

## 群馬県磯部町附近地化学調査報告

本島 公 司\*

Geochemical Studies of Natural Gas Accumulation in the Vicinity of  
Isobe-machi, Gunma Prefecture

By

Kōji Motojima

## Abstract

Natural gas of this district is reserved in the Usui formation (Miocene marine sediments), and shows following chemical characteristics. (Fig. 7)

	a-group	b-group	c-group
CH <sub>4</sub> vol. %	< 2	9 ~ 13	60 ±
CO <sub>2</sub> vol. %	> 97	73 ~ 80	20 ±
N <sub>2</sub> vol. %	< 2	9 ~ 17	20 ±

The most productive gas reservoir exists near the Isobe fault (Fig. 3), and chemical compositions of natural gas obtained from this reservoir belong to a-and b-group.

Underground waters associated with natural gas contain large amount of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, free CO<sub>2</sub>, I<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, KMnO<sub>4</sub> consumption. (Table 1)

From geological occurrence and chemical characteristics of gas and water, the writer suggests that underground water originated from the primary hydrocarbon accumulation of marine sediments, and CO<sub>2</sub> gas derived from the Quaternary volcanic action.

## 1. 緒 言

群馬県磯部町附近は地質学的に関東と信越地方を結ぶ海成新第三紀層の分布地域にあつている。この地方は、関東地方における数少ない油徴地の一つであり、また磯部・琵琶窪・嶺等の鉱泉水は炭酸と礬素とを著しく含有する点で古来有名である。これらの鉱泉水は、多量の炭酸ガスを一諸に産出し、すでに原市町・磯部町にあつては工業的に利用されている。またこれらのガスは微量の炭化水素ガスを含有することもすでに知られているところである。

天然ガス鉱床の地質学的、地球化学的な研究調査の過程において、上述のような特殊なガス鉱床の解明は、重要であり、かつ種々の問題を提起できることが考えられる。

昭和30年2月17日から、2月23日に至る7日間、筆者は現地の地化学調査を実施した。なお地質資料はすでに金原均二<sup>5)</sup>、石和田靖章<sup>2)3)</sup>、藤原健一<sup>1)</sup>らによつて集められている。今回の調査にあつては特に石和田靖章から多数の資料の提供を受けた。現地調査に関しては上毛天然ガス工業株式会社から援助を受けた。記して深謝

\* 燃料部

の意を表する。

## 2. 調査の着眼点

磯部町附近の天然ガスは、CO<sub>2</sub>を主成分とし、僅かのCH<sub>4</sub>ガスを伴なつている。その地質学的な産状が、堆積岩に由来するメタン系天然ガスと、火山性炭酸ガスとの混合したもののものであるので、炭化水素鉱床に対する火山活動の影響を研究するのに適した地域であろうと思われる。特に浅間火山に近い長野県小諸市附近で得られた調査結果<sup>6)</sup>と比較して、本地域のように炭酸ガスと炭化水素ガスとの混合ガスが水を伴なつて産出するのは水溶性ガス鉱床を地球化学的に扱う場合に注目すべきであろう。火山活動と炭化水素ガス鉱床の関連性を解くことによつて、換言すれば火山地帯のガス、地下水、温泉のような地下深所にある岩石と接触し、かつ移動してきた流体に対する地化学的な解明をすることによつて、地下深所にある地層の化学性を推定し、さらにそれによつてその地質、分布等的一端まで解きうる可能性の有無について研究をすゝめるのも有意義と考える。

石油や天然ガスの地表徴候が有する鉱床学的な意義は、古くから現在に至るまで検討され続けている。最近地球化学に関する知識の進歩につれ、地質学的基礎にた

つて地表徴候が有する意義について再検討をすることは望ましい。地表徴候を成立させるための原物質の存在と、エネルギー源としての火山活動をこゝに重視するとともに、従来石油やガスに関する地表徴候として扱われなかつたものまでを含めて、広く地球化学的に検討すべき段階にあると思われる。

以下に述べるところは、上述の考えに基づいた作業の一端である。したがつてこの度の具体的な調査上の着眼点は次のようになる。

- 1) ガスの集積はどのような地質条件に最も大きく支配されるか。
- 2) 採ガスを支配する地質的な要因はなにか。
- 3) ガス質
- 4) 地下水水質
- 5) 以上から考えられる、礧部附近のガス鉱床の成因
- 6) 浅層地下水の水質と、地質状況およびガス賦存状況との関連

### 3. 調査地域と調査法

礧部附近のガスは、礧部町・原市町・松井田町にわたつて分布するので、第1図に示したうちの特に1の地域(礧部地域)に対して、調査の重点をおいた。この地域内では、浅層地下水に関する調査も実施した。礧部地域における調査測点の位置は、第2図に示す通りである。

礧部附近における安中層中を通る地下水と、ガスの性質を知るために選んだ測点か、第1図の2である。その位置は安中町の湯沢鉱泉水を湧出地点で採取したものである。

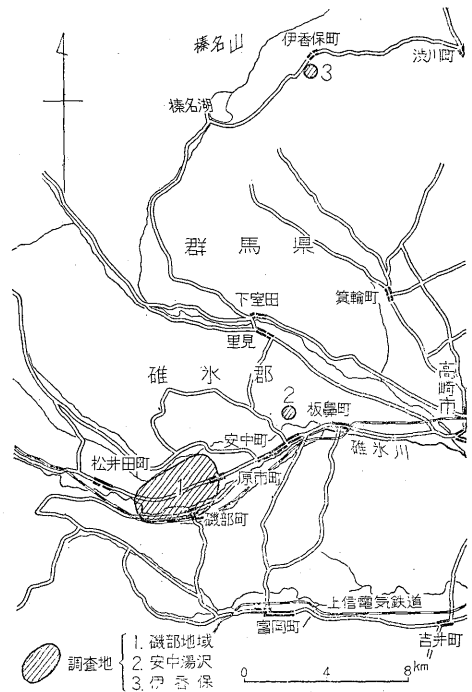
伊香保温泉は炭酸鉄泉であるといわれるので、おそらくCO<sub>2</sub>ガスを伴うものと予測して、そこに測点を配置した。第1図の3の地区がそれである。

分析の対象は井戸と表面徴候所在地で採取した水とガスである。これらについて一部現地分析を行い、一部は帰京後地質調査所で分析した。ガス分析の全部と水についての分析の一部は、本所地球化学課の牧技官らによつて行われ、その結果は第1・2表に示す通りである。

### 4. 地形および地質

安中町から松井田町へは東西に中山道が走るところは、碓氷川左岸にある河岸段丘上であつて、その標高は安中町で180m前後、松井田町方面で260m余を示している。

河川のおもなものは、調査地の南側を東流する碓氷川と、北側を東流する九十九川とである。段丘上の地下水は、この両河川によつて左右され、また段丘の西から東へ高度を減ずるため若干浅層地下水の東流することが考



第1図 調査位置図

えられる。川の面から、主段丘までの高度差は約10mにも及ぶ。

安中町湯沢鉱泉水の源泉は、谷間の崖下であり、伊香保温泉井は谷間の流れの横にあつて、ともに地表水に滲透され易い場所である。

礧部町附近の地質に関しては、石和田靖章<sup>23)</sup>によると第3図のようである。地質時代・層序・岩相・層厚等は第4図に示される。

原市泥岩層および塚原泥岩層と呼ばれる、不透性塊状泥岩の間に挟まれた聖明寺および礧部互層の砂岩は、層厚100mを超え、北方へ傾斜する。礧部町北西方は、これら巨視的には北へ傾斜する碓氷層群が、断層と背斜とを伴なつてやゝ鼻状の構造をつくる場所である。この地質状況のもとで地下に存在するガスは、その分圧に相応する力で地上へ移動し、それにつれて化学組成上の平均化をきたすものと考えられる。したがつて、これら砂層の巨視的構造は、ガスの移動と集積にはきわめて重要である。

礧部逆断層は40~55°前後の断層面傾斜をもつて西に傾く。これに並行して北北東-南南西方向に、断層の東西両側に2条の小背斜軸が走る。これらの小構造はガス徴との関連が密接である点から、坑井による採ガスの場合にはことに注目すべきである。

総じて碓氷層群は凝灰質の部分があり、泥岩には硬い



第1表 群馬県磯部町附近地化学調査表—その1

Locality	ガス量	水量	Casing Dia. (inch.)	Depth (m)	気温 T <sub>L</sub> (°C)	水温 T <sub>w</sub> (°C)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	pH	RpH	free CO <sub>2</sub>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	total CO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	⊕Fe <sup>+</sup> (mg/l)	⊕SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
	Vg (m <sup>3</sup> /d)	Vw (m <sup>3</sup> /d)								(mg/l)	(cc/l)		(mg/l)	(mg/l)				
1. 上毛天然ガス 2号井	721	121	6	748.5	10	30.9	12,940	6.9	7.9	616	314	8,570	6,796	3,460	0.000	30.3	2.6	2 >
2. 上毛天然ガス 1号井甲	1,076	142	6 5/8	452.5	13	33.9	13,510	7.0	8.2	567	288	7,750	6,167	3,140	0.000	27.0	0.4	2 >
3. 峯 鉱 泉 手 掘 井							7,350	6.9	8.3	655	333	9,340	7,395	3,760	0.000	8.70	13.8	2 >
4. " 宝田井					8.5	19.4	5,400	6.9	8.4	440	224	8,780	6,790	3,460	0.000	18.4	0.8	3
5. 松江田宝田井					11	13.9	3,550	6.8	8.0 <sup>+</sup>	94.7	49.5	2,410	1,835	934	0.000	13.7	0.4	4
6. 林屋旅館鉱泉水井	不明	n. f		5	11	20±	4,190	6.7	8.2	352	179	3,860	3,142	1,600	tr. ?	11.4	0.8	5
7. 林屋上流ガス井	ca. 10	不明			9.5	9.0	39.1	5.4	7.2	308	157	232	475	242	0.000	0.02	—	5
8. 安中町湯沢鉱泉水井	" 0	ca. 5			—	—	1.0 >	6.1	6.9 <sup>+</sup>	6.6	3.3	82.5	66.1	33.6	tr. ?	1.96	—	71.7
9. 林屋旅館飲料井					—	—	10.5	6.4	7.0	17.6	8.9	97.8	88.2	44.8	0.00A	—	—	—
10. 琵琶窪鉱泉水井	不明	n. f		不明	2.0	11.3	12,430	6.9	8.2	582	296	9,760	7,632	3,880	0.000	27.5	0.3	2 >
11. 磯部県有鉱泉水井	1,000 ±	10	4	103	4.2	12.0 ≤	10,920	6.8	8.0	573	292	6,960	5,603	2,870	0.000	25.2	5.3	2 >
12. 平野炭酸 R-4号井	0	5	3 3/4	84	10	17±	6,700	6.6	7.8	542	275	4,820	4,022	2,050	—	8.00	17.0	6
13. 伊香保温泉 2号井	0.5	3,000	6	111.9	5	48±	127	6.1 <sup>+</sup>	7.3 <sup>+</sup>	123	62.7	305	343	175	0.000	0.09	—	—
14. 上毛天然ガス 1号井乙	密閉中	密閉中	6	313.1	—	—	13,550	—	—	—	—	—	—	—	—	27.9	0.2	2 >
15. 碓氷川川水 (磯部)					—	—	4.7	6.7	7.1	—	—	53.5	—	—	—	—	—	7

⊕Ca <sup>#</sup>	⊕Mg <sup>#</sup>	Ca <sup>#</sup> /Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>#</sup> /Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>#</sup> /Mg <sup>#</sup>	⊕I <sup>-</sup>	⊕Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup> /Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup> /Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup> /I <sup>-</sup>	⊕HBO <sub>2</sub>	⊕KMnO <sub>4</sub> cons.	dis. O <sub>2</sub>	dis. CH <sub>4</sub> + N <sub>2</sub> etc.	⊕Gas Composition (Vol. %)			
(mg/l)	(mg/l)	×10 <sup>-2</sup>	×10 <sup>-3</sup>		(mg/l)	(mg/l)	×10 <sup>-4</sup>	×10 <sup>-3</sup>		(mg/l)	(mg/l)	(cc/l)	(cc/l)	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> etc.
203	53.4	1.57	4.13	3.80	5.7	41.7	4.4	3.22	7.3	673	16.4	0.14	0.75	99.5	0.1	0.1 (17.0)	0.3
276	59.4	2.04	4.40	4.64	5.8	39.2	4.3	2.90	6.8	860	21.4	0.00	0.65	99.4	0.1	0.1 (20.4)	0.4
126	42.0	1.71	5.71	3.00	3.4	20.7	4.6	2.07	6.1	350	21.4	—	—	—	—	—	—
85.0	16.2	1.58	3.00	5.25	2.4	17.7	4.4	3.28	7.4	269	30.5	0.17	1.97	97.3	0.1	1.9	0.7
68.7	28.0	1.93	7.89	2.45	2.2	11.0	6.2	3.10	5.0	110	10.1	0.51	29.3	(22.0)	(0.0)	(60.8)	(17.2)
														21.2	0.7	58.7	19.4
55.4	12.7	1.32	3.03	4.36	1.7	12.1	4.1	2.89	7.1	335	12.3	0.95*	2.01	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25.2	—	—	78.7	0.3	10.4	10.6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.4	—	—	—	—	—	—
91.5	43.7	0.74	3.52	2.10	5.2	35.0	4.2	2.81	6.7	500	16.4	0.27	4.05	—	—	—	—
215	43.7	1.97	4.00	4.92	5.0	33.4	4.6	3.06	6.7	634	18.9	0.10	4.66	77.6	0.3	12.6	9.5
208	35.0	3.11	5.22	5.94	3.0	19.7	4.5	2.94	6.6	413	34.8	—	—	(73.5)	(0.0)	(9.2)	(17.3)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.1	4.7	7.0	28.2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.41	6.43	22.2	0.2	0.1**	77.7
98.4	68.3	0.73	5.04	1.44	5.7	39.9	4.2	2.95	7.0	697	23.4	—	—	97.3	0.1	1.5 (57.7)	1.1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15.1	—	—	—	—	—	—

\* Pump \*\* 精度以下 CH<sub>4</sub>( )内は CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> の残に対する CH<sub>4</sub> %

昭和30年2月調査 ⊕ 分析: 牧 眞一

群馬県磯部町附近地化学調査報告 (本島公司)

第2表 磯部町附近地化学調査表—その2 (原市町浅層地下水)—

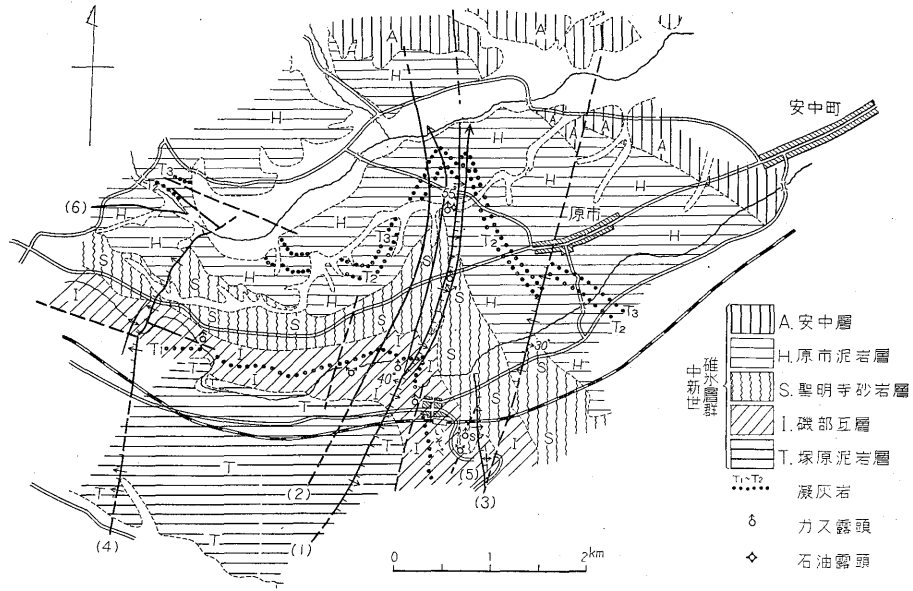
Loc. No.	井戸の所有者	地面からの井戸の深度(m)	同左水面(m)	気温 T <sub>L</sub> (°C)	水温 T <sub>w</sub> (°C)	井戸の型式	所在地内・屋内・外・屋外	pH	RpH	RpH-pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	free CO <sub>2</sub>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	total CO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub> (mg/l)
												(mg/l)	(cc/l)		(mg/l)	(cc/l)	
八本木-2*	石原 勝次	12.5	9.2	12.9	11.9	開	外	6.6	7.8	1.2	59.6	32.0	16.3	283	236	120	0.000
	〃	9.0	8.0	12.9	17.8	〃	内外	5.8 <sup>≧</sup>	7.8	2.0 <sup>≧</sup>	47.6	573	292	498	932	474	0.A
	阿部 富次	11.2	9.5	10.5	10.3	〃	内外	6.3 <sup>+</sup>	7.8	1.5	65.3	46.3	23.6	174	171	87.1	0.0A
	真下 一夫	11.0	9.5	5.0	14.0	一	〃	6.0	7.8	1.8	26.7	143	72.8	143	248	126	0.00A <sub>1</sub>
	小坂橋 某	12.0	10.1	11.5	10.0	一	〃	6.8	7.7 <sup>+</sup>	0.9	40.8	2.2	1.1	113	83.8	42.7	0.00A <sub>2</sub>
6	万福寺	ca.3	ca.2	7.0	13.0	一	〃	6.4	7.2	0.8	17.8	2.2	1.1	36.6	28.6	14.6	0.000
7	田島 治平	5.5	4.8	5.0	10.5	一	〃	6.2	7.2	1.0	17.8	2.2	1.1	21.3	17.6	9.0	0.000
8	小坂橋 流平	4.5	4.0	13.0	14.5	閉, ポンプ	〃	6.2 <sup>-</sup>	7.2	1.0	17.8	2.2	1.1	15.2	13.2	6.7	tr.
9	浜松 順太郎	11.1	9.5	—	10.8	閉	〃	6.5	7.4	0.9	33.8	73.8	37.5	763	625	318	0.00A <sub>2</sub>
10	浦野 今朝次	11.2	4.5	5.6	10.5	閉, ポンプ	〃	7.0	7.2	0.2	36.9	7.0	3.5	154	118	60.0	0.00A <sub>2</sub>
11	野口 由松	11.5	9.0	12.1	11.8	開, ツルベ	〃	7.0 <sup>-</sup>	7.0	0.0	36.9	4.4	2.2	122	92.5	47.0	0.000
12	下山 銀造	12.5	11.0	12.2	10.5	〃	〃	6.8	6.8	0.0	36.9	4.4	2.2	65.9	52.0	26.4	0.0A <sub>1</sub>
13	横山 覚	12.7	10.6	12.3	12.8	閉, ポンプ	〃	6.6	7.2	0.6	49.0	17.2	8.8	159	132	67.2	0.000
14	安藤 賢太郎	12.7	11.2	11.5	11.8	〃	〃	7.1	7.1	0.0	66.0	5.7	2.9	113	87.2	44.4	0.0A <sub>1</sub>
15	安藤 虎造	12.0	10.0	11.3	9.7	〃	〃	6.8	7.2	0.4	56.2	11.9	6.1	155	124	63.0	0.00A <sub>2</sub>
16	田島 銀三	12.0	8.5	11.4	11.2	〃	〃	6.6 <sup>+</sup>	7.4	0.8	29.9	58.2	29.6	313	284	144	0.A
17	篠原 立作	12.0	10.5	11.0	9.8	〃	内外	6.8	6.9	0.1	71.0	7.1	3.6	68.4	56.5	28.7	0.0A
18	池田 三松	11.8	6.0	2.0	9.8	一	〃	7.0	6.8	-0.2	61.0	3.5	1.8	23.2	20.3	10.3	tr.
19	山田 充三	17.0	13.5	4.3	9.5	一	〃	7.1 <sup>-</sup>	7.3	0.2	55.3	1.8	0.9	153	113	57.6	tr.
20	櫻 佳三	16.0	12.5	4.5	11.8	一	〃	6.8	7.1	0.3	71.0	1.8	0.9	101	74.7	37.9	tr.
上町-1 郷原-1	柴田 酉造	12.1	10.5	1.3	11.8	一	〃	6.6	6.7	0.1	16.3	1.8	0.9	33.0	26.6	13.5	tr.?
	原市 分校	9.5	6.5	8.9	11.7	閉, ポンプ	〃	6.6	6.8	0.2	28.4	7.1	3.6	48.9	42.4	21.5	0.000
	2 今井 仁次	8.5	4.5	5.2	10.4	〃	〃	6.6	6.8	0.2	36.2	4.4	2.2	55.0	44.1	22.4	0.00A <sub>1</sub>
	3 磯貝 勘太郎	8.5	5.2	5.4	9.6	開, ツルベ	〃	6.6	6.8	0.2	29.1	6.2	3.1	36.6	32.6	16.6	0.000
4 鈴木 木茂	5.5	4.5	5.5	12.3	一	〃	6.4 <sup>+</sup>	6.6 <sup>+</sup>	0.2	12.8	2.6	1.3	30.5	24.6	12.5	0.000	
5	大井 善男	11.5	10.6	5.4	9.8	開, ツルベ	〃	7.0	7.2	0.2	133	7.1	3.6	94.0	74.9	38.0	0.00A <sub>1</sub>
6	神保 勇	12.5	6.0	5.6	9.7	閉, ポンプ	〃	6.5 <sup>-</sup>	6.8	0.3	12.8	10.6	5.4	47.6	45.0	22.9	0.000
4'	小日向 基平	9.3	8.2	4.0	10.2	閉	〃	7.1	7.2	0.1	15.6	7.1	3.6	113	88.8	45.1	0.000
3'	山田 幸平	9.0	6.5	3.6	10.8	〃	〃	6.7	6.7	0.0	7.8	3.5	1.8	24.4	21.1	10.7	tr.?
2'	半田 鋭	7.5	5.5	3.8	9.3	〃	〃	6.3	6.6	0.3	19.2	1.8	0.9	20.8	16.8	8.6	tr.?
給人宿-1 磯-1	柳沢 金四郎	6.5	4.5	8.7	9.8	閉, ポンプ	〃	6.6	6.7	0.1	12.8	13.2	6.7	36.6	39.6	20.1	tr.
	大持場 共有井	4.5	3.0	3.4	7.9	一	〃	6.7	7.0	0.3	8.5	2.6	1.3	73.3	55.6	28.3	tr.
	2 中島 安雄	11.0	10.0	3.5	10.8	一	〃	6.5	7.2	0.7	91.7	1.8	0.9	166	122	62.2	0.000
	3 小林 某	7.7	6.5	3.2	9.3	ツルベ	〃	6.8	6.6	-0.2	19.9	1.8	0.9	33.0	25.6	13.0	0.000
4	田島 治郎	8.5	7.5	3.6	9.5	〃	〃	6.8	6.6 <sup>+</sup>	-0.2	17.7	1.8	0.9	39.2	30.1	15.3	0.000
5	富田 たけよ	6.3	5.1	3.7	8.6	閉, ポンプ	〃	6.6	6.7	0.1	13.5	2.2	1.1	33.0	27.0	13.7	0.000
6	富田 京三郎	7.0	4.2	3.6	11.3	〃	〃	6.4	6.9 <sup>+</sup>	0.5	12.8	7.9	4.0	67.2	56.4	28.7	tr.?
7	田島 勘太郎	1.2	0.3	3.3	6.5	開	〃	6.7	7.0	0.3	12.8	1.8	0.9	73.3	54.7	27.8	0.000
正善-10	荻原 清次郎	4.2	2.9	11.3	12.0	閉, ポンプ	〃	6.3	6.7	0.4	9.2	4.4	2.2	33.0	28.2	14.3	tr.
-9	中村 謙之助	12.8	7.5	11.2	10.8	開, ツルベ	〃	6.6	6.8	0.2	24.1	2.6	1.3	42.8	33.5	17.0	0.0A
三軒家-8	山口 秀一	4.0	3.5	12.0	11.0	開, ポンプ	〃	6.8	7.5	0.7	184	17.6	9.0	189	155	78.8	tr.
	ガス会社 給水井	6.8	3.5	12.2	11.3	〃	〃	7.2 <sup>-</sup>	8.0	0.8	319	7.1	3.6	139	107	54.5	0.00A <sub>2</sub>
	7 原田 繁市	4.0	3.5	12.2	9.2	〃	〃	7.4	7.9	0.5	441	12.3	6.3	398	299	152	0.00A <sub>1</sub>
	6 佐藤 伊兵	8.1	5.0	2.8	8.2	開, ツルベ	〃	6.8	7.0	0.2	19.9	4.0	2.0	79.4	61.3	31.1	0.000
5	医王 寺	5.5	3.5	3.6	12.3	閉	〃	6.4	6.9	-0.5	12.1	7.1	3.6	67.4	53.8	27.4	0.00A <sub>2</sub>

\* ツルベ→サイフォン採水  
dis. O<sub>2</sub>=0.44cc/l  
dis. N<sub>2</sub> etc.=4.00cc/l } T<sub>w</sub>=15.8°C  
水面直上のガス成分

現地分析 物質一  
CO<sub>2</sub> 83.5%...82.1(86.4)  
O<sub>2</sub> 1.2%...1.0(0.0)  
CH<sub>4</sub>+N<sub>2</sub> 15.3%  
CH<sub>4</sub> 7.6(8.0)  
N<sub>2</sub> 9.4(5.6)

A<sub>1</sub>>A<sub>2</sub>>A<sub>3</sub>

昭和30年2月調査



第3図 磯部附近地質略図(石和田靖章原図)  
 1. 磯部断層 2. 正善断層 3. 原市断層 4. 琵琶窪断層 5. 聖明寺断層 6. 名山断層

		層厚	岩層	
中 新 世	洪積世	ローム・浮石層	3~4 m	
		砂礫層	2~4 m	
	礁氷層群	安中層	150 m+	砂岩泥岩互層, 含礫砂岩・礫岩・泥岩等の互層。下部純海成
		原市泥岩層	510 m±	泥岩・砂質泥岩, 凝灰岩を挟在 純海成, 油徴あり
		聖明寺砂岩層	130 m±	上半・無層理塊状淡青色細粒砂岩 下半・凝灰質 1~2 m, 礫層あり, 海成
		磯部互層	100 m±	泥質砂岩, 砂質泥岩互層 全般に凝灰質 海成
塚原泥岩層	300 m+	灰黒色無層理塊状泥岩を主とする 海成		

第4図 磯部町附近地質柱状図

部分がある。油田における Cap rock に対応するものは原市泥岩であり、ガスが水を伴う点から塚原泥岩の bottom rock<sup>註1)</sup>としての性格も重要である。

原市泥岩から塚原泥岩までの各層はいずれも純海成層

註1) Cap rock に対し、ガス槽の下部に横たわる不透性の岩石を bottom rock (底岩または底層)と呼ぶ。

で, Neritic ないし Bathyal<sup>2)3)</sup>の堆積物である。

安中層の下部は純海成層であるが、上部は亜炭を含む陸成の部分もある。天然ガス地質の立場からは、原市泥岩から塚原泥岩に至る層位が物理的にも1単位になり、安中層は別途に考慮されるべきであろう。

伊香保温泉は榛名火山山腹にあり第四紀火山の安山岩質集塊岩からなっている。しかしその基盤としておそらく第三紀の海成層が存在するのではないかと考えられる。

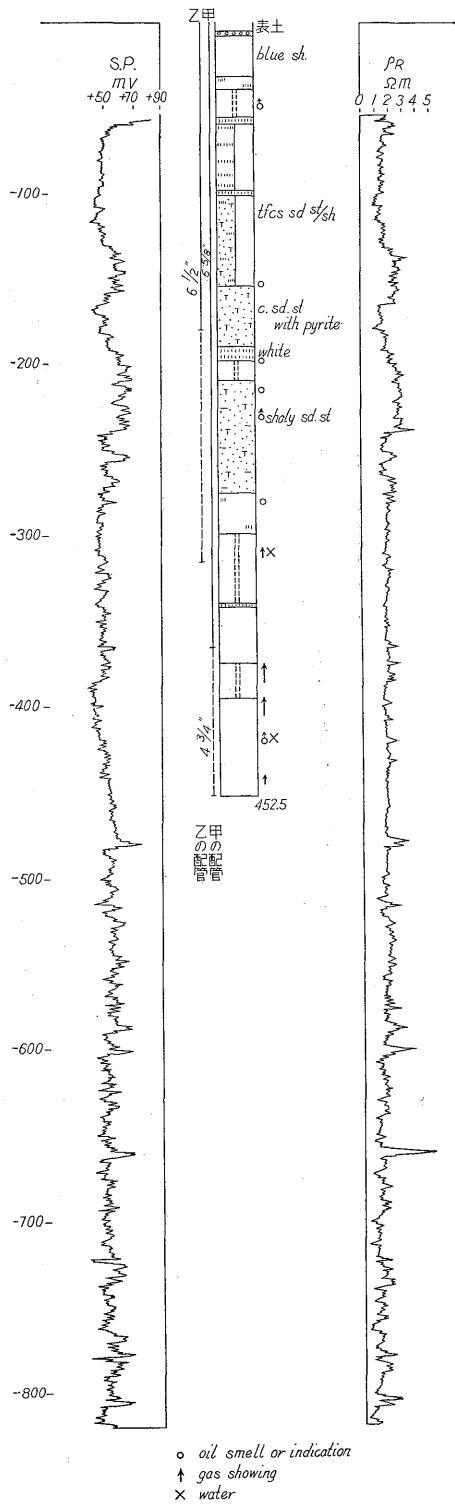
### 5. 坑井と表面徴候の調査結果

4節に述べた地質状況に対して、第2図のように配列した測点において、第1表に示す結果を得た。

#### 5.1 坑井地質について

上毛天然ガス株式会社所有の R-1 甲および R-2 号井は、いずれも磯部断層の西側から背斜頂部附近に開坑したものであり、掘り始めの地層は、R-1 では原市泥岩層、R-2 は昌明寺砂岩層である。

第5図に R-1 甲号井、第6図に R-2 号井の坑井地質柱状図を示す。この2坑井はいずれも磯部断層附近から炭酸ガスを採取している。



○ oil smell or indication  
 ↑ gas showing  
 × water

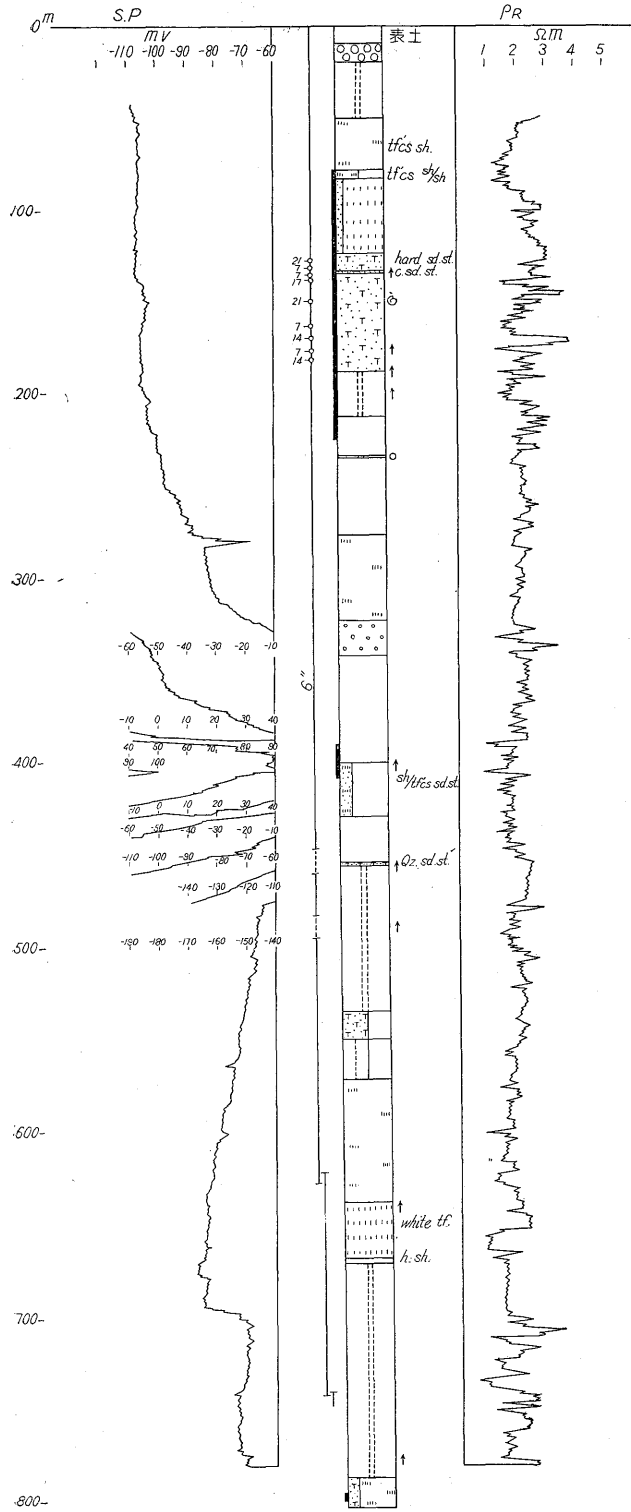
第5図 上毛天然ガス R-1 甲柱状図(原市 R-1)

標高 216.32m 深度 826.00m

比重 1.20  
 泥水 粘速 30 sec.  
 抵抗 0.45 Ωm

電 檢 1941-6-21

裸孔徑 7' / 2''



第6図 上毛天然ガス R-2 柱状図(原市 R-2)  
 深度 781.00m 泥水比抵抗 0.2 Ωm 電極間隔 M-0.25m-A-4.75m-B  
 電檢 1950-3-3





第3表 浅間地獄谷噴気孔の噴出ガスの化学組成<sup>4)</sup>  
(Vol. %)

	昭和9年		昭和10年	
	8月7日	10月14日	4月28日	6月11日
H <sub>2</sub> S	0 0	0.49 0.47	83.5 79.27	86.3 79.54
CO <sub>2</sub>	82.4 78.66	81.5 78.72		
重炭化水素	2.97 2.85	2.82 2.72	3.53 3.35	2.24 2.07
O <sub>2</sub>	0.00 0.95	0.00 0.73	0.00 1.05	0.00 1.66
CO	1.16	1.47	1.68	1.14
H <sub>2</sub>	0	4.25 4.10	2.64 2.51	1.05 0.97
CH <sub>4</sub>	10.49 10.01	4.23 4.08	2.93 2.78	1.59 1.46
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0	0	1.93 1.83	4.17 3.84
N <sub>2</sub> +A	2.84 6.26	6.71	7.53	9.46
計	99.89	99.00	100.00	100.14

(岩崎岩次資料)

太字は O<sub>2</sub>=0.0 としての空気補正值  
空気の組成(O<sub>2</sub>=20.95%, N<sub>2</sub>+A=79.02%)

のガスは b) 群になる。さらに(1)の地区の浅層ガス徴は b) 群になる。

(3) 坑井が埋没し、かつガス量のきわめて少ないものは c) になる。

上述の a), b), c) 群を線で結ぶと、第7図のBを得る。このB線は先に小諸市附近の調査で求めた<sup>6)</sup> A線と相似であつて注目される。

浅間火山の噴気孔ガスの組成は<sup>6)</sup>、第3表に示すようである。表の一部には、かりに O<sub>2</sub>=0.00%として、ガス組成に対して空気補正を行つてみたものを記入した。その数値を第7図上において成分表示してみる(この場合に重炭化水素類は CH<sub>4</sub> に加えて表示した)。この第7図上における空気補正值が、およそB線におちることは注目される。

伊香保温泉2号井のガスは、CH<sub>4</sub> がほとんどなく、CO<sub>2</sub> 22%, N<sub>2</sub> 78%からなるガスである。昭和30~31年に地質調査所で掘つた新しい井戸(伊香保 R-3号井)においては、坑井深度 200 m 以上において、CH<sub>4</sub> ≒ 5%, CO<sub>2</sub> ≒ 55%, N<sub>2</sub> ≒ 40%なる組成の遊離ガスが得られた<sup>註2)</sup>。おそらくこの CH<sub>4</sub> は、榛名第四紀火山の基盤を構成する第三紀層に由来するものであつて、浅い温泉水中の N<sub>2</sub> は、地表水からはいつた dis. N<sub>2</sub> に由来

註2) 牧真一: 伊香保温泉協会依頼調査(未発表)

する部分が多いと考えられる。したがつて、伊香保温泉附近から産出するガスは、第7図上のC線およびA線、B線附近を占めるような化学組成の特徴を示すのではないかと予測されるのである。

### 5.3 地下水の性質について

1) 水温 上毛天然ガス R-1 甲は、第5図に示されるように深度 365 m に孔明管の頂部があり、R-2 は第6図によると 460 m に頂部がある。その自噴水温はそれぞれ 33.9°C と 30.9°C であり、深度に対応して水温は高い。もしも両井が鉄管尻から水を産しているとすれば、水温は他地域の通常な地下増温率から算出したものに近くなるが、1号井甲のように、ガンパー仕上げの井戸では、おそらくその位置から水とガスの大部分が出ているものと考えてよいであろう。したがつて地下深所の温度が、案外に浅いところに位置した孔明管による採ガス井において測られるのであろう。ガス水比がきわめて大きな炭酸ガスの産ガス井にあつても、断熱膨脹による水温降下よりは、地下における通路に沿う温度上昇が大きい場合もありうることである。又坑井はそのようなところにおいて仕上げるのが、採ガス上望ましいともい得よう。

2) Cl<sup>-</sup> 最高値は 13,500 mg/l である。原市町の深井戸ではいずれも Cl<sup>-</sup> 量が 10,000 mg/l を超え、磯部県有井も同様である。嶺鉱泉の手掘井(3)は、宝田井(4)よりも Cl<sup>-</sup> が多い。他の化学組成から、おそらくこの手掘井は地下にある相当な深度の水質を代表しているものと思われる。

磯部附近の浅い井戸または古い井戸は、3,500~4,500 mg/l Cl<sup>-</sup> 程度であり、平野炭酸 R-4 は、休止井をリフトして採取したのであるが、Cl<sup>-</sup> は 6,700 mg/l で少ない。

安中層中の鉱泉水(8)は、Cl<sup>-</sup> が 1 mg/l 以下できわめて少ない。

伊香保2号井では 127 mg/l と測定された。

3) pH および RpH pH はいずれも弱酸性である。地下水中の溶解塩類は多いが、free CO<sub>2</sub> の多いことから当然である。

RpH は 7.8~8.4 である。

4) free CO<sub>2</sub> 遊離炭酸は滴定で求めたのであるが、200~330 cc/l 存在する。嶺鉱泉の手掘井(3)で最高値の 333 cc/l が測られた。

5) HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 磯部町附近の鉱泉水は、わが国において最も多量の HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> を含むものとして著名である。この度の測定でも、琵琶窪鉱泉(10)の 9,760 mg/l を最高値とし多くの鉱泉水が 5,000 mg/l 以上を示す。

伊香保の温泉水は 305 mg/l を示している。

6) NO<sub>2</sub><sup>-</sup> いずれも 0.000 mg/l である。たゞし林屋

旅館の鉱泉水(6)には、あるいは痕跡程度の  $\text{NO}_2^-$  があるかもしれない。

7)  $\text{NH}_4^+$   $\text{NH}_4$  は上毛天然ガス R-2(1) の 30.3 mg/l を最高とし、 $\text{Cl}^-$  が 3,000 mg/l 以上の地下水にはいずれも 8 mg/l 以上存在する。

伊香保温泉水(13)は 0.09 mg/l である。

8) total Fe 停滞水的な性状で分析試料を採取した嶺鉱泉手掘井(3)と、平野 R-4(12)とに 10 mg/l 以上の Fe がある。水量の少ない鉄管井(県有井...11)でも 5.3 mg/l を占めてやゝ多いが、他は 3 mg/l を超えない。多量の水とガスとを常時産出するような井戸では、おそらく全鉄は 0.5 mg/l 以下になるだろうことが、第1表から推測できる。 $\text{CO}_2$  による鉄の溶解度の増加が考えられるにもかかわらず、このように  $\text{Fe}^{2+}$  が少ないのは、おそらく地層中に可溶性の鉄がきわめて少ないことを示すものであろう。

9)  $\text{SO}_4^{2-}$   $\text{Cl}^-$  が多く、地下深所から出ていると思われる地下水中にはいずれも  $\text{SO}_4^{2-}$  が 2 mg/l 以下である。ただし、嶺地区の井戸(4, 5)や磯部町林屋の井戸(6)、平野 R-4(12)等、上水混入のおそれのある測点では、3~7 mg/l の  $\text{SO}_4^{2-}$  を認めている。

10)  $\text{Ca}^{2+}$  および  $\text{Mg}^{2+}$   $\text{Ca}^{2+}$  は最高 276 mg/l が測られた。 $\text{Mg}^{2+}$  は最高 59.4 mg/l ある。いずれも上毛天然ガス1号甲(2)の地下水である。

$\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$  は大体  $(1.6\sim 2.0) \times 10^{-2}$  位であるが、琵琶窪(10)と上毛天然ガス1号乙(14)では  $(0.73\sim 0.74) \times 10^{-2}$  で数値が小さく、その原因については判然としない。

$\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$  は  $(3\sim 8) \times 10^{-3}$  程度を示し、地下水は  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  型である。したがって  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  は1よりも大きく、多くは2~6の間にある。 $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$  の大きいのは松井田宝田井(5)であり、この井戸水の多くの化学的性質は特異である。

11)  $\text{I}^-$  と  $\text{Br}^-$   $\text{I}^-$  は少なく、 $\text{Cl}^-$  が 3,000 mg/l 以上の地下水においても、1.7~5.8 mg/l である。 $\text{I}^-/\text{Cl}^-$  は  $(4.2\sim 6.2) \times 10^{-4}$  であつて、南関東のガス田よりも一桁数値が小さい。 $\text{I}^-/\text{Cl}^-$  の最大は、松井田宝田井(5)の  $6.2 \times 10^{-4}$  であり、やはりこの井戸は特異値を示す。この特異値を除けば、 $\text{I}^-/\text{Cl}^-$  の値は  $(4.1\sim 46) \times 10^{-4}$  の間にあり、きわめてその数値の変化が少ない。

$\text{Br}^-$  は  $\text{I}^-$  よりも多く存在し、最高 41.7 mg/l (測点1)を示している。 $\text{Br}^-/\text{I}^-$  は 5.0~7.4 であるが、最小値の 5.0 は松井田宝田井(5)である。また  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$  は  $(2.07\sim 3.28) \times 10^{-3}$  にあり、平均は  $(2.9\sim 3) \times 10^{-3}$  前後におちつく。

12)  $\text{HBO}_2$  きわめて多く存在し、最高 860 mg/l (上

毛 R-1 甲)もあり、全般的に 250 mg/l を超える。大体その量は塩分の濃度に比例する。

水成岩中から産する地下水についての B と  $\text{Cl}^-$  に関する資料は、目下系統的に集めようとしている時期なので、こゝには分析値だけを参考資料としてあげるにとどめる。

13)  $\text{KMnO}_4$  消費量  $\text{Cl}^-$  が 10,000 mg/l を超える地下水では、16~23 mg/l 程度の値を示す。この数値は東京都内のガス附随水における  $\text{Cl}^- = 12,000\sim 14,500$  mg/l に対する  $\text{KMnO}_4$  cons. = 115~185 mg/l に比較しておよそ1桁小さい。秋田県黒川油田産出の油田水も、やはり東京の例と同じ桁数を示している。

14) dis.  $\text{O}_2$   $\text{CO}_2$  ガスの採取井にあつては、0.00~0.2 cc/l 程度できわめて少ない。 $\text{SO}_4^{2-}$  の存在する地下水ではやゝ多くなる傾向にある。したがって、この  $\text{O}_2$  は一部の  $\text{N}_2$  とともに、地表水によって供給されたものと思われる。

伊香保2号井(13)では 0.41 cc/l もあつて、上水混入が考えられる。

15) dis.  $\text{CH}_4 + \text{N}_2$  etc. 水中溶存ガスの大部分が  $\text{CO}_2$  であつて、 $\text{CH}_4 + \text{N}_2$  etc. はきわめて少ない。dis.  $\text{O}_2$  の少ない深井戸の水にあつては、その数値は 0.65~0.75 cc/l (測点1, 2) となつている。free gas に  $\text{CH}_4$  と  $\text{N}_2$  がやゝ多い井戸では、1 cc/l を超える。dis.  $\text{CH}_4 + \text{N}_2$  etc. と free gas 中の  $\text{CH}_4$  との間には、第8図のようにおよそ次の関係がみられる。

dis. $\text{CH}_4 + \text{N}_2$ etc. cc/l	$\text{CH}_4\%$ in free gas
0.7 ±	0.1 ±
2 ±	2 ±
4~5 ±	10 ±
30 ±	60 ±

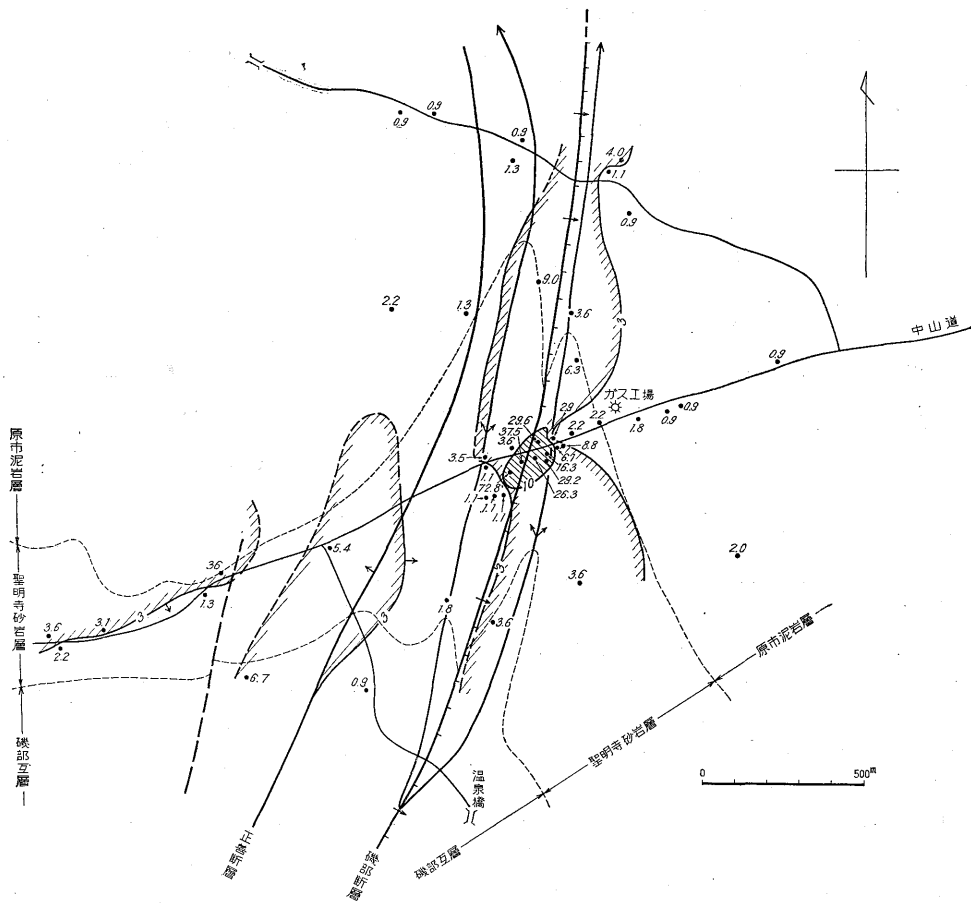
第8図から、dis.  $\text{CH}_4 + \text{N}_2$  etc. または free gas 中の  $\text{CH}_4\%$  を次のように推定する。

測点	推定 dis. $\text{CH}_4 + \text{N}_2$ etc. 量 (cc/l)	推定 $\text{CH}_4\%$ in free gas.
林屋鉱泉井(6)		2 ±
琵琶窪鉱泉(10)		10 ±
平野 R-4(12)	4 ~ 5	
上毛 R-1Z(14)	2 ±	

以上に述べた地下水の性質に関する相互関係と、それらから考えられる鉱床の成因などについては、第7節で一括して述べる。

## 6. 原市町における浅層地下水について

この地域は上述したような、特徴をもつた産状を示す



第9図 原市町浅層地下水水質分布図 free CO<sub>2</sub> cc/l

ガス田であり、しかもガス組成は CO<sub>2</sub> が非常に多く、そのガスは Cl<sup>-</sup> 量の多い地下水と共存する。ガスを賦存する第三紀層では、断層がほぼ北北東—南南西に走っている。原市町附近ではその第三紀層を、洪積層が 10m 前後の厚さで河成段丘として被覆し、浅層地下水はその両層の境界附近を流れる。したがって、この浅層地下水は第三紀層中に賦存するガスのあり方と関連があつてよいはずである。

この度の調査では、断層を横切るようにほぼ東西方向に配列した測点によつて、民家の飲料水を対象とした分析を行った。

第2図には測点を示し、第2表には得た結果を示す。測定した項目のなかで特に重要と思われるものについて以下に説明する。

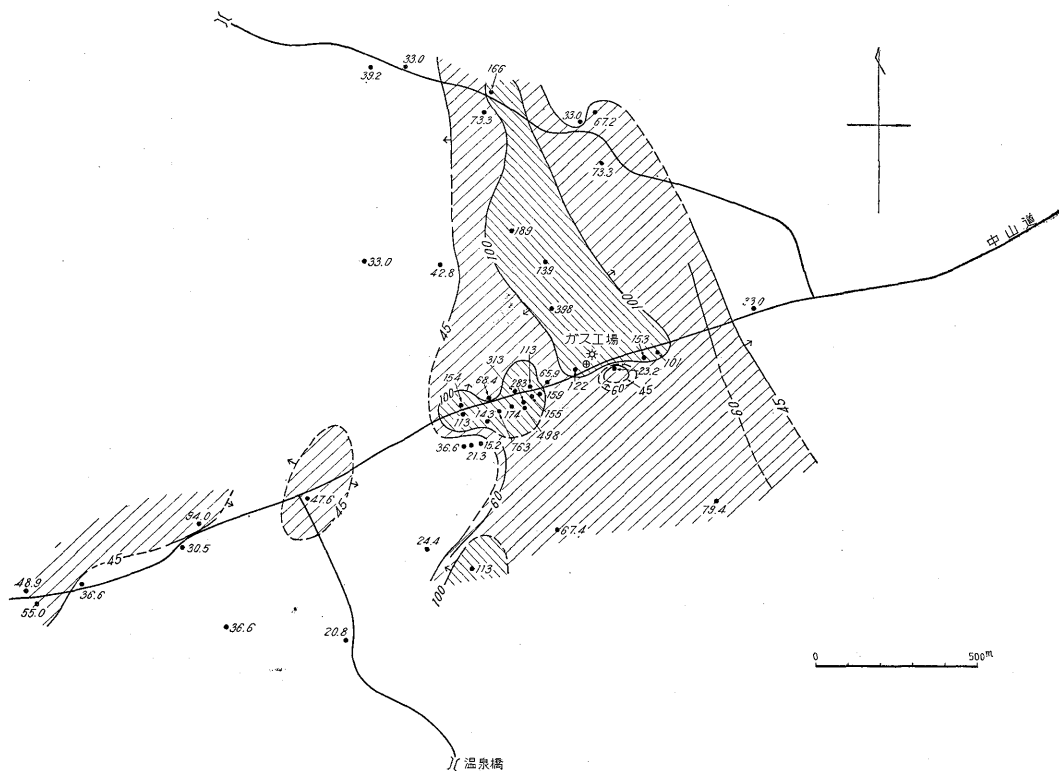
1) pH および RpH pH はほとんど弱酸性の 6.2~5.8 前後が多い。RpH は 7.0~7.2 程度が多いが、測点番号八本木 1~5 附近では、7.7~7.8 位でややアルカリ側へよる。RpH-pH は 0.3~0.5 前後が多いが、八

本木には数値の大きいものがある。

2) free CO<sub>2</sub> free CO<sub>2</sub> は最高 292 cc/l と測定された。第9図にその地域的分布図を示す。最も多いのは八本木中部地域の 10 cc/l 以上のところであり、それを中心としてほぼ北北東—南南西方向に 3 cc/l 以上の地域となる。番匠屋敷(郷原6)附近と、西方の日枝神社下にも 3 cc/l 以上ある。

第9図に地質構造のおよそを示して、CO<sub>2</sub> 量の分布と比較する。10 cc/l 以上の CO<sub>2</sub> がみられるところは地質的に昌明寺砂岩層のやや上半部が洪積層下に現われるところであり、かつ磯部断層上にあたる。八本木地区の 3 cc/l CO<sub>2</sub> 以上の地区は、磯部断層の存在と、地層を構成する岩石の物理性、および附近の地下水の動きの推定方向から考えられる分布状態を示す。

正善寺断層上にも少ないながら CO<sub>2</sub> の異常分布がみえるし、北西方に CO<sub>2</sub> が多いのは第三紀層が地表へ露出しているため、または地表水と植物との関係に由来するものと思われる。



第10図 原市町浅層地下水水質分布図  $\text{HCO}_3^-$  mg/l

free  $\text{CO}_2$  は後述する  $\text{HCO}_3^-$  や  $\text{Cl}^-$  に較べて、浅層地下水中の成分として、地下の状況と対応させようとするときに、最も動的な indicator と考えてよい。もちろん free  $\text{CO}_2$  量は、地下深所から地上へ逸散する  $\text{CO}_2$  ガスをそのまま指示するものではないが、地質と対応させるときに、鉱床の立体的な動的状況をうかがうときに用いる一つの indicator であると考えられる。

メタン系天然ガスを産する鉱床地区における土壤空気 (Soil Air) 中に、 $\text{CO}_2$  がしばしば地下の  $\text{CH}_4$  系ガスのあり方と相関する例があげられるが (兼子勝・藤原健一らの研究)、当地域のように  $\text{CO}_2$  を主成分とするガスの賦存地では、さらに明瞭に表現されてもよいと考えられるのである。

3)  $\text{HCO}_3^-$  free  $\text{CO}_2$  を含む地下水では、やがて  $\text{CO}_2$  の一部がイオン化して  $\text{HCO}_3^-$  の増加をきたす。

$\text{HCO}_3^-$  はいつたん生成されると、free  $\text{CO}_2$  のようには簡単に逃げてゆかない。したがって  $\text{HCO}_3^-$  は free  $\text{CO}_2$  よりも若干長い時間に関連し、より静的に、地下の状況を表わすものと考えられよう。

$\text{HCO}_3^-$  は最大 763 mg/l あるが、その free  $\text{CO}_2$  は 37.5 cc/l であつて、磯部断層の直上に位する。その地域的分布を第10図に示す。図によると free  $\text{CO}_2$  の多

かつた八本木地域では、やはり 100 mg/l 以上の  $\text{HCO}_3^-$  量を示し、その南南西の磯部断層延長部にも多い。八本木にあるガス工場から北北西に  $\text{HCO}_3^-$  が 100 mg/l を超える地域があるが、これは地下からの影響と、図の⊗印で示した位置にかつて数年前まで地下から汲みあげた塩水を捨てた影響との合成である。八本木附近における  $\text{HCO}_3^- > 45$  mg/l の地域は、新第三紀層の断層と、地層の物理性に支配されるようなかつこうである。free  $\text{CO}_2$  の多かつた番匠屋敷 (郷原6) でも  $\text{HCO}_3^-$  がやゝ多く、北西部でも 45 mg/l を超える。

4)  $\text{Cl}^-$   $\text{HCO}_3^-$  よりもさらに静的な indicator として  $\text{Cl}^-$  を考えてみた。その地域的分布は第11図にみられるように、free  $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCO}_3^-$  と似た形を示している。free  $\text{CO}_2$  が多く、ガス徴候のあつた (八本木2) 地域では、 $\text{Cl}^-$  も 50 mg/l を超え、やはり地下の状況を反映しているようである。

第1表において、碓氷川の川水 (15) は  $\text{Cl}^- = 4.7$  mg/l であり、上屋上流のガス徴地 (7) における水は、碓氷川河原近くにある河川水であるが、優勢なガス徴地であるためか  $\text{Cl}^- = 39.1$  mg/l を示している ( $\text{HCO}_3^-$  も増加していることはもちろんである)。このような例もあるので、おそらく調査地域内においては、地下からの  $\text{CO}_2$



る。

浅層地下水による調査結果によれば、CO<sub>2</sub>ガスは磯部断層附近を通路としているほか、聖明寺砂岩層と磯部互層をもまた通路としているもようである。しかも最もよくガスを通して層位は聖明寺砂岩層の中部よりやゝ上位附近である。そして磯部断層の東側においてやゝ多くのCO<sub>2</sub>が逃していると解せる。

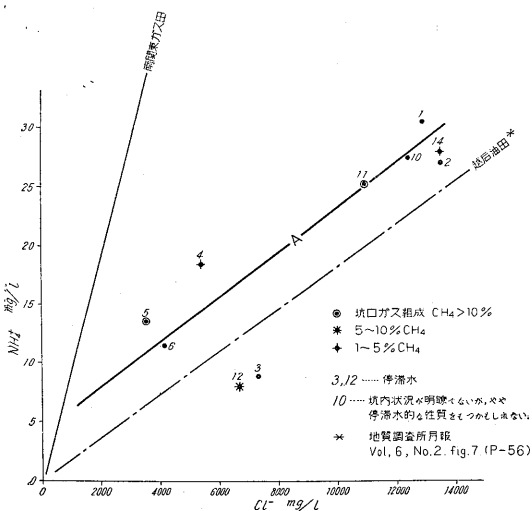
地質構造とガスの移動方向とは、断層を一応除外して巨視的にみれば、第12図のようになるものと考えられ、ガス槽の存在もこの状況に対応させて考慮できる。

### 7.2 地下水水質について

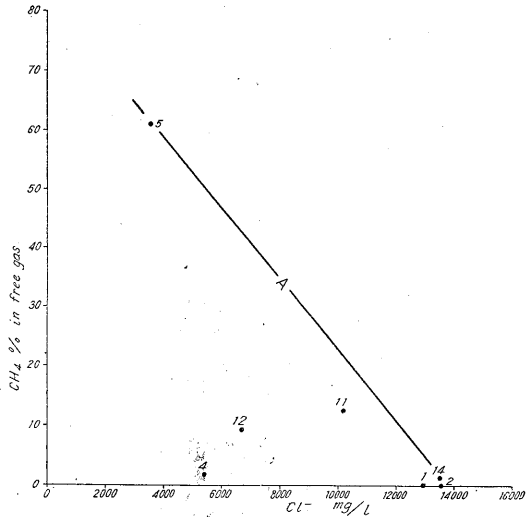
一般に新第三紀の海成層中に存在し、多量の天然ガスと共存する地下水にあつては、Cl<sup>-</sup>が数千 mg/l 以上あるのが常である。磯部附近の地層水(Formation Water)は、3,000 mg/l 以上のCl<sup>-</sup>をもち、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>もやゝ多くHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>やI<sup>-</sup>も海水よりも多い。CH<sub>4</sub>を主成分とする水溶性天然ガスが、この確水層群中に存在するとすればその地下水は、やはり前記の化学成分の多いものと考えられる。たゞこの地域のガスはCO<sub>2</sub>の占める百分率が異常に大きく、そのCO<sub>2</sub>の産出量からしても通常のメタン系天然ガスで極端にCO<sub>2</sub>が多くなつたものとは解せない。すなわち、共水性のメタン系天然ガスでは、一般に地質時代の古い地層中にあり、かつCl<sup>-</sup>が3,000~13,000 mg/l に達するような附随水とともに出る場合には、ガス中のCO<sub>2</sub>は2%以下が普通である。

以下に地化学的に問題となる地下水の化学組成相互の関係について若干検討を加えてみる。

Cl<sup>-</sup>とNH<sub>4</sub><sup>+</sup>の関係を第13図に示す。この両者は図のA線に示すように正の相関関係を示すが、同一のCl<sup>-</sup>



第13図 地下水中のCl<sup>-</sup>とNH<sub>4</sub><sup>+</sup>の関係  
Cl<sup>-</sup> 3,000 mg/l の地下水



第14図 地下水中のCl<sup>-</sup>と free gas 中のCH<sub>4</sub>%との関係

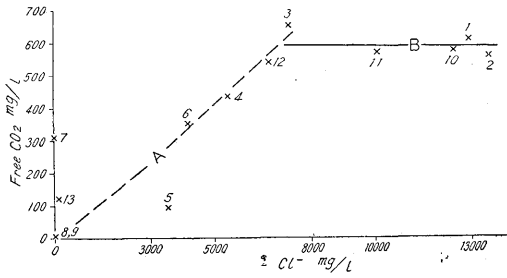
量に対するNH<sub>4</sub><sup>+</sup>量は、南関東ガス田よりもはるかに少ないが、越後油田のそれとほぼ等しい。そして通常の水溶性ガス田ないし油田の地下水と同じような性格である。

Cl<sup>-</sup>と free gas 中のCH<sub>4</sub>%の関係は、通常の油田、ガス田においては、正相関をなす場合が多いが、本地域では第14図のようになつて興味深い。この地域では、図に明らかなように、点は斜線(A)の左下へおちる。すなわちCl<sup>-</sup>が多い場合には free gas 中のCH<sub>4</sub>が少なくCO<sub>2</sub>が多いが、Cl<sup>-</sup>の少ない場合にはCH<sub>4</sub>がやゝ多いものもあることがわかる。

図中の測点5は松井田宝田井であり、特異点であることはすでに指摘したが、一応これを除外すると、Cl<sup>-</sup>が5,000~10,500 mg/l 間の場合には、弱いながらCl<sup>-</sup>とCH<sub>4</sub>%との間に正の相関関係がある(図の4, 11, 12の3点ではあるが)。これらの井戸はガス量が少なく、したがつて塩分の多い地下水はやはり、元来メタン系のガスを溶解していたことを示す資料であろうと考えられる。すなわち現在のガス質は、Cl<sup>-</sup>に富んだ水に溶解、あるいは共存していたメタン系ガスと、それに後から加わつたCO<sub>2</sub>ガスとの相対的混合割合によつてほとんど決定づけられるものと思われる。

CO<sub>2</sub>ガスは地下深部から供給されるために、水質とガス質は浅所および up dip 側(南)に向かつて炭化水素鉱床特有の性格を強めるものと解せる(7.1 参照)。

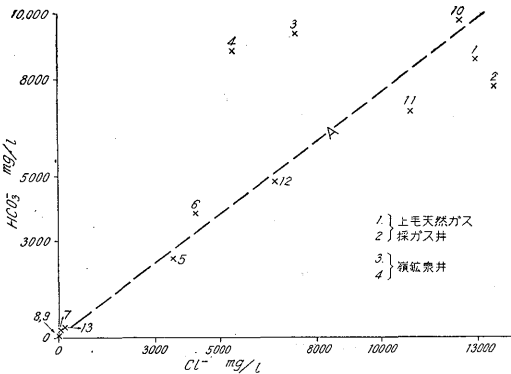
Cl<sup>-</sup>と free CO<sub>2</sub>の関係は、もしも鉱床の性質がいま述べたようなものであるとすれば、Cl<sup>-</sup>の少ないところでは free CO<sub>2</sub>と正相関をなし、Cl<sup>-</sup>量がある程度以上になるとほぼ free CO<sub>2</sub>量は一定になるはずである。第



第15図 地下水中のCl<sup>-</sup>とfree CO<sub>2</sub>との関係

15図は実測値でその関係を図示したものであるが、図中のAとBの2線は上述した事実を裏書きしている。Cl<sup>-</sup>と free CO<sub>2</sub> が正相関するのは、Cl<sup>-</sup> 量 8,000 mg/l 以下の部分である。これは地表からの影響のほか、地表方向と up dip 方向とにおける炭化水素鉱床の影響を示すと解せることは前述の通りである。B線ではほとんど free CO<sub>2</sub> が 600 mg/l で一定になっている。なおガスを溶存する地下水から、CO<sub>2</sub> ガスが先にぬけて、低圧のガス層には CH<sub>4</sub> の多いガスが残ることも考慮すべきである。

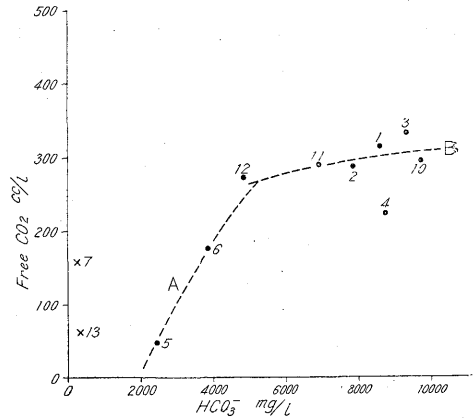
Cl<sup>-</sup> と HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> の関係は、第16図に示すように大体正相関である。一般の油田、ガス田の地下水でも同様であるが、やはり HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> は大分多い。嶺鉱泉の水は Cl<sup>-</sup>



第16図 地下水中のCl<sup>-</sup>とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>との関係

に較べて HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> が多く、上毛天然ガス R-1 甲(2)は少ない。これは嶺鉱泉の水(4)は、第13図(Cl<sup>-</sup>-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)においてもやゝ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> が多い事実なども考慮すれば、地下水と CO<sub>2</sub> ガスと岩石とが地下で充分にゆつくりと接触した結果であろう。それに反して、上毛天然ガスの採ガス井では、人工的にガス抜を行うために、水、ガス、岩石の間につき合がとりきれず、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> がやゝ少ないのであろう。

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と free CO<sub>2</sub> の関係は第17図のように、大体正の相関関係を示す。こゝでもやはり嶺鉱泉水(4)が

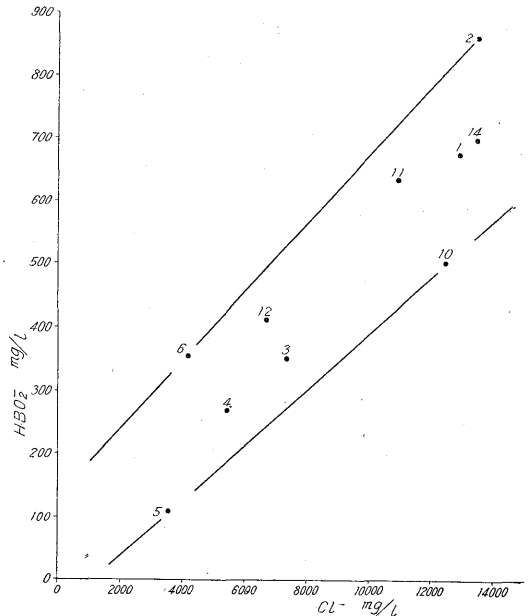


第17図 地下水中のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>とfree CO<sub>2</sub>との関係

- Cl<sup>-</sup> > 3,500 mg/l
- × Cl<sup>-</sup> > 130 mg/l
- 数字は第1表に対応する

free CO<sub>2</sub> として 75 cc/l 前後他の地下水よりも少ない傾向にある。HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> が 2,400~5,000 mg/l までは、free CO<sub>2</sub> は HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> の増加につれて急激にふえている。第17図と、第15図では、両図とも free CO<sub>2</sub> 550 mg/l (280 cc/l) 附近において折線となつているが、このことは 1. 炭酸ガス, 2. メタン系天然ガスに関連深い鹹水, 3. 地上の空気と地表水の3者の間における平衡関係を示しているものと解せる。

Cl<sup>-</sup> と HBO<sub>2</sub> の関係は、第18図のようにほぼ正相

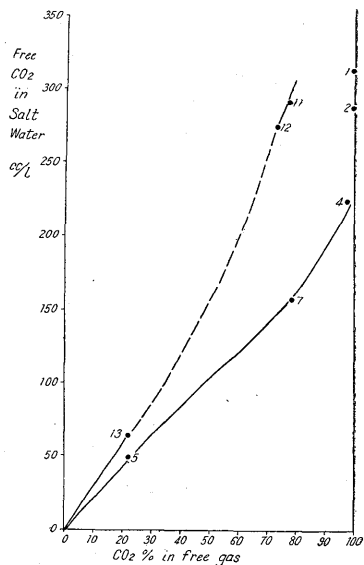


第18図 地下水中のCl<sup>-</sup>とHBO<sub>2</sub>との関係



関である。

free CO<sub>2</sub> と free gas 中の CO<sub>2</sub> %は、第19図に示されるように、正の相関関係がみられる。



第19図 遊離ガス中のCO<sub>2</sub>%と地下水中のfree CO<sub>2</sub>との関係  
数字は第1表に対応する

### 7.3 総括

以上述べたところでは、この地方のガス鉱床は成因的には、第三紀中新世の海成層に由来するメタン系天然ガスおよびその同時生成的塩水に、地下深所から炭酸ガスが加わつてでき、それが地上の空気と動的平衡を保っているものと解釈した。この場合のCO<sub>2</sub>ガスは、おそらくCl, S, NH<sub>3</sub>等を伴わないと考える。

すなわちもしもSがSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>あるいはSO<sub>2</sub>などの形で加わるとすれば、前述したように地層中にFeが少なく黄鉄鉱等になつて地層中にキャッチされる率が少ないであろうから、結局有機質の岩石にあつて還元されてH<sub>2</sub>Sとなつてガス中へ加わることにならう。しかるに磯部のガスにはH<sub>2</sub>Sは感じない。

またClが供給されるとすれば、おそらくCl<sup>-</sup>として水中に濃縮されて、最高13,000 mg/l以上になるであろう(地下におけるCO<sub>2</sub>の圧力も考慮し、また有馬温泉のデータ等を参照されたい)。

NH<sub>3</sub>も当地域にある地下水中のCl<sup>-</sup>-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の相関性からその供給は考え難い。

したがつてCO<sub>2</sub>ガスはほとんど純粋にCO<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>Oは少量加わつてもよいが大量だとCl<sup>-</sup>とCO<sub>2</sub>の関係がくずれる)の型で供給されるのであらうと思われる。

上述のことから、第7図のガス成分図において(5.2

参照)、CO<sub>2</sub>に富んだa群が近似的に深所から供給されたガスの組成と考えられる。b群は地上からのN<sub>2</sub>(O<sub>2</sub>は消費される)ガスおよび、本来あつたメタン系ガスとの混合であり(もちろん少量のメタン系天然<sup>註3</sup>ガスは現在も生成されていると考えなくてはならぬことは、一般の水溶性ガス田の場合と同様である)、c群はメタン系ガスのやゝ多いものである。平野R-4のガスは少しN<sub>2</sub>が増加している。第7図上で、A線はN<sub>2</sub>約10%、B線は約17%である。その差はおそらく大気とガス鉱床とのContaminationによつて決まるRegionalなものではなからうか。

伊香保温泉でも、浅い2号井よりは、深いR-3号井においてCO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>を増加し、N<sub>2</sub>を減じている。すなわち大気からの影響がこのように地下深度までも及ぶ例と考えたい(油田・ガス田のコア試験資料中の特に間隙水中のCl<sup>-</sup>量の垂直分布について同様の事実がある)。

もしも伊香保温泉でさらに多くのCO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>とを混合したガスが出るとすれば、その成分はCH<sub>4</sub>を若干含んだCO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>系または、N<sub>2</sub>を若干含んだCO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>系(図のA, B線などで代表されているareaにプロットできる)になるものと思われる。この際CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>系の図上に示されるN<sub>2</sub>の%は、その附近の地下にあつて水成岩からなつて地層の、メタン系ガス鉱床(広義の)RegionalなPotentiality(地表とのcommunicationを考慮にいれた)に関連するものであらうと考える。

CO<sub>2</sub>ガスの成因については、以上述べただけではまだ判然としたきめ手を得ていない。しかし、地質的にもまた地理的にも、あるいは第7図上におけるガスの組成からしても、浅間山や榛名山などのような第四紀火山活動に関連深いものと考えてよさそうである。

## 8. 炭酸ガスおよび鉱泉の開発と利用

### 8.1 炭酸ガス

炭酸ガスは現在上毛天然ガス工業株式会社原市工場によつて工業的に利用され、液体炭酸およびドライアイスとして販売されている。現採取井は3坑(R-1甲, R-1乙, R-2)で、日産ガス量約3,300 m<sup>3</sup>、日産製品は液体炭酸約1,500 kg、ドライアイス約110 kgである。

このほか平野炭酸株式会社の磯部工場があつて、液体炭酸を作つていたが、昭和30年2月の調査当時、製品を出すことは中止していた。

炭酸ガスの他の利用法としては、重曹(NaHCO<sub>3</sub>)を

註3) 地層に由来するガス発生も考慮。

作る小工場が調査地内に散在する。その製造方法は炭酸ソーダ粉末 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) に若干の水を霧状にして加え ( $\text{H}_2\text{O}$ )、それを気体が通過するような底をもった木箱に入れて、下から  $\text{CO}_2$  ガスを通して  $\text{NaHCO}_3$  とし、太陽熱で残余水分を除去した後製品として出荷する。その生産量は相当多量にのぼると思われる。

## 8.2 鉱泉

炭酸ガスと一緒に産出する地下水は、磯部町で鉱泉用(浴用)に利用されている。この外“名物磯部せんべい”を焼くのに鉱泉水を用いるといわれる。古来有名な嶺鉱泉・琵琶窪鉱泉は現在浴用には利用されていない。

## 8.3 開発について

上毛天然ガス工業株式会社では、産ガス量の増加のために新井の掘鑿を進めている。その鑿井位置はやはり原市町八本木附近にあり、磯部断層・昌明寺砂岩層および磯部互層にあるガス層を目標にしている。原市町方面のガス井は産量の減退があまり大きくないが、南方の磯部方面ではやゝ大きいように聞いている。これは地下水とガスと地質状況とからくるものと思われるので、採ガス方法の検討(リフトも含めて)、北部地区における深掘とを一応考慮する要があり、また同様に大規模な集ガス構造と、採ガス井で問題とするガス層との関連をよく考察して開発計画を検討してみる必要もある。この際、南関東の茂原一大多喜地域のガス田に関する知識が大いに役立つだろうと予測できるので、その地区の開発会社と技術交換することも有意義と思われる。

## 9. 今後の問題

まず地質および鉱床学的には安中層について検討すると同時に、塚原泥岩層以下の層位について調査の要がある。同時に、昌明寺・磯部の両層が地表に接する附近におけるガス徴を調査することによつて、磯部断層から東西方向にずっと離れた地域におけるその層位のガスのあり方を知らなければならない。ことに西方の軽井沢附近のガスや、南東方の八塩鉱泉との関連も求めるべきであろう。

第四紀火山の影響を地化学的に知ることは、火山岩の下にある第三紀層の状況を推測する一手段であるから、温泉(信州の戸倉、上山田までも含めて)も検討するとよい。ことに磯部の炭酸ガスは火山系であるという適確な証拠が無いから、将来は同位元素、Cl その他の地球化学的要素の Cycle に関する知識を使つて、この問題を解くことに努力すると良いと考える。

磯部附近では、浅層地下水による  $\text{CO}_2$  ガス鉱床探査が可能のようである。南北方向に走る断層や鼻状構造などに対しては東西方向の測線でもよいが、地層の走向に直角な方向にも測点を配列すると良い。今後は浅層地下水による探査のほか、土壌空気中の  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  等を測定する調査を実施し、 $\text{CO}_2$  ガス、 $\text{CH}_4$  ガスおよび石油等の各種鉱床に対して解釈を試みることも必要と考える。

磯部のガス鉱床に対して、良い採ガス井をつくつて地下管理を行い、開発の進歩につれて起る地下の状況変化を測定し、また地下状態と地表徴候の変化との関連性を求めるなどは、現在の地域で炭酸ガスの採取を行つている会社や鉱泉利用者にはもちろん大切なことである。

## 10. 結 言

磯部町附近の  $\text{CO}_2$  ガス鉱床は、第三紀中新世に属する海成層中の砂岩部と、それらを切る断層附近に成立したもので、本来は共水性のメタン系天然ガス鉱床として生成したものが、地下深所からおそらく第四紀火山活動に関連深い  $\text{CO}_2$  ガスを供給されて、地化学的に変化を受け、現状を呈するに至つたものと解釈される。したがつて地下水はメタン系のガスと同時生成の部分は多いが、 $\text{CO}_2$  ガスとは同時生成ではないであろう。

原市町附近の浅層地下水の水質分布は、第三紀層中にある  $\text{CO}_2$  ガスの鉱床を反映しているの、今後は地表からする地化学探査も、この附近の天然ガス鉱床 ( $\text{CH}_4$  および  $\text{CO}_2$  系) を対象とするかぎり有効なものと思われる。

(昭和30年2月調査)

## 文 献

- 1) 藤原健一・斎藤一雄：群馬県磯部附近炭酸瓦斯調査報文，地下資源調査所速報，No. 19, 1946
- 2) 石和田靖章：群馬県磯部附近の瓦斯鉱床，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 3) 石和田靖章：炭酸ガス，日本鉱産誌，II, 1952
- 4) 岩崎岩次：火山の化学，河出書房，1948
- 5) 金原均二：群馬県磯部附近の地質について，地学雑誌，Vol. 50, No. 598, 1938
- 6) 本島公司外4名：長野県小諸附近の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 20, No. 3, 1955
- 7) 大村一蔵：石油地質学通論，岩波書店，1934