

千葉県鴨川・勝山地域の天然ガスとヨウ素資源について*

本島 公司** 品田 芳二郎***

Natural Gas and Iodine Resources in the Kamogawa-Katsuyama Region,
Chiba Prefecture

By

Koji MOTOJIMA & Yoshijiro SHINADA

Abstract

The surveyed region is located on the southernmost part of the Boso peninsula, Chiba Prefecture. The geology of the Kamogawa-Katsuyama region consists mainly of marine Lower Pliocene and Miocene sediments. The inflammable natural gas and iodine resources in these sediments were surveyed geochemically.

The natural gases contain 90-94 % of CH_4 and 6-10% of N_2 . The production rate of natural gas from a shallow bore hole is very low, that is 4 m^3/day in maximum value. The potentiality of natural gas deposits shows positive correlation with Cl^- and NH_4^+ , and negative correlation with HCO_3^- . The saline groundwaters have such chemical characteristics as $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$, Na-Cl- HCO_3 type and Na-Ca-Cl- HCO_3 type. The value of I^-/Cl^- ratio is very low, that is about 1/1,000.

Judging from above stated facts, in this region, we can only expect the existence of low potential natural gas deposits, and can hardly expect the existence of iodine deposits.

Further investigations for the natural gas deposits of structural type are expected by the authors.

要 旨

房総半島の南部を占める千葉県鴨川・勝山・館山地域の、下部鮮新世ないし中新世の海成層中の可燃性天然ガスとヨウ素資源について地球化学的に調査・研究した。

天然ガスはメタン系で CH_4 は 90~94% 程度あるが、やや N_2 が多い。産ガス量は 1 測点あたり最大 4 m^3/day と少なく、ガス水比も低い。

ガス鉱床は Cl^- 正相関、 HCO_3^- 逆相関、多分 NH_4^+ 正相関の特長を示す。地下水は $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ の Na-Cl- HCO_3 型ないし Na-Ca-Cl- HCO_3 型と思われる。I⁻/Cl⁻比は Ca-Cl 型地下水の最高値、すなわち $\text{Cl}^- = 20 \text{ g/l}$ で $\text{I}^- = 20 \text{ mg/l}$ 程度の、小さな値を示すにすぎず、しかも Cl^- の最高値は、わずかに 6.2 g/l であった。

以上のことから、当地域には低ポテンシャルの水溶性のガス鉱床は存在するが、ヨウ素鉱床の存在は水質的に期待薄である。

将来、ややこまかい堆積地球化学の研究によって、石

油・構造性天然ガス・ヨウ素とうの鉱床について、より正確な資必が得られることを期待する。

1. はじめに

房総半島の南部、千葉県鴨川・勝山・館山地域には、新第三紀の海成層が分布し、可燃性の天然ガスと塩分をもった地下水が産出する。

この地域のメタン系天然ガスとヨウ素資源を目的とした現地調査・研究が、千葉県によって計画され、著者らは昭和29年(1954)と昭和30年(1955)の両年にわたって、地下水法を用いた地球化学的調査・研究を実施した。その結果については、すでに口頭報告がなされているが、まだ公表されていない。この15年間における化学分析法の進歩はきわめて著しいものがあるが、当時の資料はいぜんとして貴重性をもっているもので、そのデータを中心に、かつ最新の解析法をとりいれて、ここに簡単な報文を作製した。

この報文に含まれる化学分析値のうち、遊離の天然ガスについては地質調査所の牧真一技官が、地下水の SO_4^{2-} 、 KMnO_4 cons., I^- , Br^- , Ca^{2+} および Mg^{2+} については同所の比留川貴技官がそれぞれ分析を担当し

* 千葉県の依頼調査、昭和46年6月千葉県発表許可済

** 技術部

*** 元所員、現在関東天然瓦斯開発株式会社

た。

調査・研究にさいしては千葉県を担当官、現地市町村の方々から種々お世話をいただいた。層位学的事項については地質調査所の福田理技官から教示をいただいた。以上の方々に厚くお礼を申しあげる。

2. 調査・研究地域と地質の概要

当地域の天然ガスおよびヨウ素資源に対する地球化学的調査・研究のための測点は、第1図のように配置した。

第1図の測点に対して得られた資料を、第1表に示す。

図および表のうち、(1)表に属する測点A~Zは昭和29年に、(2)表の測点1~28および(3)表の測点は昭和30年に、それぞれ現地研究を実施した分である。このうち(3)表には、せまい地域における比較的浅層にある地下水の水質が、どのように分布するかを見るために、とくに測点をこまかく配置してとったデータが示されている。

この地域の地質の概要は、小池清 (1951)、河井興三

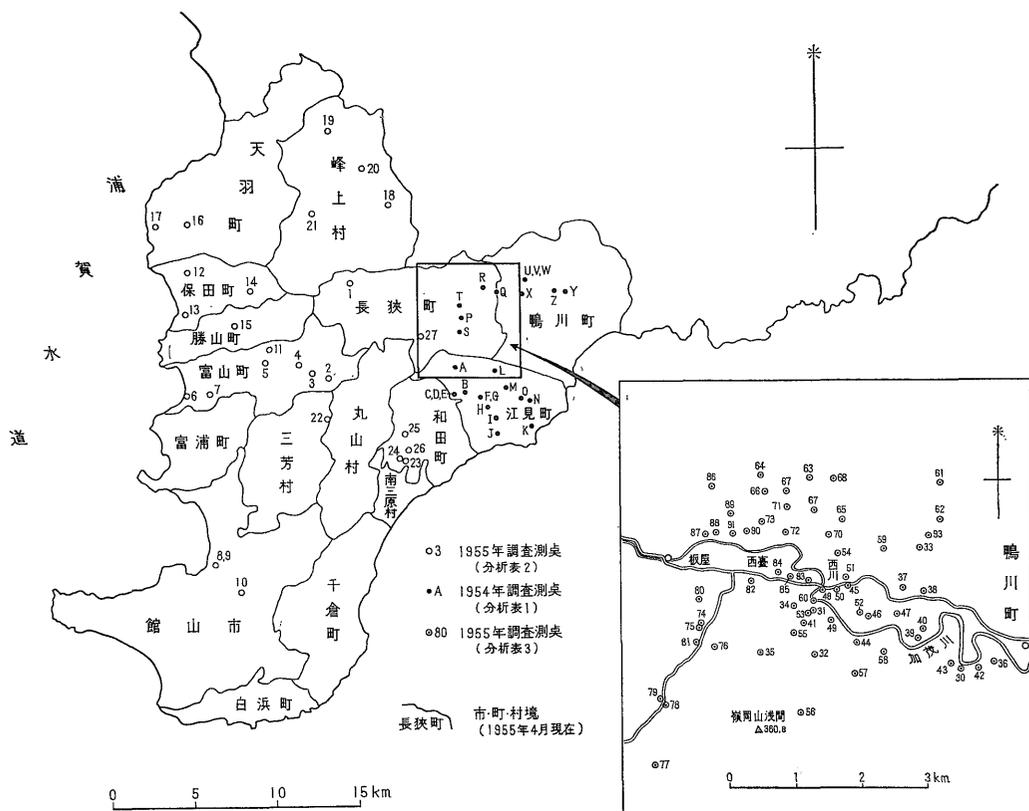
(1961)の資料によると、第2図および第2表のようである(小池の分は藤本治義, 1951から引用した)。

地質的に測点の分布をみると、まず測点の大部分は、第1表に示すように、 $M_1 \sim M_3$ 相当の、中新世佐久間層群・保田層群対応の地表地質のなかに配列してあるが、2測点が中新世最上位すなわち M_4 相当の千倉累層中にあり、他の8測点が同じく鮮新世の上総層群下半部およびその相当層の豊房累層のなかにある。

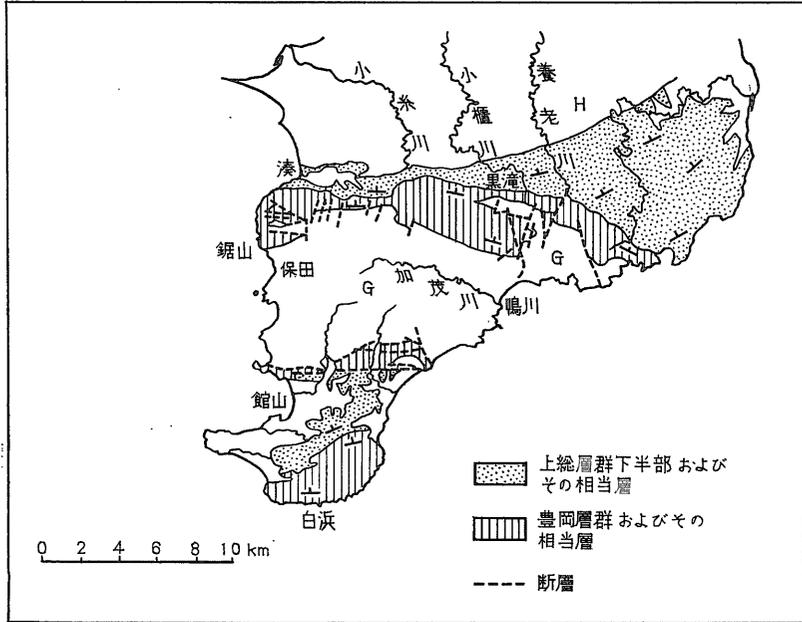
堆積層は有機物を含む海成の岩石を挟み、地質時代的にみると、鮮新世と中新世の境界付近の地層であるので、ガス質、ガス量、地下水中の無機成分、地下水中のヨウ素などの地球化学面からは、わが国におけるデータ解析のもっともむずかしいところにあっている。

3. 地球化学的調査・研究の方法

各測点においては、周辺の地質、地形、植生などの概要、産ガス状況、さらに水の色・臭・味などをしらべ、水中溶存酸素と溶存メタンプラス窒素の量を測定した。地下水とガスの試料は充分注意して採取した。



第1図 千葉県鴨川-勝山地化学調査測点位置図
Locality map of observation stations



第2図 房総半島の地質略図 (小池(1951), 河井(1961)による)
 Geological map of Boso peninsula
 G: 佐久間層群・保田層群
 H: 上総層群上半部・成田層群

第2表 房総半島の第三系層序 (小池(1951), 河井(1961)による)
 Tertiary stratigraphy of Bōsō peninsula

層 準	房総半島中北部	房 総 南 部
更新統	成田層群	
鮮新統	上総層群	豊房累層
中新統	M ₄ 豊岡層群	千倉累層 丸累層
	M ₃	西岬累層
新統	M ₂ 佐久間層群	
	M ₁ 保田層群	

- 1) 鮮新・更新統の境界は梅ヶ瀬層の最上部にある (中川, 1970)
- 2) 対比表中の地層名のうち上総層群 (河井, 1961) 以外は小池 (1951) による
- 3) 中新統の細分は福田・石和田 (1964) による
- 4) 保田層群については浅貝層に対比されるものとして漸新統とする考え方もある (浅野・畑井, 1966)

調査・研究の中間基地実験室では、pH, RpH, free CO₂, CO₃²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, NH₄⁺, NO₂⁻ および total Fe を比色および容量法によって分析した。

天然ガスと地下水の SO₄²⁻, KMnO₄ cons., I⁻, Br⁻, Ca²⁺ および Mg²⁺ は、地質調査所で分析された。ガス分析はすべてオルザット法によって行なわれた。

データ解析には、20余年にわたる地質調査所の業績と、内外の文献によって得られた最新の動向とを加味して、これにあたった。

4. 得られた結果の概要

4.1 ガス質

可燃性の天然ガスは、大体主成分が CH₄ と N₂ であるが、多くの場合に CH₄ > N₂ の組成を示している。

CH₄ は測点番号Bの鴨川地区で最高値94%が得られたが、一般には80~90%程度が多い。第1表の試料採取状況の欄をみればわかるのであるが、当地域ではしばしば水成岩の割れ目からガスがえられる。したがって、この場合は、O₂ を有機物に消費された空気が天然ガスへ混入する機会が多く、相対的にガス中の CH₄ が減少して N₂ がふえる。

館山市北條の測点番号8は、深さ137mの井戸であっ

て、ガスと鉱泉水とを産出している。地下水の Cl^- は $3,200 \text{ mg/l}$ に達するのであるが、天然ガスは $\text{CH}_4 \equiv 35\%$ 、 $\text{N}_2 \equiv 65\%$ で、意外に CH_4 が少ない。比較のために、中新世の沖縄本島のガスの例をみると、本島ら (1965) によれば、 $\text{Cl}^- = 1,500 \text{ mg/l}$ で、遊離ガスの $\text{CH}_4 = 93.43\%$ が得られていて、当地域よりもはるかに CH_4 が多い。

以上のことから、ガス質の面で当地域の天然ガスに CH_4 が少なく N_2 が多いおもな理由は、大気との混合にあるのではなく、ガス鉱床としてのポテンシャルが低いことにあると判断される。

天然ガス中の CO_2 は、普通 $0.3 \sim 0.0\%$ であり、地質状況との間にむじゅんがない。測点番号 X (鴨川町) で $\text{CO}_2 = 3.4\%$ の天然ガスが得られたが、他の $\text{CH}_4 = 85.3\%$ 、 $\text{N}_2 = 11.1\%$ 、 $\text{O}_2 = 0.1\%$ から考えて、第四紀層の有機物からこのガスが発生した可能性が大きい。またその測点においては、水質の点でも中性でかつ Cl^- が少ないのは上の推定とよく合致する。

4.2 ガス量とガス水比

1 測点あたりの産ガス量は、 $4 \text{ m}^3/\text{day}$ 以下で少ない、また館山市北條の井戸ではガス量 $0.75 \text{ m}^3/\text{day}$ に対して水量 $43 \text{ kl}/\text{day}$ であって、 137m の坑井深度に対してガス水比はきわめて小さく、ガス中に CH_4 が少なく、 N_2 が多いこととよく符合する。

4.3 地下水の性質

天然ガスをともなう地下水は、おおむね次の性質をもっている。

臭……硫化水素臭をもつものが多い。わが国では一般的にガス鉱床が低ポテンシャルの場合に H_2S が多くみられる。

pH……測点番号 X (鴨川町) の $\text{pH} = 7.0$ は、沖積層の地下水の特長を示している。また測点番号 27 (長狭町) の $\text{pH} = 5.9$ 、 $\text{RpH} = 7.1$ 、 $\text{free CO}_2 = 61 \text{ mg/l}$ も、植物の影響を受けた天水が示す値である。このように低い pH 値の地下水は、おおむね天水の影響が大きい。地域内の普通の第三系から産出する地下水では、およそ $\text{pH} = 7.4 \sim 8.4$ である。

total CO_2 ……第三紀層の水では、 $400 \sim 1,000 \text{ mg/l}$ に達し、したがって水質型は Na-Cl-HCO_3 型が主であろうと推定される。

Cl^- …… $1,000 \text{ mg/l}$ をこえる例が 8 つあり、最高は $6,220 \text{ mg/l}$ で海水のおよそ 3 分の 1 の Cl^- 濃度であった。測点番号 10 (館山市南條) では、 $\text{Cl}^- = 2,510 \text{ mg/l}$ に対して、 HCO_3^- が多くて $1,280 \text{ mg/l}$ に達し、やや異常水質といえる。その地表地質は豊岡層群の相当層

(M_4) のようである。

NH_4^+ ……最高 17.3 mg/l が保田温泉 (測点番号 12) で得られたほか、 $5 \sim 7 \text{ mg/l}$ を示すものはわずかに 4 例にすぎず、多くは 3 mg/l 以下である。

保田温泉の地下水溜りは台所床下にあるため、あるいは汚染があるかもしれない。

SO_4^{2-} ……良い状況で試料採取した第三紀層の地下水には 5 mg/l 以下である。

KMnO_4 消費量……第三紀層の水では、多くは $20 \sim 60 \text{ mg/l}$ 程度で、他のガス田の値に比較して多いほうではない。館山市南條の井戸 (測点番号 10) は、 NH_4^+ 、 HCO_3^- とともに多く、したがって $\text{KMnO}_4 \text{ cons.}$ も 200 mg/l と異常に多い。

I⁻ および Br⁻……I⁻ は最高値 4.6 mg/l が和田町 (測点番号 18) で得られている。Br⁻ も同じ測点の 10 mg/l が最高値になっている。量的には $\text{Br}^- > \text{I}^-$ である。

Ca^{2+} と Mg^{2+} ……館山市北條 (測点番号 9) では、 $\text{Ca}^{2+} = 199 \text{ mg/l}$ の最高値を得、同じ測点で $\text{Mg}^{2+} = 72 \text{ mg/l}$ の最高値も得られた。一般に量的には $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ であるが、 HCO_3^- 、 NH_4^+ 、 $\text{KMnO}_4 \text{ cons.}$ で異常値を示した館山市南條の測点番号 10 の地下水は、 $\text{Ca}^{2+} < \text{Mg}^{2+}$ でこれまた異常である。

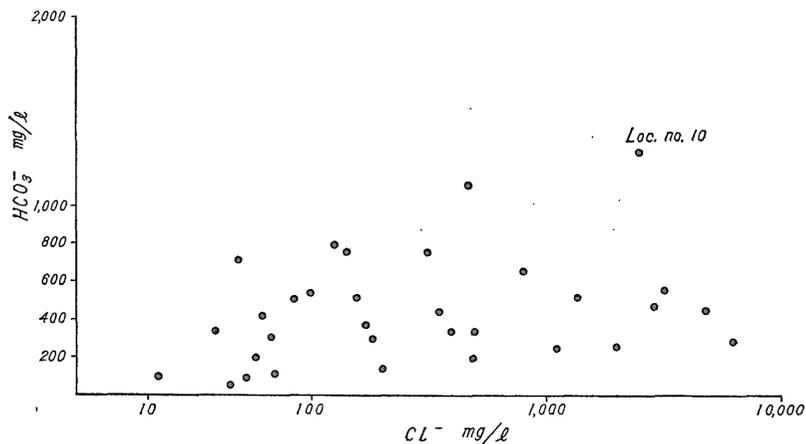
4.4 主要成分相互の関係

Cl^- と HCO_3^- の関係 これら 2 成分の関係を片対数方眼紙の上で求めると、第 3 図のようになる。館山市南條 (測点番号 10) の異常値を除外すれば注 1)、 $\text{Cl}^- > 0.8 \text{ g/l}$ の領域では Cl^- と HCO_3^- の間には逆相関関係があるようにみえる。

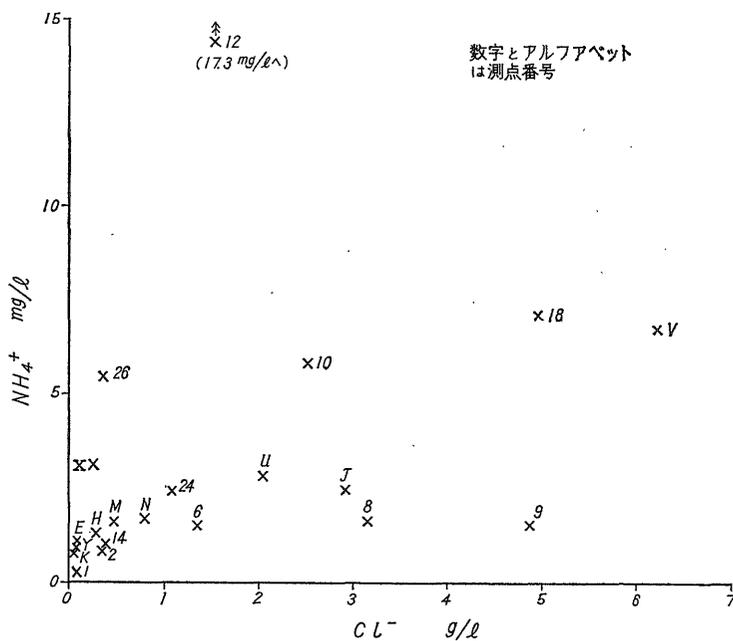
Cl^- と NH_4^+ の関係 Cl^- と NH_4^+ の間には第 4 図に示されるような関係がある。すなわち、 $\text{Cl}^- > 0.8 \text{ g/l}$ の範囲では相関関係が得られない。しかし、もしも館山市北條の測点番号 8 と 9 の 2 点を除いてみると注 2)、 Cl^- と NH_4^+ の間に弱いながら正相関関係がみられそうである。同一地域における Cl^- と NH_4^+ の相関関係で、これと類似した関係が観測された例は、わが国の他の地域にもある。福田ら (1970) によって報告された沖縄本島の天然ガス試掘井、那覇 R-2 号のコア試験でえられた地球化学的柱状図は、もっともよい例の一つである。

Cl^- と I⁻ の関係 Cl^- と I⁻ の間には第 5 図に示されるような正相関関係がある。図に記入した 4 本の直線のうちの上方の 3 本は、

注 1)、注 2) 館山市南條・北條地区は、地域的に南に孤立しているが、この 3 測点だけを一括して検討するのがよいかも知れない。



第3図 地下水の Cl^- と HCO_3^-
 Cl^- versus HCO_3^-

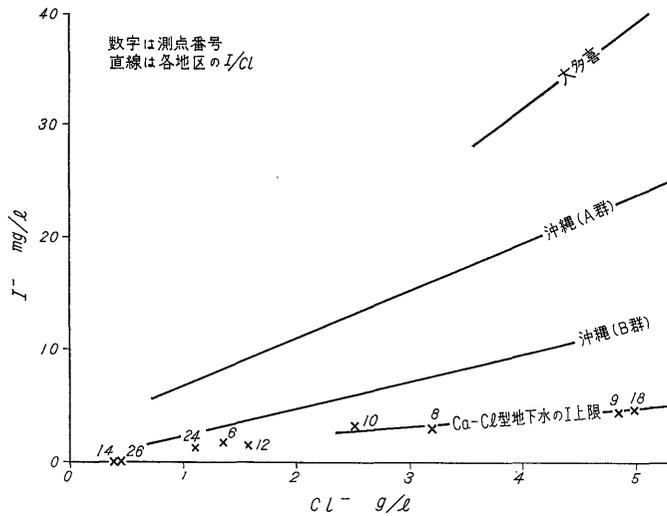


第4図 地下水の Cl^- と NH_4^+
 Cl^- versus NH_4^+

千葉県大多喜町付近のガス田の上総層群から産出する地下水、沖縄本島南部ガス田の上部中新世の島尻層群から産出する地下水、同じく沖縄ガス田の島尻層群基底部および中部地区の島尻層群から産出する地下水についての I^-/Cl^- 比をそれぞれ示したものである。一番下の線は、アメリカ地質調査所の D. E. WHITE らの資料によって本島 (1971) が仮にきめた、Ca-Cl 型地下水が含むヨウ素量の上限を示すものである。

鴨川・勝山地域の地下水中の Cl^- と I^- の関係は、ほぼこの Ca-Cl 型地下水の線上にあると見なすことができる。

当地域と沖縄との 沖縄本島の中・南部ガス田の地下水質の ス付随水には、 I^-/Cl^- 比の高い A 群と比較 よばれるものと、 I^-/Cl^- 比の低い B 群とよばれるものがあることは、本島 (1971) の論文に詳述したところである。これらの地下水と、当地域の地下水と



第5図 地下水のCl⁻とI⁻
Cl⁻ versus I⁻

	I ⁻ /Cl ⁻	pH	RpH	Cl ⁻ -mg/l	I ⁻ -mg/l	Ca ²⁺ -mg/l	Mg ²⁺ -mg/l	KMnO ₄ cons.-mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l
沖縄A群の例	大	—	8.0	6,590	33.4	112	53.8	45.1	16.3
沖縄B群の例	中	7.5	—	11,920	30.2	513	63.1	42.4	10.4
測点番号18(峯上村)	小	7.9	8.0	4,980	4.6	95.6	54.3	50.6	7.1
測点番号9(館山市)	小	7.4	7.7	4,850	4.5	199	71.7	47.3	1.5

を一括表示してその比較を試みよう。

上の資料から、当地域の地下水は I⁻/Cl⁻ 比の低い沖縄B群の水質により近いことがわかる(福田ら, 1970; 本島ら, 1965)。

5. 天然ガスおよびヨウ素鉱床の地球化学的まとめ

以上に述べた天然ガスの性質と産状, 地下水の性質, 地質の概要などから, 鴨川・勝山地域の天然ガスとヨウ素鉱床について, 概略以下のようにまとめることができる。

- 1) ここで考察すべき鉱床は, 海成の鮮新統および中新統中のものに対してである。
- 2) 天然ガスとヨウ素の根源岩は, おそらく上記の地層に含まれる有機物をもった泥質岩が主である。
- 3) ガス層は化石海水を含み, 鉱床は塩素度相関型と思われる。地下水中の Cl⁻ は, 最高 6.2 g/l にすぎず, 現在の海水のおよそ 1/3 である。
- 4) 水溶性ガスの低ポテンシャルの鉱床が存在することは確実である。ガス水比は小さい。
- 5) 天然ガス中に占める CH₄ の割合が小さく, N₂ の割合が比較的大きいこと, CO₂ が少ないことなど

から, 鉱床はおそらく低ポテンシャルの水溶性天然ガスが主体であろう。

- 6) 天然ガス鉱床は, 後期中新世の沖縄本島のガス田に性質の類似がみられ, HCO₃⁻ 逆相関型で, 多分 NH₄ 正相関型のステージにあると判断される。
- 7) 地下水の変質は, Ca²⁺ > Mg²⁺ に達している。
- 8) Na⁺, K⁺ などの分析値は欠けているが, アニオンとカチオンの含量の点から, 水質型は Na-Cl-HCO₃ 型ないし Na-Ca-Cl-HCO₃ 型と思われる。
- 9) I⁻/Cl⁻ 比は, 地域全体として 1 / 1,000, すなわち Cl⁻ ≒ 20 g/l のときに I⁻ ≒ 20 mg/l 程度の値を示し, 世界的に調べても多くのヨウ素を含まない Ca-Cl 型地下水の上限値にはほぼ近い値である。
- 10) 天然ガスの分析は, 当時まだガスクロマトグラフが地質調査所に設置されなかったため, やむをえずオルザット法で行なわれたために, He, H₂, C₂H₆, C₃H₈ および Ar など, 鉱床の性格を判断するのに大切な分析値がかけられているのはやむをえない。しかし, 上記したマクロのガス分析値および水質から判断すると, おそらくこのガス層は, いくらかの He と C₂H₆ を含有すると思われる。

- 11) 堆積岩の有機地球化学的研究を実施していないので正確にはいえないが、水質、ガス質の研究を通じての感じを述べれば、この地域の地層は、茂原一大多喜間にあつて高ポテンシャルのガスとヨウ素鉱床を胚胎する上総層群にくらべて、やや陸の影響を強くうけるところで堆積したのではなかろうかと思われる。柳下の1962年の資料を、本島(1971)が図化したものからもこの推定は妥当と思われる。
- 12) 堆積岩に含まれた有機物で、いままでに分解したものは、量的にさほど多くないために、天然ガスとヨウ素が地下水中に少ないのではないかと推定される。さらに天水の地下への滲透も大きい。
- 13) 外国には、SMIRNOVA(1970)のように水溶性有機物量(KMnO_4 消費量)と地下水中のヨウ素量の関係を重視する者や、ヨウ素の濃集機構として含有有機物岩石の熱分解を重視する KUDEL'SKY(1971)のような研究者もあるが、この地域ではこれらの点を重視しなくてもよいことが、分析値から示されている。

6. 天然ガスおよびヨウ素鉱床

以上に述べてきたところから、この地域内の第三系には低ポテンシャルの水溶性天然ガス鉱床は存在すると判断されるが、その経済的価値はさほど高いものではない。

ヨウ素資源については、第三系の地下水がアルカリ性の Na-Cl-HCO_3 型らしいことは有利な点ではあるが、何分にも I^-/Cl^- 比が低いので、たとえ大多喜町付近の地下水と同じ $\text{Cl}^- = 20 \text{ g/l}$ が含まれたとしても、そのヨウ素はわずかに 20 mg/l 程度にすぎないと推定されるので、経済的ヨウ素鉱床の存在は、通常の鉱床型式のものを対象とする限り、ほとんど期待できない。

構造性天然ガス鉱床については、今後の研究にまつところが多い。

7. まとめ

鴨川・勝山地域の第三系中には、塩素度相関型の低ポテンシャルの水溶性天然ガス鉱床が存在する。

第三系中の地下水は I^-/Cl^- 比の値がきわめて小さく、

ヨウ素鉱床の存在はほとんど期待できない。

構造性天然ガス鉱床や詳細な地球化学についての研究は、将来の問題として残された。

(昭和46年7月稿)

参考文献

- ASANO, K. and HATAI, K. (1966): Micro- and macropaleontological Tertiary correlations with Japanese islands and with planktonic foraminiferal sequences of foreign countries, *The 7th Pacific Science Congress, Symposium*, no. 25, p. 77-87.
- 藤本治義(1951): 日本地方地質誌, 関東, 朝倉書店
- 福田 理・石和田靖章(1964): 関東地方の地質と天然ガス鉱床の探鉱と開発への序章, 石油技誌, vol. 29, p. 3-21.
- 福田理・他24名(1970): 第5次沖繩天然ガス資源調査・研究概報, 地質調月, vol. 21, p. 627-672
- 河井興三(1961): 南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究, 石油技誌, vol. 26, p. 1-55
- KUDEL'SKY, A. V. (1971): Iodide Waters of Kopet-Dag, *Internat. Geology Rev.*, vol. 13, p. 259-264.
- 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, p. 193-216
- 本島公司(1971): 池田・ガス田地域におけるヨウ素について——特にヨード鉱床の探査に関する地球化学的考察——, 地質調月, vol. 22, p. 559-574
- 中川久夫(1970): ヨーロッパの標準編年と日本の更新世の対比に関する諸問題, 地質雑, vol. 77, p. 9-22
- SMIRNOVA, A. Ya. (1970): Genesis of boron, bromine and iodine in ground waters of western Ciscaucasian Cretaceous deposits, *Internat. Geology Rev.*, vol. 12, p. 703-710.