

第3次沖縄天然ガス資源調査・研究報告(その1)

—地質概説と研究史について—

福田 理*

Report of the 3rd Phase Survey for the Natural Gas Resources of Ryukyu Islands (Part 1)

—Outline of Geology and Note on Previous Works—

By

Osamu FUKUTA

Abstract

In this part, geological outlines of the Ryukyu Islands (1), results of the 1st and 2nd phase survey (2) and outlines of the 3rd phase survey (3) have been given.

1. 地質概説

1.1 琉球列島

琉球列島は太平洋北西部の地質学的特質ともいえる弧状列島をつくる代表弧の1つ“西日本弧系”の南西半部に当る琉球弧(第1図)の主部を占め(上田・杉村, 1968),九州から台湾に至るまでの1,200 kmに及ぶ延長を有し,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学的,構造地質学的研究を行なった小西健二(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2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-Ryukyu 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 Ryukyu)
 - b. 中部琉球 (Central Ryukyu)
 - c. 西南琉球 (Southwest Ryukyu)
6. 宮古凹地 (Miyako Depression) と吐喝喇海狭 (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)

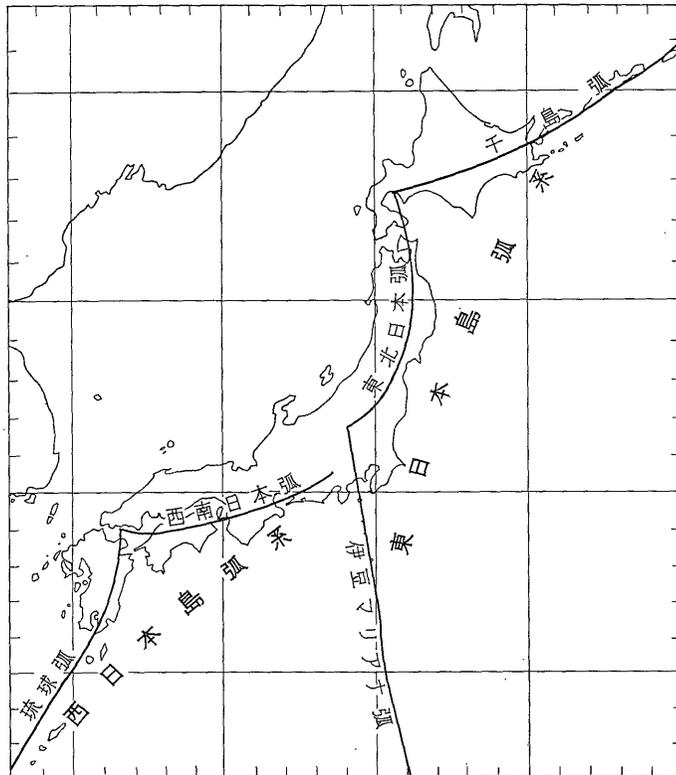
琉球列島として海上に露出する岩体のほとんどは,3,4および5の地形区に属するが,これには2つの例外がある。その1つは,それ自体独立の地形区をつくる10. 大東山地区(北大東島・南大東島・沖大東島)である。また,他の1つは,大陸寄りにある尖閣群島(魚釣島・黄尾礁・赤尾礁等)で,1. 東海陸棚区に入る。また,弧状列島に関する最近の見方(久野,1960;上田・杉村,1968)に立てば,西日本火山帯のフロント(第3図)は,4. 琉球火山帯(または霧島火山帯)と,5. 琉球地背斜区との間に位置することになる。

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4図に示すように,内側から外側に向って,次の6つの構造累帯に分けられる。

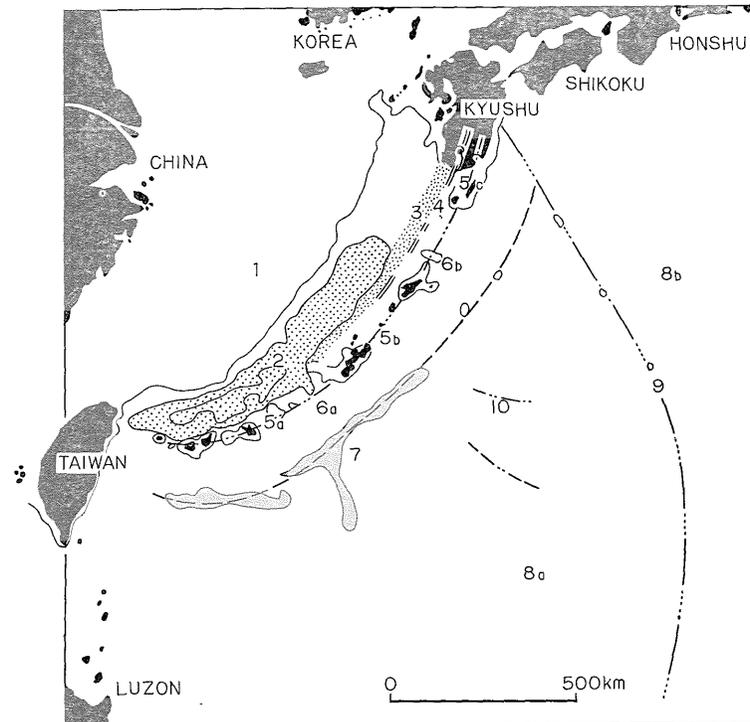
1. 甌島累帯 (Koshikijima Belt)
2. 石垣累帯 (Ishigaki Belt)
3. 本部累帯 (Motobu Belt)
4. 国頭累帯 (Kunigami Belt)
5. 島尻累帯 (Shimajiri Belt)
6. 熊毛累帯 (Kumage Belt)

以上の6累帯のうち,琉球列島中部以南で明瞭でない甌島累帯を除く5累帯に分布する諸岩層の層位学的関係は,第1表に示すとおりである(小西,1965)。この表にない甌島累帯は,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?

* 燃料部

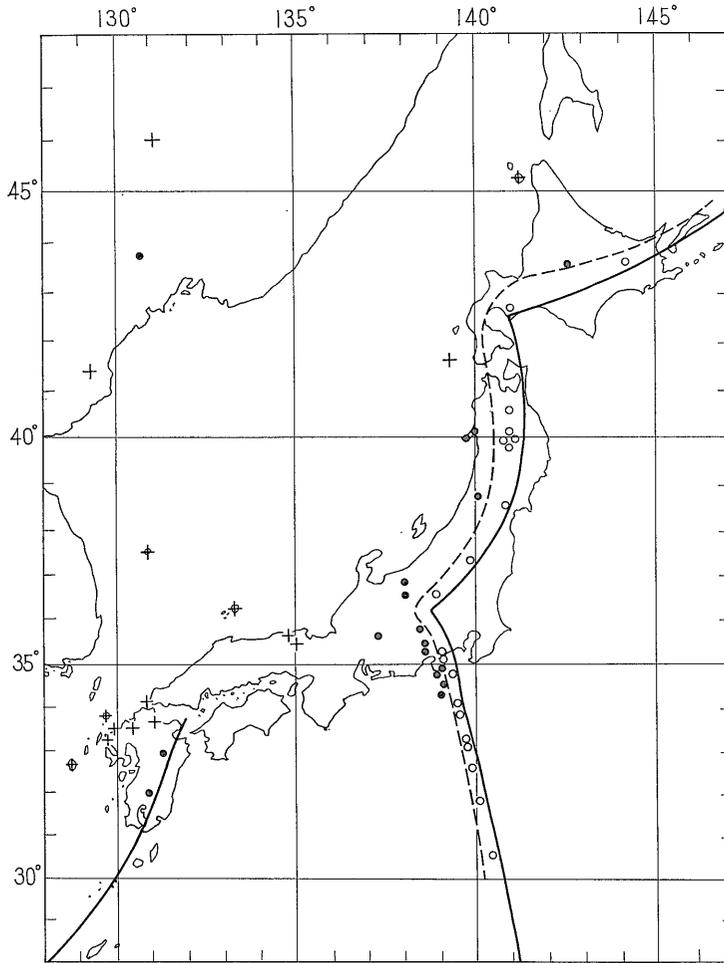


第1図 日本およびその付近の島弧 (上田誠二・杉村新, 1968)
Island arcs of Japan and its environs



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-Ryukyu 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 (Southwest Ryukyus)
6. 宮古凹地 (Miyako Depression) と吐霧列海峡 (Tokara Channel)
7. 琉球海溝 (Ryukyu Trench)
8. フィリピン海盆区 (Philippine Sea Basin)
9. 九州パラオ海底山稜 (Kyushu-Palau Ridge)
10. 大東山地区 (Daito Mountains)

第2図 琉球弧状列島およびその周辺の地帯構造区分
Geotectonic framework of the Ryukyu Island Arc and its adjacency.
(小西健二, 1965)



白丸はソレイライト系, 黒丸は高アルミナ玄武岩系, +はアルカリ, 玄武岩系, 実線は火山帯のフロント, 破線は岩石区の境界

第3図 日本およびその付近の火山岩岩石区
Volcanic rock provinces of Japan and its environs
(久野 久, 1960; 上田・杉村, 1968より)

(赤崎層群)注1)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、小西(1965)に従って、これら構造累帯と西南日本のそれとの関係を示すと、次のようになる。

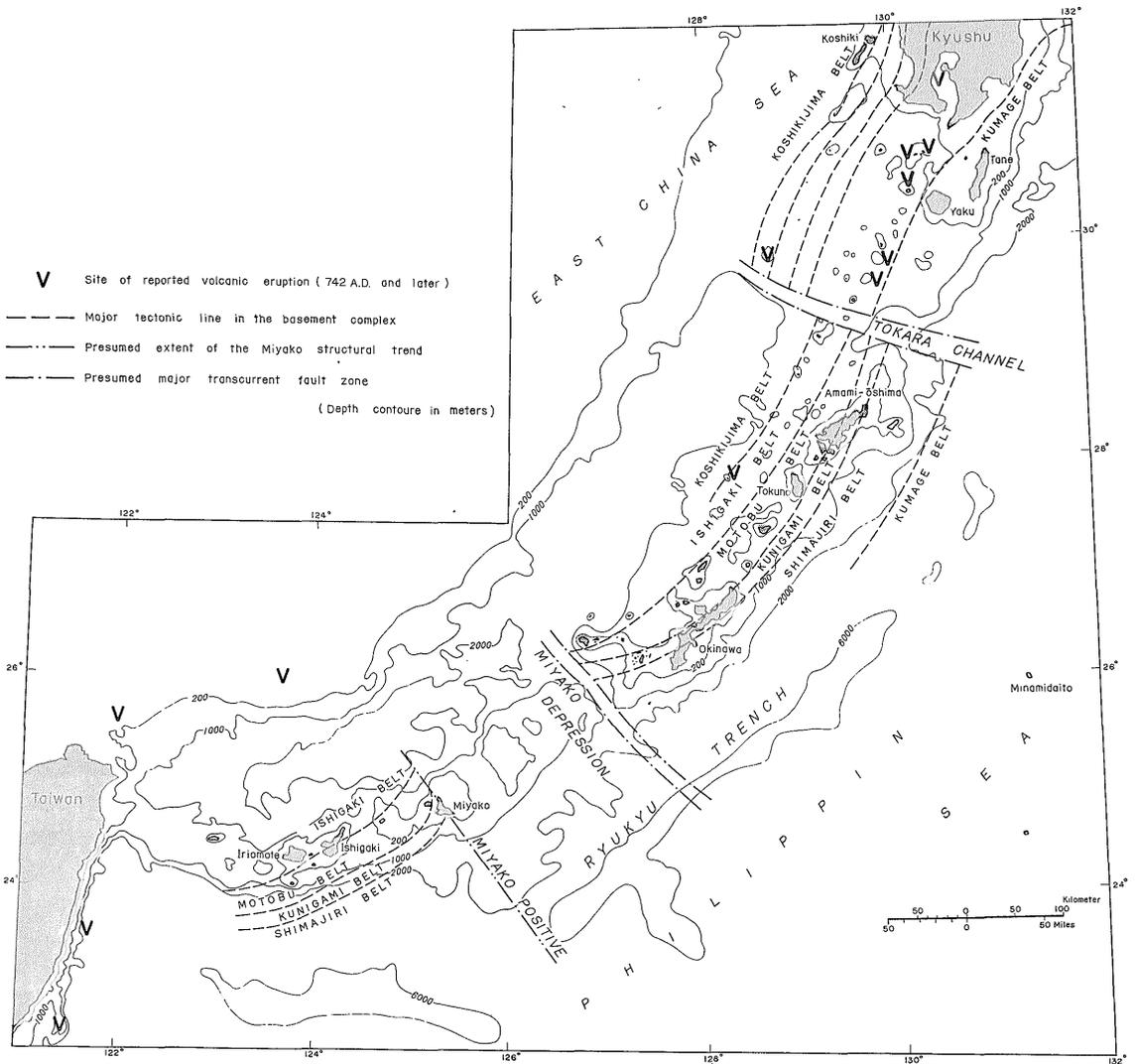
[琉球地背斜]	[西南日本]
瓶島累帯	領家帯
石垣累帯	三波川帯
本部累帯	秩父累帯

注1) 一般に古第三系の最下位を占めるものとされているが、Soil stratigraphic units の概念をも考慮に入れて、根本的に再検討する必要がある。

国頭累帯	四万十累帯北帯
島尻累帯	四万十累帯南帯
熊毛累帯	(海中)

1.2 沖縄群島

琉球列島の地質全般についてはじめてくわしい調査研究をした半沢正四郎(1935)によれば、沖縄群島に発達する岩層は、下位から、古生層、玢岩、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5図)。しかし、最近の小西(1965)の研究によれば、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

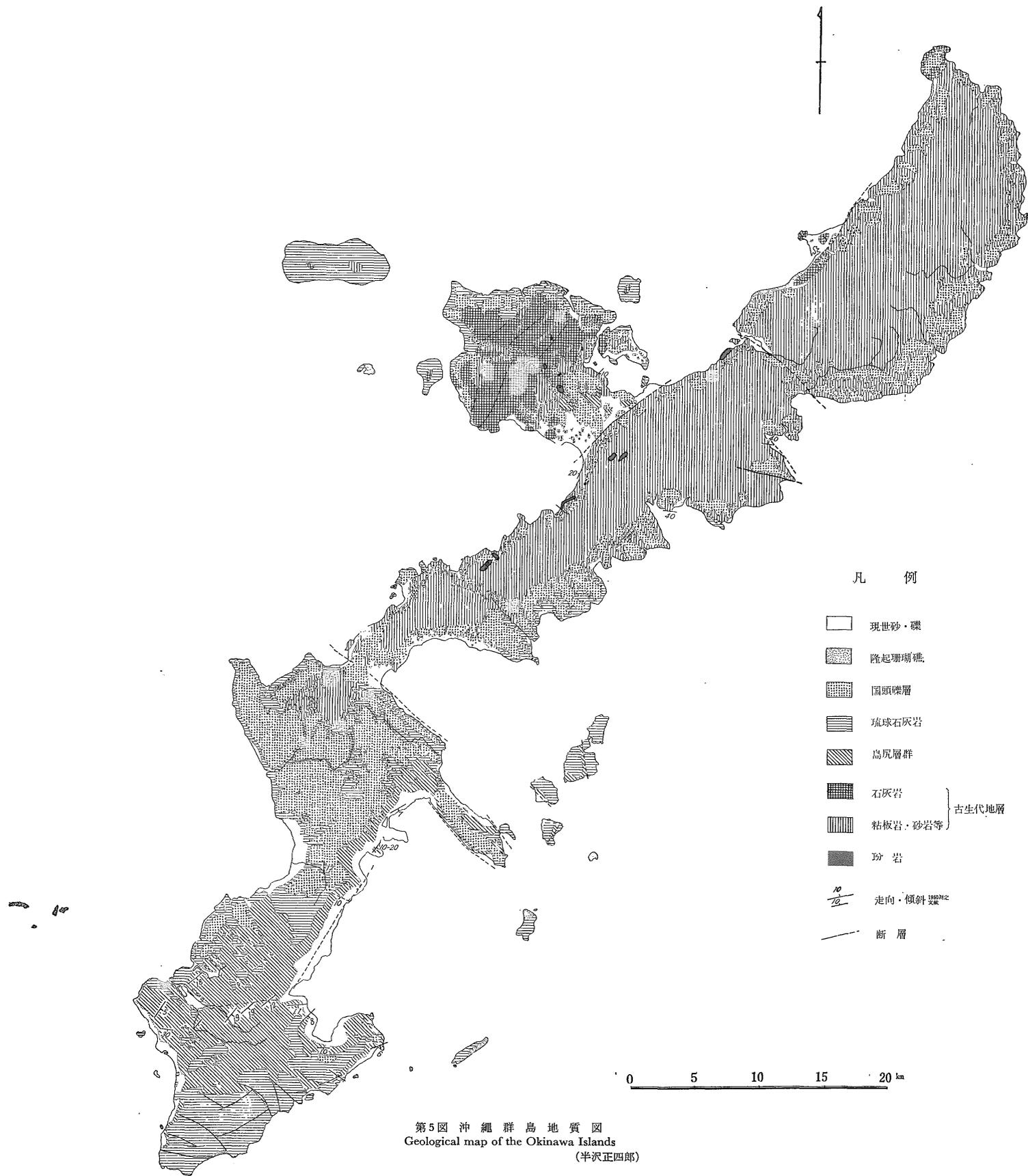


第 4 図 琉球地背斜の先中新世基盤岩類にみられる帯状構造
Tectonic belts in the pre-Miocene basement rocks of the Ryukyu Geanticline.
(小西健二, 1965)

の島々に限られ、他のいわゆる古生層は、西南日本の四十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ク）・頁岩の単調な繰り返り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みだされるほかは、おびただしい量の生痕化石のみを産する。

以上に述べた沖縄本島の背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、低角衝上性の辺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～半深成岩類の逆・貫入がみられる。半沢（1935）の玢岩は、これらの火成岩類に当るものである。

以上の基盤岩類の上に重なる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、最近、MacNEIL（1960）はこれに若干の改訂を加



第3次沖縄天然ガス資源調査・研究報告(その1) (福田 理)

第1表 先中新世基盤岩類にみられる構造帯別の地質学的特徴
Stratigraphic units and their relationship in terms of the geotectonic belts of the Ryukyu Islands

BELT (width)		ISHIGAKI	MOTOBU	KUNIGAMI	SHIMAJIRI	KUMAGE	
AGE		20 - 35 km	25 - 45 km	20 km	60 - 75 km	45 + km	
CENOZOIC	Q	"RYUKYU Ls."	MACHINATO Ls. & its correlative formations			NOONO F.	
			OMAKI CLAY — "KUNIGAMI GRAVEL" (as defined by Hanzawa, 1935)				
	PST	PL	YONTAN Ls. Gravelly facies of			& its correlative formations	
			NAHA Ls.			CHINEN SAND	
			NAGURA-AKA G.			SHIMAJIRI SHINZAITO Tr-Osebaru F.	
			YAMAGUSUKU F.			YONABARU F. - GUSUKUBE Sh.	
			GUGA ? F.			OGAMI Grp. IKEMA S.	
			YAEYAMA & NOSOKO F.			ISSO F.	
			MIYARA F.			KUMAGE MIYANOURA Grp.	
			TUMURU F.			FUNAYUKI F. MUGIO ? F.	
MESOZOIC	K	SHOMI F.			AKAGINA F. & unnamed subsurface formations		
		KAYO-ODANA-OGACHI F.			NAGO-NAZE F.		
		TONAKI-YONAMI-NE F. FUSAKI-IZENA F. MOTOBU-NAON F. IDESUNA Grnst.					
PALEOZOIC	P	TONAKI-YONAMI-NE F. FUSAKI-IZENA F. MOTOBU-NAON F. IDESUNA Grnst.					

(小西健二, 1965)

第2表 沖縄本島の新生界区分対照表
Cenozoic subdivisions in the Okinawa Main Island

半沢 (1935)		MacNeil (1960)	
第四紀	隆起海浜堆積物	隆起海浜堆積物および砂丘	
	くにがみ頭礫層	琉球層 (一部国頭礫層)	牧港石灰岩
第三紀	琉球石灰岩	琉球層 (一部国頭礫層)	読谷石灰岩 (風化残留物 (一部国頭礫層))
	島尻層群	島尻層群	那覇石灰岩 (北西部: 砂岩; 中部: 砂岩; 南東部: 礫砂岩)
中新世	島尻層群	島尻層群	新里凝灰岩
		島尻層群	粘土・シルト質砂層
		島尻層群	塊状砂層 (与那原粘土層)
		島尻層群	与那原粘土層 (与那原のさく非で2,500フィート続く)

(MacNeil, 1960)

えた。沖縄本島について見ると、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主要な探鉱対象となるの

は、沖縄本島中・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、牧野登喜男・樋口雄 (1967) の考え方も公表されており、また、今次調査の結果、以上のいずれとも若干異なる考え方に到達したので、これらの考え方の関係を第3表に示す。今次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、牧野・樋口 (1967) の小禄部層あるいは本報告で小禄砂岩としたものは、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の互層からなる那覇層の最上位の砂岩層にほかならない。また、後で述べるように、浮遊性有孔虫化石から見ると、今回掘さくした試験井の下限以上の那覇層および与那原層は、上部中新統に入ることは間違いなさそうであるが、新里層の層位については、第4次・第5次の調査の終了をまって、改めて論ずることにしたい。

第2表からもうかがえるように、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の堆積物についても、述べなければならないことが多

第 3 表 沖縄本島の島尻層群の層序区分対象表
Subdivisions of the Shimajiri Group in the Okinawa Main Island

半 沢 (1935)	MacNeil (1960)	牧野・樋口 (1967)	福田・影山 (1967)
島 尻 層 群	Shinzato tuff member		新 里 層
	Yonabaru clay member	Clay and silty clay	島 尻 層
		Massive sand	与 那 原 層
	Lower 2500feet in Yonabaru well		那 覇 層
		*坂井地質のC-F層はこの部分の上部に位置する	小 嶺 砂 岩 未 区 分 *

(福田理 他14名, 1967)

く、かつ今後の研究にまたなければならぬ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難いので、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、および、知念砂岩は新里層の上に傾斜不整合をもって重なり、その層位も上部鮮新統あるいは更新統に入る可能性が少なくないことを指摘するに止める。

すでに述べたように、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、その下の基盤が何によって構成されているかが当然問題になってくる。これについては、那覇市内で行なわれた試錐で、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・山口, 1965), また、その東端部には、高等有孔虫化石が発見され、始新統の存在が確認されるに至ったので、島尻層群の基底に、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。これは、沖縄本島の天然ガス鉱床を考える上に、きわめて重要な示唆を与えるものである。何となれば、島尻層群に対比される宮崎層群中の天然ガスの賦存状態、ならびにガスおよび付随水の化学成分から見て、宮崎層群、とくに日南地方のそれに賦存する天然ガスには、基盤岩類から供給されたものが含まれているらしいことが、すでに地質調査所の調査・研究によって明らかになっているからである (福田, 1966; 1967)。

一方、後で述べるように、沖縄本島中・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先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に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。このような変成岩類が、宮崎地方の宮崎層群の基盤をなす四万十層群の一部にみられることも、沖縄本島の天然ガス鉱床を考える上に、忘れてはならない事実である。

2. 既往の調査とその成果

2.1 第 1 次 調 査

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鉱床の第一次調査は、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、すでにその速報 (本島・牧野, 1961) および報告 (本島・牧野, 1965) が公刊されている。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) ガスの根源層は島尻層群の泥岩部が主であると思われる。
- 3) ガス層は鹹水 (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) ガスの賦存度は、付随水の NH₄⁺ とは正相関するが、HCO₃⁻ 全 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、本土の普通にみられる水溶型ガス鉱床と、炭田ガス鉱床との中間的性質を示している。

6) ガス質はおよそ次に示すとおりである。

CH ₄ =	96~99 vol. %
C ₂ H ₆ =	0.2~1 "
C ₃ H ₈ =	0.0~0.02 "
CO ₂ =	0.04~0.6 "
H ₂ =	0.000~0.00n "
He =	0.000~0.004 "
N ₂ +Ar =	0.9~5 "

7) ガス質と付随水の水質との間には、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CH₄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繩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、沖繩本島中・南部地区・宮古島・沖繩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、まず沖繩本島中・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。

2.2 第2次調査

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・樋口 雄および橋本知昌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)の沖繩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小古生物学的調査を主とするものであった。本調

査の結果、沖繩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105 km²の地域の地質、地質構造および島尻層群中の有孔虫化石群集が明らかにされ、その結果に基づいて、小祿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)。

3. 第3次調査

3.1 目的

以上に述べた第1次・第2次の調査の成果、およびそれから明らかにされた今後の調査のあり方にかんがみ、昭和41(1966)年度の第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)の沖繩本島中・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有孔虫化石の調査を行なうことにした。

3.2 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)

3.3 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・丹治耕吉・後藤 進
地表地質	影山邦夫・福田 理・小野寺公児
有孔虫	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	小野寺公児
まとめ	福田 理・井島信五郎・本島公司

以上のほか、地化学調査には琉球工業研究指導所の饒平光雄および石原金盛が参加した。
(昭和41年9月調査)

引用文献

福田 理(1966)：後生的水溶型ガス鉱床とその一

- 例, 石油技術協会誌, vol. 30, no. 4
- 福田 理 (1967) : 水溶型ガス鉱床の地質学的意義
に関する一考察, 堆積学に関する諸問題,
5 学会連合学術大会討論会資料
- 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
- HANZAWA, S (1935): Topography and geology of
the Ryukyu Islands, *Sci. Rep. Tohoku Imp.
Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), vol. 17.
- 石川秀雄・山口四郎 (1965) : 奄美大島本島からア
ムモナイトの発見とその意義, 地質学雜
誌, vol. 71, no. 833
- 小西健二 (1965) : 琉球列島 (南西諸島) 構造区分,
地質学雜誌, vol. 71, no. 840
- KUNO, H. (1960): High-almina basalt; *Jour. Petrol.*,
vol. 1.
- MACNEIL, F. S. (1960): Tertiary and Quaternary
Gastropoda of Okinawa, *U.S.G.S., Prof.
Pap.*, 339.
- 牧野登喜雄・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 (1960) : 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
- 上田誠也・杉村 新 (1968) : 弧状列島 I ~ VII, 科
学, vol. 38