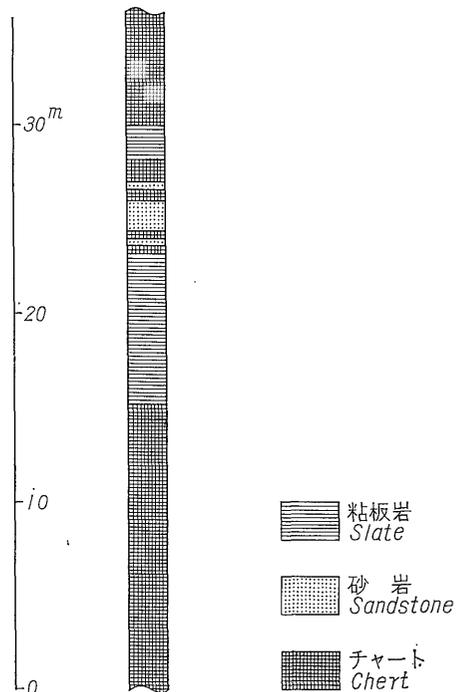
九州における相当層(佐世保層群)との関連からみて、尖閣列島の地表地質調査は、八重山夾炭層および台湾・九州における相当層を念頭において実施されるべきであろうことを示唆しているものと思われる。

また、今次調査の目的とは離れるが、新川鼻の北西西約600mのところ太平洋に注いでいる谷川で、小規模ながらみごとに石灰岩の再沈殿による地形をみつけることができた。これは、与那国島の観光開発の材料の1つとなるであろう。

5.3.2 石垣島

竹富島の沖合に顕著なガス徴があることは、よく知られている。第4次調査の際にこのガスを採取するために現地へ行ったが、天候待ちの時間を利用して、石垣・竹富両島の地表地質予察調査を行なった。しかし、このガス徴に見合うようなガス母層をみつけることはできなかった。今回の調査は、この点をさらに確かめるために実施したものである。

今回行なった石垣島調査の重点は、富崎層(FOSTER, 1965)の模式地である観音崎付近の海岸である。第4図は、観音崎に露出するチャートを主とする部分の柱状図である。問題はこの下に横たわる礫岩であるが、海岸に



第4図 石垣市観音崎付近の地質柱状図

Geological columnar section in Kannonzaki area Ishigaki-shi

おけるその確実な露頭はきわめて断片的である。ところが、同種の礫岩は観音崎の北東約 1,200m のところにもあり、13m×6m の礫岩塊をとりかこんで粘板岩が露出している。この粘板岩の中には、礫岩塊とほぼ等しい大きさのチャート塊も入っている。さらに、この粘板岩は一般にきわめて削剝されやすく、実際に見られる部分はきわめて小さいが、実はかなり広く分布するものである。すなわち、観音崎南東の海岸に断片的に露出している礫岩は、その周りを実は粘板岩でとり囲まれているものと推定される。このように、粘板岩の発達以案外よいということになると、上記ガス徴の解釈もしやすくなる。竹富島沖合いのガス徴のガス質は、古い地層に由来するものとされているが、今次の調査結果によれば、そのガスが富崎層に由来する可能性が大きい。

5.3.3 宮古島

宮古島予察調査の大きなねらいは、砂岩の発達が報告されている大神・池間両島の調査を行ない、昭和44年度より実施が予定されている宮古島を中心とする地表地質・地化学調査の計画立案に資することにあつた。ところが、悪天候と試験井掘さく現場の事故のため、調査を途中で打切らざるを得なくなった。

今回の調査のもっとも大きな成果は、大神島からも *Sphaeroidinellopsis semimulina* 帯に属するらしい浮遊性有孔虫群集が発見されたことである。このことおよび第4次調査の際行なった宮古本島の浮遊性有孔虫の予察調査の結果を総合すると、宮古本島と大神島の間にも、一般走行に平行な断層の存在が推定される。

5.4 貝化石

今次の貝化石調査の目的は、島尻層群の堆積環境を貝化石の面からも明らかにするとともに、従来から島尻層群とされてきたもののうち、その層位について異論のあるものについての再検討を行なうことにあつた。

5.4.1 島尻層群の貝化石

新里層産の貝化石には200~300mの水深に棲息するものが多いのに対して、与那原層産のものは水深が300~500m以深のところの棲息するものが多い。

5.4.2 いわゆる島尻層群産の貝化石

半沢(1935)の研究以来、名護町付近に分布する仲尾次砂岩は、一般に島尻層群に属するものとされていたが、Mac NEIL (1960) は、仲尾次砂岩は那覇石灰岩(いわゆる琉球石灰岩の下部)の下にあるが、島尻層群よりは上位にあり、島尻層群との関係は不整合で、知念砂岩に対比されるものであるとした。今次の調査においては、仲尾次砂岩と那覇石灰岩との間に、時代的な相違があるとは考えられないことが明らかになった。その根拠は次

に述べるとおりである。

1) 那覇石灰岩の貝化石

a) 美里村松本

Pycnodonta musashiana (Yokoyama) 密集
Chlamys satoi (Yokoyama) 散見
Decatopecten striatus (Schumacher) var. 散見
Amusiopecten praesignis (Yokoyama) 散見

以上の化石が地上1~3mのところのみられる。また、露頭には石灰岩の部分と石灰質砂岩の部分とがある。この化石群集は *Pecten-Brachiopod* 群集のある型に属するが、*Pycnodonta* 群集というべきである。堆積した当時の水深は、*Pycnodonta musashiana* (Yokoyama) が $N_3 \sim N_4$ で、 N_2 はまれであるが、*Decatopecten striatus* (Schumacher) が $N_1 \sim N_2$ である点から、 N_3 の N_2 に近い部分である可能性が濃厚である。そして、酸素の供給がよく、外洋水の影響が強かったことも推定される。

$N_1 \sim N_4$ の分類による水深は、次のようである。

N_1 低潮線~約20m
 N_2 約20m~約50m
 N_3 約50m~約100m
 N_4 約100m~約200m

b) 浦添村前田浦添城跡

下部に *Pycnodonta musashiana* (Yokoyama) および *Amusiopecten praesignis* (Yokoyama) を、中部に *Chlamys* sp., *Astriclypeus* sp., (ウニ) およびカニを、また上部に *Notovola?* sp., sp., *Amusiopecten praesignis* (Yokoyama), *Decatopecten striatus* (Schumacher) var. および *Nemocardium bechei* (Reeve) を産し、 N_3 より N_2 になった可能性を暗示している。那覇市山下町垣花小中学校の裏に見られる群集も、おそらくこれに類するものと思われる。

2) 仲尾次砂岩の貝化石

a) 仲尾次小中学校構内

矢部長克・畑井小虎(1941)によって報告されたもので、*Amusiopecten praesignis* (Yokoyama) その他那覇石灰岩のものと共通種を含む。

b) 羽地村役場裏

ここにも上記産地と同様な貝化石が多産する。上記産地と本産地の距離はわずかであるが、両者の間にある忠魂碑のある公園には、仲尾次砂岩の無化石の部分のみられる。

なお、久米島仲里村比屋定に露出する阿嘉層の一部にも、浦添城跡のものと同様な化石群集を産出する。以上に述べたことから、仲尾次砂岩および阿嘉層と那覇石灰岩との間に、時代的な相違があるとは考えられないが、さらにこまかくみた場合、模式地の知念砂層と、仲尾次

第1表 各地層の特征的重鉱物
Characteristic heavy minerals in each formation

鉱物種	地層名	嘉陽層 (中生層)	那覇層 (小禄砂層)	与那原層 (下部のトップの砂)	新里層	知念砂層
紫蘇輝石 Hypersthene					////	
普通輝石 Augite					////	
普通角閃石 Common Hornblende				-----	////	
青緑色角閃石 Blue green Hornblende			////	-----		////
緑れん石 Epidote			////	-----		////
どくろ石 Garnet				-----		-----
ジルコン Zircon		////	-----	-----		-----
電気石 Tourmaline				-----		-----

//// > 30% ----- 10~20% ----- < 数%

砂岩および阿嘉層とが同一層準にあるかどうかについては、貝化石以外の試資料も収集・考慮して、さらに検討する必要がある。

5.5 重鉱物

重鉱物の分析は、島尻層群の砂岩を対象に行なったが、比較のために、嘉陽層および知念砂層についても分析を行なった（第1表）。

5.5.1 島尻層群

1) 新里層

本層の重鉱物組成は、紫蘇輝石を50%近く含むほかに、20~30%の普通輝石・普通角閃石の組合せが特徴的である。

2) 与那原層

与那原層下部層の最上位砂岩の重鉱物組成は、多量の普通角閃石のほかに普通輝石も含んでいる。しかし、本層上部層中の凝灰質岩は、新里層に似た組成である。

3) 那覇層

本層最上位の小禄砂層の重鉱物組成は、多量の青緑色角閃石および緑れん石を含むほか、10~20%の普通角閃石を含んでいる。

以上の重鉱物組成から見て、島尻層群の砂岩は、その堆積時間を通じて、主として変成岩類から物質の供給を受けていたことが推定される。また、与那原層の下部では、普通角閃石—普通輝石の組成、与那原層の上部から新里層の堆積期には、紫蘇輝石—普通輝石—普通角閃石の組成で特徴づけられる火山活動が盛んであったと推定される。

5.5.2 知念砂層

本層の重鉱物組成は、緑れん石が多く、ついで普通角閃石・青緑色角閃石を含み、小禄砂層の組成に類似して

いる。本砂層の堆積時には火山活動はなく、主として変成岩類から物質の供給を受けたものと推定される。

5.5.3 嘉陽層

本層の重鉱物中には、無色ジルコンが多く、少量の電気石を含んでいることから、本層の供給源は花崗岩類であったと考えられる。

5.6 粘土鉱物

5.6.1 目的

粘土鉱物の検討は、地層の対比、堆積環境の解明、微量元素および一部有機物との関連において行なった。

5.6.2 試料

120コの試料は、すべて地表で採取したもので、そのうちの99コについてX線測定を行なった。サンプリングは、おもに次の3測線上で行なった。

南部測線：具志—小禄—豊見城—南風原—与那原—新里—知念

中部測線：浦添—宜野湾—西原

北部測線：具志川—与那城—勝連

5.6.3 調査方法

粘土鉱物のX線測定を行なうには、まず試料を蒸留水にひたし1晩放置した後、この中から粘土フラクションを分離する必要がある。得られた粘土フラクションに対して、未処理のもの、エチレンジリコールで処理したものの、250℃および650℃でそれぞれ2時間加熱したものの、の4とおりについてX線試験を行ない、その結果によって粘土鉱物を同定した。

5.6.4 調査研究の結果

得られた結果を地質柱状図上にまとめて表現し、第5図に示した。結果の要約は次のように要約される。

1) 粘土岩・砂岩（粘土鉱物のみについて）とも、粘

土鉱物組成に大きな変化はみられない。すなわち、いずれも雲母粘土鉱物、膨潤性緑泥石、モンモリロナイト様鉱物、それに、非粘土鉱物として、石英、長石、方解石を含んでいる。また、不規則混合層鉱物、29Å 混合層鉱物、26Å 混合層鉱物、非晶質鉱物を含むものもある。さらに、ハロイサイトを含む可能性もある。

2) 上の項でモンモリロナイト様鉱物としたものは、未処理およびエチレングリコールで処理した試料については、膨潤性緑泥石のパターンを示すにもかかわらず、650°C加熱処理によって緑泥石の14Åの反射が10Åの位置に移行するもので、明らかにモンモリロナイトに近い性質を示す。このモンモリロナイト様鉱物と膨潤性緑泥石、さらに緑泥石との間には、一定の漸移関係が認められる。これら相互の変化がどのようにして生じたのかは不明であるが、後背地の風化程度のちがいによって、堆積当初から鉱物組成が異なっていたものか、あるいは、当初緑泥石または膨潤性緑泥石として堆積したものが、その後の諸過程を通じてモンモリロナイト様鉱物へ変化したのかのいずれかであろう。

この緑泥石—膨潤性緑泥石—モンモリロナイト様鉱物の存在状態は、島尻層群の粘土鉱物組成を特徴づける唯一の基準ともいふべきものである。そのほかには、泥質凝灰岩の鉱物組成にも興味深い特色が見出された。以下は第5図にそって説明する。

a) 砂岩中には、例外なくモンモリロナイト様鉱物が含まれている。なかには、少量の膨潤性緑泥石を含むものもある。

b) シルト質粘土岩のなかで著しくモンモリロナイト様鉱物に富むのは、与那原層中部層の全体および同層上部層の下部約100mを除く大部分であり、緑泥石—膨潤性緑泥石だけが認められるのは、与那原層下部層、同層上部層の下部約100mの部分および新里層である。

c) 島尻層群の凝灰岩のうちで、結晶凝灰岩は粘土分に乏しく、また、磨砂様凝灰岩は大部分が非晶質物質(火山ガラス)からなり、ほとんど粘土化を受けていない。しかし、泥質凝灰岩だけは粘土化が著しく、モンモリロナイト化およびハロイサイト化が明瞭に認められる。とくに、第5図に示されているように、与那原層上部層の上部に、ハロイサイト化した凝灰岩が見出されたことは注目し値する。ハロイサイト化は、一般に淡水または淡水に近い環境を示すとされている。他の凝灰岩は、いずれもモンモリロナイト化しており、海成層の特徴を示している。

5.7 微量元素

5.7.1 目的

本調査は、主として島尻層群の各層について微量成分の存在量を求め、地層の対比、堆積環境の推定、できれば地層を構成する物の由来などを明らかにすることを目的として行なった。しかし、分析結果の解明が充分には進んでいないので、ここでは、微量成分の分布状態のみにしぼって報告する。

5.7.2 試料

ここで対象にした試料は、粘土鉱物の試料と共通にして、南部、中部および北部の3測線を設けた。試料の総数は120コであるが、そのうちの89試料について分析を行なった。

5.7.3 分析法

試料を粒度別に3種(粗粒、細粒、微粒で、それぞれほぼ砂、シルト、粘土に対応する)に分離し、未分離試料(バルク・サンプル)と合わせて、1コの試料について4種類の分析試料をつくった。

各フラクションおよび未分離の試料は、著量のNaClと混合し、直流アークを用いた分光分析にかけ、微量成分の量を求めた。標準試料としては、W-1, G-1 およびSpex Standard Seriesを用いた。分析した元素はAg, As, B, Ba, Be, Bi, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Tl, V およびZnの21元素である。

5.7.4 分析結果

1) バルク・サンプル (第6図参照)

a) シルト質粘土岩のBa含量は変化に乏しく、1,000~3,000 ppmの範囲にある。

b) 新里層基底部の砂岩は、他層準のものよりBaが多い。

c) 新里層以外の層準の砂岩のBa含量は大きく変動する。

d) 与那原層上部層の凝灰岩はBaに乏しいが、他層準のものは1,000 ppm前後の値を示す。これは、粘土鉱物との関連で注目される。

e) シルト質粘土岩のMn含量は、下層に向かって漸増する。

f) 砂岩のMn含量は、与那原層下部層<新里層基底部<小祿砂層の順で、各層準それぞれの特徴を示しているようである。

g) シルト質粘土岩のB, Ni, Ga, Li およびCuの含量は、一般に砂岩より高い。

h) 新里層基底部の砂岩は、他層準の砂岩よりもCrおよびVが少ない。

i) 凝灰岩は、シルト質粘土岩および砂岩よりもCr, Ni およびCoが一般に少ない。

j) V含量の変動は大きい、分布上の規則性はな

い。

k) 各岩種別の Co 含量は、変動は大きいですが、層準による特徴はない。

1) シルト質粘土岩の Cu および Pb 含量の変化は小さい。

m) 小祿砂層中の砂岩は、他層準のものに較べて Cu および Pb 含量の多いものがある。

n) Mo は、与那原層の下部層下部から下位の層準のシルト質粘土岩にやや高い頻度で検出される。

2) 砂、シルトおよび粘土の分級サンプル (省略)

3) まとめ

与那原層下部層下部から下位の層準と、それより上位の層準は、微量成分の上で明らかに区別される。また国頭礫層も他の地層と異なった微量元素の組成を示している。

新里層基底部の砂岩、与那原層下部層の砂岩および小祿砂層の砂は、微量元素で識別できるようである。しかし、与那原層下部層より下位の層準およびそれより上位の各層準の中での泥岩を、微量元素組成で識別することについては、さらに検討をする必要がある。また、基盤岩に関する微量成分の研究を進める必要がある。

5.8 有機物

5.8.1 目的

第3次の調査・研究で得られた有機物に関する結果によって、いくつかの炭化水素鉱床学的な問題が提起された。そのうち、小祿砂層付近の性質、1 露頭における有機成分量の変動、有機物と炭酸塩との関連および基盤岩の検討などに重点をおいて調査・研究を進めた。

5.8.2 試料

試料は第3次調査・研究の3測線、すなわち、知念一那覇、西原一浦添および勝連一山田の線にそって採取した。さらに、第3次の調査・研究で一部地球化学的に対比ができなかった小祿砂層については、とくにこまかく試料を採取した。また、1つの露頭における成分量変動の測定用として、小祿砂層と与那原層上部層から、それぞれ10コの試料を採取した。

5.8.3 分析法

試料は、80メッシュに粉碎して使用した。有機物の分析は、第3次の調査・研究と同じ方法であるが、CaO および MgO の分析は、試料を酸で分解し、キレート滴定法によった。

5.8.4 分析の結果

1) 1 露頭における成分量の変動は、第2表のようである。

2) 全抽出有機物量 (ppm)、有機炭素量 (%), 石油化

第2表 島尻層群の同一露頭における成分の変化
Variation in chemical composition at one outcrop of the Shimajiri Group

所 在	那覇市小祿住宅付近	玉城村前川北西	
層 準	小祿砂層の砂	与那原層上部層泥岩	
試 料 数	10	10	
有機物抽出量 (ppm)	112.8 ± 23.8	328.7 ± 52.1	
抽の 出組 有成 機% 物	{ P+Cp	12.97 ± 2.58	10.92 ± 2.12
	{ Ar	11.17 ± 3.54	12.70 ± 3.17
	{ O-N-S comp.	25.47 ± 8.15	31.64 ± 10.98
	{ Res.	50.30 ± 9.68	44.74 ± 14.38
HyE[(P+Cp)+Ar]%	24.14 ± 4.16	23.61 ± 4.60	
石 油 化 度	0.0585	0.0133	
炭 素 (%)	{ 全	0.06 ± 0.01	1.69 ± 0.16
	{ 無	0.02 ± 0.01	1.19 ± 0.18
	{ 有	0.04 ± 0.01	0.50 ± 0.11
CaO (%)	0.26 ± 0.06	5.62 ± 0.55	
MgO (%)	0.70 ± 0.16	1.14 ± 0.11	
Ca/Mg eq. ratio	0.27	3.63	

備考 抽出量には20%前後の変化がある。抽出有機物の組成は液体クロマトグラフで次々に分析するので、後の操作でより多くの差がでる。有機炭素の変化もおよそ20%である。

P……パラフィン Cp……シクロ パラフィン Ar……芳香族
O-N-S comp……酸素, 窒素, いろいろ化合物 Res……残さ
HyE……炭化水素 (%) eq. ratio……当量比

度および Ca/Mg の当量比を第7図にまとめた。

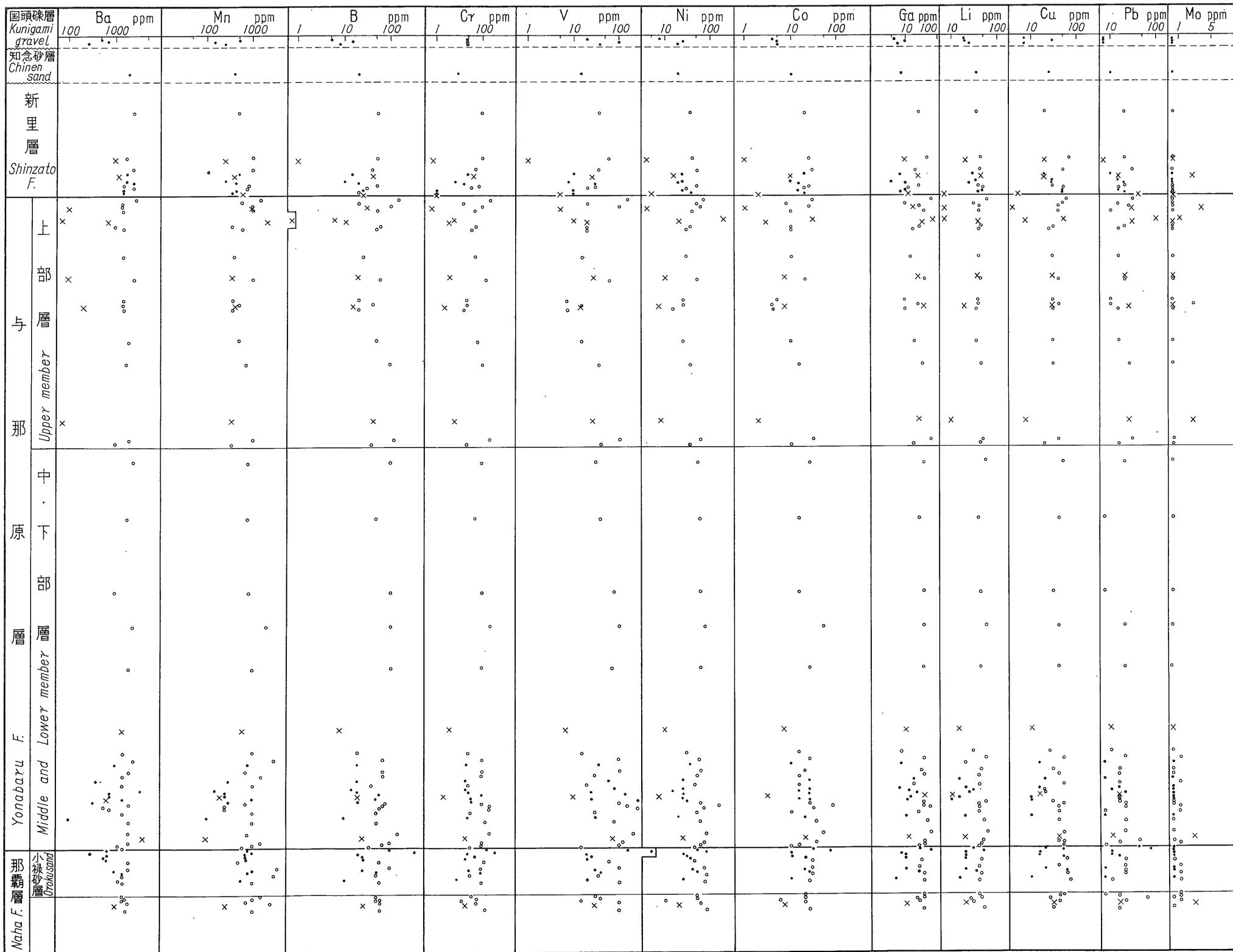
3) 各層別分析結果の平均値は、第3表に一括して表示した。

4) 全抽出有機物の量は、与那原層下部層のシルト質粘土岩には多いが、与那原層全体としては 330 ppm 前後の値で、変化が少ない。さらに、新里層のシルト質粘土岩では上位に減少し、那覇層では下位に増加するようである。

5) 抽出有機物の内容のうちで、炭化水素類 (P+Cp と Ar の含量) の量は全量の20~30%を占め、各層の間に顕著な変化はみられない。

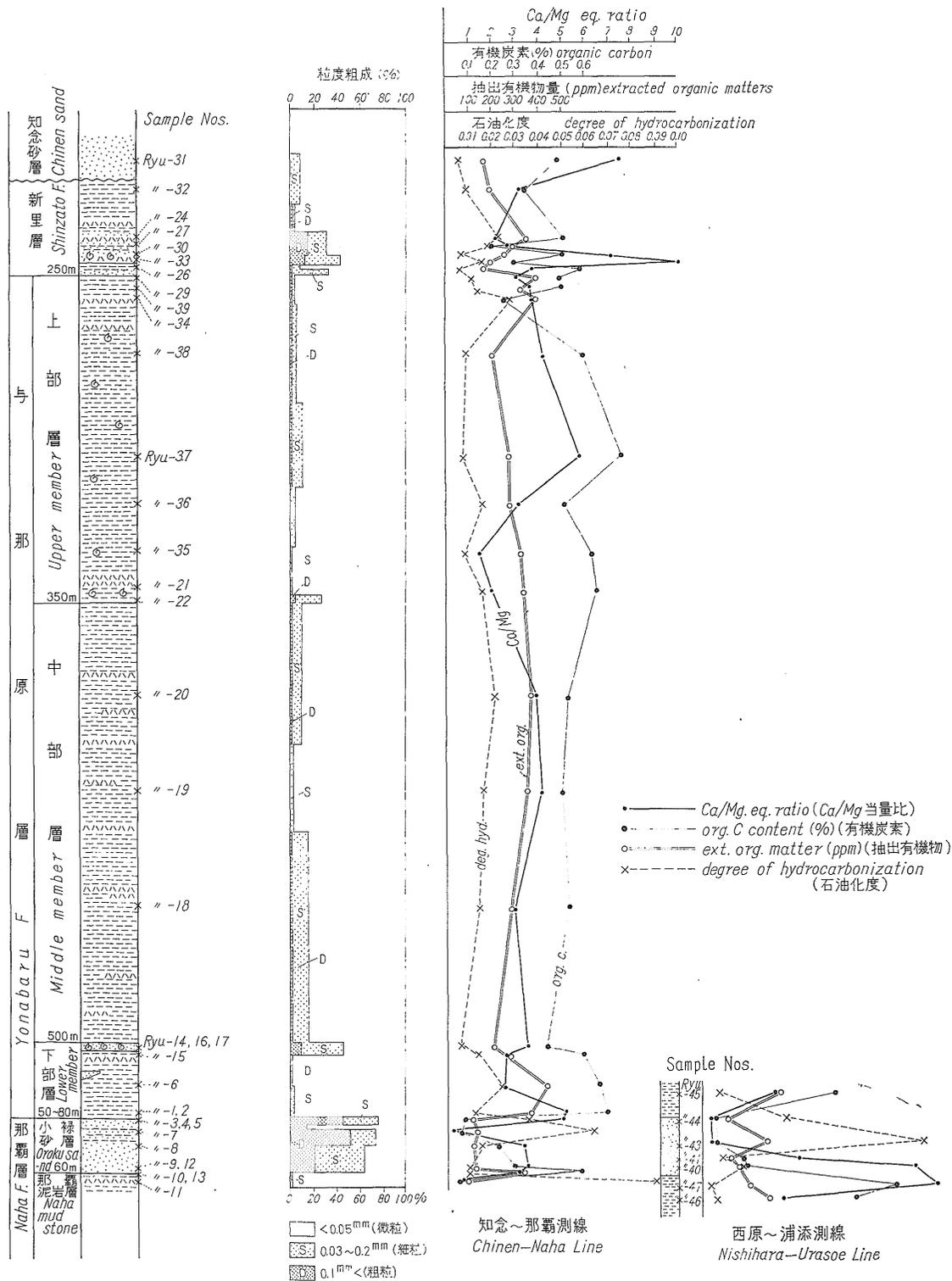
6) 第7図に示されるように、西原一浦添測線と那覇一知念測線の砂岩層は、有機物の面から同一層準のものと考えられる。

7) 小祿砂層には、高石灰部と低石灰部とがあるが、野外における判別は困難である。高石灰部は非常に薄く、しかも、不規則な分布と思われる。石油化度は、低



- シルト質粘土岩 Silty claystone
- 砂岩 Sandstone
- × 凝灰岩 Tuff

第6図 微量元素分布図 (bulk sample)
Abundance of minor elements



第7図 地表有機物分析結果
 Analytical data on organic matters for samples from the surface of ground

第3表 各層の有機物関係の平均値
Mean values of chemical composition of rocks for each geologic unit

試料の区わけ			試料 数	有機物 抽出量 (ppm)	抽出有機物の組成 (%)					石 油 化 度	炭 素 (%)			CaO (%)	MgO (%)	Ca/ Mg eq. ratio
					P+CP	Ar	O-N-S comp.	Res.	HyE		全	無機	有機			
知念砂岩層 (Chinen sd.)		砂 岩 (sd. st.)	1	170	8.09	13.97	28.68	49.26	22.06	0.0066	2.50	2.01	0.49	10.04	0.95	7.46
新里層 (Shinzato F.)		泥 岩 (mud st.)	5	245	12.00	12.94	18.62	56.44	24.94	0.0134	1.67	1.23	0.44	5.56	1.27	3.18
与那原層 (Yonabaru F.)	上 部 層	泥 岩 (mud st.)	8	321	13.62	10.61	24.44	51.33	24.23	0.0130	1.80	1.22	0.58	5.25	1.14	3.39
"	中 部 層	"	3	336	15.02	16.59	19.38	49.01	31.61	0.0174	1.91	1.38	0.53	5.71	1.13	3.65
"	下 部 層	"	4	354	12.40	17.62	17.54	52.44	30.02	0.0143	1.81	1.18	0.63	5.16	1.14	3.14
"		平 均 (mean) value	15	333	13.58	13.67	21.59	51.16	27.25	0.0142	1.83	1.26	0.57	5.32	1.14	3.37
那覇層 (Naha F.)	小禄砂岩層 (Oroku sd. st.)	低石灰部 (low CaCO ₃)	3	167	12.17	11.56	33.98	42.29	23.73	0.0632	0.07	0.01	0.06	0.21	0.42	0.42
"	"	高石灰部 (high CaCO ₃)	5	140	14.44	13.78	27.93	43.85	28.22	0.0189	1.25	1.06	0.19	4.99	0.81	5.08
"	"	平 均 (mean)	8	144	13.58	12.95	30.21	43.26	26.53	0.0355	0.81	0.67	0.14	3.20	0.67	3.34
那覇層 (Naha F.)		泥 岩 (mud st.)	3	309	10.30	8.20	26.03	55.47	18.50	0.0080	1.82	1.20	0.62	5.70	1.13	3.63
	基 盤 (Basement rocks)		3	165	13.22	7.94	22.62	56.22	21.16	0.0089	0.49	0.00	0.49	0.09	0.14	0.23
久米島 (Kume-jima)		泥 岩 (mud. st.)	1	354	9.89	7.42	9.89	72.80	17.31	0.0132	0.64	0.24	0.40	0.59	1.39	3.24

石灰部において異常に高い平均値(0.0632)を示すが、その抽出有機物組成は高石灰部と大差のない値である。すなわち、石灰分と関連する有機物が、とくに石油化しやすいという傾向は認められない。

8) Ca/Mg 当量比は、与那原層のシルト質粘土岩では平均値4の正規分布を示し、3~5を平常値、2.9以下と5.1以上を異常値と考える(第7図)。5.1以上のものについては石灰岩の影響が、また、2.9以下のものについては碎屑物のちがいが、あるいは続成作用の過程の影響などが考えられる。なお、基盤岩のCa/Mg 当量比は0.23である。

9) 同一露頭における成分量の変動は、分析誤差を含めて、第2表に見られるようである。すなわち、与那原層泥岩の有機成分が±15%、無機成分が±10%であり、小禄砂層の砂では、それぞれ±20%および±15%である。

10) 基盤岩には意外と抽出有機物が多く(第3表参照)、その含量は165 ppmに達し、その内容も第三系の粘土岩に較べて、O-N-S化合物がやや少なく、残さがやや多い程度の差しかない。さらに、有機炭素の量も平

均0.49%に達している。

11) 久米島のシルト質粘土岩には有機物が多く、有機炭素が0.40%、抽出有機物が354 ppmに達し、炭化水素鉱床の面から注目される。

5.9 重力探査による調査・研究

5.9.1 目的

本調査・研究の目的は、沖縄本島中・南部地域の深部地下構造を推定するための基礎資料を得ることである。

5.9.2 調査・研究法

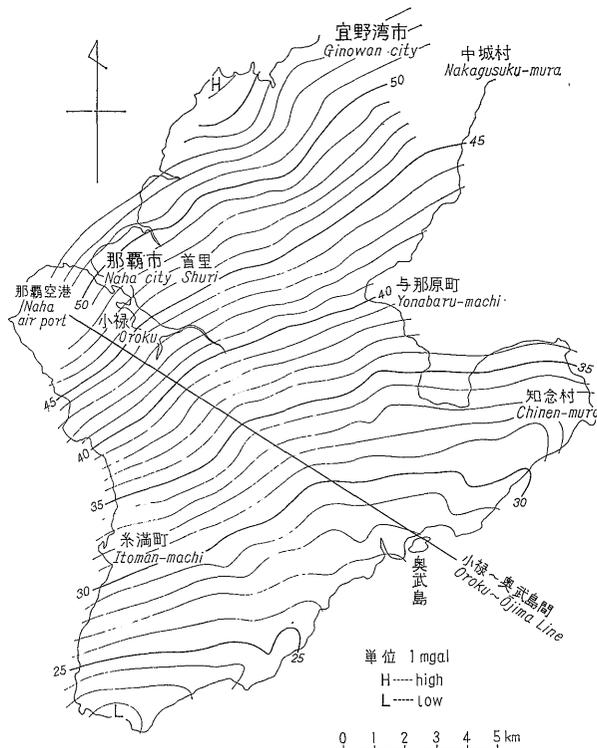
第4次調査の場合と同様であるが、今回は精査のため、測点は主要道路上に500~700mの間隔で設置した。測点数は528点で、測定点は第4調査の時のものと通し番号とし、最終番号は704である。

5.9.3 探査範囲

探査範囲は第4次の際とほぼ同地域で、宜野湾市真志喜と中城村津覇を結ぶ線から、本島南端までの全域について等重力線図を作成した。

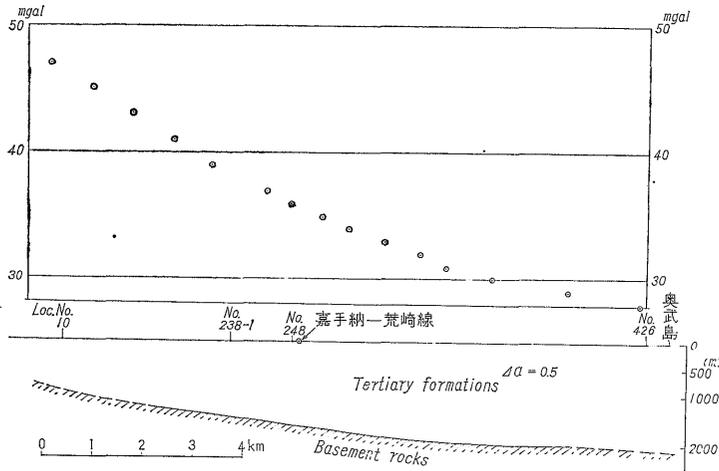
5.9.4 測定結果

1 mgal の等重力線図と余剰重力異常図を作成した(第8, 10図、ただし1部の調査地域は図面からはぶい



第8図 沖縄本島中・南部等重力線図

Iso-gravity lines in the central and southern parts of Okinawa Main Island



第9図 小禄奥武島間重力解析図
Analytical results of gravity survey along Oroku-Ōjima Line

た)。さらに、3測線の解析計算を行ない、解析図を作成した(一例を第9図に示す)。これらの図面から読みとれることは、およそ次に列挙するとおりである。

1) 読谷村高志保を中心とする広範囲の高重力域は、本島の脊梁山地を構成する基盤岩の分布形態を示しており、基盤岩は漸次南東および南に向かって深くなっている。

2) 基盤岩と新生界との密度差($\Delta\rho$)を0.5として、基盤岩の深度および形状を3測線について2次元的に計算した。

a) 嘉手納—荒崎測線

基盤岩は、北谷村桃原付近で大落差の断層を境として急にその深度を増しているものと推定される。すなわち、断層線以南では、ほぼ南に向かって漸次基盤岩の深度を増し、首里付近では1,100m前後、荒崎海岸では少なくとも2,300~2,400mの深度となっているものと考えられる。

b) 勝連半島

基盤岩と第三系を境する断層は、前記測線ほど顕著ではないが、24号線付近で明らかに認められる。そして、浮原島に向かって緩斜し、半島先端の与那城村屋慶名における基盤岩の深度は約1,500mと推定される。

c) 小禄—奥武島測線(第9図参照)

この測線の基盤岩深度は、小禄付近で約900m、また、奥武島付近では少なくとも2,100mと推定される。

3) 余剰重力異常

大きな構造のなかにかくれた局所的な異常(構造)を顕著にするために、等重力線図を基にして余剰重力異常

を計算し、その結果を余剰重力図(第10図)に示した。この図面上に示された正域(+)は、高重力異常の地区で、隆起または背斜構造または密度の大きな地層の影響を示すもので、負域(-)はその逆の構造を示すものである。

浦添村安波茶、前田、那覇市首里、大道、安謝、宇栄原、豊見城村上田、糸満町波平にかけて北西—南東の方向に交互に正・負の異常が認められる。これらのうちで浦添村安波茶および前田付近の正域は、下部(小禄)の地層によるものと考えられる。さらに、那覇市の国場川に沿った地域と具志頭村新城および港川にかけての大きな負域は、基盤岩の構造によるものと考えられる。

4) その他

知念半島における重力分布の異常は、同半島の地質構造がよじれているためにできたものと考えられる。また、等重力線の方向が変わる那覇市泊港から与那原にかけての地帯も、構造線を想定してもおかしくない。

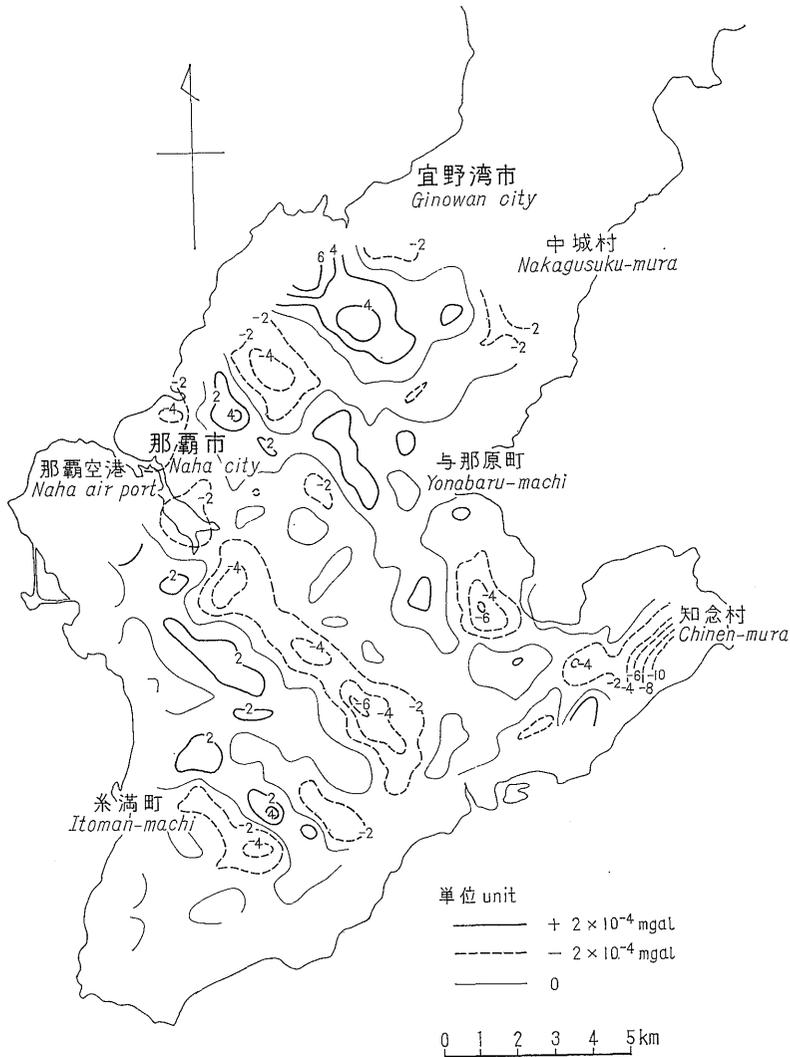
6. 試験井による調査・研究

6.1 目的

本試験井掘さくの目的は、地表においてはみられない島尻層群下半部の層序を確立し、あわせて、那覇市周辺の地下深部におけるガス鉱床の賦存状況および鉱床学的性格を明らかにすることである。

6.2 位置

深度1,000m以内で上記の目的を達成し、さらに、那覇市の都市ガス供給のメドをつけるという要請にも応えるため、下記の地点を選定した。



第10図 沖縄本島中・南部余剰重力図

Residual gravity in the central and southern parts of Okinawa Main Island

那覇市奥武山埋立地（東経 127° 40' 38"，北緯26° 12' 10"）

なお、この位置の選定にあたっては、これまでの地質調査・研究、坑井地質・地化学調査・研究および重力探査の結果を参考にした。

6.3 那覇2号井の諸元

坑井所在地 那覇市奥武山埋立地
 標高 3.11m
 開坑年月日 昭和43年12月19日
 開坑式 同上 23日
 掘止年月日 昭和44年4月16日
 拡孔 同上 5月6日

予定深度 1,000m
 掘止深度 コア掘 見掛け 978.38m
 垂直 973.28m
 拡掘 見掛け 951.16m
 垂直 946.25m

施工

試験井の掘さく・仕上げ・泥水管理・測定
 東邦地下工機㈱
 物理検層
 浅部 日鉄鉱山コンサルタント㈱
 深部 工業技術院地質調査所
 産出試験 ㈱富士ボーリング

報告書作成, 連絡・調整業務

日本海上工事㈱

連絡・調整業務 (合)総合土木

掘さく機械 東邦式D-12型

地質管理 琉球工業研究指導所
工業技術院地質調査所

2) 泥水計画 掘止までクレーベースマッド

3) 物理検層計画 第6表

4) 予定工程 第7表

第5表 那覇2号井の孔径・ケーシング計画
Program of diameter of bore hole
and casing of Naha R-2 Test Well

6.4 掘さく機械類

掘さくに使用されたおもな機械類は, 第4表に示すとおりである。

6.5 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る。

1) 孔径・ケーシング計画 第5表

深 度	50mまで	500mまで	1,000mまで
孔 径	300(mm)	230(mm)	158(mm)
ケーシング	10" G.P	7" C.P	4" G.P

記号 G. P ガスパイプ
C. P ケーシングパイプ

第4表 掘さくに使用されたおもな機械類
Drilling apparatus for Naha R-2 Test Well

機 械 名	名 称	仕 様	台 数
試 錐 櫓	東邦式 27m型	耐荷重 100吨	1 基
試 錐 機	" D-12型	能力 1,000 m (BX). 捲能力 4 吨 (シングル) 重量3.5吨	1 台
試 錐 ポ ン プ	" GH-15型	横型 2 速 3 連プランジヤー吐出量 160 l/min 圧力 70 kg/cm ²	"
"	" BG-15型	2 連複動ピストン吐出量 215 l/min 圧力 70 kg/cm ²	"
泥 水 ミ キ サ ー	" MPM-5型	容量 200 l × 2 槽 160 rpm	"
マッドスクリーン	"		"
ドリル ロ ッ ド		φ 60mm × 3 m φ 60mm × 6 m	10本 216本
シ ン グ ル コ ア ー チ ュ ー プ		φ 85mm × 5 m φ 100mm × 5 m	3本 6本
ダ ブ ル コ ア ー チ ュ ー プ		φ 85mm × 5 m	1本
マッドチューブ		φ 100mm × 3 m	3本
メタルクラウン		φ 85mm φ 100mm	15コ 60コ
ダイヤモンドビット		φ 85mm	3コ
拡掘クラウン		φ 100mm × 130mm × 158mm × 195mm × 230mm (7"用)	12コ
"		φ 100mm × 130mm × 158mm (4"用)	3コ
"	ウイングビット	φ 300mm	1コ
トリコンビット		φ 200mm φ 750mm	1コ 2コ
電 動 機	各種機械用	30 PS, 15 PS, 10 PS, 5 PS	
噴出防止装置		30 kg/cm ² 用カメロン型プリベンター	1基
電 気 溶 接 器		交流アーク	1台
ガ ス 溶 断 器		アセチレンガス用	1台
泥 水 バ ッ ク		容量 5 m ³	2台

第6表 那覇2号井の物理検層計画
In-hole geophysical survey program

深度	50mまで	500mまで	1,000mまで
種類	比抵抗	比抵抗, S.P, マイクロ, キャリパー	比抵抗, S.P, マイクロ, 温度
測定者	東邦地下工機	日鉄コンサルタント	地質調査所

6.6 作業実績

- 1) 総括（ドリリングチャート） 第11図
- 2) 掘さく記録 第8表
- 3) 作業時間内訳 第9表
- 4) 作業能率 第10表
- 5) ビット記録 第11表

6.7 掘さく・仕上の問題点

6.7.1 掘さく機械類の問題

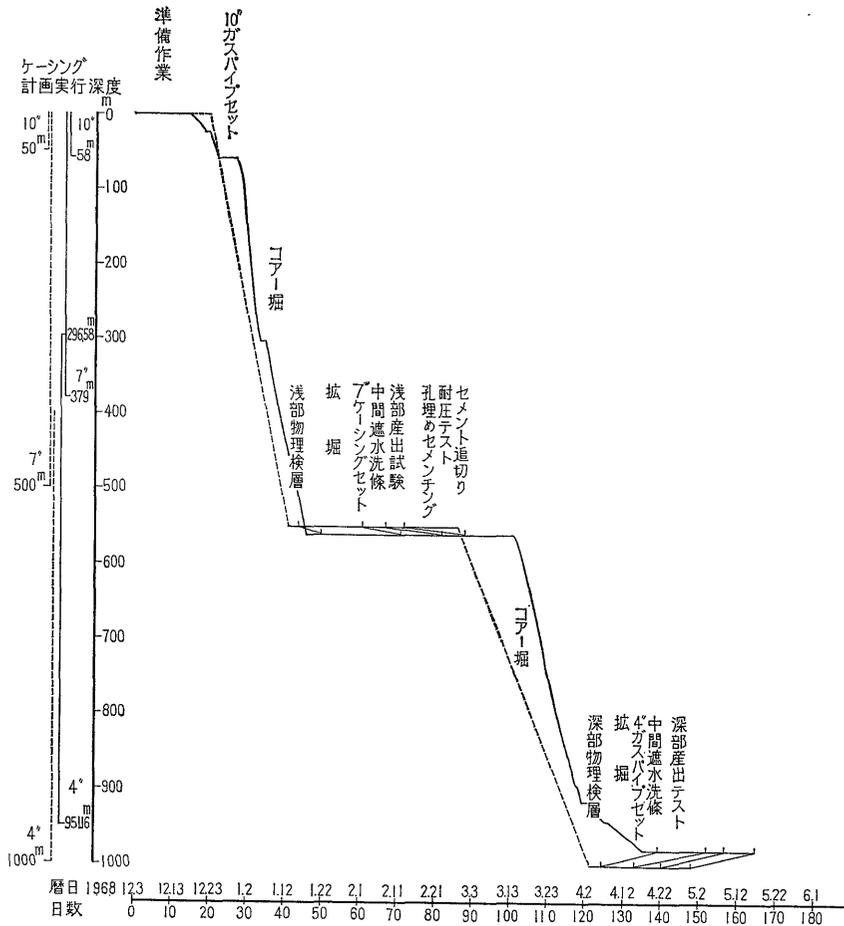
1) 東邦式D-12型試錐機の能力

D-12型試錐機と同等、あるいはそれ以上の能力を有する国産の試錐機を比較・対照して示したのが第12表である。今次工事の仕様には照らして、D-12型試錐機のスピンドル内径が類似の他機種のものよりも小さいことは、使用機種を選定に当たって、とくに考慮すべきことではなかったらうか。

2) ポンプ能力

試錐機のスピンドル内径の関係から、吐出量 215 l/min の東邦式 BG-15 型ポンプが使われたが、拡張時には能力が不足であったようである。

3) 基盤掘さくビット類の不足



第11図 那覇2号井ドリリングチャート
Drilling chart of Naha R-2 Test Well

第7表 那覇2号井の予定工程

Time schedule of drilling of Naha R-2 Test Well

工 種	暦日	12月	1月			2月			3月			4月			5月
	日数	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
0～550m掘さく	22日	1/31													
浅部物理検層	3日	1/16													
0～500m拡張	17日	2/2													
7"ガスパイプセット, 中間水止め, 硬化待ち	4日	2/6													
浚え, 洗滌, スロッピング	2日	2/8													
浅部産出試験	5日	2/13													
孔埋めセメンチング, 硬化待ち, セメント追切り ならびに耐圧テスト	14日	2/27													
550～1,000m掘さく	35日	4/8													
深部物理検層	2日	4/5													
500～1,000m拡張	10日	4/15													
4"ガスパイプセット, 中間水止め, 重複部のセメンチング, 硬化待ち	7日	4/22													
浚え, 洗滌, スロッピング	1日	4/23													
深部産出試験	8日	5/1													

第8表 掘さく記録
Drilling data of Naha R-2 Test Well

深 度 (m)	孔 径 (mm)	ケーシング		ピ ッ ト		荷 重 (kg)	回 転 数 (rpm)	ポンプ圧力 (kg/cm ²)
		口径種類	挿入深度 (m)	種 類	数			
0~58	320	10" G. P	58	85mm M. C 100mm M. C 300mm M. C 300mm R. B	1 2 1 1	1,000~1,200	100~150	5~8
58~379 (58~562.58)	240	7" C. P	379	85mm M. C 100mm M. C 230mm R. B 200mm T. B	2 22 12 1	1,000~1,200	100~150	8~10
379~951.16 (562.58~978.38)	150	4" G. P	951.16	85mm M. C 100mm M. C 85mm D. B 158mm R. B 150mm T. B	2 36 3 2 2	1,000~1,200	100~150	10~15

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
R. B リーミングビット
T. B トリコンビット
D. B ダイヤモンドビット

備考 1) 4" G. P の頭は296.53m にあり、296.53~379.00m の間では
7" G. P と 4" G. P 重なっている。
2) ストレナー
7" C. P 312.00~364.00m (長さ 52.00m)
4" G. P 407.11~429.05m (長さ 21.94m)
528.53~578.29m (長さ 49.76m)
705.34~721.91m (長さ 16.57m)
832.46~943.00m (長さ110.54m)

第9表 那覇2号井の作業時間内訳
Time division of drilling operation of Naha R-2 Test Well

内 訳	深 度	58.00m掘さく 10" G. P 58mセット		562.58m掘さく 7" C. P 379 mセット		978.38m掘さく 4" G. P		計	(%)
		(%)	(%)	(%)	(%)				
掘 進		23.15	10.2	195.40	13.1	324.35	23.9	543.30	17.6
掘 進 準 備 作 業		11.10	4.9	139.45	9.4	80.30	5.9	231.25	7.6
掘 管 昇 降		14.15	6.2	92.25	6.2	266.20	19.6	373.00	12.1
浚 渫		5.15	2.3	12.40	0.9	38.30	2.8	56.25	1.8
拡 掘		32.40	6.2	327.10	22.0	280.30	20.6	640.20	20.8
ガ ス パ イ プ セ ッ ト セ メ ン テ ン グ, 硬 化 待 ち		59.20	25.9	345.45	23.2	59.30	4.4	464.35	15.1
物 理 検 層, 孔 芯 測 定		7.00	3.1	95.30	6.4	78.40	5.8	181.10	5.9
機 械 修 理, 保 守		2.00	0.9	21.40	1.5	149.10	11.0	172.50	5.6
事 故 回 復 作 業		23.30	10.3	140.55	9.5	40.20	3.0	204.45	6.6
作 泥		3.10	1.4	41.00	2.8	6.40	0.5	50.50	1.6
休 憩		7.55	3.5	22.30	1.5	23.25	1.7	53.50	1.7
そ の 他		39.20	17.2	53.35	3.6	12.10	0.9	110.05	3.6
計		228.50		1,488.35		1,360.20		3,082.45	

備考 1) 孔曲りによる新しい孔のコア掘りは掘進準備作業に分類した。
2) 産出試験, 組立作業はこの内訳にのせない。

第10表 那覇2号井の作業能率
Efficiency of drilling operation of Naha R-2
Test Well

	10" G. P セットまで	7" G. P セットまで	4" G. P セットまで	計
掘進長 (m)	58.00	346.58	573.80	978.38
掘進時間 (h)	23.15	195.40	324.35	543.20
掘進能率 (m/h)	2.49	2.86	1.77	1.80
拡張長 (m)	58.00	321.00	572.16	951.16
拡張時間 (h)	32.40	327.10	330.10	690.00
拡張能率 (m/h)	1.78	0.98	1.73	1.38
コア長 (m)	4.55	182.98	191.29	378.82
コア採取率 (%)	7.8	45.2	33.3	38.7

基盤岩のコア掘り用ダイヤモンドビット、および拡張用の硬岩用ロックビットの不足と、機械能力の不足のため、コア掘りも拡張も予定どおり遂行できなかった。

4) 2³/₈"チュービングパイプ

試錐機のスピンドル内径が小さいため、強度の高いものとして、上記のパイプがロッドとして使用されたが、切断事故が6回も起こった。これは、工法に無理があつ

たためかも知れないが、ロッドの材質についても再検討を要するのではなかろうか。

6.7.2 泥水の問題

1) 泥水の管理が不十分であったために、張り付きおよびスライム除去の不足などがおこり、多くの坑井内事故をひき起こす結果となった。

2) 7" G.Pセットのための拡張中にも清水掘りを行なったため、大量の清水を地層中に押しこんだ結果となり、浅部産出試験に大きな支障をきたした。

6.7.3 コア採取率

オールコアリングという仕様に対して、那覇2号井のコア採取率は38.7%に過ぎなかった。これには次のような原因が考えられるが、根本的には試錐機のスピンドル内径が小さいために、ワイヤーラインコアバレルが使用できず、いきおい、スピードアップを迫られたことがおもな原因であろう。さらに、次に挙げるような原因も考えられる。

1) 急速な揚管によるコアの落下。

2) 5mのシングルコアバレルを2本つないで使用したため、循環水によってコアが洗われて脱落した。

3) ダブルコアバレルの使用が少なかった。

6.7.4 ロッド等の掘さく具の切断

那覇2号井の掘さく中には、コア掘り中に3回、拡張

第11表 那覇2号井のビット記録
Relation between drilling operation and bit at Naha R-2 Test Well

		米数 (m)	コア長 (m)	時間 (h)	ビット数	m/ビット	m/時間	コア採取率 (%)
コア ビット	85mmメタルビット D. C	66.53	33.52	24.50	5	13.3	2.7	50.4
	85mmダイヤビット D. C	39.24	19.00	69.20	3	13.1	0.6	48.4
	100mmメタルビット S. C	872.61	326.30	449.20	60	14.5	1.9	37.4
	平均	978.38	378.82	543.30	68	14.3	1.8	38.7
拡張 ビット	300mmリーミングビット	58.00	—	27.50	1	58.0	2.1	—
	230mmリーミングビット	332.50	—	161.35	12	27.7	2.1	—
	158mmリーミングビット	498.60	—	88.15	4	124.7	5.7	—
	リーミングビット平均	889.10	—	277.40	17	52.3	3.2	—
	200mmトリコンビット	96.90	—	58.30	1	96.9	1.7	—
	150mmトリコンビット	74.59	—	58.25	1	74.6	1.3	—
	トリコンビット平均	171.49	—	116.55	2	60.8	1.5	—
	拡張ビット平均	1,060.59	—	394.35	19	55.8	2.7	—

記号 D. C ダブルコアバレル
S. C シングルコアバレル

備考 拡張ビットの米数はロッド残留部の米数も含んでいい。

第12表 国産の大型試錐機性能表
Powers of larger drilling machines in Japan

	東邦D-12型試錐機	鉦研クラスター試錐機	利根 TEL 型試錐機	利根 TXL 型試錐機
公称能力 m	1,200	1,600~2,000	800~1,200	600~3,000
ロッド mm	50~60	66.7~73.1	44.5~66.7	59.2~101
孔径 mm	55~59.2	66~146	76~101	66~131
スピンドル内径 mm	63	103	77	105
寸法 高×幅×長 m	2.45×1.2×3.4	2.26×1.52×3.74	1.2×1.81×2.83	2.88×3.52×1.5
重量 kg	4,800	4,400	2,200	5,300
捲上能力(シングル)kg	4,000	7,500	4,500	5,000
モーター kw	22	30	22	22~27

備考 1) 捲上能力はクラスターは捲上速度が 20 m/min の場合
TXL は捲上速度が 40 m/min の場合である。
2) TXL のモーターは可変式モーターである。

中に4回、その他3回と合計10回の坑井内事故を起こしている。その大半は掘さく具の切削であるが、その原因としては、泥水の管理が不十分で、掘削を停滞させたり、坑井内で張りつき現象を起こしたり、孔曲りのための無理がかかったりしたことなどが考えられる。さらに、基盤をメタルビットで掘削したため、トルクが増大し、掘さく具の脆弱部が切断するような結果になった。

6.7.5 孔曲り

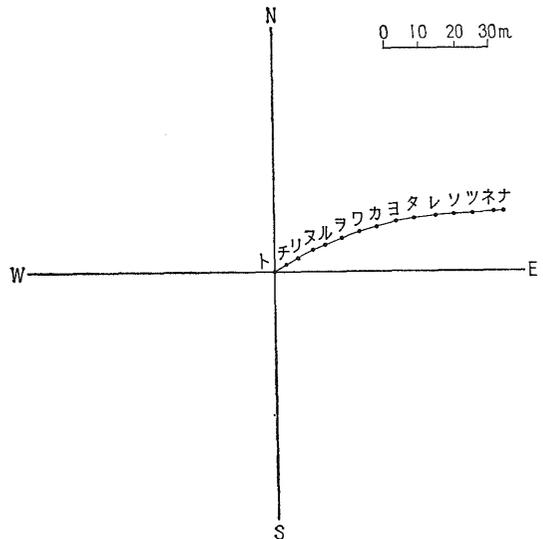
深度978.38mのコア掘りが終了した後に、トロパリー傾斜測定器によって孔曲りを測定した。それによれば、次のことがわかる。

1) 7" C.P 部は、方位は不明であるが傾斜は5°前後である。さらに、裸孔部は、方位は深度390m付近のN 59°Eよりしだいに向きを東にかえ、深度970mの掘止め付近ではN 86.5°Eとなり、傾斜は5°30'と7°00'の間にあることがわかった（第13表、第12図）。

2) 5°前後の傾斜をもった上半の掘削孔は、深度103m付近より明らかに上半部のコア掘り孔を離れた。したがって、103m以深では、実質的に新しい素掘りとなった。

3) 上半のコア掘り孔の孔曲りは、測定すべくもないが、本孔の電気検層記録と掘削孔（103m以深では素掘り）のそれとを比較すると、コア掘り孔も途中で折れた孔曲りをしているであろうことが知られる（第14表参照）。

4) このような孔曲りのため、240mm径の孔を69.30m、また100mm径の孔を458.75m余分に掘ったことになり、それが工程をおくらせるおま原因となっ



第12図 那覇2号井孔曲り測定図
Bend of bore hole at Naha R-2 Test Well

た。

6.8 試錐柱状図

試錐（コア掘り）の過程で行なった泥水中の溶存CH₄量およびCl⁻量、コアの採収率、さく手柱状図および掘進速度の垂直分布をまとめたのが、第13図の試錐柱状図である。

6.9 物理検層

6.9.1 浅部物理検層

浅部物理検層は、日鉄鉦山コンサルタント㈱の請負で実施された。

第13表 那覇2号井孔心傾斜測定表
Inclination of bore hole at Naha R-2 Test Well

測定番号	測定深度 (m)	点間距離 (m)	方位 (度)	傾斜角 (度)	水平点間距離 (m)	垂直距離 (m)	垂直深度 (m)	備考		
イ	50	50	S 5 E	5°00'	4.36	49.81	49.81	ガスパイプ部		
ロ	100	50	S 28 E	5°00'	4.36	49.81	99.62			
ハ	150	50	S 6 E	4°00'	3.49	49.88	149.88			
ニ	200	50	S 14 E	5°00'	4.36	49.81	199.31			
ホ	250	50	S 10 E	5°00'	4.36	49.81	249.12			
ヘ	300	50	S 5 E	5°00'	4.36	49.81	298.95			
ト	350	50	S 43 W	6°00'	5.23	49.73	348.65			
チ	390	40	N 61 E N 57 E	平均 N 59 E	6°00' 7°00'	平均 6°30'	4.53	39.74	388.40	ロッド残留部
リ	412	22	N 68 E N 51 E	N 59.5 E	6°30' 7°00'	6°45'	2.59	21.85	410.24	
ス	459	47	N 63 E N 67 E	N 65 E	6°00' 6°30'	6°15'	5.13	46.72	456.96	
ル	500	41	N 65 E N 67 E	N 66 E	6°00' 5°30'	5°45'	4.11	40.79	497.76	裸孔部
ヲ	550	50	N 70 E N 66 E	N 68 E	6°00' 5°00'	5°30'	4.80	49.77	547.53	
ワ	600	50	N 70 E N 71 E	N 70.5 E	6°30' 6°00'	6°15'	5.46	49.70	597.23	
カ	650	50	N 73 E N 71 E	N 72 E	6°00' 6°00'	6°00'	5.23	49.73	646.96	
ヨ	700	50	N 75 E N 78 E	N 76.5 E	6°00' 6°30'	6°15'	5.46	49.70	696.66	
タ	750	50	N 81 E N 79 E	N 80 E	6°00' 6°00'	6°00'	5.23	49.73	746.38	
レ	800	50	N 83 E N 85 E	N 84 E	6°30' 7°00'	6°45'	5.88	49.65	796.04	
ソ	850	50	N 84 E N 85 E	N 84.5 E	6°00' 6°00'	6°00'	5.23	49.73	845.76	
ツ	900	50	N 87 E N 89 E	N 88 E	6°00' 6°30'	6°15'	5.46	49.70	895.47	
ネ	950	50	N 88 E N 85 E	N 86.5 E	7°00' 7°00'	7°00'	6.10	49.63	945.10	
ナ	975	50	N 87 E N 86 E	N 86.5 E	6°30' 7°00'	6°45'	2.94	24.53	969.92	

測定器 トロバリー
測定月日 1969年4月19日~20日
ガスパイプ 379.00m

第14表 コア掘り孔と拡掘孔のマーカ深度対照表
Correlation of depth of markers in coring and reaming holes

日鉄測定 深度(m)	高良測定 深度(m)	垂直深度 (m)	日鉄傾斜 角(度)	備 考
113.0	111.2	110.8	11°20'	R25 曲線の比較
158.3	156.2	155.6	9°20'	
165.5	163.6	163.0	10°10'	
218.0	215.8	215.0	9°31'	
242.7	240.4	239.5	9°19'	
271.7	270.6	269.6	7°08'	
158.0	155.4	154.8	11°33'	S.P 曲線の比較
165.8	163.6	163.0	10°33'	
243.8	241.7	240.8	9°00'	
264.2	261.6	260.6	9°28'	
290.4	289.8	288.1	7°13'	

備考 1) 日鉄電検は1969年1月19日測定
2) 高良電検は1969年2月8日測定
3) 高良測定孔の傾斜角は5度とした。
4) 地層傾斜は地表地質から水平とした。

1) 検層時の坑井状況

掘さく深度（見掛け） 561.0m
 孔 径 115 mm: 48.6~446.8 m
 100 mm: 446.8~561.0 m
 ケーシング 10" : 0 ~ 48.6m
 泥水成分 ベントナイト
 泥水比重 1.10~1.13
 泥水比抵抗 0.5~2.5 Ω-cm (24~32°C)
 最高温度 32.3°C

2) 測定要領

測定年月日 昭和44年1月14日~23日
 測定機 1) 54N型可搬式電気検層機（桑野電機製）
 2) 外径45mm 5P標準電極
 3) 外径45mm 中空型泥水電極
 4) 2弓状アーム型80~140mm マイクロ電極
 5) 3開腕型最小径方式50~400mm 孔径電極
 6) サーミスター型温度電極（最高温度計内蔵）
 測定深度 S. P, R-Normal 45~505 m (460 m)
 R-Lateral 45~481 m (436 m)

孔 径 40~459 m (419 m)
 R-Micro 41~451 m (410 m)
 泥水比抵抗 21~498 m (477 m)
 温 度 43~500 m (457 m)

測定速度 10m / 分
 記録縮尺 S.P, R-Normal, Lateral 1/500
 泥水比抵抗 1/500
 孔径, R-Micro 1/100
 測定者 岡村照雄・原 功
 基準面 地表

3) 測定結果

上記の各種検層記録から直接読みとれる事項は、次に列挙するとおりである（一部は第14図参照）。

a) 砂質岩層には次の4層が認められ、他はほとんど変化の少ない低比抵抗帯（R₂₅=10Ω-m, R₁₀₀=15Ω-m）で、泥質岩層と考えられる。

- 第1砂岩層：深度 63~108m, 層厚 45m
- 第2砂岩層：深度 158~159m, および165~124m, 層厚 10m
- 第3砂岩層：深度 200~366m, 層厚 166m
- 第4砂岩層：深度 407~429m, 層厚 22m

b) 泥水比抵抗の測定および温度検層の結果から、深度170mおよび350m付近の2カ所が大きな透水層となっている。

c) 自然電位 (S.P) は、深度約200m以浅で高比抵抗層が正の偏倚 (departure) をなし、それ以深では逆に負の偏倚を示す。

d) マイクロ検層によれば、おおむね2"ノルマルによる比抵抗値が1½"ラテラルによるものより小であるが、深度52~58mおよび65~94mの間では逆になっている。また、泥質岩層では両者の値がほぼ一致し、約20Ω-cmの比抵抗値を示す。

e) キャリパー曲線によれば、泥質岩層のところで孔径が大きくなっていることが知られる。とくに、深度375m以深における孔壁の凹凸ははなはだしい。

f) S.P 曲線は、深度366m以深の泥岩層で非常に大きな変化を示す。

g) ラテラル曲線では、当該地層がおおむね低比抵抗であるため、地層の特性があまりよくでていない。

6.9.2 深部物理検層

深部物理検層および温度測定は、掘止めの直後に、地質調査所職員によって行なわれた。

1) 検層時の坑井状況

掘さく深度（見掛け） 978.38m
 孔 径 100 mm: 379~943 m

ケーシング 7": 0 ~ 379m
 泥水成分 ベントナイト
 泥水比重 1.15
 泥水粘速 40 sec (946/1,500)
 泥水比抵抗 6.5- Ω cm (22°C)
 坑底温度 42°C (留点温度計)

注 意: 深度 500 ~ 520m 付近において抑留がある。

2) 測定要領

測定年月日 昭和44年4月18~19日

測定機 1) 4成分オシログラフ電検機 (桑野電機製)

2) 45 mm ϕ 5P 電極

3) 120 mm max マイクロ電検機

4) サーミスター温度計 (タカラ工業 K.K. 製)

測定深度 S.P, R-Normal 379~972 m (593 m)

R-Micro 396~435 m (39 m)

520~584 m (64 m)

694~728 m (34 m)

820~977 m (157 m)

温度 0~978 m (978 m)

測定速度 10 m / 分

記録縮尺 S.P, R-Normal, 温度 1/500

R-Micro 1/100

測定者 高木慎一郎・田中信一

基準面 地表

3) 測定結果

A) S.P, R-Normal について

電検図 (第15図) によれば, 地層の電気的特性は, 大きく次の3グループに分けられる。

a) 7" ケーシングの管尻深度 (379m) ~ 831m

b) 深度 831 ~ 936m

c) 深度 936 ~ 978m

a) のグループについては, 比抵抗値がもっとも低く, フルスケール 20 Ω -m で記録した。この深度区間では, 低比抵抗値 (2~4 Ω -m) を示す泥岩層が厚く発達し, その間に次の3つのやや高い比抵抗値で現われる砂岩層

を含む地層の存在が認められる。

以上の3層は, いずれも泥岩・砂岩の互層からなっている。また, S.P 値はいずれも -60 ~ -70 mV を示し, 定性的には, 上記3層はいずれも透水性の特性を現わしている。なお, B層に較べて A.C 両層の比抵抗値 (short, long と) は小さいが, これは, 主として粘土分の増加によるものであろう。

b) のグループについては, 全般的に高い比抵抗値となり, フルスケール 100 Ω -m で記録した。こまかくみると, このグループは 10 Ω -m 程度の比抵抗値を示す軟弱砂岩層の間に 60 Ω -m 程度の比抵抗値を示す比較的堅硬な礫岩層を挟む互層である。S.P 値は, 基線が全般的に (-) 方向へずれているために明確な判定は困難であるが, 部分的には砂質部あるいは礫質部が認められ, その値は -30 ~ -40 mV 程度である。また, 比抵抗値においては分離 (seperation) を生じ, ある程度の invasion が考えられる。

c) グループの比抵抗値は, 本坑井中の最高値で, 最大 200 Ω -m を示し, 基盤岩と推定される。しかし, この深度区間は必ずしも均質ではなく, 厚さ 1 ~ 2 m の低比抵抗部がかなり挟まっており, 割れ目または断層破碎帯を含むものと思われる。R₂₅, R₁₀₀ の分離は少なく, 全般に透水性はよくない。

B) R-Micro について (第16図)

ノルマル電検の結果により, 含砂岩層と思われる次の4深度区間において, マイクロ電検を実施した。

1. 396 ~ 435m

2. 520 ~ 584m

3. 694 ~ 728m

4. 820 ~ 977m

上記の各深度区間における砂質岩層の発達状況は, 坑井地質のところに付したガス層一覧 (第16表参照) のガス層 V ~ VIII の数値のとおりである。

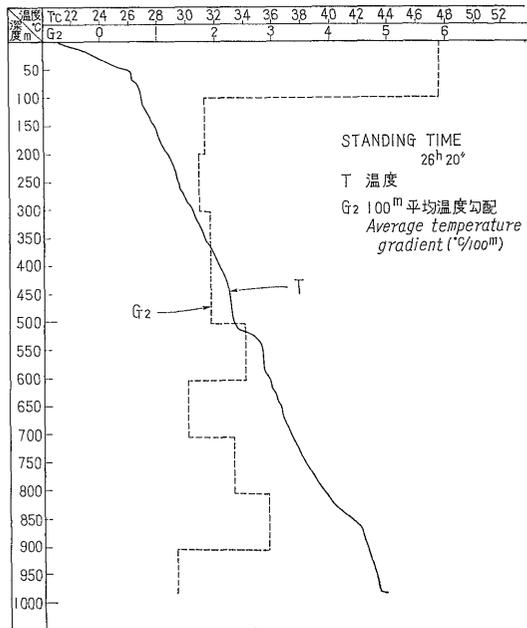
2" ノルマルおよび 1.5" ラテラルの測定結果は, いずれも泥質岩層部での分離は小さく, 砂質岩層部においては 2" > 1.5" の正分離を生じ, 砂質岩層部は浸透性がある特性を示している。

C) 温度検層

サーミスター温度計による温度検層は, 深度 0 ~ 978 m までの坑内温度の連続測定であり, その結果は第17図に示した。第17図に示した坑内の温度分布は, 本坑井の掘さく終了後 26 時間 20 分を経過した時の値で, 真の地温よりは若干 (2 ~ 3 °C) 低目と思われる。

測定結果によれば, 坑底温度 (最高) は 43.7 °C, 温度勾配は平均 2 °C/100 m, 最小 1.3 °C/100 m および最大

	深度区間 (m)	層厚 (m)
A 層	405~426.5	21.5
B 層	525~577.2	52.2
C 層	703~719.3	16.3



第17図 那覇2号井の温度分布
Temperature in bore hole at Naha R-2 Test Well

2.9°C/100 mである。とくに、深度 510mおよび 820m 付近には、温度勾配の顕著な上昇がみられる。

6.9.3 那覇1号井の温度測定

計算ガス水比および水の粘性係数は、水温によって大きく変化する値である。したがって、水溶性のガスを取

り扱う上には、地下の温度分布を正確に知っておく必要がある。しかし、それが可能な場合はきわめて少ない。何となれば、それには、自然の静止状態で長期間放置された坑井が必要だからである。

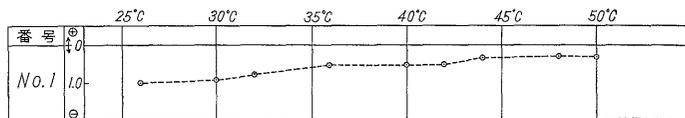
那覇市国場の那覇1号井は、昭和41年12月に実施した産出試験の後、自然の静止状態で保存されていたものである。昭和44年1月17日に、留点（最高）温度計による坑内温度分布の測定を行なった。この測定に使用した温度計は、日鉄鉱山コンサルタント㈱所有のもので、目盛補正・圧力補正などに必要な実験も同社によって行なわれた。実際の測定は、地質調査所・琉球工業研究指導所・日鉄鉱山コンサルタント㈱の3者協同で実施した。

温度測定の順序は、上方から下方へ、測定の深度間隔は20mごとで実施し、1深度点における静止時間は10分間とした。測定で求められた値は、第18図によって次の順序で補正を行ない、各深度点における坑井内温度、すなわち、地温を算出した。

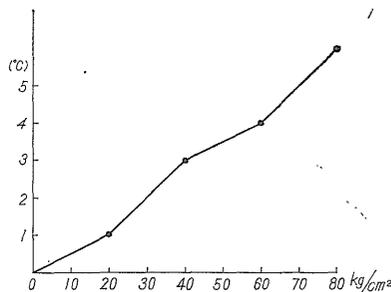
- 1) 測定値に圧力補正をする。
- 2) さらに、精密温度計との対比により目盛補正をする。
 - a) 目盛補正が(-)の場合は、それを加える。
 - b) 目盛補正が(+)の場合は、それを減ずる。

第19図は、このようにして得られた那覇1号井の温度分布図である。本図から読みとれるように、那覇1号井における最高温度は深度 413mの33.9°C、温度勾配は平均 2.54°C/100 m、最小 1.0°C/100 m および最大 3.4°C/

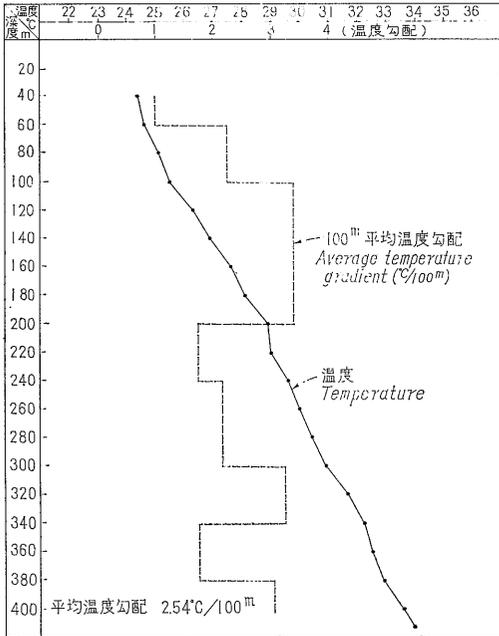
1) 目盛補正 (精密温度計との対比)



2) 圧力補正



第18図 那覇1号井の測定に使用した留点温度計の補正
Correction of thermometer used at Naha R-1 Test Well



第19図 那覇1号井の温度分布
Temperature in bore hole at Naha R-1 Test Well

100 mである。温度勾配が深度 100~200mの間で最大値 3.4°C/100 mを示しているのは、那覇1号井の坑井所在地付近でこの深度区間の地下水が、動力揚水によってかなりの量使用されているためであろう。

第19図の温度分布をもとにしてこの付近の地下深部の地温を推定するには、深度 200mを28.9°Cとし、平均温度勾配を2.35°C/100 m [(33.9-28.9) °C/(413-200) m]としてよいと思われる。温度勾配から求めた地下増温率が低いわりに地下の温度が高いのは、年平均気温にほぼ等しいとされている恒温層の上限の温度が高いからであろう。ちなみに、昭和41年版理科年表によれば、東京の年平均気温が14.7°Cであるのに対して、那覇市のそれは22.1°Cである。

6.10 坑井地質

6.10.1 岩相層序

那覇2号井の坑井地質の岩相層序は、上位から埋立土(厚さ6m)、珊瑚礁堆積物(厚さ11m)、那覇層(F~R部層)および基盤岩類の4層からなっている。以下には那覇層および基盤岩類についての概略をのべる。ここでの地質層序の深度は、L層までは上半部のコア掘り孔について、また、それ以深は下半部のコア掘り孔について、おのおのの見掛け深度である。参考までに付記すれば、掘止めの見掛け深度および実深度は、それぞれ978.38mおよび972.97mである。

1) 那覇層 (深度17.0~942.8m, 第20図)

本層は、上位からF~Rの13部層に分けられる。このうち、最上位のF層は、那覇1号井の最下位のF層に続くものである。

a) F層 (深度17.0~103.5m)

本部層は、主として灰色の微細粒砂岩からなり、中位に厚さ22mの帯緑灰色砂質粘土岩を夾有するほか、ときには緑灰色の粘土岩の薄層を夾有する。

b) G層 (深度 103.5~157.8m)

本部層は、ほとんど帯緑灰色のシルト質粘土岩からなるが、不規則な形の小微細粒岩塊に富む。

c) H層 (深度 157.8~174.0m)

本部層は、上位の灰色微細粒砂岩(厚さ1.2m)、中位の帯灰緑色シルト質粘土岩(厚さ6.7m)および下位の灰色微細粒砂岩(厚さ8.3m)からなる。

d) I層 (深度 174.0~217.4m)

本部層は、主としてG層のものと同様なシルト質粘土岩からなるが、最下位に厚さ約11mの砂質シルト岩を夾有する。

e) J層 (深度 217.4~363.3m)

本部層は、灰色微細粒砂岩とシルト質粘土岩の互層からなり、含砂率は78.2%である。

f) K層 (深度 363.3~405.0m)

本部層もG層と同様なシルト質粘土岩からなる。

g) L層 (深度 405.0~426.4m)

本部層は、灰色微細粒砂岩とシルト質粘土岩の互層からなり、含砂率は86.9%である。

h) M層 (深度 426.4~525.2m)

本部層もG層と同様なシルト質粘土岩からなる。

i) N層 (深度 525.2~577.4m)

本部層は、灰色微細粒砂岩とシルト質粘土岩の互層からなり、含砂率は84.1%である。

j) O層 (深度 577.4~704.0m)

本部層もG層と同様なシルト質粘土岩からなる。

k) P層 (深度 704.0~719.6m)

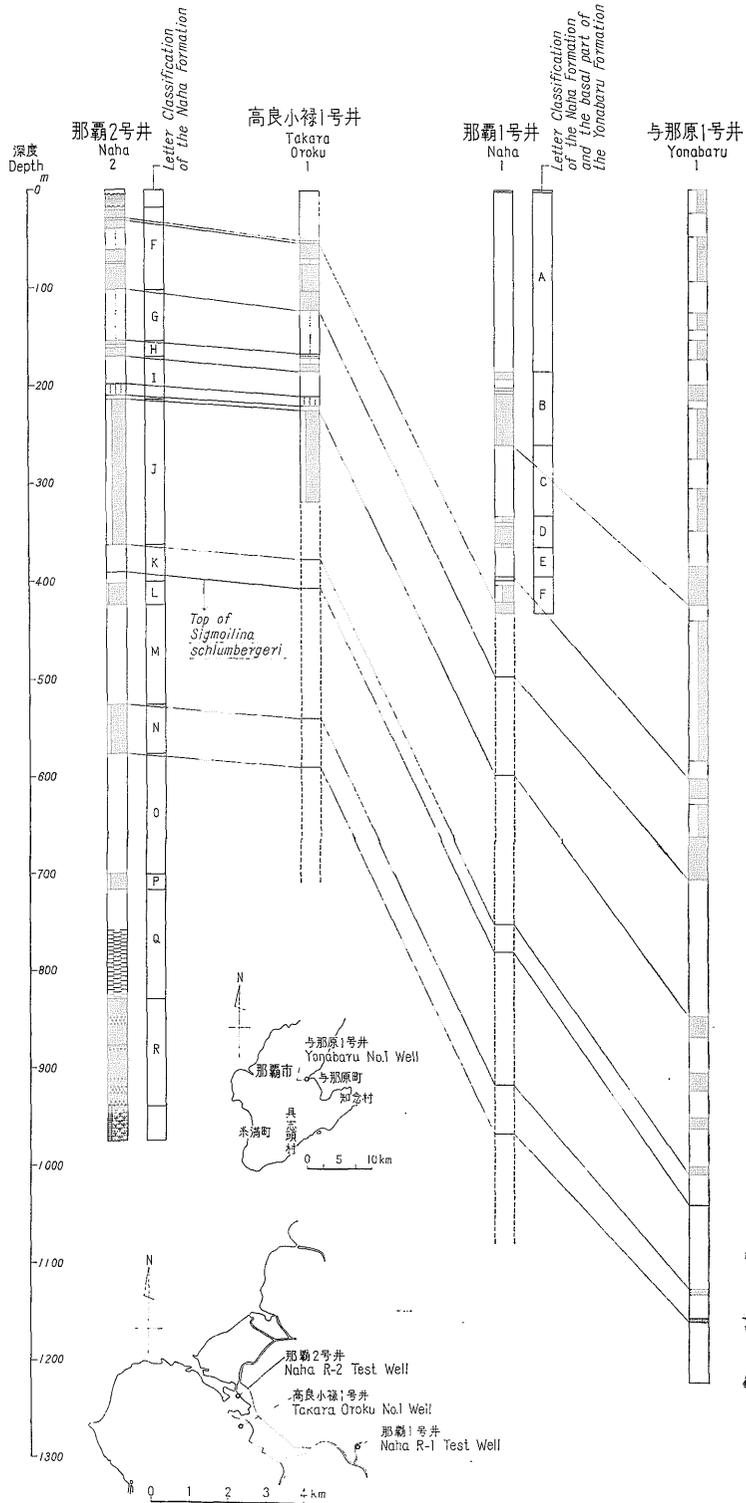
本部層は、灰色微細粒砂岩とシルト質粘土岩の互層からなり、含砂率は77.6%である。

l) Q層 (深度 719.6~831.5m)

本部層の最上位約30m程度は、帯緑灰色のシルト質粘土岩からなるが、それ以深の本部層の主部は帯黄褐色の頁岩からなっている。

m) R層 (深度 831.5~942.8m)

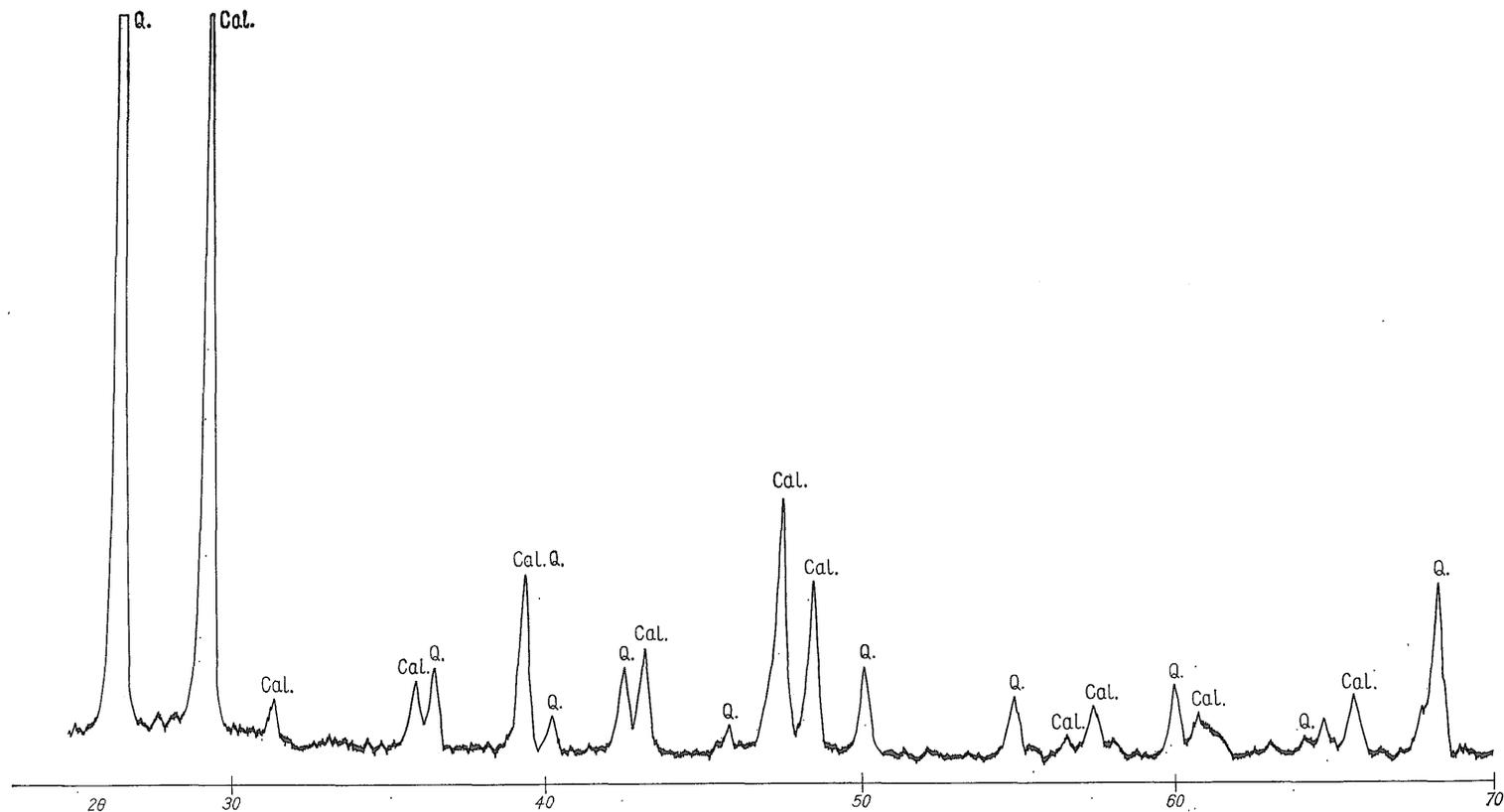
本部層は灰色の細粒砂岩を主とし、石灰質粗粒砂岩~礫岩を夾有する。本報告の中で本層に含めた深度 935.8~942.8m間の岩層は、基盤岩類の表面の風化物の疑い



第20図 沖縄本島南部における深井戸の坑井地質対比図

Geological correlation of deep well logs in the southern part of Okinawa Main Island

32—(658)



第21図 那覇2号井深度950mのコアのX線チャート (その1, 白色の脈)
X-ray powder pattern of white vein in the core from 950 m deep, Naha R-2 Test Well

もある。

2) 基盤岩類 (深度 942.8~978.38m)

基盤岩は、硬質泥質砂岩と黒色粘板岩の互層からなるが、前者が圧倒的に優勢である。さらに、全般的に白色の薄い脈に富み、一部の粘板岩には光沢のある黒色部が認められる。白色の脈および光沢のある黒色部のX線分析（粉末試料による）の結果は、第21図および第22図に示すが、前者は石英一方解石であり、後者は緑泥石一石墨である。また、層面に斜行した黄鉄鉱の脈も少ない。以上の特徴から、那覇2号井の掘さく地点における基盤岩類は、天願断層の北側に接する名護層の非変成の部分に似ていることがわかる。

小西(1965)によれば、沖縄本島中・南部の島尻層群分布地域は島尻累帯に属し、その基盤は古第三系の和野層相当層と推定されている。那覇2号井の掘さくされた位置は、上記の島尻層群分布地域内ではかなり北西側に偏っており、ここにおける基盤が名護層相当層であるということは、島尻層群の基盤のすべてが名護層相当層であることを意味するものではない。しかし、今次調査・研究の結果、島尻累帯と国頭累帯の境界が、小西(1965)が図示したものより南東側にあることが明らかになったことは、大きな成果の1つである。ちなみに、宮崎一日南ガス田においては、基盤は四万十・日南の両層群にまたがっており、とくに、和野層がその一部に対比される日南層群には、ガスマ層と考えられる泥質岩の発達がよく、さらに、ガスの徴候も存在している。したがって、さらに広い範囲について島尻層群の基盤を明らかにしておくことは、沖縄本島中・南部のガス田の評価にも通ず

る重要な問題である。

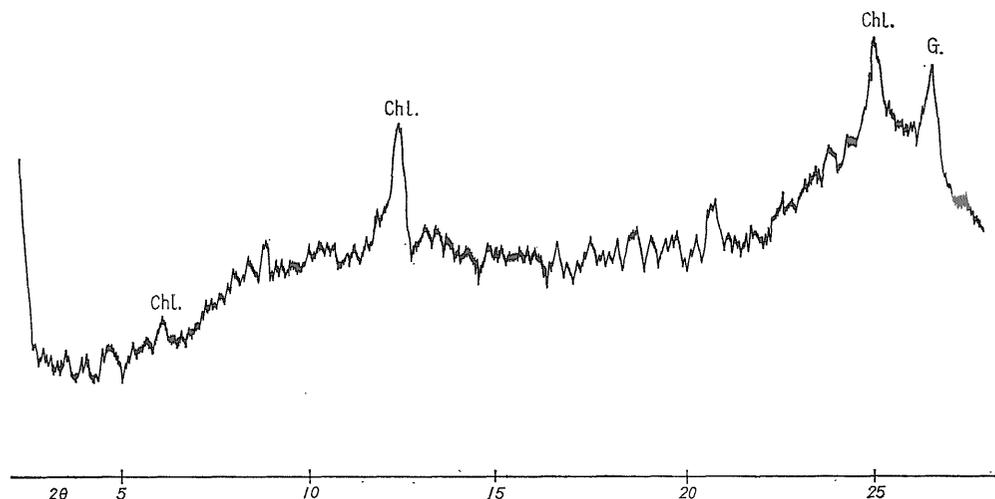
6.10.2 微化石層序

那覇2号井の那覇層に産出する微化石の主要な種が連続的に産出し始める深度は、下位よりみた場合（出現の下限深度）次のとおりである。ここで述べる深度の表示は、試料に付されたメモによるものである。

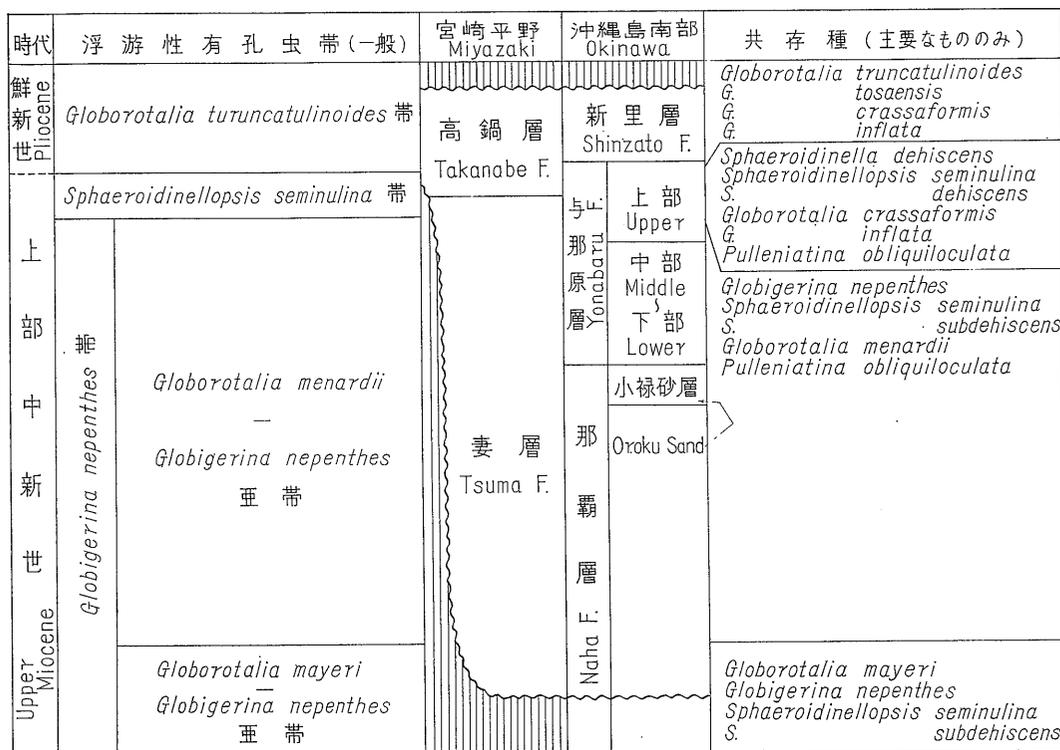
<i>Spirobolivina</i> (おそらく新種)	58.34~ 61.50m
<i>Cassidulina margareta</i>	460±0.5 m
<i>Bulimina inflata</i>	540 m
<i>Cibicides pseudoungerianus</i>	640 m
<i>Tosaiia hanzawai</i>	660 m
<i>Bulimina gutta</i>	660 m

以上の中で *Spirobolivina* (おそらく新種)、*Cassidulina margareta* および *Cibicides pseudoungerianus* の3種は、地表の与那原層にも引き続いて産出するもので、とくに後2者の産出は普遍的である。上記諸深度の付近には、後で述べる坑井地化学の面からも意味のある成分量の変化が認められることは、興味が深い。そのほかの注目すべき事実としては、岩相層序区分のQ層の頁岩部では、底棲有孔虫の組成がきわめて変化に富んでいることが挙げられる。それらのうちで、あえて安定しているところを求めれば、*Bolivina* 類の多い最下位の30数mの間だけである。

浮遊性有孔虫についてみると、それが検出されたF~Qの12部層が *Globorotalia menardii*-*Globigerina nepenthes* 亜帯に属することは明らかであるが、R部層については、浮遊性有孔虫が検出されず、その層位を確立するに至っていない。しかし、宮崎層群との全体的な関連からみ



第22図 那覇2号井深度950mのコアのX線チャート(その2, 黒色粉末)
X-ray powder pattern of black powder from the core at 950 m deep, Naha R-2 Test Well



第23図 宮崎平野および沖縄本島南部における新第三紀層の浮遊性有孔虫による対比

Figure of Neogene formation for the correlation between the southern part of Okinawa Island and Miyazaki Basin by planktonic foraminifera

て、R部層はおそらく *Globorotalia mayeri*-*Globigerina nepenthes* 亜帯に入るものと思われる。

有孔虫化石に関する各種の統計については、第15表を参照されたい。

6.10.3 対比

岩相層序の変化の順序に重点を置き、有孔虫化石をも考慮して、沖縄本島南部の深井戸4本(那覇2号井、高良小禄1号井、那覇1号井および与那原1号井)の坑井地質の対比をした結果を示したのが第20図である。

本図でとくに注目されることは、各層の厚さがほとんど変化していないことであり、これは水溶性ガス鉱床の開発を考える場合に好条件の1つとなる。また、学術上注目されることとしては、*Sigmoilina schlumbergeri* の上限深度を結ぶ線が、岩相による対比線とまったく平行していることである。

広域対比については、島尻層群が九州の宮崎層群の全体に対応する(equivalent)として、大きな誤りはないものと思われる(第23図参照)。

6.10.4 ガス層

島尻層群の中には、やや深部まで天水が浸入している

第16表 沖縄本島南部地区におけるガス層一覧
Summary of reservoirs in the southern part of Okinawa Main Island

番号	層名	全層厚 (m)	層間距離 (m)	有効層厚 (m)	含砂率 (%)
I	D	33.0		25.1	76.1
II	F	101.1	29	76.8	76.0
III	H	16.2	54	9.5	58.6
IV	J	145.9	43	114.1	78.2
V	L	21.4	41	18.6	86.9
VI	N	52.2	102	43.9	84.1
VII	P	15.6	126	12.1	77.6
VIII	R	104.3	112	63.1	60.5
合計		496.7	—	363.2	—

おそれのある小禄砂岩を除いて、大小8枚のガス層があり(第16表)、そのうちの7枚が那覇2号井に認められる。これらのガス層を、上位のものからガス層I~VIIIと仮称する。これらの中で全層厚・有効層厚とも大きい主要なガス層は、II、IV、VIおよびVIIIの4層である。那覇2号井の最上位のガス層は、ガス層IIの中・下部であ

る。ただし、間隙水の Cl^- 濃度から見て、本坑井においてはガス層Ⅳの中部以浅の深度は、産出試験の対象とならない。

JIS によるガス層の定義によれば、条件さえととのえればガスを保有し得る小礫砂層も、当然ガス層の中にも含まなければならない。地層の露出地からの天水の浸入が、現在の程度まで及んでいるかを推定することは不可能であるが、理論的に考えると、その付近の地層水に含まれている Cl^- の量は、誤差曲線的に急激に増加しているはずである。このように、那覇1号井におけるD層をガス層Ⅰとし、それ以深の砂質岩層を順次ガス層Ⅱ, Ⅲ, ……Ⅷ, としたのは、便宜的な当面の措置であることを了承されたい。

6.11 坑井地化学

沖縄本島の天然ガス鉱床に関して、従来行なわれた4次にわたる地化学調査の結果をもとにして、那覇2号井の掘さくに伴うコアによる地化学調査を計画し、実施した。すなわち、次にのべる項目についての分析・測定を行ない、それらの結果について、天然ガス鉱床の面から解析を行なった。

分析・測定を行なった項目

1) コア間隙水: Cl^- , NH_4^+ および抽出水の pH

2) コアの性質: 炭化水素類 (この報告書では CH_4)、見掛比重および含水率

3) コアの有機物および関連成分: 抽出有機物、パラフィン系+シクロパラフィン系炭化水素、アロマティック炭化水素、酸素-窒素-水素化合物、残さ、全炭素および無機炭素

さらに、上記項目の値から有機炭素、石油化度、抽出炭化水素類および希釈率などの値を計算した。

分析・測定の方法は、おもに第3次の調査・研究に準じたが、コアガスの追出法については若干の改良を行なった。

得られた結果のおもなものについては、その垂直分布を一括して第24図に示した。

6.11.1 間隙水の Cl^-

沖縄本島南部地域のガス鉱床は、塩素度相関型であるので、間隙水に含まれている Cl^- 量の垂直分布を求めることは、ガスの賦存力を求めることになり、地化学的にもっとも基本的な調査項目である。

第24図によれば、深度約60m以浅には現在の海水の浸入が認められるが、深度80m付近では間隙水の Cl^- が最小値の 270 mg/l に減少している。しかし、その深度以深では深部へ向かって徐々に Cl^- の量が増加し、深度 300 mではおよそ 5,000~6,000 mg/l、すなわち、那覇1号井

で得られたガスの飽和が期待できる Cl^- の量に達する。さらに、深度 400mでは Cl^- 量の最大値 17,900 mg/l に達し、それ以深では深度850mの 9,000 mg/l まで徐々に減少している。間隙水の Cl^- 量から判断すると、ガスの飽和度は、およそ 300m以深では 100%に達するであろう。ただし、地層の物理的・化学的性質が上位とやや異なる 750m以深については、判断のつかない点もある。

6.11.2 間隙水の NH_4^+

当地域のガス鉱床は、大略 400m以浅にあっては NH_4^+ 相関型である。したがって、初生的にできた塩素度相関型鉱床が天水に洗われた後に、さらにメタン系の天然ガスが生化学的に発生した場合には、 NH_4^+ は指示成分として、この種の後生的な天然ガス鉱床の検討に役立つものである。

深度140mに頂点を置く間隙水の NH_4^+ の第1の山は、 Cl^- の少ないところにおいて後生的にガスが発生したこと由来することが、 CH_4 の曲線との関連において、明らかに示されている。第2の山は深度 460m付近にあり、 Cl^- の山より若干深部へずれている。この山の NH_4^+ の値は最大 200 mg/l をこえ、曲線はほぼ対称的に裾をひいている。さらに、それより以深では NH_4^+ と CH_4 の曲線が正の相関関係を保ち、 NH_4^+ の少ない泥岩部へ移る。第3の山は深度 760mに頂点を置くが、この深度は、粘土岩が頁岩になる深度におよそ一致している。その山の高さ (NH_4^+ の量) は、第1の山よりも大きく、第2の山よりも小さい。また、第3の山がスタートする深度 680m付近は、抽出有機物中の O—N—S comp. (酸素-窒素-水素化合物) の占める割合が多くなる深度にも当たっている。

O—N—S comp. の増加は、一般に石油分の熟成が進まないことを示すと考えられており、 NH_4^+ と O—N—S comp. の分布上の相関は、このガス鉱床のもついくつかの地化学的特徴のなかでも、注目すべきものの1つである。

6.11.3 CH_4

CH_4 の量は、コアリングを経て測定されるので、間隙水の Cl^- 含量が最高値を示すよりも浅い部分、すなわち、400m以浅でとくに注目すべきものである。

NH_4^+ の項ですでに述べたように、深度 120~200mの間で、後生的に CH_4 が発生している可能性が見出された。深度 400m以深では、 CH_4 の量についてとくに説明するまでもなく、ずっと 2~4 ml/kg 程度含まれているが、深度 760m前後の頁岩中にも 3.32 ml/kg の CH_4 が含まれている事実は、注目に値する。

C_2 , C_3 ……などの重炭化水素類については、深度 200

m以深においてとくに注目されるが、これらについては分析が未了である。

6.11.4 含水率と比重

ここでは容量含水率について述べるが、この数値は、近似的に孔隙率 (porosity) を表わすので便利である。

第24図による含水率の垂直分布は、深度60mから720mの間では、35%から20%へと徐々に減少する。さらに、深度740mから800mの間では、明らかに23%から17%へと減少し、800mをこえると、さらに急激に含水率が減少する。

見掛比重は、深度800m以深で急激に大きくなる。第24図の上で目算で見掛比重の値を求めると、深度740m以浅の岩石の平均値は大略2.25、深度800~920m間では大略2.65、また基盤岩類では大略2.90になる。

6.11.5 抽出水の pH

間隙水の Cl^- 含量が 5,000 mg/l 以下でしかない 300m以浅では、抽出水の pH は Cl^- 量と逆相関の関係になっている。すなわち、80~100mの浅所では 10.5~10.7 であり、300mでは 9.5 になるまで、深度方向に向かって pH 値はきれいに減少する。深度 300~720m 間の pH 値は、9.0~9.5 のほぼ一定値になるが、740~800mの間では 8.5 前後の小さな値となり、さらに、850m以深では 7.7~7.9 と中性に近づく。このように、抽出水 pH 値の深度に対応する変化は、大変に規則正しいものであって、岩石の化学組成および岩石の続成作用などによるものと思われる。

6.11.6 有機物

1) 有機炭素 (org. C)

有機炭素含量の垂直分布は、3つの深度で急激な変化が認められ、4つの群にまとめることができる。

第1の群は深度50~550mの間で、org. Cの含量は大略0.4~0.8%である。第2の群は深度560~823mの間で、第1群よりやや多い0.7~1.3%のorg. Cを含む。第3の群はガス層になっているR層の砂・礫岩で、org. Cが1.8~2.0%ときわめて大きな値を示す。第4の群は基盤のストレート質岩石で、そのorg. Cは0.5~0.6%である。

上記のように、本坑井の岩層は全般的に有機炭素が多いといえる。

[参考: 宮崎・南関東ガス田の推定母層の平均値は、org. Cが約0.70%である。]

2) 抽出有機物 (ex. org.)

抽出有機物含量の垂直分布については、4大別するとその特徴がつかみやすい。第1の群は深度50~240mの間で、抽出有機物の量は約0.04%である。第2の群は

深度280~550mの間で、その量は0.02%から0.04%の間にあり、深部へ向かって規則的に増加する傾向がある。第3の群は深度560~823mの間で、560m土の0.03%土から823m土の0.034%へと、抽出有機物の量が深度方向に向かって増加する。第4の群はR層と基盤岩であって、有機物の量は0.016~0.021%である。第4の群にあっても、この程度の抽出有機物があることは注目される。

[参考: 宮崎・南関東ガス田の平均値は、0.028%である。]

3) 抽出炭化水素類 (ex. hc)

第24図には、パラフィン系+シクロパラフィン系炭化水素とアロマティック炭化水素の含量 (抽出炭化水素類) を ppm 単位で記入した。

抽出有機物の量が深度550mと560mとの間で大きく変化するのに対し、抽出炭化水素の量は、その直下の560mと580mとの間で大きな差を示している。すなわち、深度が560m以浅の抽出炭化水素類は、大略40~60 ppm であるのに対して、580~850mの間では580m土の25 ppm土から850m土の40 ppm土まで、ほぼ深部へ向かって増加する傾向がある。さらに、深度920mをこえた深部では、再び55~75 ppmへと増加する。

[参考: 宮崎・南関東ガス田の平均値は、13.3 ppm である。]

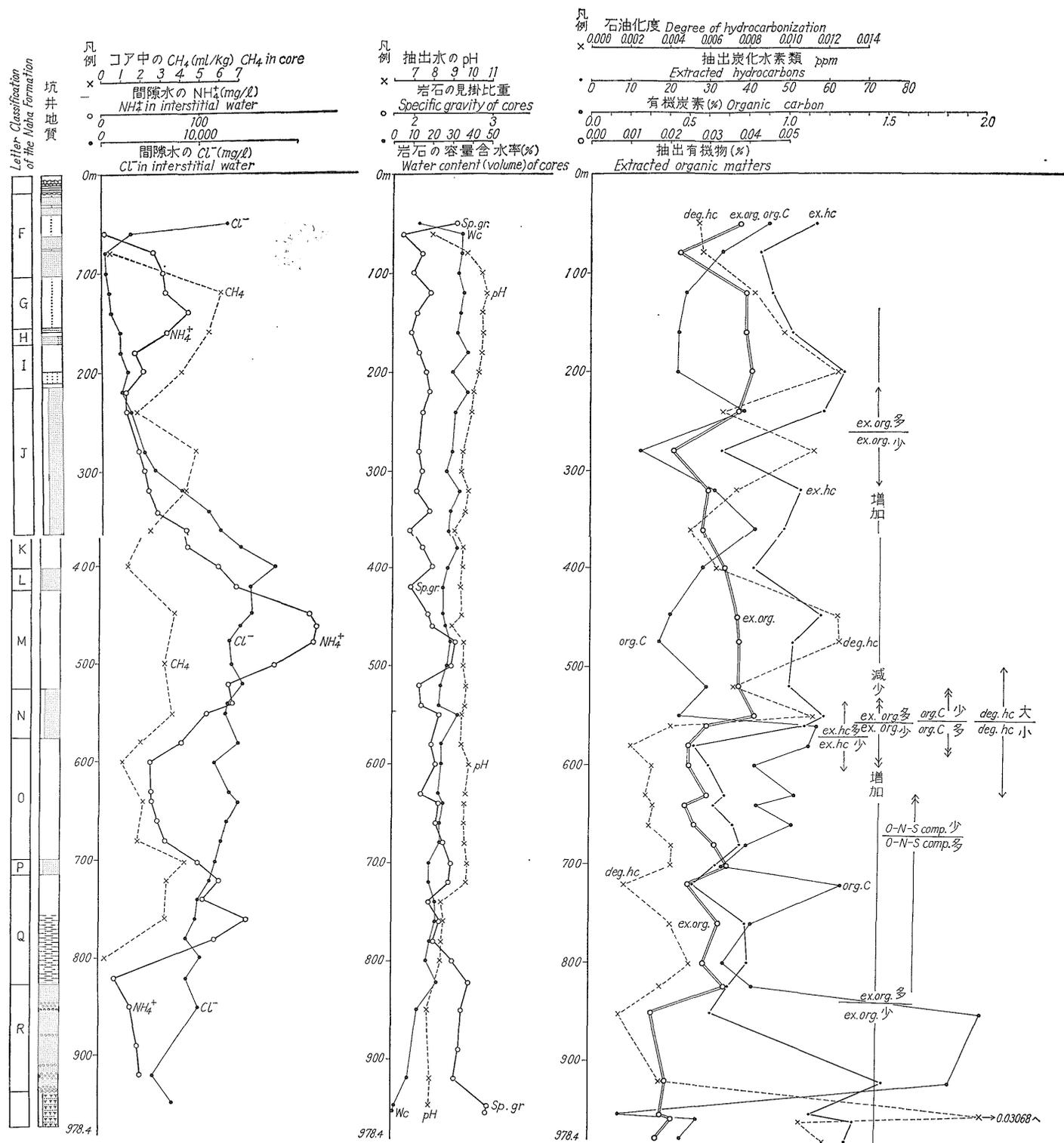
4) 抽出有機物の組成

抽出有機物の組成を全般的に見ると、パラフィン系+シクロパラフィン系 (P+Cp) の炭化水素は大略5~25%、アロマティック (Ar) 炭化水素は大略3.6~10%、酸素一窒素-いおう化合物 (O-N-S comp.) は大略11~50%、また残さ (Res.) は大略35~75%である。

抽出有機物組成の垂直分布には、2つの目立った傾向がある。その1つはO-N-S comp. に関するもので、深度660m以浅では多くの場合10~25%であるのに対して、680m以深では大略40~50%を示していることである。この差は、Res. とO-N-S comp. との配分の問題でもある。他の1つは、深度920~978mの間においては、P+Cp系炭化水素分が多く、その値は30~37%にも達することであり、またO-N-S comp. とRes. の占める割合の変動が著しいことである。

5) 石油化度 (炭化水素化度, deg. hc)

石油化度の垂直分布は、深度550mと560mの間および920mと954mの間で大きな変化が見られる。すなわち、深度550m以浅の石油化度が0.005~0.0125程度とやや大きな値であるのに対して、560m以深では0.0015~0.005とやや小さな値である。さらに、もう1つの石



第24図 那覇2号井コアー地化学測定図
Geochemical data of Naha R-2 Test Well

油化度の変化する深度にあたる 920m と 954m との間は、石灰質砂岩と基盤岩との境に当たっている。深度 954m における石油化度は、本坑井の最高値 0.0307 を示すほか、959m と 978m でも 0.01 以上の高い石油化度が得られている。

6.11.7 まとめ

那覇 2 号井コアの間隙水試験によれば、深度 300m 以深には、Cl⁻ の量が 5,000 mg/l をこえる地下水があり、その地下水にはおそらく CH₄ を主成分とする可燃性の天然ガスが、ほぼ飽和しているものと推定される。そのガスは、おもに海成層中の有機物から生成されたものである。さらに、深度 550m 以深の岩石にも有機炭素が多く、間隙水の Cl⁻ も多いことは注目される。

島尻層群の基盤に当たる岩石中の粘板岩質の岩石は、相当量の有機炭素および抽出炭化水素類を含んでいる。これは、那覇 2 号井の深部産出試験で自噴した天然ガスの組成を成因的に考える場合に、参考とすべきである。一方ガス層 VIII (R 層) の直上に、有機炭素を 0.7~0.8% も含む頁岩層が 60 余 m も見られることも考慮して、天然ガスと地下水（付随水）の成因、ひいては、このガス鉱床の規模と性格を研究する努力が続けられるべきと考える。

6.11.8 補遺

以上に述べた那覇 2 号井の地化学調査・研究の成果のうち、とくに基盤の粘板岩質の岩石中の有機物について述べたことと関連して興味深いのは、石垣島の古生層とされている富崎層の粘板岩中の有機物である。すなわち、石垣市観音崎北東方に露出する富崎層に属する粘板岩中の有機物の分析結果は、次のとおりである。

成 分 名	含 量	
抽出有機物 (ex. org. matt.)	0.0225%	
抽出有機物の組成	P+Cp	14.44 %
	Ar	9.44 %
	O-N-S comp.	11.11 %
	Res.	65.01 %
抽出炭化水素類 (ex. hc)	54 ppm	
全炭素 (total C)	0.083 %	
無機炭素 (inorganic C)	0.00 %	
有機炭素 (organic C)	0.083 %	
石油化度 (deg. hc)	0.0557%	

以上の分析結果のうちでとくに注目されるのは、次の 4 点である。

- 1) 抽出有機物の量は、那覇 2 号井の那覇層の粘土岩よりもやや少ない。
- 2) 炭化水素の量は、那覇層の値にほぼ匹敵する。
- 3) 石油化度の値は、琉球列島でこれまでに測定されたもののうちでトップグループに属する。
- 4) 有機炭素の量は、那覇層の値よりも 1 桁少ない。

以上の諸点から、もし富崎層に有機炭素量の多い岩石があれば、炭化水素鉱床の面から、検討の必要があると考えられる。

6.12 コアの物理試験

第17表に示すように、那覇 2 号井のコアの中から 4 コを選んで、孔隙率および浸透率の測定を行なった。

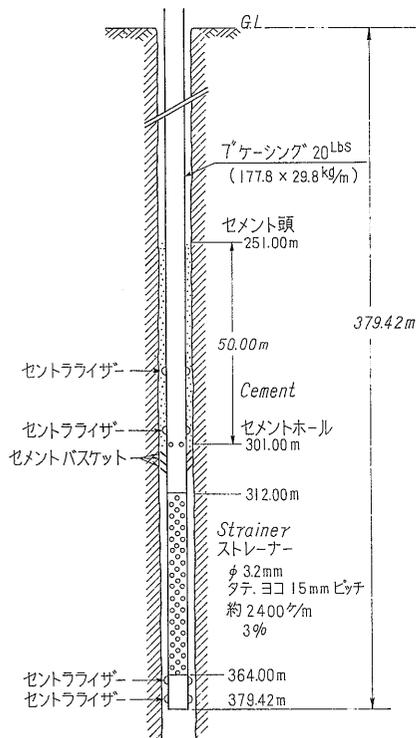
測定結果の中でとくに注目されるのは、深度 890.65~890.76m の中粒砂岩の浸透率が 115 md もあることである。後で述べるように、深部産出試験の際のビルドアップ

第17表 那覇 2 号井のコアの孔隙率および浸透率
Porosity and permeability of core samples from Naha R-2 Test Well

深 度 (m) Depth of sample	岩 相 Rock facies	孔 隙 率* (%) Air porosity	浸 透 率 (md) Air permeability	間隙水 Cl ⁻ (mg/l) Cl ⁻ in interstitial solution
103.84~104.06	砂質泥岩 Sandy mudstone	30.71	9.6	313
343.50~343.65	砂質泥岩 Sandy mudstone	25.88	1.6	11,330
890.65~890.76	中粒砂岩 Medium-grained sandstone	31.90	115	788
.895	礫 岩 Conglomerate	9.41	0.35	?

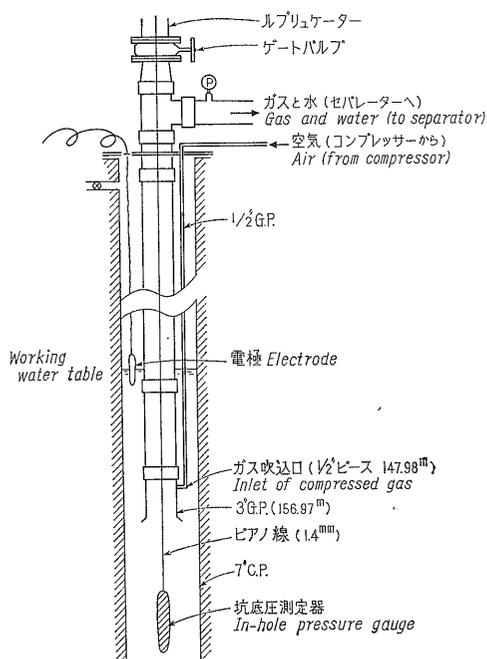
* Air permeability was measured under dry condition.

* は乾燥試料の空気浸透率 Measured by Nagata in May, 1969



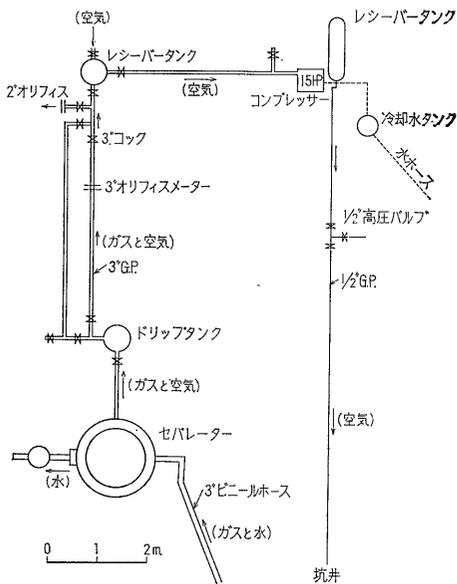
第25図 那覇 2号井の浅部仕上げ図

Figure showing the well completion of shallower part of Naha R-2 Test Well



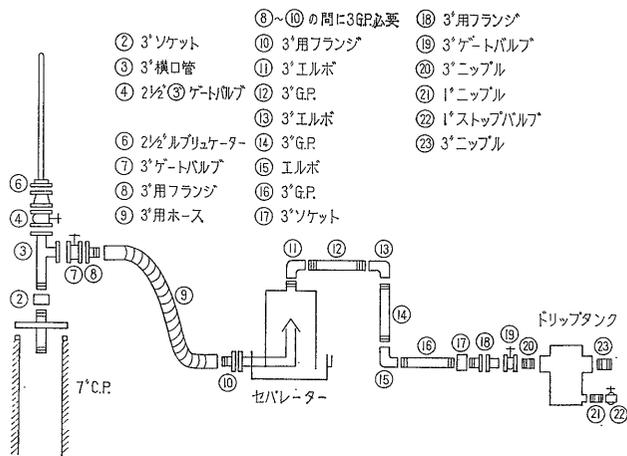
第26図 那覇 2号井の浅部産出試験時の坑内図

Figure showing the well condition under the production test for shallower part of Naha R-2 Test Well



第27図 那覇 2号井の産出試験時の機器の配置図

Figure showing the arrangement of various apparatus for production test at Naha R-2 Test Well



第28図 那覇 2号井の産出試験時の配管図

Pipe line for production test at Naha R-2 Test Well

第18表 那覇2号井の産出試験に使用した機器一覧
Apparatus used for production test at Naha R-2 Test Well

機 器 名	規 格	数 量	製 作 会 社
セパレーター	F型開放式 (1,500 kl/day)	1 基	東邦地下工機
コンプレッサー	15 HP 30KSC 1,000 m ³ /day 1,000 ppm	1 台	ヤンマー製作
坑底圧測定器	85 KSC (アメラダ型) 90 KSC (アメラダ型)	1 セット	塚本精機
坑底圧用時計	3 h 6 h 12 h	2 コ 1 コ 1 コ	塚本精機
チャートリーダー	1-WAY	1 台	COSTER. CO
オリフスメーター	2" JIS 規格 3" JIS 規格	1 コ 1 コ	富士機械
ルブリケーター	2½"	1 式	富士機械
ウイーンチ	2 HP (1.4 mm ピアノ線)	1 式	富士機械
三角ノッチ		1 台	
メタレン計		1 台	理 研

第19表 那覇2号井の浅部産出試験対象深度区間の有効層厚計算表

Effective thickness of reservoirs under the production test for shallower part of Naha R-2 Test Well

砂 層 深 度 (m)	層 厚 (m)	有 効 層 厚 比 (%)
312.6~313.0	0.4	
313.5~315.0	1.5	
315.3~317.0	1.7	
320.0~323.1	3.1	
324.3~328.1	3.8	
329.4~330.0	0.6	
330.4~338.0	7.6	
339.0~340.5	1.5	
341.0~342.3	1.3	
343.5~346.9	3.4	
347.9~351.4	3.5	
352.0~356.6	4.6	
357.3~362.4	5.1	
362.8~363.3	0.5	
363.3-312.6 = 50.7	38.6	76.1

プ試験によって求めた浸透率が 101 md であり、上記のコア試験によるものに近い値を示している。

深部産出試験の実質的な対象層であるガス層Ⅷの有効層厚として採用したのは、上記のコア試験を行なった砂岩と同様な岩層と判定される部分である。この岩層の浸透率が 115 md あるいは 101 md ということは、非常に

信頼度の高いものであると同時に、深部産出試験の際に大量のガスおよび付随水の自噴を見たことは、ガス層Ⅷのフラクチャーによる孔隙および浸透性によるものではなく、本層が有力なガス層として横方向へ大きくひろがっていることを期待させる。

6.13 浅部産出試験

浅部産出試験は、深度区間312~364mに対して行なわれた。この深度区間はJ層、すなわちガス層Ⅳの下半部に当たる。浅部産出試験の際の坑井構造、使用機器および配置・配管関係などについては、第25~28図および第18~19表を参照されたい。

本試験の際のおもな坑井状況および結果をとりまとめて次に示す。

試験年月日	昭和44年 2月24~25日
ケーシング	7" G.P (379.42 m)
ストレーナー	312~364m
有効層厚	38.6m (第19表)
揚水管	3" G.P (156.97 m)
インジェクション	
パイプ	1/2" G.P (147.98 m)
コンプレッサー	15 HP, 30 KSC, 1,000 m ³ /day
揚水時間	2,521分
総揚水量	181.00 kl
平均揚水量	103.4 kl/day
平均排気量	818.3 m ³ /day
平均天然ガス量	52.6 m ³ /day

ガス水比	0.51	
水温	28.5°C	
ストレーナー中心 深度の推定地温	31°C	
Cl ⁻ 濃度	11,300 mg/l	
PI	29.1 kl/day/KSC	
SPI	0.80 kl/day/KSC	
浸透率	ドローダウンによる	119 md
	ビルドアップによる	42 md
	水位回復による	43 md

上記の値の中の平均揚水量および平均排気量は、リフト開始後停止までの機械的な平均値であるが、リフト開始後29時間はコンプレッサーの圧力が安定せず、揚水量・排気量の変動が大きく、それらの平均値をガス水比算定の基礎とすることは、必ずしも適当ではない。コンプレッサーの圧力が一定し、揚水量・排気量の変動が少なくなったリフト後期の14時間の平均揚水量および平均排気量は、それぞれ 85.3 kl/day および 787 m³/day であり、これから求めたガス水比は0.61である。

また、掘さく・掘揚時のトラブルおよび泥水の管理が十分でなかったため、多量の水を地層中に押し込んだ結果となり、ベアラー汲みの効果がほとんどなかったため、産出試験の前に予備リフトによって 125.23 kl もの揚水を行なわざるを得なかった。そのため、上記産出試験の精度には疑問が残る。

浅部産出試験の際のガス質については、琉球工業研究指導所のガスクロマトグラフにかけた CH₄=6.6% のエアリフト試料の分析結果を空気補正してみると、CH₄が75%をこえることは確実である。水質については、第20表を参照されたい。

6.14 深部産出試験

深部産出試験は、深度区間 405~943mの全ガス層について実施すべく、ストレーナーをそのように設置したが、ガス層V~Ⅷ(L, N および P 層)の静水位が低いと推定されること、およびガス層Ⅷ(R層)の静水位が+16.5mもあり、自噴してしまったことなどにより、実質的にはR層に対する産出試験となってしまった。

先に述べたように、本坑井のどこまでを島尻層群とするかについては問題があるが、ここでは深度 942.8mまでを島尻層群とした。

本試験井の深部産出試験では、ケーシング内で洗滌中に、5月10日03時頃記念すべき自噴を開始した。初めは泥水そのものが押し上げられて出ていたが、09時頃には泥水の濃度がかなりうすくなり、10時頃にはほとんどすんで、ガスの泡沫が明らかに認められるようになった。塩素度の測定値から、ほぼ完全に地層水となったと認められるのは、自噴開始後約20時間を経過した同日23時である。

産出試験は、5月10~17日の8日間にわたって実施されたが、その際のおもな坑井状況(第29~30図参照)および試験結果は、とりまとめて次に示す。

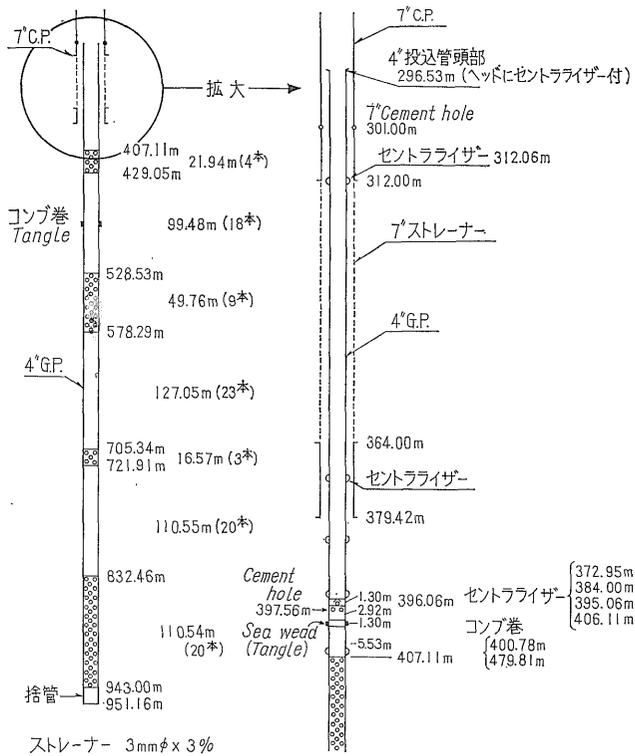
試験年月日	昭和44年5月10~17日
ケーシング	4" SGP (951.16 m)
ストレーナー (最下部のみ)	832.46~943.00m
有効層厚	63.1m (第21表)
インジェクション パイプ	2 3/8" UTBG
コンプレッサー	15 HP, 30 KSC, 1,000 m ³ /day
密閉坑口圧	1.3 kg/cm ² (地上約 3.5mにて)
ストレーナー中心深度の推定地温	46°C

第20表 那覇2号井の浅部産出試験時のガス付随水の水質

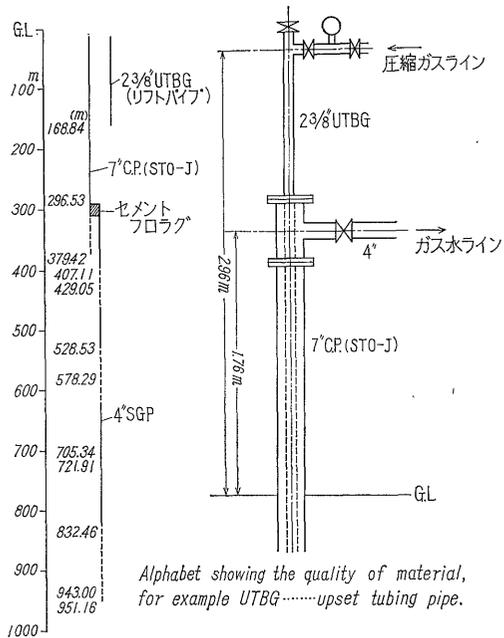
Chemical composition of groundwater obtained from the lower part of Reservoir IV at Naha R-2 Test Well

試料名	pH	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	KMnO ₄ cons.	備考
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	
予備リフト	8.00	162	0.0	10,300	48.8	43.8	47.7	n.d.	18.0	5,900	280	104	n.d.	セメント質沈殿あり セメント質沈殿多し
予備リフトの最後	8.00	162	0.0	10,640	52.1	46.3	22.8	n.d.	18.0	6,200	279	110	n.d.	
ベアラー汲 312~316m	8.45	134	24.0	10,280	44.6	47.8	30.8	39.1	19.0	5,950	284	100	59.3	
ベアラー汲 336~340m	8.70	128	60.0	10,300	45.3	48.1	30.8	27.6	19.0	5,950	256	95.3	65.0	
ベアラー汲 360~364m	9.85	134	162	10,170	43.2	48.6	16.0	32.0	22.0	5,900	376	28.5	76.2	
ガスリフト	7.95	162	0.0	11,370	51.5	44.8	1.3	36.3	18.0	6,900	284	119	59.3	
ドローダウン	7.95	171	0.0	11,370	52.2	51.9	1.2	37.2	20.0	7,700	282	119	58.2	

第5次沖縄天然ガス資源調査・研究概報(福田 理・他24名)



第29図 那覇2号井の深部仕上げ明細図
Figure illustrating the well completing at the deeper part of Naha R-2 Test Well



第30図 那覇2号井の深部産出試験時のケーシングプログラムと坑口設備
Casing program and casing head equipment under the production test for deeper part of Naha R-2 Test Well

エアリフト試験(5月11~13日)

揚水時間	2,211分
総揚水量	1,191.47 kl
平均揚水量	776 kl/day
水温	44℃
Cl ⁻ 濃度	約 12,000 mg/l
浸透率	ドローダウンによる 189 md ビルドアップによる 101 md

自噴による試験(5月14~15日)

試験時間	1,485分
総産出水量	622kl
平均産出水量	603.2 kl/day
平均産出ガス量	900 m ³ /day
実測ガス水比	1.5 (対応計算理論値 1.52)
水温	44℃
Cl ⁻ 濃度	約 12,000 mg/l
浸透率 (ドローダウンによる)	176 md
産出指数 (自噴)	285.7 kl/day/KSC
(ガスリフト)	240.0 kl/day/KSC

深部産出試験時のガス質および水質は、それぞれ第22

表および第23表に示すとおりである。

第22表に示した天然ガスの組成について、簡単な説明を加える。

- 1) O₂……作井泥水から溶存空気として供給されたもの、およびセパレーターに残存した空気に由来したものが、大部分であると思われる。
- 2) H₂……鉄管とガス付随水との間の無機化学的反應で生成した水素が含まれると思われる。しかし、この種の反応は、長期的にはおちつくものである。

3) He……山田温泉の天然ガス組成と比較すると、He/N₂比の桁が揃う。深部ガス層(R層)からのガスには、島尻層群よりも古い地層から由来したガスが混入しているものと思われる。

4) CO₂……ガス層の地質時代と合わせて考えると、妥当な数値である。

5) CH₄, N₂……空気混入に対する補正をO₂量を基準にして行なうと、原ガスの組成はCH₄≒92%, N₂≒8%になる。したがって、原ガスの計算発熱量は約9,000カロリー、すなわち、H₀=8,760 kcal/N m³である。

6) 重炭化水素ガス類……エタン、プロパン、ブタン、ペンタンなどが存在するか否かは、大変注目される場所であるが、時間の関係で今回は測定しなかった。いずれのちほど詳しく報告したい。

第23表に示した天然ガス付随水の水質について、簡単な説明を加える。

第21表 ガス層Ⅷの有効層厚計算表
Effective thickness of Reservoir VIII

砂層深度 (m)	層厚 (m)	有効層厚比 (%)
831.5~832.1	0.6	
832.7~832.9	0.2	
833.2~835.6	2.4	
835.8~836.4	0.6	
836.6~836.9	0.3	
837.1~837.7	0.6	
838.1~839.4	1.3	
840.4~840.9	0.5	
842.0~854.7	12.7	
861.2~861.6	0.4	
866.8~867.2	0.4	
868.3~868.6	0.3	
878.0~883.2	5.2	
884.5~885.2	0.7	
885.8~888.0	2.2	
890.6~891.3	0.7	
894.6~899.0	4.4	
901.8~902.4	0.6	
902.9~903.5	0.6	
903.9~904.3	0.4	
907.8~935.8	28.0	
942.8*~831.5 =104.3	63.1	60.5

* 深度953.8~942.8m間を不透水性の礫岩とした。

第22表 那覇2号井の深部産出試験時の天然ガスの化学組成

Chemical composition of natural gas from Reservoir VIII at Naha R-2 Test Well

	試料 A Sample A	試料 B Sample B
CH ₄ (vol. %)	89.52	87.13
CO ₂ (")	0.24	0.23
He (")	大略 0.028	大略 0.026
H ₂ (")	大略 0.019	大略 0.018
N ₂ (")	9.72	11.73
O ₂ (")	0.48	0.87
He/N ₂ 比	大略 2.9×10 ⁻³	大略 2.2×10 ⁻³

試料A……1969. 5.10 10時採取 (自噴)

試料B……1969. 5.11 10時採取 (自噴)

(Samples were taken at separator under natural flowing state)

分析……地質調査において永田技官がガスクロマト分析

第23表 那覇2号井の深部産出試験時のガス付随水の水質
Chemical composition of groundwater of Reservoir VIII obtained at separator under natural flowing state, at Naha R-2 Test Well

試料採取 月 日	水温 (℃)	pH	アルカリ 度 (HCO ₃ ⁻ として) (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	I ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Total Fe (mg/l)	KMn O ₄ cons. (mg/l)
5月10日	41.0	7.35	132	10,910	27.9	1.7	7.39	65.5	6,800	469	55.2	11.2	30.8
5月11日	42.5	7.37	113	11,530	30.2	1.0	7.52	62.0	6,950	496	58.6	8.4	36.7
5月14日	43.6	7.47	111	11,950	31.0	0.9	9.19	69.0	7,160	509	61.7	6.1	32.8
5月20日	44.0	7.43	107	12,090	n.d.	n.d.	n.d.	68.0	7,450	509	64.8	n.d.	40.5
5月26日	44.0	7.5	117	11,920	30.2	0.3	10.4	70.0	7,200	513	63.5	n.d.	42.4

な説明を加える。

1) Cl^- の量に較べて K^+ の量が大変少ないが、これは一般にやや古い時代の地層水にみられる傾向である(普通 400 mg/l)。

2) Ca^{2+} の量が Mg^{2+} の量に較べて多く、重量比の $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ は大略 8 である。この比の値は、北海道石狩炭田の白堊系の水の値に近いが、釧路炭田の白堊系の水の値よりは、はるかに小さい。 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ の値は、一般に古い時代の地層水で大きい。

3) NH_4^+ の量は、ガス田および油田の水よりも少ないが、炭田の水よりは多い。

4) I^-/Cl^- の値は、秋田県八橋油田のⅧ層(女川層上部)の値に似ている。さらに、この I^-/Cl^- の値は、沖繩の島尻層群でこれまでに得られた値の約半分である。

5) HCO_3^- の量は、北海道白堊系の水の値に似ている。

以上の説明を総括すると、この地下水は、八橋油田および北海道北堊系産などの地下水に似た要素をもち、第三系と中生界の双方の化学的要素をそなえたものであると、さし当り結論づけられよう。

また、深部産出試験の際に自噴したガスの量は 900 m^3 /日であり、都市ガスの消費資料からすれば、およそ 1,800 戸分の量に相当する。さらに、600 kl/日のガス付随水は、高温含土類強食塩泉で注3)、およそ 1 日 800 人分の入浴をまかなえる計算になる。

この自噴は、主としてガス付随水の圧力によるもので、それに溶存ガスの分離によるリフト作用が加わって、先に述べたような量になったものである。したがって、このガスおよび付随水の産出は量的にも安定し、かなりの永続性が期待できる。開発の初期における動水勾配による自噴量を算定することは、理論的にも難しい問題であるが、那覇 2 号井の深部産出試験の場合について、一応の計算をしてみた結果によれば、それは、大きく見積っても全量の 2 割に満たない。したがって、本試験井の R 層については、さらにリフトをかけてみても大きな効果は期待できない。しかし、口径 5 1/2" C.P 程度の仕上げとし、さらにリフトをかければ、ガス量および揚水量をそれぞれ 1,500~2,100 m^3 /日および 1,000~1,400 kl/日とすることは可能であろう。口径を 7 1/2" C.P というような大口径仕上げとすることは、経済的には必ずしも得策ではないと思われる。

このように、那覇 2 号井の深部産出試験に関する数値は、本試験井自体を生産井とすることが可能なばかりでなく、那覇市周辺において、ガス層Ⅷが経済的開発に耐

注 3) 厚生省：衛生検査指針，VI，協同医書出版社，1957 による。

えることを一応示している。したがって、那覇 2 号井については、管理観測を随時実施し得る形にしておくことが希望される。さらに、ガス層Ⅷの合理的な開発と、ガスおよび付随水の有効利用とが望ましい。

7. 総括

今次調査・研究の成果の中でとくに注目されることは、次に列挙するとおりである。

1) 地表地質・地化学調査・研究によって、これまで異論のあった与那原町から西原町にかけて分布する砂岩の層位が、与那原層下部の最上位の砂岩であり、小禄砂層でないことが確認された。

2) 那覇市泊港から与那原町に向かって走る首里断層の位置が、ほぼ明らかになった。この断層の走向は、島尻層群の一般走向と直行するもので、重力およびガス中のヘリウム分布にもその反映と解釈されるものがみられることから、この断層は基盤をも切っているものと考えられる。

3) 重鉱物の調査・研究によって、島尻層群はその堆積期間を通じて、変成岩から物質の供給を受けていたことが明らかになった。

4) 貝化石の調査・研究によって、従来から島尻層群とされていた久米島の阿嘉層の大部分は、那覇石灰岩や仲尾次砂岩に対比される第四系であることが、ほぼ明らかになった。しかし、地表の地化学調査・研究によって、久米島の泥質岩試料について有機炭素の量が 0.40%，抽出有機物の量が 354 ppm という注目すべき値が得られており、久米島に本当に島尻層群がないのかという点については、再検討をする必要が生じた。

5) 重力探査の結果から推定される基盤の深度は、那覇 2 号井によって確認された深度とよく一致するばかりでなく、精査を行えば、首里断層のようなものまでもつかみ得ることが明らかになった。

6) 那覇 2 号井の掘さくによって、那覇 1 号井の F 層に続く島尻層群下部の層序が確認された。すなわち、両試験井の掘さくによって、地表においてはまったくみられない島尻層群下部の層序が確立された。

7) 地表に露出している島尻層群中の厚い砂質岩層は、小禄砂層だけであるが、那覇 2 号井では、同 1 号井最下部の F 層に続く同層のほか、H 層、J 層、L 層、N 層、P 層および R 層の 6 層もの砂質岩層が確認された。すなわち、沖繩本島中・南部の全域にわたって、やや深部まで天水が浸入しているおそれのある小禄砂層を除いても、那覇 1 号井の D 層以下に 8 層もの砂質岩層が、那覇層の中にあることが確認された。これらのガス

層となり得る砂質岩層の全層厚および有効層厚は、それぞれおよそ 497m および 363m にも達する。

8) コア間隙水の塩素度によれば、那覇2号井では、深度約 300m 以下でガスが飽和しているものと推定される。

9) 坑井の地化学調査・研究によれば、那覇層および基盤を構成する岩層は、いずれも相当量の有機物を含んでいる。

10) 那覇1号井の測温によって、沖縄本島南部地域における地下の温度分布の推定に必要な基礎資料が得られた。それによれば、那覇1号井を掘さくした付近における地下深部の地温を推定するには、深度200mを28.9°Cとし、それ以深については、平均温度勾配を2.35°C/100mとすればよい。

11) 浅部産出試験(対象深度区間 312~364m, ケーシング7" C.P.)の結果

ガス量	52.6 m ³ /day
水量	103.4 kl/day
ガス水比	0.51 ^{注4)}
産出指数	29.1 kl/day/KSC
ガス質	CH ₄ >75%
水温	28.5°C
pH	7.75
水質	Cl ⁻ 11,370 mg/l, I ⁻ 51.9 mg/l, Ca ²⁺ 282 mg/l, Mg ²⁺ 119 mg/l

12) 深部産出試験(対象深度区間 831~943m, ケーシング4" G.P.)の結果

ガス量	約 900 m ³ /day
水量	約 600 kl/day
ガス水比	約 1.5
産出指数	285.7 kl/day/KSC
ガス質	{ CH ₄ 89.52% ^{注5)} O ₂ 0.48% N ₂ 9.72% CO ₂ 0.24% H ₂ 大略 0.019% He 大略 0.028%
水温	44°C
pH	7.5
水質	Cl ⁻ 11,920 mg/l, I ⁻ 30.2 mg/l, Ca ²⁺ 513 mg/l, Mg ²⁺ 63.5 mg/l

8. 試掘・開発への指針

今次の調査・研究結果により、沖縄本島中・南部における水溶性ガスの開発・利用が日・琉両政府部内ばかり

注4) コンプレッサーの圧力が一定し、揚水量・排気量の変動が少なくなったり後期の14時間については、ガス水比が0.61である。

注5) 空気の混入分を除くと、CH₄は約92%となる。

でなく、現地および本土の関係業界において真剣に考慮されるに至ったが、そのための試掘・開発にあたって当面考慮すべき点は、次に列挙するとおりである。

1) ガス層Ⅶと同ⅡおよびⅣを主体とするその他のガス層は、技術的にも、また利用面からも、別個に考えるべきである。

2) ガス層Ⅷは、ガスの利用とともに付随水の温泉としての利用を考えて開発すべきである。また、ガス層ⅡおよびⅣを主体とするその他のガス層は、ガスの利用とともに付随水からのヨード採取を考えて試開発を行なうべきである。

3) ガス層Ⅶについては、首里断層以南の国場川沿いの地域においては、試掘段階を一応終わったものとして、ただちに開発を考えてよい。

4) 国場川沿いの地域以外では、首里断層以南においても、ガス層Ⅶの開発については試掘を先行させなければならないが、開発可能区域として一応考えられるのは、基盤深度が800~1,300mと推定される範囲である。

5) ガス層Ⅶ以外の諸ガス層の開発については、首里断層以南の地域においても、開発に先立って試掘・試開発が必要である。

6) ガス層Ⅶ以外の諸ガス層の開発は、ガス層ⅡおよびⅣ、とくに後者に重点をおいて考えるべきである。

7) ガス層ⅡおよびⅣを対象とする試掘・試開発は、両ガス層ができるだけ浅い深度区間にあり、かつ両層の地層水のCl⁻量が数1,000 mg/lをこえる所を選んで、計画・実施されるべきである。また、ガス層Ⅳだけについて、同様な条件のところを考えるのも、1つの方法である。

9. 今後の基礎調査・研究のあり方

日本政府の琉球政府に対する技術および財政援助計画に基づく第1~5次の基礎調査・研究によって、上に述べたように、沖縄本島の南部地域については、水溶性のガス鉱床が試掘・開発に移行できる見とおしが、かなりはっきりとした。しかし、昭和47年と想定されている本土復帰までに、次に述べる程度までの基礎調査・研究を完了して、試掘・開発に移行できる範囲の拡大をはかり、天然ガス資源を沖縄の経済開発および住民の福祉向上の基盤とする基礎を確立しておくことが望ましい。

1) 沖縄本島中・南部の地質図を完成する。

2) 沖縄本島南部地域におけるガス層ⅡおよびⅣの性質を明らかにするために、できるだけ浅い深度で地層水のCl⁻量が数1,000 mg/lあるいはそれ以上になると推

定されるところに、両ガス層が入るところを選んで試験井を掘さくし、きめのこまかい生産関係の測定・試験を、時間をかけて実施する。

3) 沖縄本島中部地域において、ガス層Ⅷおよびガス層Ⅱ・Ⅳを主体象とした試験井をそれぞれ1本ずつ掘さくし、物理検層および坑井地質・地化学調査をこまかく実施し、さらに、きめのこまかい生産関係の測定・試験を時間をかけて実施する。

4) 沖縄本島南部の知念村付近において、基盤の確認と構造性天然ガスに関する情報をうることを主目的とする層序試錐を実施する。

5) 宮古群島については、まず沖縄本島中・南部地域について実施したような地表地質・地化学調査および重力探査を行ない、昭和46年度には、試験井による調査・測定・試験などを実施できるようにする。

6) 基盤岩類に由来するガスおよび付随水については、地質・地化学の両面から調査・研究をしておく。

7) 琉球列島の構造地質学的ならびに炭化水素鉱床学的な性格に関する再検討を行なう。それには、問題点をしばった地質・地化学調査を行なうほか、陸域の海岸沿いの路線について、重力の予察調査を実施するのが効果的であろう。

以上の中でとくに言及しておきたいのは、層序試錐である。掘さく予定地として知念村付近が選ばれたのは、この地が沖縄本島南部においてもっとも東側にあたり、当地区の基盤に和野層相当層があるかどうかを確かめるのに適しているからである。さらに、当地区には小規模ながら構造性ガスの存在がすでに知られていること、および島尻層群の全層序が発達していることから、単に通常の層序試錐の目的を達成し得るばかりでなく、沖縄本島中・南部および中城湾を中心とする海域における構造性ガスの探鉱の手掛りを得るのに適していると考えられるからである。したがって、この層序試錐井はできるだけ仕上げ、試験井として必要な各種の測定・試験をあわせて実施することが望ましい。

10. 結 言

本報告は、日本政府の琉球政府に対する技術および財政援助計画にもとづいて、工業技術院地質調査所の所員が琉球工業研究指導所の職員と協同して実施した第5次沖縄天然ガス資源調査・研究の地質調査所側としての概報である。

（昭和44年5月稿，10月補訂）

参 考 文 献

- BLOW, W. H. (1959): Age Correlation and Biostratigraphy of the Upper Tocuyo (San Lorenzo) and Posón Formations of Trinidad, B. W. I. *U. S. Nat. Mus. Bull.* 215.
- 第5次沖縄天然ガス調査講師団 (1969): 那覇2号井自噴す, 地質ニュース, no. 181
- FOSTER, H. L. (1965): Geology of Ishigakishima, Ryukyu-retto, *U. S. G. S., Prof. Paper*, 399-A.
- 福田 理・他14名 (1967): 第3次沖縄天然ガス鉱床調査の記録, 地質ニュース, no. 157, no. 158
- 福田 理・他12名 (1969): 第4次沖縄天然ガス資源調査・研究概報, 地質調月, vol. 20, no. 2
- HANZAWA, S. (1935): Topography and Geology of the Ryūkyū Islands, *Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, vol. 17.
- 比留川貴・他4名 (1970): 第3次沖縄天然ガス資源調査・研究報告(その9), 試験井の地球化学的調査研究, 地質調月, vol. 21, no. 8
- 兼島 清 (1959): 琉球の天然ガス, 天然ガス, vol. 2, no. 7
- 兼島 清 (1960): 沖縄本島南部地区に産する天然ガス付随水の地球化学的研究, *Bull., Arts & Sci. Div., Univ. of Ryukyus, Math. & Nat. Sci.*, no. 4.
- KONISHI, K. (1963): Pre-Miocene basement complex of Okinawa and the tectonic belts of the Ryukyu Islands, *Sci. Rept. Kanazawa Univ.*, vol. 8, p. 569~602.
- 小西健二 (1965): 琉球列島(南西諸島)の構造区分, 地質学雑誌, vol. 71, no. 840
- Le ROY, L. W. (1965): Smaller Foraminifera from the Late Tertiary of Southern Okinawa, *U. S. G. S. Prof. Paper* 454-F.
- MACNEIL, F. S. (1960): Tertiary and Quaternary Gastropoda of Okinawa, *U. S. G. S. Prof. Paper*. 339.
- 牧 真一・他3名 (1970): 第3次沖縄天然ガス資源調査研究報告(その4), 地表有機物調査・研究, 地質調月, vol. 21, no. 8
- 牧野登喜男・樋口 雄 (1967): 沖縄本島南部の天

- 然ガス鉱床の地質学的考察, 石油技術協会誌, vol. 32, no. 2
- 本島公司・牧野登喜男 (1961): 琉球の天然ガス, 地質ニュース, no. 77
- 本島公司・牧野登喜男 (1965): 琉球の天然ガス資源, 地質調月, vol. 16, no. 4
- SARRO, T. (1963): Miocene Planktonic Foraminifera from Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)* vol. 35, no. 2.
- YABE, H. & HATAI, K. (1941): Additional Fossils from the Shimaziri Beds of Okinawa-zima, Ryukyu Islands, Japan. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, vol. 18, nos. 1-2.