

## 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—

牧 真一\* 本島 公司\* 饒平名光雄\*\* 石原 金盛\*\*

## Report of the 3rd Phase Survey for the Natural Gas Resources of Ryukyu Islands (Part 4)

—Geochemical Studies of Hydrocarbon Source Rocks in the Southern  
and Central Parts of the Okinawa Main Island—

By

Shin'ichi MAKI, Koji MOTOJIMA, Mitsuo YOHENA, &amp; Kinsei ISHIHARA

## Abstract

In the southern and central parts of the Okinawa Main Island, the authors selected three observation lines with the direction of east to west, and chose 38 sampling sites on these lines. At each sampling site, marine muddy rocks of Miocene Shimajiri Group were collected, and chemical analyses have been done for these samples. The data concerning the extraction by organic solvents, liquid hydrocarbons, organic and inorganic carbon, organic and inorganic nitrogen were obtained. After the quantitative determination of organic carbon and hydrocarbon, the degree of hydrocarbonization\* for muddy samples was calculated.

Using these data, the authors examined and evaluated the muddy rocks of the Shimajiri Group as the source bed of the hydrocarbon deposits.

The obtained results can be summarized as follows.

1. The amount of extracted organic matter (0.035~0.047%) in this field is about a half of the sapropelic rocks in the Niigata oil field (0.097% av.), and nearly two times of the source rocks in the Southern Kanto and Miyazaki gas fields (0.028% av.).

2. The value of degree of hydrocarbonization is nearly equal to that of the Niigata oil field.

3. The mean value of organic carbon content is 0.45 wt% and smaller than that of the Average Shale in the world.

4. The ratio of organic carbon to organic nitrogen in this field is same as that of the muddy rocks from hydrocarbon fields in Japan.

5. After all, as a result of the examination of above-stated points, the authors have presumed that the genetic potentiality of the Shimajiri Group for hydrocarbon deposits is nearly equal to that of the Southern Kanto and Miyazaki gas fields, and that of the Niigata oil field. However, the authors have to pay attention to the low concentration of organic matter in the Shimajiri Group in spite of the high value of the degree of hydrocarbonization.

\* degree of hydrocarbonization

$$= \frac{\text{carbon in hydrocarbons \%}}{\text{organic carbon \%}}$$

$$= \frac{\text{extract by organic solvents \%} \times \frac{\text{hydrocarbons in extract \%}}{100}}{\text{organic carbon \%}} \times 0.86$$

## 要 旨

沖縄本島のいわゆる南部および中部地区において、ほ

ぼ東西方向に、南から知念一那覇、西原一浦添および勝連一山田の3測線を設定し、主として新第三系の海成堆積層である島尻層群(小禄砂層よりも上位)から採取した38個所の地表水成岩試料—おもに泥岩—の有機物に

\* 技術部

\*\* 琉球工業研究指導所

ついて、炭化水素鉱床学的検討を行なった。すなわち、岩石試料に対して、溶媒抽出および液体クロマト法によって抽出量・炭化水素量などを求め、さらに別途に炭素および窒素を測定し、ついで石油化度を算出し、これらを総合して、主として島尻層群の炭化水素根源岩としての価値を検討した。

試料に供した堆積岩から有機溶媒によって抽出される可溶性有機物に関するデータを、日本国内のガス田および油田地帯のデータと比較すると次のようである。すなわち、3測線の平均可溶性有機物量0.035~0.047%は、わが国の代表的石油鉱床およびガス鉱床を胚胎する新潟の堆積盆を構成する新第三系の岩石の0.097%に比較しておよそ半であり、また水溶性ガス鉱床を胚胎する南関東および宮崎の第三系堆積盆における平均0.028%の値のおよそ2倍である。さらに、知念一那覇、勝連一山田の2測線の試料では、抽出物中に占める炭化水素の割合は大きく、新潟とほぼ同じ値が得られている。また、同じ測線における石油化度も新潟と同程度あるいはそれよりも大きな値が得られている。

有機炭素量は平均で0.45 wt%が得られたが、これは全世界の平均頁岩の値よりもやや小さい。

有機炭素量と有機炭素/有機窒素比の関係は、一般の炭化水素鉱床地帯で測定されるものと同じ傾向、すなわち有機炭素量の多いものには有機炭素/有機窒素比が大きい傾向がみられ、有機物の分解につれて、有機炭素の分解も促進されたことがうかがえる。

以上の泥岩試料に関する検討結果から、当地域の細粒堆積岩の単位体積あたりの炭化水素根源岩としての価値は、わが国で一般にみられる油田およびガス田地帯の泥質岩のそれにほぼ匹敵することがわかる。当地域の島尻層群の含砂率は、わが国の他の炭化水素鉱床地帯のそれよりも大きくはないので、炭化水素根源岩に関する限り、沖縄本島中・南部の第三系は、比較的恵まれた性質をもつものと判断される。

## 1. 緒言

炭化水素鉱床が成立するためのいくつかの必要条件のうちで、直接有機物に関連するものとしては、著量の炭化水素を発生するために必要な原物質である有機物が多量に存在し、かつある程度特定の地質部位にそれが濃集し、しかも地質学的にみて、その有機物が分解する環境にあったか、あるいはある、ことなどがあげられる。これらの条件を具備しているか否かを判定するため、従来堆積岩中に残存している有機物の量と質を調べる方法がとられてきた。第1の有機物の量は、一般に有機炭素量

から算出して推定する。また第2の有機物の質は、炭化水素鉱床成因に関連して、多くの研究者によって種々異なった方法から推定され、しかもこれらの研究方法は分析技術の進歩によっても変化している。

この点に関して現在の研究の注目される一方は、溶媒抽出および液体クロマト法によって、堆積岩中の炭化水素の量ならびに質を調べ、炭化水素の生成に関する知見を得ようとする試みである。すなわち、SMITH, P. V. Jr. (1952, 1954) は、現世堆積物中の有機物を有機溶媒で抽出し、抽出物を液体クロマトグラフを用いて炭化水素およびその他の化合物に分ける方法によって、はじめて現世堆積物中に液状炭化水素が存在することをみいだした。また HUNT, J. M. ら (1961) は、同一方法を石油母層の研究に適用した。わが国では、柳下秀晴 (1962) が、新潟の含油第三紀層と南関東および宮崎ガス田の新第三紀層から採取した541個の堆積岩について同じ方法で研究し、堆積岩の石油根源岩としての評価や、石油鉱床の成立に関する検討がこの方法によって可能であることを報告している。

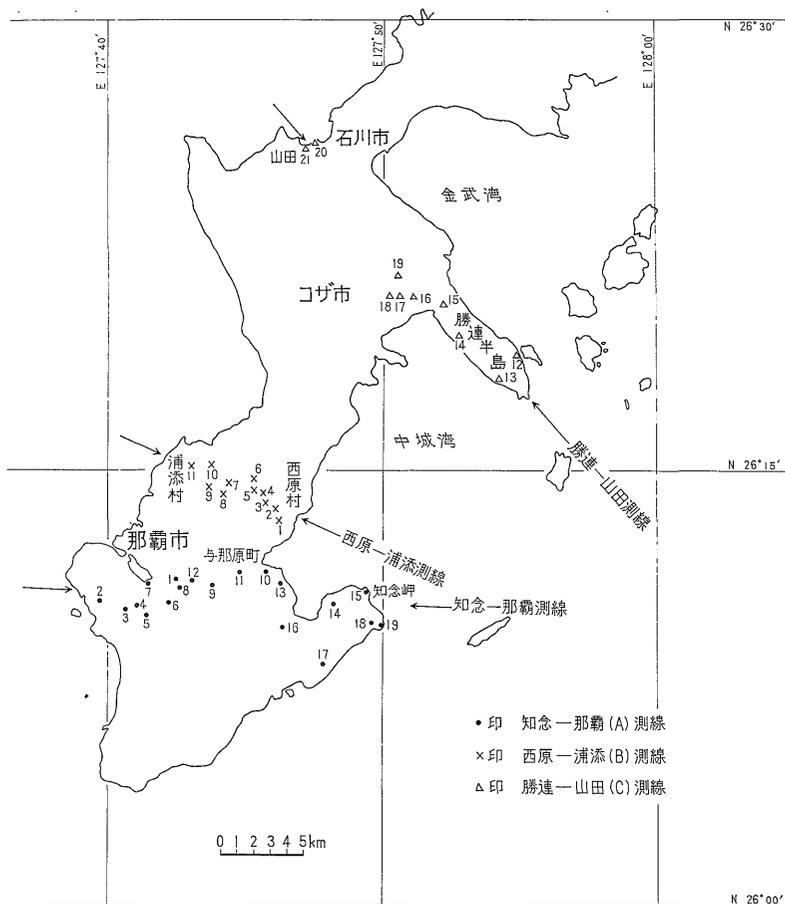
また一方、液体クロマト法によらないで、土壌などの有機物の分解度合を測る目安としての炭素率(C/N)が古くから研究され、TRASK, P. D. (1932) は、現世堆積物について研究し、また地質時代の堆積岩も一部研究した。その後、ARRHENIUS, G. (1950) およびBADER, R. G. (1955) は、現世堆積物の炭素量と窒素量を対数目盛にとると、両者の間に直線関係があることを報告している。わが国では、田口一雄 (1960) が秋田・山形県境の海成油母岩および堆積岩について同様な結果を得ている。

筆者の一人牧は、従来主として炭化水素鉱床地帯における堆積岩中の有機物のC/Nについて研究してきたが、有機物量の増加とともにC/Nも増加する傾向を認めた。そしてこのような有機物についての炭素と窒素の関係を探ることによって、堆積岩中に含まれる有機物が分解する過程の一部を推察することができると考えられる。

今回行なった地表堆積岩に関する有機物の研究では、各測線で採取した試料中の有機物量、炭化水素量、石油化度およびC/N値などを求め、それらによって沖縄本島南部および中部地区に発達する島尻層群の堆積岩の炭化水素根源岩としての価値を地球化学的に検討した。

## 2. 試料採取位置など

沖縄本島南部および中部地区に、東西方向に、知念一那覇、西原一浦添および勝連一山田の3測線を設定し、各測線上に試料採取地点としてそれぞれ18点、11点およ



第1図 試料採取地点配置図 Sampling locality

び9点を選び、試料を採取した。それぞれの測線および試料採取地点の位置を第1図に示す。

各地点の試料採取に際しては、まず露頭の風化露出面を取り除き、なるべく新鮮な塊状試料を採取した。

採取した試料を実験室で粗粉碎の後風乾し、さらに100メッシュに細粉碎して分析に供した。液体クロマトグラフ試料および炭素・窒素測定用の試料では、分析に先んじて水分を測定し、分析結果は乾燥試料に対する割合で示した。

### 3. 分析法

#### 3.1 液体クロマトグラフ

この方法は、一般の石油の地化学調査で広く行なわれているので、簡単に要点を述べるにとどめる。

まず試料をベンゼン・アセトン・アルコール混合液(50:25:25)で抽出し、この抽出物について測定した遊離硫黄を差し引いたものを抽出量とするか、または後

のn-ヘキサンによるクロマト流出分中の遊離硫黄を差し引いた値をもって、いわゆる抽出量として表現する。ただし今回の測定では、遊離硫黄がきわめて微量であって、実際には抽出量には影響しなかった。

上記の全抽出物をクロマト用アルミナ柱に固定し、n-ヘキサン、ベンゼンおよびピリジンを、この順にそれぞれ別個に数回に分けてアルミナ柱へ注入し、各流出分に分ける。最後のピリジンを注入した後に、アセトンおよびアルコールでこのアルミナ柱を洗浄し、その流出分をピリジン流出分へ加える。

各流出分は、それぞれ次の組成を示し、その量は秤量の後抽出量に対する割合で示される。

P+Cp % (n-ヘキサンによる流出分)

主としてパラフィン系炭化水素およびシクロパラフィン系炭化水素

Ar % (ベンゼンによる流出分)

主として芳香族炭化水素

第 1 表 地 表 有 機 物

測線名	測点番号	試料採取地名	岩相	抽出量 %	抽出		
					P+Cp %	Ar %	O-N-S %
知念 — 那覇	A-1	那覇市国場試験井地点	braw. mud st.	0.0306	8.2	13.5	23.5
	A-2-1	那覇市小禄具志	braw. sd. st.	0.0304	36.8	15.3	23.3
	A-2-2	那覇市小禄具志	gy. sil. st.	0.0381	19.2	10.5	25.5
	A-2-3	那覇市小禄具志	dark braw. sd. st.	0.0145	15.2	9.7	33.2
	A-3	豊見城村宜保	gy. sil. st.	0.0541	28.3	9.2	16.8
	A-4	豊見城村上田中学校裏	gy. sil. st.	0.0373	13.8	27.6	31.0
	A-5	豊見城村上田の東500m	gy. sil. st.	0.0314	4.8	6.6	39.3
	A-6	豊見城村嘉数の南1000m	blu. gy. f. sil. st.	0.0494	23.5	5.9	38.2
	A-7	豊見城村根差部	blu. gy. sil. st.	0.0565	20.5	7.7	30.8
	A-8	南風原村津嘉山	blu. gy. sil. st.	0.0528	16.7	11.9	51.1
	A-9	南風原村兼城	blu. gy. sil. st.	0.0676			
	A-10	与那原町知念高校前	blu. gy. f. sil. st.	0.0526	25.0	13.9	41.7
	A-11	与那原町与那覇	blu. gy. f. sil. st.	0.0265	20.8	16.7	37.5
	A-12	南風原村津嘉山の北大峯鉄工所跡	blu. gy. f. sil. st.	0.0389	18.8	14.7	35.3
	A-13	与那原町当浜	blu. gy. f. sil. st.	0.0296	11.1	14.8	33.3
	A-14	佐敷村屋比久	blu. gy. f. sil. st.	0.0343	14.3	6.7	36.7
	A-15	知念村知名崎	blu. gy. f. sil. st.	0.0308	18.5	7.4	33.3
	A-16	佐敷村新里	blu. gy. f. sil. st.	0.1222	33.6	9.3	20.6
A-17	玉城村仲村渠	blu. gy. sill st.	0.0191	6.7	6.7	20.0	
A-18	玉城村久手堅	gy. sd. st.					
西原 — 浦添	B-1	西原村掛久保	blu. gy. sil. st.	0.0352	3.4	9.5	41.7
	B-2	西原村上原掛久保の間	blu. gy. f. sil. st.	0.0347	3.8	7.4	39.3
	B-3	西原村上原	blu. gy. f. sil. st.	0.0598	6.8	5.7	17.8
	B-4	西原村上原棚原の中間	blu. gy. f. sil. st.	0.0619	5.0	8.6	27.8
	B-5	西原村棚原	blu. gy. f. sil. st.	0.0308	4.9	7.5	44.2
	B-6	西原村森川	blu. gy. f. sil. st.	0.0496	1.4	4.4	15.7
	B-7	浦添村嘉数	gy. sil. st.	0.0425	7.1	5.9	22.4
	B-8	浦添村前田	gy. sil. st.	0.0543	7.0	5.9	14.4
	B-9	浦添村仲間	blu. gy. f. sil. st.	0.0561	3.6	4.3	14.3
	B-10	浦添村大謝名	gy. f. sil. st.	0.0145	13.8	11.0	49.7
	B-11	浦添村城間	gy. sil. st.	0.0255	3.1	5.9	29.4
勝連 — 山田	C-12	与那城村屋慶名	blu. gy. sil. st.	0.0339	38.1	10.5	20.9
	C-13	勝連村ホワイトビーチ西側山腹	blu. gy. f. sil. st.	0.0339	1.5	19.2	42.3
	C-14	勝連村西原助加屋の間 (勝連城の下)	gy sil. st.	0.0325	13.0	18.1	32.3
	C-15	勝連村川田東部	blu. gy. f. sil. st.	0.0399	2.0	17.5	22.7
	C-16	具志川村豊原北方	l blu. gy. f. sil. st.	0.0230	18.9	14.4	32.2
	C-17	具志川村仲峯	blu. gy. f. sil. st.	0.0372	2.3	33.1	24.8
	C-18	具志川村宮里の東	decomp. sil. st.	0.0395	58.8	12.5	19.1
	C-19	具志川村平良川の南西方	l. blu. gy. f. sil. st.	0.0395	37.4	14.8	18.7
	C-21	恩納村山田温泉の南東500m	phyllite (pre-Tertiary)				

l. ....淡色 braw. ....褐色 blu. ....青色 mud st. ....泥岩 sd. st. ....砂岩  
 sil. st. ....シルト岩 f. ....細粒 gy. ....灰色 decomp. ....風化した  
 P. ....パラフィン Cp. ....シクロパラフィン Ar. ....芳香族 O-N-S. ....酸素, 窒素, いおう化合物

第3次沖繩天然ガス資源調査・研究報告（その4）（牧・本島・饒平名・石原）

分 析 表

物		HyR ppm	石油化度	元 素 分 析						有機炭素 有機窒素
残 さ %	HyE %			全炭素 %	無機炭素 %	有機炭素 %	全 窒 素 %	無機窒素 %	有機窒素 %	
54.8	21.7	66	0.0183	0.56	0.25	0.31				
24.6	52.1	158	0.1132	0.12	0.00	0.12	0.0112	0.0013	0.0099	12.1
44.8	29.7	113	0.0405	1.32	1.08	0.24	0.0478	0.0014	0.0464	5.2
41.9	24.9	36	0.0221	1.41	1.27	0.14	0.0127	0.0006	0.0121	11.6
45.7	37.5	203	0.0698	1.59	1.34	0.25				
27.6	41.4	154	0.0602	1.25	1.03	0.22	0.0614	0.0027	0.0587	3.7
49.3	11.4	36	0.0103	1.44	1.14	0.30	0.0700	0.0011	0.0689	4.4
32.4	29.4	145	0.0445	1.28	1.00	0.28				
41.0	28.2	159	0.0855	1.15	0.99	0.16				
20.3	28.6	151	0.0216	1.93	1.33	0.60	0.0633	0.0019	0.0614	9.8
				1.45	1.08	0.37				
19.4	38.9	205	0.0490	1.50	1.14	0.36	0.0722	0.0012	0.0710	5.1
25.0	37.5	99	0.0181	1.51	1.04	0.47				
31.2	33.5	130	0.0414	1.23	0.96	0.27	0.0914	0.0009	0.0905	3.0
40.8	25.9	77	0.0089	1.40	0.66	0.74				
42.3	21.0	72	0.0109	1.93	1.36	0.57	0.0660	0.0009	0.0651	8.8
40.8	25.9	80	0.0164	1.77	1.35	0.42	0.0656	0.0009	0.0647	6.5
36.5	42.9	524	0.0939	1.27	0.79	0.48				
66.6	13.4	26	0.0083	4.10	3.83	0.27	0.0248	0.0006	0.0242	11.2
				1.34	0.99	0.35				
45.4	12.9	45	0.0067	1.17	0.59	0.58	0.0678	0.0009	0.0669	8.7
49.5	11.2	39	0.0078	1.66	1.23	0.43				
69.7	12.5	75	0.0099	0.65	0.00	0.65	0.0732	0.0024	0.0708	9.2
58.6	13.6	84	0.0102	0.71	0.00	0.71				
43.4	12.4	38	0.0057	2.14	1.57	0.57	0.0662	0.0019	0.0643	8.9
78.5	5.8	29	0.0030	1.95	1.12	0.83				
64.6	13.0	55	0.0076	1.55	0.93	0.62	0.0662	0.0021	0.0641	9.7
72.7	12.9	70	0.0076	1.63	0.84	0.79				
77.8	7.9	44	0.0082	0.63	0.17	0.46	0.0720	0.0016	0.0704	6.5
25.5	24.8	36	0.0069	1.49	1.04	0.45				
61.6	9.0	23	0.0090	1.31	1.09	0.22	0.0452			
30.5	48.6	165	0.0645	2.02	1.80	0.22				
37.0	20.7	70	0.0177	2.18	1.84	0.34	0.0687	0.0013	0.0674	5.0
36.6	31.1	101	0.0217	1.60	1.20	0.40				
57.8	19.5	78	0.0093	1.72	1.00	0.72	0.0663	0.0022	0.0641	11.2
34.5	33.3	77	0.0184	1.66	1.30	0.36				
39.8	35.4	132	0.0223	1.43	0.92	0.51	0.0577	0.0011	0.0566	9.0
9.6	71.3	282	0.0782	0.92	0.61	0.31				
29.1	52.2	206	0.0554	1.32	1.00	0.32	0.0641	0.0013	0.0628	5.1
				0.59	0.00	0.59	0.0362	0.0004	0.0358	16.5

HyE.....炭化水素(%)  
HyR.....炭化水素(ppm)

$$\text{石油化度} = \frac{\text{抽出量} \% \times \text{HyE} \% \times \frac{1}{100} \times 0.86}{\text{有機炭素} \%}$$

O-N-S compd. % (ピリジン, アセトン, アルコールによる流出分)

主として酸素, 窒素および硫黄を含有する有機化合物

Res. % (残さ)

$$100\% - \{(P+Cp) + Ar + (O-N-S \text{ compd. } \%)\}$$

HyE % (炭化水素)

$$(P+Cp) + Ar \%$$

HyE ppm (炭化水素)

$$\text{抽出量}\% \times \frac{\text{HyE}\%}{100} \times \frac{1,000,000}{100}$$

石油化度

$$\frac{\text{炭化水素の炭素量}}{\text{有機炭素量}} = \frac{\text{抽出量}\% \times \frac{\text{HyE}\%}{100} \times 0.86}{\text{有機炭素}\%}$$

### 3.2 炭素および窒素

全炭素量の測定は, 小山忠四郎ら (1948) による湿式炭素定量法によって行なった。すなわち, 試料をクロム酸銀, 重クロム酸カリウムおよび無水硫酸ナトリウムの存在の下で濃硫酸で煮沸分解し, 炭素を完全に酸化して炭酸ガスとし, これを一定量の水酸化バリウムを入れた炭酸定量用吸気管へ導入して, 炭酸バリウムとして沈殿させ, 過剰の水酸化バリウムを規定塩酸で逆滴定し, 空試験滴定量との差から炭素を算出した。

無機炭素量は, 試料に希塩酸あるいは希硫酸を加えて発生する炭酸ガスを, 全炭素量の場合と同様に水酸化バリウムに吸収させ, 規定塩酸で滴定し, 空試験の滴定量との差から算出した。

有機炭素量は, 全炭素量 - 無機炭素量で求めた。

全窒素の測定は, ケールダール法によった。触媒として金属セレンおよび無水硫酸カリウムを使用し, 空試験との差から全窒素量を求めた。

無機窒素 (NH<sub>4</sub>-N) の測定は, 試料に塩化カリウム溶液と飽和炭酸カリウム溶液とを加え, 空気追出法によって NH<sub>3</sub> を希硫酸まで誘導・吸収させ, ネスラー試薬で発色の後, 標準液と比色する定量法で行なった。

有機窒素は, 全窒素 - 無機窒素で求めた。

第2表 抽出量, 炭化水素および石油化度の測線別平均値

測線名	抽出量 (%)	炭化水素 HyE (%)	炭化水素 (ppm)	石油化度
知念一那覇測線*	0.047	29.7	147	0.0385
西原一浦添 "	0.042	12.4	49	0.0075
勝連一山田 "	0.035	39.0	139	0.0359
合計	0.0426	26.17	112.4	0.0275

\* 試料 A-1, A-2 は除外する。

## 4. 分析結果

沖縄本島南部および中部地域の3つの測線上で採取した試料の採取位置および岩相, 液体クロマトグラフ法による分析値, 炭素および窒素の分析値などを第1表に示した。

### 4.1 抽出量, 炭化水素および石油化度

採取した試料の抽出量, 炭化水素および石油化度の測線別平均値を第2表に示す。

これらの値と柳下による本土の含油新第三系および含ガス新第三系堆積岩の値とを比較すると次のようになる。すなわち島尻層群の測線別平均抽出量は, 0.035~0.047%で, 新潟の含油第三系の頁岩の平均値 0.097% の約半分にあたり, 南関東および宮崎ガス田の堆積岩の平均値 0.028% の約2倍である。

炭化水素量は, 抽出量の12.4~39.0%を占め, 西原一浦添測線の値は12.4%と他の2測線と比較して半分以下である。この12.4%という値は, 南関東および宮崎ガス田における堆積岩の炭化水素量にほぼ等しい。他の2測線, すなわち知念一那覇, 勝連一山田測線の炭化水素量は, 新潟堆積盆地の寺泊層よりも上位にある各層の堆積岩の平均値よりも多く, 下位の七谷層の値に近い。

石油化度は, 炭化水素量が少ない西原一浦添測線の試料で0.0075が得られ, この値は南関東および宮崎ガス田の堆積岩が示す平均値0.0046の約2倍である。他の2測線, すなわち知念一那覇および勝連一山田測線の石油化度は, それぞれ0.0385および0.0359で, 新潟の堆積盆地の堆積岩が示す平均値よりも約2倍で, わが国の油田地域の油層に比較的近い堆積岩で測られた値にほぼ匹敵している。

### 4.2 有機炭素, 有機窒素および有機炭素有機窒素比

有機炭素, 有機窒素および有機炭素有機窒素比の各測線別平均値を第3表に示す。おな, 無機炭素および無機窒素の測定値も同じ表に併記した。

有機炭素量の全試料についての平均値は 0.450%であり, これを測線別に見れば, 西原一浦添測線の0.57%が最も多く, 次いで勝連一山田測線の0.42%が多く, 最も少ないのは知念一那覇測線の0.38%である。これらの値は, 新潟, 南関東および宮崎の各地域に発達する堆積岩の値と比較してやや小さい。

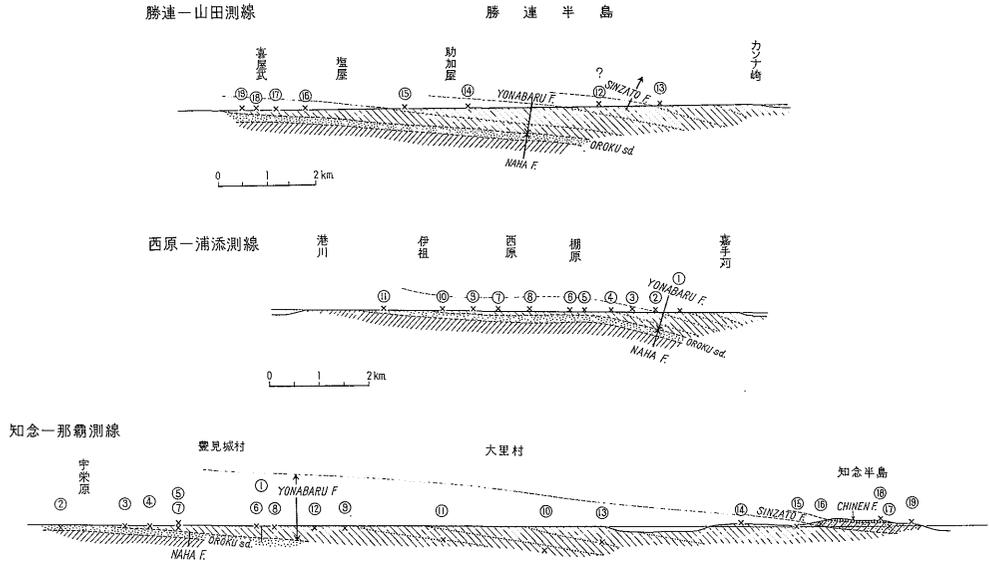
有機窒素量は, 採取した試料の約半分について分析したが, その値は0.0573~0.0673%で, 比較的变化が少ない。有機炭素有機窒素比は6.56~9.36で, 現世堆積物の有機物が示す値6~14と比較すると, やや小さく, わが国の炭化水素鉱床地帯の一般的値に類似している。

第3次沖繩天然ガス資源調査・研究報告(その4) (牧・本島・饒平名・石原)

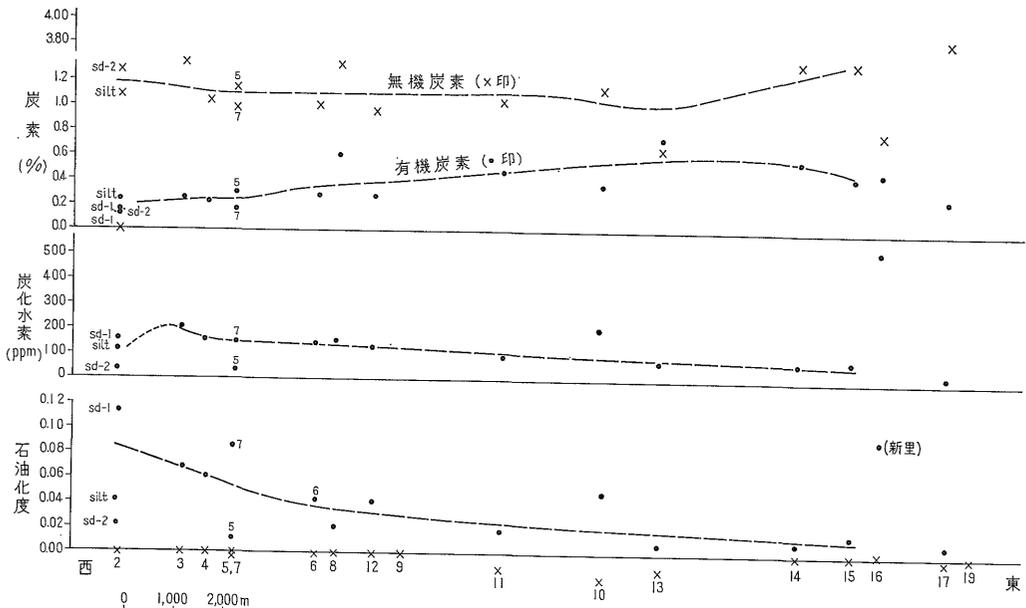
第3表 炭素, 窒素および炭素窒素比の測線別平均値

測線名	全炭素 (%)	無機炭素 (%)	有機炭素 (%)	全窒素 (%)	無機窒素 (%)	有機窒素 (%)	有機炭素/有機窒素
知念一那覇測線*	1.63	1.25	0.38	0.0643	0.0013	0.0631	6.56
西原一浦添	1.35	0.78	0.57	0.0651	0.0018	0.0673	8.60
勝連一山田	1.49	1.07	0.42	0.0586	0.0013	0.0573	9.36
合計	1.513	1.063	0.450	0.0631	0.0014	0.0627	7.91

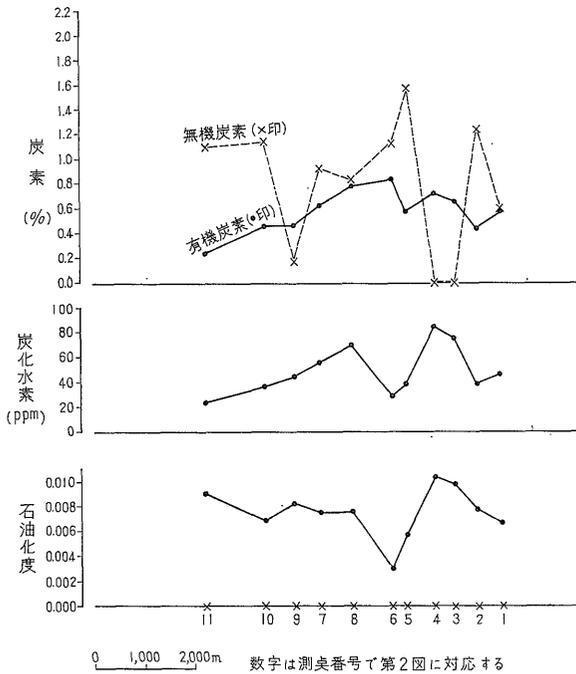
\* 試料 A-1, A-2 は除外する。



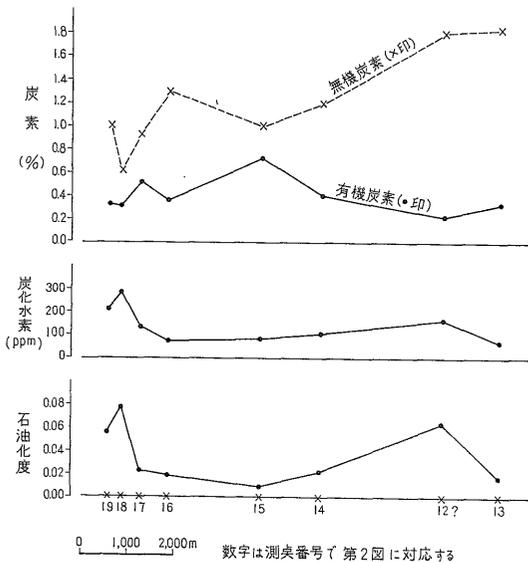
第2図 試料採取位置図(地質の概略断面図は影山邦夫による) Geologic profile and sampling point



第3図 知念一那覇測線における化学組成の変化 Variation of chemical components along Chinen-Naha line



第4図 西原一浦添測線における化学組成の変化  
Variation of chemical components along Nishihara-Urasoe line



第5図 勝連一山田測線における化学組成の変化  
Variation of chemical components along Katsuren-Yamada line

5. 考 察

5.1 炭化水素

沖縄本島南部および中部地域に分布する新第3系の島

尻層群の中・上部を構成する与那原層および新里層は、比較的単純な地質構造を示し、東方へのほぼ単斜構造であり、岩相も比較的均一で、シルト岩ないし泥岩が主であって、砂岩の挟在は少ない。

第2図は、地質断面上で試料採取位置を示す。

また、第3図、第4図、第5図では、それぞれ知念一那覇、西原一浦添および勝連一山田測線における有機炭素・無機炭素・炭化水素・石油化度を図示している。

第2表によると、抽出量に関しては3測線とも大差無いことがわかるが、炭化水素量と石油化度に関しては、第3図、第4図および第5図によれば、西原一浦添測線において、その南北に位置する他の2測線よりも小さな値であることは著しい特長といえる。しかも、西原一浦添測線では、有機炭素量は他の2測線よりもむしろ多量にある。しかし、これに反して西原一浦添測線の無機炭素量は平均0.78%しかなく、他の2測線のそれぞれの平均値1.25%および1.07%に比較して少ないことは、

これはまた注目すべき特長といえる注1)。一般に、世界の推定石油根源岩で共通している地球化学的特長は、石灰岩では、腐泥質岩に比較して炭化水素の占める割合が多く、石油化度が高いことである。沖縄本島南部および中部地域の推定炭化水素根源岩となっている島尻層群の泥質岩においても、whole rockとして以上の関係が成立していると考えれば、一応炭化水素量と石油化度との、地域的特性を説明することができる。しかし、各測点別には、第6図のように分布し、無機炭素量と石油化度は、図のA、B群に大きく2大別され、今後の研究にまつ点が多い。

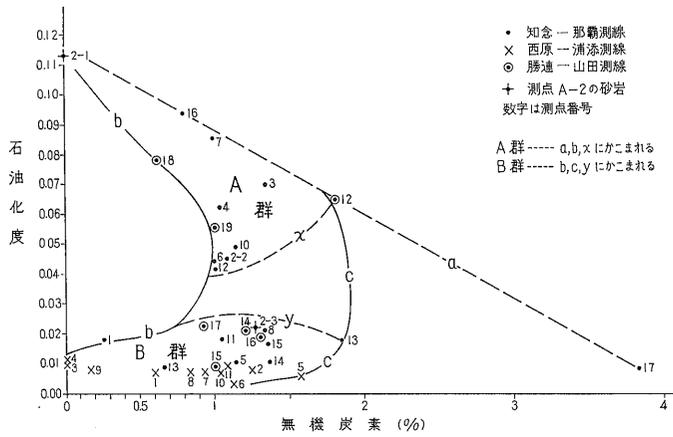
なお、当地域の炭化水素量を他地域の資料と比較してみると、知念一那覇および勝連一山由の2測線では、新潟油田地帯の油層層準における値の約半分でしかないが、新潟市街地帯のガス田地帯に発達する西山層ないし上部寺泊層における値に近いことは注目される。

可溶性有機物中に占める炭化水素、O-N-S化合物および残さの3成分三角ダイアグラムを第7図に示した。

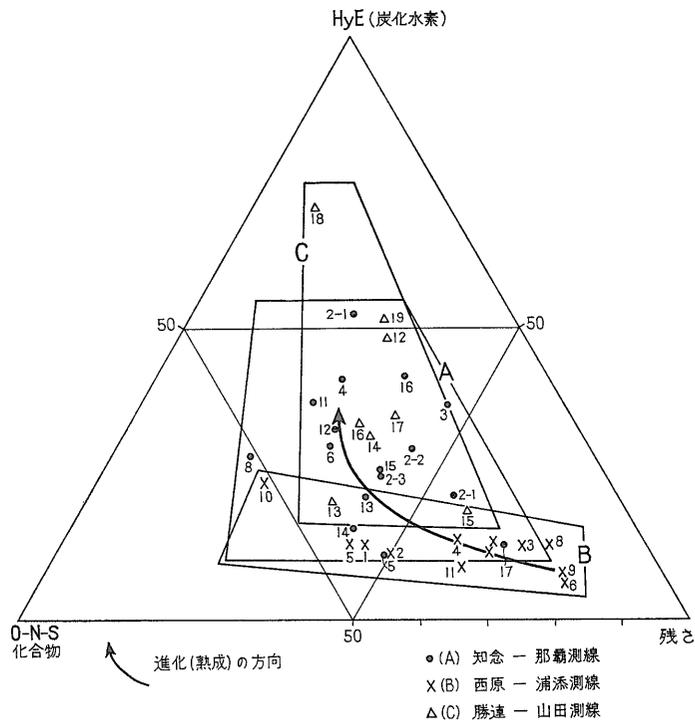
本図から、知念一那覇および勝連一山田の2測線の試料は大体中心近くに分布するが、西原一浦添測線のもの

注1) 無機炭素は風化その他の作用によって動き易いと思われるが、第3～5図をみても、平均値を使用することは相当に意義あることと考えられる。

第3次沖繩天然ガス資源調査・研究報告（その4）（牧・本島・饒平名・石原）



第6図 無機炭素と石油化度との関係  
Relationship between inorganic carbon and degree of hydrocarbonization



第7図 抽出物の炭化水素 O-N-S 化合物および残さの三成分による標示  
Triangular diagram of extracted hydrocarbons, O-N-S compounds and residues

は O-N-S 化合物の多いところと分布していることがわかる。従来の研究結果によれば、一般に地質時代が古くなるにつれて、第7図の矢印で示す方向へ分布するようになると考えられている。西原一浦添測線の試料は、炭化水素の進化の度合いが低いか、あるいは炭化水素のぬけがらの性格が強いものと一応考えられる。有機炭素量や無機炭素量から以上のことを考えてみると、一応この測線付近の地層は、おそらく堆積時に  $\text{CaCO}_3$  を主とする無機炭素を比較的少なく含んで堆積し<sup>注2)</sup>、また有機炭素は他地域よりもやや多く含有したものである。この観点から、炭化水素のぬけがらが、西原一浦添測線の試料に多く含まれると考えるよりも、そこでは炭化水素化が南北両地域に比較して低かったと一応の推定をしておきたい。

しかし、石油化度すなわち有機物に対する炭化水素量の割合は、柳下が指摘したように、その値そのものが石油化の尺度を示しているものではない。有機物は石油および石炭に進む過程で炭化水素を生成するが、石炭化の分解過程のものよりも石油化への分解過程のものの方が、炭化水素の生成量が数倍多いとされている。すなわち、石炭化の過程のものは石油化度が0.01以下である。したがって、石油化度は有機物の炭化水素化に関連をもつ一つの尺度としての利用ができるわけである。

当地の石油化度の値を見ると、知念一那覇および勝連一山田の2測線の試料では、わが国の油田における油層に近い位置を占める堆積岩の値に近い。

第2図～第5図をやや詳細に検討すると、次の事項が続み取れる。

1. 知念一那覇測線と勝連一山田測線では、与那原層の下部、すなわち小祿砂層の直上位と、新里層において、石油化度が最も大きい。
2. 知念一那覇測線では、下部与那原層において、石油化度が中程度に大きい。
3. 西原一浦添測線では、小祿砂層の上位でも、石油化度は小さい。
4. 知念一那覇測線の測点番号A-13は、その地球化学的性格が、西原一浦添測線のB-6にほぼ対応すると考えれば、化学組成分布状況が一応よく理解できる。この対応がもしも正しいとするなら、西原一浦添測線の西半部地域では、地表下300～500mで小祿砂層に到達する計算になる。
5. 新里層および小祿砂層直上部の泥質岩で、石油化度が大きいところでは、第6図を見ても熟成の度合いが進

注2) 上層位にくる琉球石灰岩からの二次的  $\text{CaCO}_3$  の供給は、那覇1号井の無機炭素と  $\text{Cl}^-$  との関係から、一応考慮しなくてよいと思われる。

んでいる。

以上のことから判断すると、全体として当地域に発達する泥岩類は、ガス根源岩としては一応の地球化学的資質を備えているものと思われる。しかし一方、石油根源岩として見た場合には石油化度が大きな値を示して一応質的には石油を発生するのに有利な条件を備えていると思われるが、有機炭素と無機炭素の量および孔隙率が40%<sup>注3)</sup>にも達するその岩相から判断して、分散した微小石油的なものは生成されたであろうが、経済性のある大規模な石油プールを形成するかどうかについては、ややポテンシャル不足の感がしないでもない<sup>注4)</sup>。

## 5.2 有機炭素および有機窒素

FORSMAN, J. P., HUNT, J. M. (1958)によれば、有機炭素量に1.22の係数を乗ずれば有機物量を算出することができる。調査地域内の泥質岩試料の有機物量は、本邦の炭化水素鉱床地帯の堆積岩の値と比較してやや低い。

泥質岩の有機炭素は0.14～0.79%の範囲にあるが、有機窒素は大部分が0.05～0.08%の間にあってほぼ一定した値である。したがって、有機炭素量と有機窒素量とをそれぞれ対数で縦軸と横軸上にプロットし両者の関係を求めると第8図のようになり、いわゆる古生層、小祿層および他の1例を除いて、ほぼ垂直の直線的分布を示す(第8図a)。この関係から推定されるのは、有機炭素有機窒素比の高い有機物が分解したと思われることである。

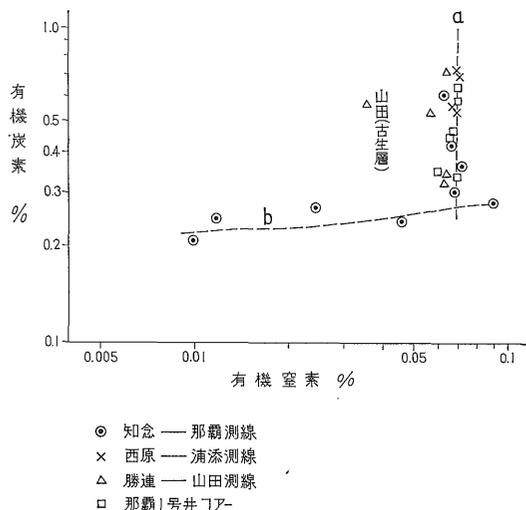
一方、第8図で有機炭素量が少ないグループは、ほぼ水平なbの回りへ集まり、b線の右端、すなわち有機窒素が多い側にa線が立つことが特長的である。

有機炭素と有機炭素有機窒素比の関係を第9図に示す。図から、2, 3の例外を除き、有機炭素の増加、すなわち有機物の増加とともに、有機炭素有機窒素比が増加することが理解できる。また図示された有機炭素有機窒素比の値は、現世堆積物の値6～14と比較して一般に小さい。

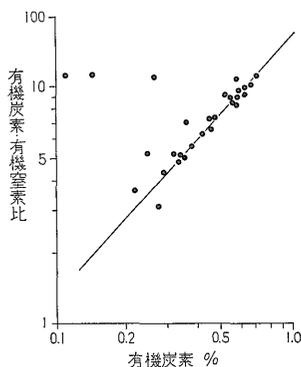
このたび測られた島尻層群の有機物が、現在海底にみられている堆積物の組成を出発点とし、それから分解した結果できたと考え、もとの有機物に対して50%以上の脱炭素分解がおこなわれた計算になる。この50%以上の脱炭素分解について考えてみると、従来牧が新潟および南関東ガス田で推算した数%～十数%という値に比較して異常である。脱炭素分解は、堆積物の固化が進まないため生成物が速やかに逸散する続成作用段階において、大部分が進行したものと推定される。続成作用段階における有機炭素の分解は、有機窒素の分解よりも速や

注3) 那覇1号井のコア試験の結果による。

注4) 第7図の Loc. A-2-1 のように、明らかに移動してきた炭化水素を含むと考えられる試料が存在する。



第8図 有機炭素と有機窒素の関係  
Relationship between organic carbon and organic nitrogen



第9図 有機炭素と有機炭素有機窒素比との関係  
Relationship between organic carbon contents and ratio of organic carbon-organic nitrogen

かであると一般に考えられている。続成作用に続くいわゆるカタゲネシス段階の有機物の分解では、生成する炭素化合物に比較して、窒素化合物が、続成作用段階よりも比率として多くなる(VASSOEVICH, N. B., et al. 1967 参照)。この窒素化合物は炭素化合物の探査に際して、すなわち炭化水素天然ガスの探査に際して、アンモニア態窒素(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)の型で、重要な指示成分になる。沖縄本島中・南部の天然ガス鉱床が、NH<sub>4</sub>相関型の段階にあることは、すでに1960年の第一次調査で指摘されたところであるが、有機地球化学面から、当地の天然ガスは、上述のような成因の格付けがなされるものと考えられる。

島尻層群の泥質岩中に含まれるNH<sub>4</sub>-Nは、全窒素量の2~3%にあたる平均0.014%しかなく、量的には少ない。

## 6. 結論

以上に述べた事項から、研究結果を次のようにまとめることができる。

1) 当地の小緑砂層よりも上位の第三系泥質岩の有機溶媒による抽出量は、裏日本油田第三系のおよそ1/2、表日本ガス田第三系のおよそ2倍にあたる。

2) 炭化水素量は、西原-浦添測線では少なく、表日本ガス田第三系とほぼ同じであるが、知念-那覇、勝連-山田の2測線の値は、新潟油田の含油層準のそれに匹敵する。

3) 石油化度は西原-浦添測線では最も小さな値が得られ、表日本ガス田第三系のおよそ2倍で、また知念-那覇、勝連-山田測線では新潟油田の含油層準に匹敵する値になっている。しかも、西原-浦添測線の抽出物にはO-N-S化合物の占める割合が大きい。

4) 有機炭素量は、平均0.450%しかなく、表日本ガス田第三系の値よりも小さい。また西原-浦添測線は有機炭素が多く、無機炭素が少ない。無機炭素の動き易さを考慮してもなお、おそらくこの付近は、陸からの影響を受け易い部分を占めたものと思われる。

5) 有機炭素有機窒素比は、わが国の炭化水素鉱床地帯の値とほぼ等しい。

6) 石油化度は、平均値をとれば、無機炭素の多い地域で大きな値になっている。しかし、個々にはこの関係が成立しない。

7) 島尻層群は泥質岩が多く、砂質岩は少ないので、泥質岩についての質的測定結果は、直ちに量的判定に結びつけて論議を進めることができる。

8) 質的にみると、有機炭素がやや分散的である。したがって、大規模の高いポテンシャルの炭化水素集積が可能かどうかの判断にはわかには下せない。

9) 無機炭素の影響あるいはその他の地質学的関連によって、石油化度が大きな値になっているようである。特に、小緑砂層上下位および新里層では、石油化度が極大になる。重炭化水素を含む天然ガスの産出が期待される注5)。液状炭化水素については、小緑砂層に移動したと思われる点も観測されるが、一般に当地の多くが泥質岩であること、および抽出物の内容、天然ガス中にC<sub>9</sub>H<sub>6</sub>の発見が少ないこと、などから考えて、今回の調査地の500m級以上の深部がその今後の主な調査対象になる可

注5) 宮崎ガス田および南関東ガス田の石油化度は平均で0.0046を示すが、米谷(1963)によればその天然ガス中にはC<sub>8</sub>H<sub>6</sub>は認められない。一方、新潟市の天然ガス中には、わずかにC<sub>8</sub>H<sub>6</sub>が認められる例があることが、米谷によって確認されている。

能性がある。この場合は、12)とも関連して南部地域が特に重視される注6)。

10) 泥質岩中の有機物の一般的分解過程を考えると、当地は  $\text{NH}_4$  相関型のガス鉱床のステージにあることが推定されるので、鉱床学的には当地を分散的有機物のカタゲネテックな分解が進行している水溶性天然ガス鉱床地帯との格付を一応なすべきであろう。

11) しかも、構造地質的条件がととのえば、構造性天然ガス鉱床の成立が期待される面もある。

12) 一見、北東—南西方向にはほぼ均質に堆積したように見える島尻層群も、西原—浦添測線付近がわずかにその南および北の地域よりも陸からの影響が強かったと推定される。この推定の当否は層位学および地質構造の研究にまつ点が多く、その炭化水素鉱床学的意義は、今後さらに多くの資料をうることによって明らかにされるべきであると考えられる。

13) メタン系の水溶性天然ガスのガス根源層として見た場合には、島尻層群はほぼ均質であり、微視的にはわずかに西原—浦添測線付近が高ポテンシャルであると判断される。高分子量炭化水素の根源岩としての観点からは、地質精査の進行とあいまって島尻層群をほぼ均質とみなすべきか否かの地球化学的検討を進める必要がある。

14) 地球化学的に見ると、粘土鉱物、炭酸塩鉱物および微量成分を含めて、無機化学的に島尻層群を研究する必要性が高まった。

15) さらに、岩石中の液状炭化水素の研究とともに、高感度ガスクロマトグラフによる低分子量炭化水素の分布とその地球化学的および鉱床学的意義に関する研究が望まれる。

(昭和43年5月稿)

## 文 献

荒木春視(1955): クロマトグラフによる石油系有機物の分離法の検討, その2, 堆積岩について, 資源研彙報, no. 37, p. 1—10

- ARRHENIUS, G. (1950): Carbon and nitrogen in subaquatic sediments, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 1, p. 15—21
- BADER, R. G. (1955): Carbon and nitrogen in surface and subsurface marine sediments, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 7, p. 205—211
- FORSMAN, J. P. & HUNT, J. M. (1958): Insoluble organic matter (Kerogen) in sedimentary rocks of marine origin, *In Habitat of oil*, Amer. Assoc. Petrol. Geologists, Tulsa, p. 747—777
- HUNT, J. M. (1961): Distribution of hydrocarbons in sedimentary rocks, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 22, p. 137—149
- 小山忠四郎・菅原 健・江上不二夫(1948): 化合物炭素の湿式微量定量法, 化学の研究, 第3集, 無機化学篇, 朝倉書店, 東京
- SMITH, P. V. Jr. (1952): The occurrence of hydrocarbon in recent sediments from the Gulf of Mexico, *Science*, vol. 116, p. 437—439
- SMITH, P. V. Jr. (1954): Studies on origin of petroleum, occurrence of hydrocarbon in recent sediments, *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists*, vol. 38, p. 377—404
- 田口一雄(1960): 秋田・山形県境付近の海成油母岩 C/N 比および堆積岩の C/N 比に関する2, 3の考察, 石油技協誌, vol. 25, no. 3, p. 105—113
- VASSOEVICH, N. B., et al. (1967): Hydrocarbons in the sedimentary mantle of the earth, Pannel discussion 1, Origin of oil and gas, 7th World Petroleum Congress, Mexico, 1967.
- 柳下秀晴・荒木春視(1954): クロマトグラフによる石油系有機物の分離法の検討, その1, 資源研彙報, no. 36, p. 96—103
- 柳下秀晴(1962): 新潟含油新第三系堆積岩中の炭化水素, 石油技協誌, vol. 27, no. 6, p. 265—296
- 米谷 宏(1963): 本邦水溶性天然ガスの微量成分, 地質調月報, vol. 14, no. 11, p. 850—866

注6) 海域を除外した場合。