

古期岩層のメタンガスについて

本島公司* 柴田 賢* 米谷 宏* 中井信之**

Methane from the Older Formation

by

Kōji Motojima, Ken Shibata, Hiroshi Yonetani & Nobuyuki Nakai

Abstract

Geochemical study was carried out on the natural gas from the Sambagawa crystalline schist of the Minenosawa mine, Shizuoka prefecture and the Sazare mine, Ehime prefecture, and from the Paleozoic formation along the river Niyodo, Kōchi prefecture. Several points of interest are given in the following.

1) Gases from the Minenosawa mine and Sazare mine have the following compositions : $\text{CH}_4=40\sim 50\%$, $\text{N}_2=50\sim 60\%$, $\text{CO}_2<1\%$, $\text{He}=0.020\%$, $\text{Ar}=0.23\%$. The He/N_2 ratio and N_2/Ar ratio are 4.2×10^{-4} and $205\sim 421$ respectively.

2) Gas from the Sazare mine contains 0.15% of C_2H_6 .

3) Gas along the river Niyodo has the following composition : $\text{CH}_4=70\%$, $\text{N}_2=30\%$, $\text{CO}_2<0.5\%$, $\text{He}=0.013\sim 0.016\%$, $\text{Ar}=0.09\sim 0.31\%$. The He/N_2 ratio and N_2/Ar ratio are $3.1\sim 5.7\times 10^{-4}$ and $141\sim 421$ respectively. It is characteristic that the gas has high He content and high He N_2/Ar ratio.

4) H_2 was detected in the gas from the river Niyodo, but C_2H_6 and C_3H_8 were not detected in it.

5) The fact that the Sambagawa crystalline schist contains $0.5\sim 1.2\%$ carbon and the Paleozoic slate also contains about 0.4% carbon suggest that methane in the gases from the Minenosawa, the Sazare mines and along the river Niyodo was produced from organic matters in the schist and slate.

6) The He content and the N_2/Ar ratio of natural gas can possibly be used for the discrimination of older gas from newer one.

7) The technique of geochemical prospecting on oil, coal, and natural gas can possibly be developed with the combined knowledge of the discrimination between the older and newer gas and the metamorphism of ground water.

要 旨

主として静岡県峯の沢鉱山、愛媛県佐々連鉱山のキースラーガー採掘坑内で得た三波川式結晶片岩からのメタン系天然ガスと、高知県吾川郡下仁淀川筋の古生層からのメタン系天然ガスについて、地球化学的研究を行なつて、次のような結果を得た。

1) 峯の沢・佐々連のガスは $\text{CH}_4=40\sim 50\%$, $\text{N}_2=50\sim 60\%$ を主成分とし、 $\text{CO}_2<1\%$, $\text{He}=0.020\%$, $\text{He}/\text{N}_2=4.2\times 10^{-4}$, $\text{Ar}=0.23\%$, $\text{N}_2/\text{Ar}=205\sim 421$ であつて、He の多いこと、 N_2/Ar の大きいことが特徴である。

2) 佐々連のガスには、 C_2H_6 が 0.15% も含まれる。

3) 仁淀川筋のガスは $\text{CH}_4=70\%$, $\text{N}_2=30\%$ ほどの組成をもつ。 $\text{CO}_2<0.5\%$ と少なく、 $\text{He}=0.013\sim 0.016\%$ で多く、 He/N_2 は $3.1\sim 5.7\times 10^{-4}$, $\text{Ar}=0.09\sim 0.31\%$, $\text{N}_2/\text{Ar}=141\sim 421$ である。 N_2/Ar は第四紀の山形ガ

* 技術部

** 名古屋大学 (本所併任)

ス田では50~90である。

4) C_2H_6 , C_3H_8 は仁淀川筋のガスには検出されないが, H_2 は検出された。

5) 三波川式の片岩は炭素を約0.5~1.2%含み, 古生層の粘板岩も約0.4%ほど炭素を含有すると思われるので, 峯の沢・佐々連・仁淀川筋のガス中の CH_4 は, それらの片岩および粘板岩から生成されたものと思われる。

6) 古いガスに He が多く, N_2/Ar が大きいことなどから, ガスの新旧を区別できる可能性がある。

7) ガスの新旧区分け, 地下水の metamorphism を組み合わせると, 石油・石炭・天然ガス鉱床の地球化学的探鉱法の技術を発展させる可能性がある。

1. 緒言

日本の石油鉱床はほとんどすべて新第三紀層中に胚胎している。また石油と化学的に同族の可燃性ガスの鉱床もすべて第三紀より新しい地層のものが稼行されている。このうち炭田ガスや宮崎県地方のガスは, 古第三系から産出していて, わが国では最も古い地質時代に属する稼行ガスとみなすことができる。

外国の炭化水素鉱床は, 地質時代の面からみると, 古生代・中生代・新生代にわたって存在し, しかもその推定母層は腐泥質泥岩または石灰岩など変化に富んでいる。このために, 地質時代を通じてのガス質, 水質, 油質が, 非常な変化に富むものになっている。

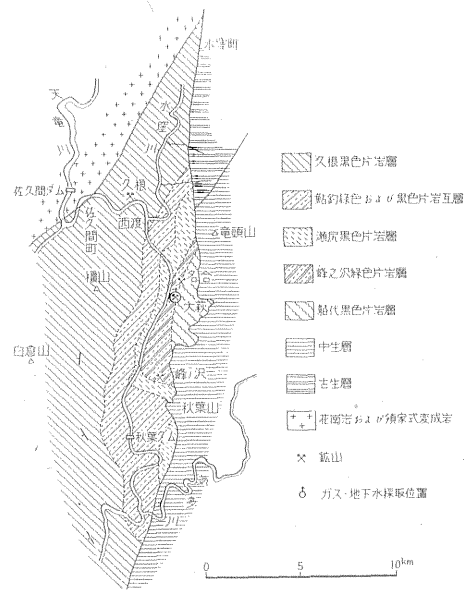
わが国の炭化水素鉱床は, 新しい地層中にあり, しかもその推定母層が有機質泥岩にほとんど限定されている。このために, 炭化水素鉱床のもっている本来の性質の幾つかを把握するのに大きな困難さがある。しかし, 時代的な面は, 数少ない古期岩層中のガス徴候を通じて, 幾分でも補うことはできる。この度の研究は, 三波川式変成岩・古生代粘板岩などから逸出するガスについての観測結果と, それから導かれる2, 3の地球化学的論議がそのおもなものである。

研究に際して援助をいただいた古河鉱業久根鉱業所・日本鉱業峯の沢鉱業所・住友金属鉱業佐々連鉱業所・同別子鉱業所・高知県庁企画室・中部電力株式会社の担当の方々へ深謝の意を表す。

2. 試料採取条件

2.1 峯の沢鉱山⁶⁾

峯の沢鉱山は, 静岡県得天竜川に沿って位置し地質的には三波川系の結晶片岩地帯にある。付近には久根本山や名合など同系統の地質に胚胎するキースラーガーの鉱



第1図 峯の沢鉱山村付近の地質略図および試料採取位置図

床がある。

第1図は, 峯の沢鉱山大萩鉱床を中心にした地質略図である。ここでは水窪町から佐久間町を通る中央構造線と, 水窪町から南下する赤石裂線とが著しく大きな地質構造線で, これらによってクサビ状に区切られた三波川系は, 巨視的にはほぼ南北の走向と, 西傾斜を示す。結晶片岩は上位に黒色片岩¹⁾が, 下位に緑色片岩¹⁾が多い。

大萩鉱床は峯の沢の支山として稼行されている黒色片岩中にあるキースラーガーである。秋葉ダムによつて堰止められた天竜川の水面は, 鉱山通洞下約5~6mのところにある。この通洞下50mの水準(湖面下35m)で作孔した横向き探鉱ボーリングのポアーホール(-50mレベル, 北押坑道 No. 2ポアーホール)から地下水を伴ったガスが連続的に湧出する。ガスと地下水の試料は非常に良好な状態で採取することができた。ガス量は1日約1.2m³, 水量は約13kl, ガス水比は約11, ポアーホールは下盤中に約30mほどのびている。ガスの湧出する地点には小断層があり, それに沿って地下水の湧出と遊離硫黄の沈殿がみられる。free gasにはH₂Sが0.5~1.0ppm程度含まれ, 地下水は甘味がある。この点は第三紀ガス田や油田の周辺部や地表近くにみられる地下水と産状と化学性が類似している。

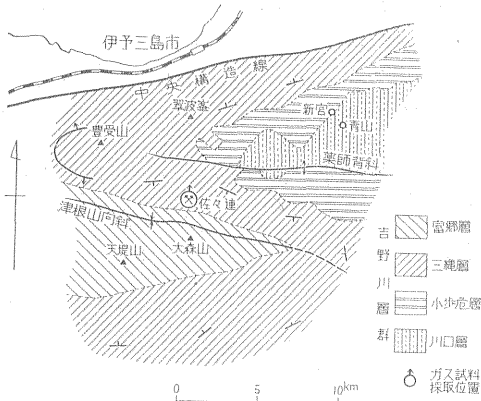
注1) 岩石については, 佐々連鉱山のところで説明する。

なおかつて久根鉱山からメタンガスが湧出して西尾²⁾によつて報告された名合坑は、この大萩坑すぐの隣接地にある。

岩石中の炭素を測定するために黒色片岩と緑色片岩とを久根・名合でそれぞれ採取したが、それらはいずれも坑内試料である。

2.2 佐々連鉱山³⁾

佐々連鉱山は愛媛県伊予三島市の南に位置し、地質の概略は第2図に示される。鉱床は吉野川層群と呼ばれる



第2図 佐々連鉱山村近地質略図および試料採取位置図

三波川式結晶片岩中に胚胎するキースラーガーである。図中の三繩層は下位に緑色片岩、上位に黒色片岩が多く、佐々連付近における走向はほぼ東西、傾斜は南である。鉱床は三繩層中部の黒色片岩中に挟在する緑色片岩中にあり、大きく分けて上下2層の鉱層が認められる。

緑色片岩は主として chlorite, epidote, amphibole, albite によつて構成されている。黒色片岩は, sericite, quartz, albite を主とし, chlorite, graphite が少量入る。

ガス試料は、下21番西7号ボーリング座の No. 106 ボーリングと呼ばれる深さ 80.4m のボアーホールの孔口で採取した。孔口の金属製バルブをあけて、ガスだけを採取できた。孔口は海水準+60m (通洞は+560m) にあり、ボアーホールは上盤方向へほぼ水平にうがたれている。ガスには硫化水素臭がない。推定ガス量は 0. n m³/day と思われる。

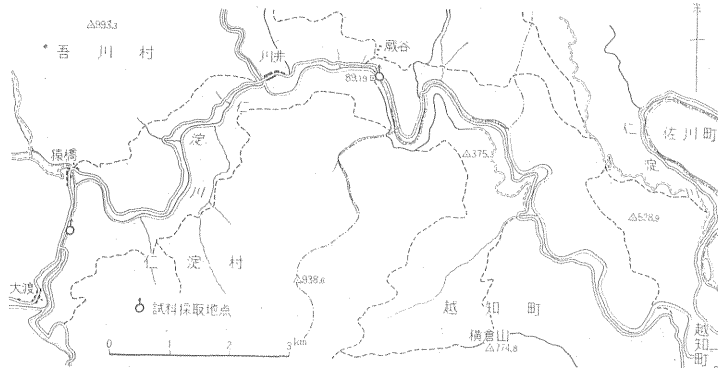
黒色片岩の分析試料は佐々連鉱山坑内で採取した。

別子鉱山の地下水試料は、第4通洞360mのボーリング孔から得たもので、作孔中のボアーホールの深度412mの部分から湧出した温かい地下水である。水温は30.9°C、水量は自噴で約20kl/dayであった。地下水はスライムのためにやや白濁し、味はシブ味が少々あるほか、カナケは無く、H₂Sや気泡も見られない。緑色片岩から出た地下水である。通洞は海拔160m、ボアーホール傾斜は30°である。

2.3 仁淀川流域⁴⁾

佐川造山運動で名を知られた高知県佐川町の北西約6kmにある越知町は、仁淀川に沿う小さな町である。仁淀川流域の各地へ入るにはこの越知町を経由するのであるが、この町の北西へ約8kmほど松山市へ通ずる道路に沿つてゆくと吾川村の巖谷へ達する。第3図に示した89.19mベンチマークのすぐ下の仁淀川左岸には、可燃性天然ガスと含硫化水素地下水の川床への湧出がみられる。野田¹⁾によれば、ここの地質は海成二疊紀層の含礫粘板および砂岩・砂岩・チャート・石灰岩からなつていて注²⁾、その構造的な位置はほぼ東西に軸をもつ背斜の北翼で、丁度東西の走向断層に切られるところにあたる。ガスには H₂S 臭が明らかに認められ、産状からしても確実に二疊系から湧出することがわかる。ガスは水面に径5~10mm位の小泡をなして浮上し、ギラは無い。50m×100m位の広さに、およそ20カ所ほどの湧出箇所が

注2) シャールスタインもかなりある。



第3図 仁淀川流域試料採取位置図

あり、その全ガス量は約2m³/dayと目算される。試料は、まず水面上のもの、水底のものを採取し、次いで人力によってピットを1.6mほど掘って岩盤を露出させてそこから湧出するものを採取した。この際に得た地下水を放置すると硫化鉄の沈殿による黒化が起こる。

蕨谷をこえて仁淀川に沿って上ること約6kmに猿橋ダムがある。このダムの上流約200mの貯水池中、同じく川の左岸に可燃性ガスが岩盤の割れ目から湧出する(第3図参照)。そこの地質は、蕨谷と同じ二畳系の含礫粘板岩および砂岩、砂岩を主とし注3)、地質構造的には東西方向の背斜の軸部にあたる。ガス徴候は、細粒~中粒砂岩の時々きわめて薄い10cm前後の黝黒色粘板岩を挟む岩盤の上の貯水池水面上で認められる。ガスは、10m×10mほどの面積の中に約20カ所ほどある湧出部から泡となつて連続的に浮上するが、その全湧出ガス量は約1m³/dayと目算される。土地の人の語るところによれば、ダムのできる以前、ここから硫化水素泉をとつて利用したといわれる。ガス試料は、水深1.7mほどの水面上と、水深1.7mほどの水底の岩盤直上で採取した。

注3) シャールスタインを相当に含む。

2.4 飛驒金山付近⁴⁾

金山町南部には古生層のチャートや黒色の粘板岩が分布し、仁淀川流域の地質状況と似たところがある。これらの古生層は、濃飛流紋岩類によつて貫かれている。金山町北方の益田川流域はほとんど流紋岩類によつて占められている。第4図は金山町付近の地質略図であるが、天然ガスは図中の、下原ダムおよび中川ダムの貯水池から得られる。前者は古生層上にあり、後者は流紋岩上に位置する。ここのガスがCH₄を主とすることは、名古屋大学の小穴研究室からの私信で知つたが、その産状が特殊なので現地調査を実施した。

下原ダム貯水池では、右岸だけにガスを認めた。このダムは昭和3年に完成したもので、ガスは道路わきの水深30cm~1mほどの湖底から湧出し可燃性である。底質は帯赤灰色の砂質泥を主とし、木柱を10cmほどたやすく底質中へさすことができる。ガス試料は湖面および湖底の双方で採取できた。ガス徴は約30mほどの範囲に分布し、噴出ガスの総量はNm³/day程度と思われる。

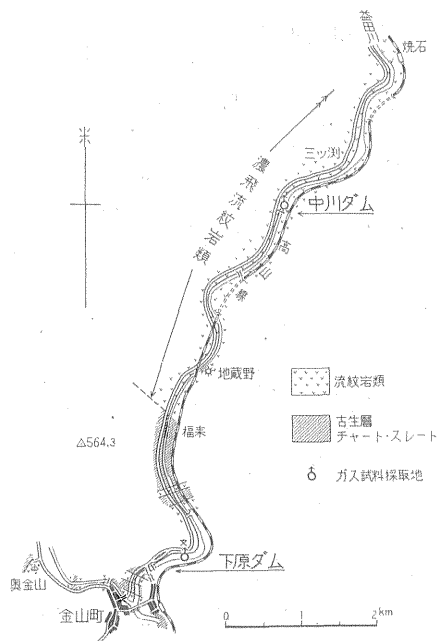
第 1 表 天 然 ガ

試料番号	採 取 場 所	He		
1	静岡県峯の沢大萩坑	0.020		
2*	愛媛県佐々連鉱山 下21, 西7, No. 106孔	—		
3*	高知県吾川郡吾川村蕨谷89.19ベンチ下	仁淀川川床	自然湧出	—
4	〃	〃	〃	0.016
5	〃	〃	-1.6mピット	0.016
6	〃	〃	〃	0.016
7*	〃 猿橋, 猿橋ダム上200m	仁淀川	水面への湧出ガス	—
8	〃	〃	〃	0.016
9	〃	〃	湖底, 古生層割れ目のガス	0.013
10	岐阜県益田郡金山町下原旧役場前	益田川下原ダム	湖底採取のガス	0.000
11	〃	〃	水面への湧出ガス	0.000
12	〃	〃	〃	0.000
13	〃 下原村中川ダム	益田川のダム	〃	0.000
14	〃	〃	〃	0.000
15	〃	〃	〃	0.000
16	〃	〃	〃	0.000
17	〃	〃	〃	0.000

* 印 質量分析計によつて柴田賢分析(地質調月, Vol. 12, No. 3, 1961)

無印 ガスクロマトグラフによつて米谷宏分析

** 現地で H₂S 臭あり。大略 10⁻³~10⁻⁴ Vol. %



第4図 飛騨金山町付近地質略図および試料採取位置図

中川ダム貯水池では、益田川の右岸にも左岸にもガスの湧出が認められる。約200mほどの間に南北方向にガス泡が並んで湧出する。総ガス量は $N m^3/day$ 程度で、下原ダムよりも多い。ガスはすべて湖面で採取した。

地下水を採取したのは奥金山鉱泉であるが、この試料は良好とはいえない状況で採られている。

3. 分析結果

3.1 天然ガス

天然ガスの分析は、質量分析計および島津GC-1A ガスクロマトグラフにより、その結果は、第1表に総括した。特にこの表のなかの、気づく点を以下に例挙する。

(1) 峯の沢・佐々連など キースラーガー地域のガスは $CH_4 \approx N_2 \approx 50\%$ であるか、やや $CH_4 < N_2$ の組成である。このガスには CO_2 が1%以下しか含まれない。峯の沢では H_2S をもつ。

(2) キースラーガー地域のガスには、Heが 0.020% でやや多く、 He/N_2 は 4.2×10^{-4} である。また Ar は約 0.23% で N_2/Ar は、空気混入を補正しなくとも $205 \sim$

ス 組 成

(Vol. %)

N_2	Ar	O_2	CO_2	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	H_2	N_2/Ar	He/N_2	採取年
47.25	0.23	0.02	0.79**	51.73	0.00	0.00	0.000	205	4.2×10^{-4}	1961
87.30	0.23	5.30	0.23	6.79	0.15	0.00	—	380	—	1958
38.40	0.09	0.06	0.20	61.26	0.00	0.00	—	421	—	1958
27.90	—	0.29	0.49	71.32	0.00	0.00	0.009	—	5.7×10^{-4}	1959
37.43	—	0.03	0.27**	62.30	0.00	0.00	0.005	—	4.3×10^{-4}	1959
36.90	—	0.07	0.16	62.90	0.00	0.00	0.009	—	4.3×10^{-4}	1959
43.77	0.31	3.79	0.31	51.82	0.00	0.00	—	141	—	1958
45.65	—	2.23	0.29	51.83	0.00	0.00	0.000	—	3.5×10^{-4}	1959
42.60	—	0.23	0.42	56.75	0.00	0.00	0.000	—	3.1×10^{-4}	1959
46.30	—	0.42	0.48	52.80	0.00	0.00	tr.	—	0	1959
78.26	—	12.72	9.02	0.00	0.00	0.00	tr.	—	0	1959
18.80	—	0.48	1.66	79.06	0.00	0.00	tr.	—	0	1959
12.40	—	0.10	0.26	87.24	0.00	0.00	0.006	—	0	1959
15.62	—	0.03	2.97	81.41	0.00	0.00	0.001	—	0	1959
3.65	—	1.89	3.86	90.60	0.00	0.00	0.000	—	0	1959
3.91	—	1.56	4.93	90.60	0.00	0.00	0.000	—	0	1959
18.75	—	8.77	0.47	72.01	0.00	0.00	0.000	—	0	1959

第 2 表 地 下

Sample No.	採 取 場 所	pH	Rph	*	*	*	*	*	*
				HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
	高知県吾川郡吾川村藤谷89.19ベンチ下	7.2	8.2	168	8.7	2>	0.1>	0.9	11.7
"	ピット底水			179	6.8			1.0	14.2
"	古生層割目の水	7.2	8.1	197	5.5	2>	0.1>	0.9	4.6
	岐阜県益田郡金山町奥金山鉱泉			75	62.0	3		0.9	49.4
	愛媛県別子鉱山第4通洞3600m	7.4	7.4	36	5.8				
	静岡県峯の沢鉱山大萩鉱床-50m	8.16		107	13.0	16.5	0.07	2.1	25.4

421と大変に大きな値を示す。

(3) 佐々連のガスには C₂H₆ が 0.15% もあつて注目される。C₃H₈ は認められずまた H₂ もない。

(4) 高知県吾川村の古生層のガスは、空気との混合がない場合には、おそらく CH₄=70%, N₂=30%程度 of 元の組成をもつていると思われる。このガスも CO₂ は 0.5%以下で少ない。H₂S を含有することがある。

(5) 吾川村のガスには He が 0.013~0.016% でやや多く、Ar は 0.09~0.31%, N₂/Ar は 141~421, He/N₂ は 3.1~5.7×10⁻⁴ を示して、不活性ガスのうち He と Ar が新しいガスよりも多い。

(6) C₂H₆, C₃H₈ は吾川村のガスには検出されない。H₂ は 0.005~0.009% ほど認められるものがある。

(7) 岐阜県益田川のガスは、CH₄=80~90%, N₂=4~20%, CO₂=0.3~9% の組成を示す。これは新しい地質時代の水溶性ガスに類似した組成である。

(8) 益田川のガスは He=0.000% で、前記したキースラーガー地域や、吾川村の古生層のガスとは著しい違いを示した。

(9) C₂H₆, C₃H₈ も、益田川のガスには認められない。H₂ は tr. ~0.006% ほど含まれているものが多い。

3.2 地下水

天然ガスと地下水とは、必ずしも一緒に湧出しないので、ガス分析の例数に比較すれば地下水の分析例数は大変に少ない。第2表に得られた分析値を示したが、そのおもな気づく点は次のようである。

(1) キースラーガー地域から得た大萩と別子の地下水の分析値によると、水は弱アルカリ性で HCO₃⁻ は 40~100mg/l 前後あるらしいが、NH₄⁺ はきわめて少ない。SO₄²⁻ が 17 mg/l ほどあるのは、redox pot. が +214 mV であることとも一致する²⁾。しかし水に H₂S 臭があつたり、CH₄ を溶存したりするので、第2表の

大萩鉱床の水が、そのまま CH₄ と成因的に密接につながるかどうかは疑わしい。陽イオンとしては Na⁺ が多いことが目立つが、Ca²⁺ は大して多くない。

(2) 高知県吾川村の地下水は、やはり弱アルカリ性で、HCO₃⁻ は 170~200 mg/l ほどあつて、第四紀層中にあるガス鉱床の周辺部にある地下水における HCO₃⁻ 量にほぼ匹敵する。キースラーガーの場合よりも Na⁺ が少なく、重量比でも Na⁺/Ca²⁺<1 になつていて、吾川村の古生層が石灰岩を含有することとよく対応した性状である。dis. O₂ は 0.1cc± であり、dis. CH₄+N₂+Ar は 24 cc/l にも達するので、若干の地表水との混合はあるにしても、地層やガスとある程度バランスの取れた分析値であるとみなせる。

(3) 岐阜県奥金山鉱泉はガスを伴わず、Na⁺>Ca²⁺ の地下水である。良いサンプルでは無いので古生層のものか、流紋岩類に関連したものか判然としなない。

4. 論 議

4.1 ガス母層

久根鉱山の坑内ガスを研究した西尾²⁾ (1953) は、名合坑の下四番坑のガスを採取し、東大理学部のヘンペル分析値として次の組成を示した。

O ₂	3.5%
不飽和炭化水素	0
CO ₂	0
CO	2.7
CH ₄ その他可燃ガス	45.0
未検出ガス	48.8
計	100.0

これを第1表の大萩の例に比較すると、きわめて類似した組成であることがうかがわれる。そして、この天然ガス(メタン)の成因について、西尾は次の三つの可能

水の組成

* Ca ²⁺ (mg/l)	* Mg ²⁺ (mg/l)	* NO ₂ ⁻ (mg/l)	* Mn ²⁺ (mg/l)	* KMnO ₄ cons. (mg/l)	* P (mg/l)	* HBO ₂ (mg/l)	* redox pot. (mV)	dis. O ₂ (ml/l)	dis. N ₂ etc. (ml/l)	Vw (kl/d)	Tw (°C)	
40.0	5.3							0.41	21.6	2	21.7	H ₂ S 臭有
51.4	13.2							0.14	24.0			H ₂ S 臭有
52.1	6.3							0.13	14.3		22.8	粘板岩, H ₂ S 臭有
15.6	1.6											石英斑岩から流出, H ₂ S 臭有
10.3	1.5							0.10	10.8	20	30.9	
19.3	4.8	0.00	tr.	0.4	0.01	5>	214					

* 分析: 比留川 賢

性をあげた。すなわち(1)地表に堆積する有機物に由来する。(2)グラファイトと水の作用。(3)ジュベニエル・ウォーターからのメタンガス, がこれである。そして(2)が最も可能性ありそうなものと考えた。

筆者らはキースラーガーの胚胎される結晶片岩を一応天然ガスの母層と疑ってみた。そして久根鉱山と佐々連鉱山の片岩試料について, その炭素量などを求め, 第3表

第3表 片岩類の化学組成

試料番号	地 域	岩 石	C (%)	H (%)	H ₂ O (%)
1	静岡県久根鉱山名合坑	緑色片岩	0.53	0.44	0.19
2	愛媛県佐々連鉱山	黒色片岩	0.67	0.33	0.73
3	静岡県久根鉱山名合坑	緑色片岩	0.09	0.46	0.32
4	〃 〃 本山坑	黒色片岩	1.18	0.25	0.55

分析: 永田松三 (1960)

の結果を得た。すなわち結晶片岩類は0.5~1.2%ほどの炭素を含有するものがあり, その量は本邦のガス田における地層中の炭素量に正しく匹敵している。キースラーガーに伴う天然ガス中の CH₄ はおそらく岩石中の有機物の geodynamochemical process による生産物と思われる。この場合に西尾の考えた, 2C+2H₂O→CH₄+CO₂ の化学反応は, ガスと地下水中に CO₂ があまり多くないことなどと思いをあわせて, 筆者らはあまり重視していない。有機物分解のできるガスは, 石炭化作用などでは, 初期に CO₂, H₂O, CH₄ が, 末期には CH₄ が多くなるとしているが, 筆者らも一応この考えを支持するものである。

高知県下吾川村の天然ガスも, その母層はおそらく同様に古生層の有機質粘板岩であろうと思われる。この付近の試料に対する有機物の定量を行なわなかつたが, 高

知県高岡郡・吾川郡下に発達する古生層粘板岩中の全炭素量は, 原村¹⁴⁾によれば0.36~1.66%であり, 7つの試料の平均炭素量は0.79%となっている。また南四国の古生層と地質的に関連深く, かつ肉眼的にもまた化学的主成分組成もよく類似している沖縄本島の古生層粘板岩では, それぞれ0.43% org. C, 0.36% org. Cの数値を得ている^{注4)}(1961, 本島未発表資料)ので, 粘板岩からガス徴候程度のメタンガスを発生することは吾川村の場合にも可能と考える。

飛驒金山付近の古生層もまた上述したと同じ理由でメタンガスを発生する可能性はある。しかし, 流紋岩地帯では, 他に母層を求めるほうが説明し易い。後にガス質の論議をして, 結論づけるが, 筆者らは, 飛驒金山のガスはダムによつてできた貯水池の底質から生成した現世のものであると考える。

4.2 ガス質の特徴

分析結果の項で個々に説明したが, ここで主要点を一括すると峯の沢・佐々連産のガスは CH₄=40~50%, N₂=60~50%が主成分であり, 吾川村産のガスは CH₄=70%, N₂=30%がほぼ主成分である。これに対して岐阜県下産のものは主成分として CH₄=80~90%, N₂=4~20%のほかに CO₂=0.3~9%がある。

He は吾川・峯の沢に多く, N₂/Ar は吾川・佐々連に大きい。

水素は吾川と岐阜にみられる。

以上のことから考えると, Ar は大部分を大気源に求めうるものと思われ, 岩石からの K⁴⁰→Ar⁴⁰ は筆者らの取り扱った範囲では顕著にみられないといえる。N₂は一部大気源, 一部有機源と考えてさしあたりむじゆんは無

注4) org. C=0.43%, total C=1.07%および org. C=0.36%, total C=0.69%である。

いと思われる。HeはUとThのradioactive decayの産物であるから、古いガスに認められるのは当然である。CH₄は岩石中の有機物の分解によつて生成可能である。水素が吾川村の古生層と、飛驒の現世のいずれのガスにも認められることはその成因上きわめて大切な事実と思われる。水素は有機物の生物化学的分解においても、またgeodynamochemical processによる分解によつても、生成されると考えなければならない。

4.3 古いガスと新しいガス

産ガス量の少ないガスは一般にCH₄が少なく、N₂の多いことは、ガス鉱床の地質時代的な差をこえてみられる、ガス鉱床の大きな特徴となつている。したがつてCH₄とN₂の比によつて時代的な特徴は一般にはでない。

これに対してCO₂は一般には新しい時代のガスにその占める比が大きい。このことは従来新旧のガスを分けるときに筆者らがよく利用したところである。ガス状のCO₂は、地層中に地下水と共存する時には長い間にはHCO₃⁻に移化し、さらにCaやMgのcarbonate mineralをつくるためにガスおよび水の系から除かれる。したがつて、ガス中のCO₂は一般に新しいものにおいて多い。

ArはK⁴⁰→Ar⁴⁰でradioactiveに地殻中でも生成されるが、地質時代が新しいところでは地下のArは大気にその根源を求めることができる。大気のArが地下に閉じこめられ、そこでメタンガスなどの天然ガスが発生すると、Arも徐々にその位置から移動して、多くの場合に存在量の減少をきたす。したがつて大気源Ar量の地下における含量の減少は、地質時代の古くなるにつれて、多くおこされることになる。水溶性的な鉱床ではArの減少のひどいほど、そこを多量の天然ガスが通過したとみなせよう。

これに対してN₂は、新しい有機物の堆積初期の分解で多量に生成されるが¹⁰⁾、その後の分解による発生は比較的除々である⁹⁾(Abelson, 1959)。そしてN₂の生成に対して、Arは減少する傾向にあるから、ある時代までは地質時代とともにN₂/Arが大きくなる傾向があらわれると、期待される。実際に柴田⁹⁾(1961)の研究でも、このことが指摘された。

HeはU, Thのradioactive decayでできる。したがつて天然ガス中のHeは旧い時代のものに一般に多く含有される⁷⁾。峯の沢と吾川村のガスにHeが0.013~0.020%みられ、かつHe/N₂が3.1~5.7×10⁻⁴であるのは、この両者のガスの時代が古いからであると考えられる。

C₂H₆、C₃H₈は一般に海成層のガスに多い。したがつ

て、このガス成分をindicatorにして、ガスの新旧を、地質と対応させて、決定することができる場合がある。佐々連鉱山のC₂H₆の存在が、その地層の堆積環境を示すのか、その後の環境を示すのか、この点は世界的に論争されているだけに¹¹⁾、きわめて注目される。このことは、キースラーガーの鉱床学および地球化学的研究によつて解明される点が多いので、ここでは判断を下さないでおく。

以上まとめると、(1)新しいガスにはCO₂が多い。(2)古いガスにはHeが多い。(3)古いガスではN₂/Arが大きい。(4)海成層には一般にC₂H₆、C₃H₈が多いから、地質と組み合わせるとガスの新旧を区分けできることがある。などの特徴が認められる。

上述のことから、第1表の岐阜県下のガス組成をみると、これらはいずれも湖底堆積物に由来した現世の天然ガスであると結論づけられる。

5. 研究結果の応用

古い岩層を地球化学的にはじめて取扱つてみたところ、新しいガスと古いガスの区分けなどを行うことが、ある程度可能になつてきた。燃料鉱床学では、新旧ガスを区分けすることがきわめて大切である。例えば、北海道の勇払付近の第四紀の水溶性ガス中に0.5%ほどあるCnHmは、下位の第三系あるいは白堊系からの移動ガスであるかどうかは、鉱床学的にきわめて大切であり、また同じ石狩平野の長沼付近のガスも、第三系から移動してきたかどうか長く論議されている。このように新旧ガスを区分けすることは、燃料鉱床の地化学探鉱を発展させるに大切な事項であつた。

最近ソ連邦の石油地質学者は、燃料鉱床に対して、開いた系と閉じた系の概念導入を行ない、これらの考えにpaleohydrogeologyあるいはpaleohydrogeochemistryの考えを同化させつつ、鉱床の探査を行なつていようである。筆者らの、本邦の油田・ガス田の従来の研究に際しても、これらの考え方を無意識的にとり入れていたことは、明らかであるが、古期岩層のガスを扱つてみて、はじめてその概念導入の重要性を意識した。筆者らが従来数多く取扱つてきたいわゆる“水溶性のガス層”からなる鉱床は、最もよく開いた系のもので、外国ではこれを天水の循環領域にあるHCO₃⁻増加型の典型として取扱つている。これらの考えは、アメリカ地質調査所のD. E. White⁽¹²⁾⁽¹³⁾の地下水区分にも明確にあらわれている。本邦では、静岡県清水のガス田の地下水は、HCO₃⁻少、CaCl₂多、中性、NH₄⁺少、KMnO₄ cons. 少などの特徴をもつているため、異常な地下水とされて

いたが、やや閉じた炭化水素鉱床の地下水では、古い時代(おゝむね中生代以前)のものとしては上記の性質はきわめてありふれたものである。さらに Ar, N₂, He の不活性なガスを indicator にして、地下水の性質と組み合わせて系の性格を区分けすることが可能になってくる。

かくてガス質、水質の両面から、鉱床成立の地化学的方向を決定できるものと考えられる。

6. 結 言

本邦の古期岩層中にみられるメタン系天然ガスの幾つかについて、地球化学的な研究を行なつたところ、特に不活性な Ar, He, N₂ ガスを主とするガス質の面からの、ガスの新旧に関する判別について明るい見通しを得ることができた。

今後は地下水の資料も加味した検討を進めることによつて、石油・ガス・石炭鉱床などの地球化学的探鉱に関連した技術の発展が期待される。

(昭和33, 34年調査)

文 献

- 1) 野田光雄: 高知県横倉山付近の地質, 地質学雑誌, Vol. 58, No. 682, 1952
- 2) 西尾吉衛: 久根鉱山の坑内ガスについて, 早稲田大学鉱山学研究報告, Vol. 2, No. 53, 1953
- 3) 柴田 賢: 質量分析計による本邦天然ガスの分析, 地質調査所月報, Vol. 12, No. 3, 1961
- 4) 河田清雄・山田直利・磯見博・村山正郎・片田正人: 中央アルプスとその西域の地質, その2, 濃飛流紋岩類, 地球科学, No. 54, 1961
- 5) 佐々連鉱業所鉱務課調査係: 佐々連鉱山付近の地

質鉱床の概要, 1958資料

- 6) 峯の沢鉱業所: 峯の沢鉱山の地質鉱床および探査について, 日本鉱業株式会社, 1960
- 7) 本島公司: ヘリウム資源について, 地質ニュース, No. 87, 地質調査所, 1961
- 8) Germanov, A. I., Volkov, G. A., Lisitsin, A. K. & Serevrennikov, V. S.: Investigation of the oxidation-reduction potential of ground waters, Geochemistry=A translation of Geokhimiya, No. 3, p. 322~329, 1959
- 9) Abelson, P. H.: Geochemistry of organic Substances, Abelson, P. H. ed.: Researches in Geochemistry, p. 79~103, New York, John Wiley, 1959
- 10) 本島公司: 天然ガス鉱床の成因的研究, 地質調査所報告, No. 183, 1959
- 11) Kozlov, V. P.: ドンバス炭のガス中の重質炭化水素について, 大橋加一訳, 地質調査所月報, Vol. 12, No. 8, 1961
- 12) White, D. E.: Magmatic, connate, and metamorphic waters, Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 68, No. 12, p. 1659~1682, 1957
- 13) White, D. E.: Summary of chemical characteristics of some waters of deeper origin, U. S. G. S., Prof. paper, 400 B, 1960
- 14) 原村 寛: 古生層の粘板岩の化学組成, I, 三波川変成帯より太平洋側の地域, 地質学雑誌, Vol. 67, No. 794, 1961