

炭田ガス研究調査報告

—常磐炭田北部地区の天然ガスについて—

本島 公司* 牧野 登喜男**

Studies on the Coal Field Gas

—Natural Gas in the Northern Part of the Jōban Coal Field—

by

Kōji Motojima & Tokio Makino

Abstract

Coal field gas has been thought to be important but unused resources in Japan. The purpose of this study is to complete the method of survey for coal field gas, considering this region as a test field.

In this paper, the following subjects are summarized and discussed.

1. Descriptive explanation of general geology
2. Occurrence of coal field gas

Large production of gas is found under free gas condition.

3. Pressure of gas reservoir

The reservoirs which keep the large gas production generally have very low reservoir pressure.

4. Rock facies, geologic, structure, and migration of gas

In the field the sandstone of Iwaki coal bearing formation is an important gas reservoir, and it has low permeability. The observed maximum air permeability of this rock is 260 millidarcys, and fresh water permeability is about $n \times 10^{-3}$ millidarcys. Therefore, the writers can conclude that the rapid gasflow (same as gas production from well) depends mainly on the present condition of cracks and fissures of the rocks, both unexploited—exploited area, and the slow gas-migration during long geologic time is influenced by the permeability of rocks and large geologic structures.

5. Gas composition

Typical gas composition is as follows.

$\text{CO}_2 < 0.2 \%$, $\text{CH}_4 > 90 \%$, $\text{N}_2 < 5 \%$, $\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4 = 1/500 \sim 1/1,000$, $\text{C}_3\text{H}_8 = \text{trace}$,
A=0.05 %

6. Ground water

Chemical characteristics of ground water are explained as the result of mixing three types of original water—fossil water, hot spring water and meteoric water.

7. The location of the test boring must be determined from the view point of structural geology.

要 旨

炭田ガスは日本における重要な未利用資源である。

この研究調査の目的は、常磐炭田北部を実験フィールドとして、炭田ガスの調査方法を考えることにある。

そして本文中では次の項目について論議されている。

- 1) 一般地質の記載

2) 炭田ガスの産状——大量のガスを産する地点では、いずれも遊離ガスである。

- 3) ガス層の圧力——多量のガスを産するところでは

静水圧より大変低い値を示す。

4) 岩相、地質構造およびガスの移動——地区内の主要産ガス層である石城夾炭層の砂岩では、最大 260 md の空気浸透率と $n \times 10^{-3}$ md 程度の水浸透率(水道水による)を示す。したがって産ガスは地層の割れ目に多く関連し、長時間のガス集積は岩相と地質構造にも支配されるであろう。

5) ガス質——この地区のガスは、本来 $\text{CO}_2 < 0.2\%$ (vol.), $\text{CH}_4 > 90\%$, $\text{N}_2 < 5\%$ である。このほか $\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4 = 1/500 \sim 1/1000$ 程度の C_2H_6 と痕跡量の C_3H_8 とが存在する。

* 技術部

** 燃料部

6) 地下水—この地区の地下水は化石水、温泉水および天水の混合であると説明できる。

7) 試錐は、4) に述べた事項を参考にして、地質構造の見地から満足するような位置について行なうことが良いと思う。

1. 緒言

炭田ガス (Coal field gas) の資源的重要さは、最近とみに注目されてきているが、その理由は質的にほとんど CH_4 からなることと、量的にきわめて膨大な埋蔵が推定されていることである。

ガス田の調査に際しての着眼は、いうまでもなくガスの質・量・埋蔵の状況の3点である。わが国の天然ガス鉱床のうちで、調査法と開発法が比較的良好に確立されているのは、水溶性のガス鉱床についてであつて、油田のガス鉱床がこれに次ぎ、炭田ガスには地質学的にも、地球化学的にも最も多くの問題が残されている。

地質調査所では、炭田ガスの調査フィールドとして現在までに北海道苫前炭田築別炭鉱、石狩炭田新幌内・夕張・平和炭鉱、釧路炭田庶路炭鉱、常磐炭田常磐炭鉱、九州筑豊炭田赤池炭鉱などをとりあげているが、このなかで常磐炭田は東京に近い位置を占めることと、産ガス量もあまり少ない方ではないことから、調査法を考えるための研究フィールドとして適当なものと判断されている。

この報告では、常磐炭田北部の勿来一平地区における炭田ガスに関する観測を通じて、今後炭田ガスを調査・研究・開発するうえに問題点となりそうな事柄のいくつかについて述べている。

現地調査期間は次の通りである。

本島：昭和32年2月7日～20日

牧野：昭和32年2月2日～20日

現地調査に際しては、実験室を提供された常磐炭鉱株式会社始め、古河鉱業株式会社、長倉炭鉱株式会社、常磐天然ガス株式会社から種々と便宜を与えられたことに対して感謝の意を表す。

2. 炭田ガスに関するいくつかの疑問と問題点

2.1 炭田ガスの産状

炭田ガスは一般に水を伴わないうで産出するといわれている¹⁾。この場合、地層とくにガス罅孔隙の大部分は、気体としての天然ガスに満たされているものと思われるが、未開発炭田においても、このような状態のガス罅が存在するかどうかは大切な問題と思われる。ガスが多量に湧出するためには、瀝青炭級の石炭を挟有する含炭地層の場合は、当然その岩石の物理性から、水を伴わな

い地層の方が好都合であることは納得できるが、初生的にそのような条件があつたか、あるいは主として炭田の開発に伴つて二次的にできたかが重要な問題点である。

2.2 ガス罅の圧力

水溶性ガス鉱床におけるガス罅は、大略深度10mにつき1気圧の静水圧を受けるとともに、その圧力に応ずるガスの溶解量を保持することに最大の特徴があるが、炭田ガスのガス罅圧力に関しては、的確に地質状況と対応させて測定された資料がきわめて少ない。地質学的には採炭の始まる以前におけるガス罅の圧力が最も必要であり、次いでガスを人工的に地上へ抜くことと対応させたガス圧分布と、ガス量との関係が必要である。現在までに示されている圧力測定値は、上述した2つの数値の中間的なもので、ときにはその意味をきわめて減じている場合もある。

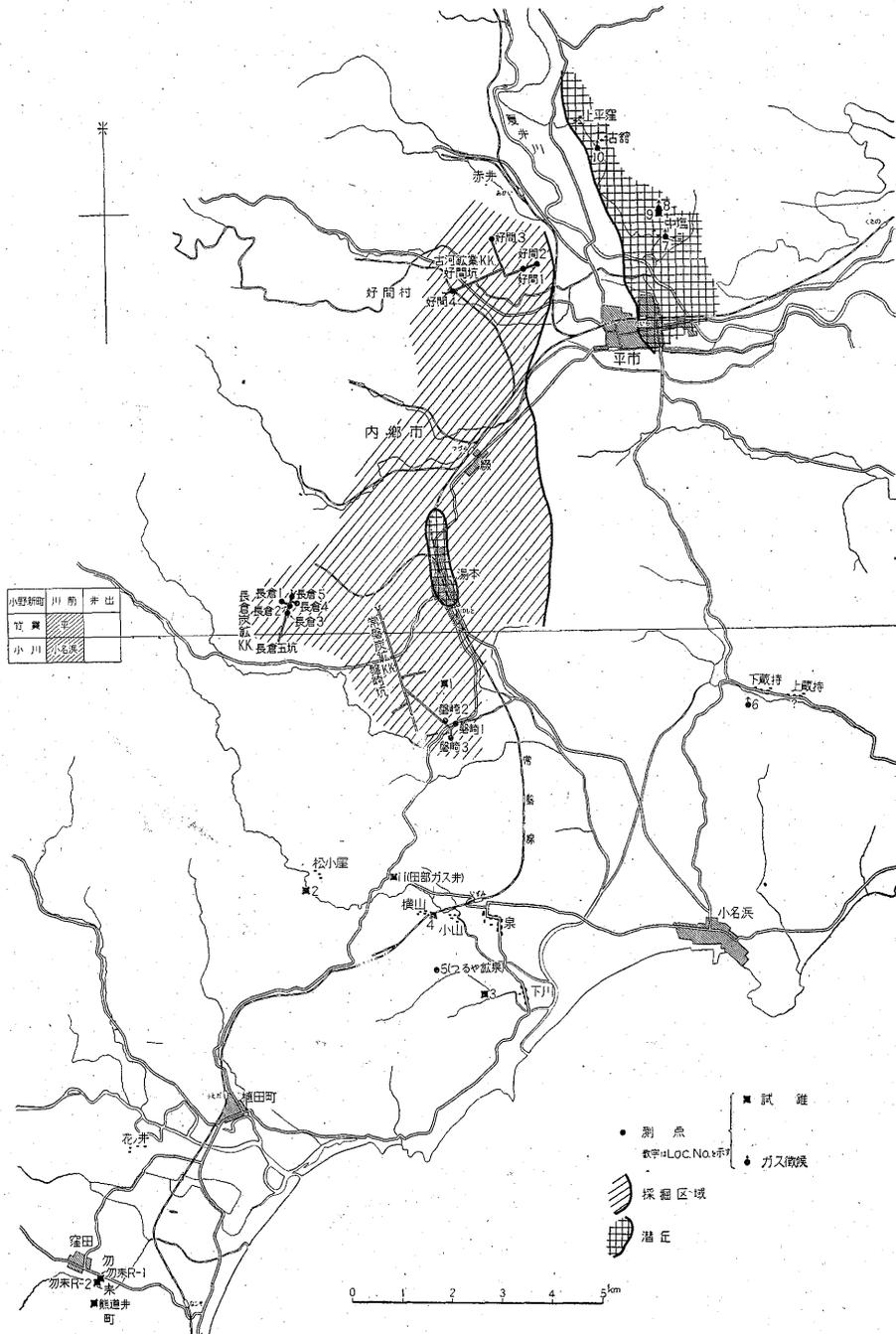
2.3 岩相および地質構造とガスの移動

物理的にみれば、ガスは岩石の孔隙中に存在するから、ガスが多量に地下に存在するためには、孔隙率に富んだ地層が相当な容積を占める必要がある。帽岩の存在としては、岩石の孔隙からみれば乾燥した泥岩では不十分であろう。したがってガス罅とは、炭田ガス鉱床に対しても水溶性ガス鉱床に対すると同じように、浸透率に支配されるものであろう。常磐炭田に発達する地層の浸透率は、どの程度であろうかということ、どの程度の浸透率によつてガス鉱床が岩相に支配され、あるいは地質構造に左右されるものであるかにも問題がある。短時間内のガスの移動と、長時間にわたるガスの移動・集積・逸散の現象と、岩相および地質構造の関係はどのようになっているかも同じ問題に帰すると思われる。

2.4 ガス質

炭田ガスの賦存状況とガス質の間における一般的な関連性については、まだ充分な資料がない。またガス中における重炭化水素と水素の存在についても検討された資料が少ないので、多くのことが疑問として残されている。さしせまつた問題としてはガス質とガスの産状とをよく関連づけた資料を求め、炭田ガスの本当の質的な特徴を明らかにする必要がある。

以上述べた4項目は、炭田ガスの調査方法を定める場合にきわめて大切な点であつて、これらのうちのいくつかはお互に関連性をもっていることは明らかである。これらの一つ一つも順次解明できれば、炭田ガスの調査→開発に連なる技術的な進歩が期待できる。こゝでは、これらの項目のうちいくぶんかでも明らかになるよう、研究にとりかゝる前に問題点をあらためて整理したわけである。



第2図 北部地区炭田ガス研究調査測点位置図

4.2 測点資料

第2図の測定について得た観測資料を第1表に示す。次に各測点についてその概要を説明する (() 内の番号は Loc. No を示す)。

(1) 下湯長谷：昭和27年さく井された探炭試錐の跡であつて、孔口から9mは4"ケーシングがはいつてい

る。地表は三沢砂岩層であり、水は深度155m前後の亀ノ尾層の割れ目からの湧水といわれる。下に磐崎坑の坑道が展開している。

ガスは無く、Cl⁻、CO₂類が少なく、中性であるがFeは多い。

(2) 松小屋：探炭試錐であつて、孔口は三沢砂岩層

となつている。水野谷層からの出水で水量も多い。

ガスはまったく無く、 $Cl^- = 500 \text{ mg/l}$ 、炭酸類も約 300 mg/l あるが、 NH_4^+ は少なく 1 mg/l に達せず、アルカリ性が強い。水温は高いが $dis. O_2$ のやゝ多いことと $dis. N_2 \text{ etc.} = 14 \text{ cc/l}$ が特徴的であり、天水の浸入が勝っている1例である。

(3) 泉：探炭試錐であつて地表は亀ノ尾層である。水は深度 50 m 前後の水野谷層のものと同断されるが、 $dis. N_2 \text{ etc.}$ はやゝ多く、 CH_4 を少々含むと解釈できる。 Cl^- は 620 mg/l もあるが、アルカリ性で、 $NH_4^+ = 0.3 \text{ mg/l}$ を示す。遊離ガスは認められない。

(4) 小山(横山)：探炭試錐で、地下地質⁴⁾は地表～37m 五安層、217 m まで白坂層、293.6 m まで浅貝層、以下石城夾炭層である。 $3\frac{1}{2}''$ ケーシングを 40 m 降下し、ガス層は 293.6～428 m の間にあり、密閉孔口圧は 5.3 kg/cm^2 あるが静水位は不明である。ガス質は $CH_4 = 92\% \text{ (vol. \%)}$ となつている。

(5) つるや鉱泉：多賀層群を覆う沖積地に掘られた深度不明の浅い開放井戸で、ガスは無く、遊離硫黄が少量井戸元にみられる。 $dis. O_2 = 0.07 \text{ cc/l}$ であるから地下水は強い還元性であることがわかる。アルカリ性で Cl^- も多く、全炭酸量も水野谷層の地下水に似ているが、地表からの影響を区別できないので、この水は多賀層群を代表するものとして扱ふことはできない。

(6) 下倉持：白坂断層から分岐する蔵持断層に沿つて水田中に分布するガス徴候で、水を伴なわない。逸散全ガス量は数 $100 \text{ m}^3/\text{day}$ と概算される。

(好-1) 古河好間鉱：坑内で湯本断層に逢着した附近に掘鑿された水抜ボーリングであつて、水は石城夾炭層からでている。溶存ガスは水温からみると不飽和と考えられる。初圧は深度-486m にあつて、 5 kg/cm^2 といわれる。 $Cl^- = 350 \text{ mg/l}$ であるが、炭酸が少なく、アルカリ性である。 H_2S 臭が強い。

(好-2) 古河好間鉱：石城夾炭層からの出水でやはり H_2S 臭がある。 $Cl^- = 700 \text{ mg/l}$ 、 HCO_3^- は少なく、アルカリ性を示す。 $dis. O_2$ 、 $dis. N_2 \text{ etc.}$ も少ない。

(好-3) 古河好間鉱：石城夾炭層からの出水で、溶存ガス量は O_2 、 $N_2 \text{ etc.}$ とともに少なく、孔口圧力は 3.05 kg/cm^2 を示していたので不飽和である。 H_2S 臭があり、 Cl^- は 85 mg/l で少ないが、強いアルカリ性を示す。

(好-4) 古河好間鉱：旧坑水で、 $dis. O_2 = 6.27 \text{ cc/l}$ 、 $dis. N_2 \text{ etc.} = 12.3 \text{ cc/l}$ を示す。pH 7.0 で Cl^- は約 10 mg/l である。天水が浸入した場合の水質を示す代表的例である。

(7) 中塩：下部平層の砂岩附近からでているきわめて微弱なガス徴候である。

(8) 中塩：白坂層の割れ目からでるガス徴候で、水を伴なわない。Loc. No. 9 の探炭試錐と相接する位置を占める。ガス質は試錐のものよりやゝ CH_4 が少ない。

(9) 中塩古河探炭試錐：掘り始めは白坂層で、著量のガスは石城夾炭層上部の亀裂からでている。本井は平窪断層に近い位置を占め、孔井深度は 564 m、鑿井中逸水がしばしば起り、また亀裂の存在が多く、ガス噴出箇所がこれらの位置する所と良く一致するといわれる。浅貝層上部からガスが認められ、始め 360 m 附近の石城夾炭層中部で最大のガス噴出が記録されている。その量は約 $30,000 \text{ m}^3$ に達し、孔口密閉圧力は 1.75 kg/cm^2 である。調査当時の産ガス量は、 $4''$ ケーシングからガスだけの自噴で約 $13,000 \text{ m}^3/\text{day}$ 孔口密閉圧は 1.4 kg/cm^2 あつた。ガス中には H_2S 、水蒸気ともに認められない。 CH_4 は $88\sim 93\% \text{ (vol.)}$ である。孔井内の水位は不明であるが、ガス噴出状況から、主要産ガス層の深度以下であろうと推定される。

(10) 古館(平窪)：平窪断層の近くにみられる水を伴なわないガス徴候で、浅貝層上部の細粒砂岩からガスがでている。地層の走向に沿うガス徴候と、これに斜交する亀裂に沿うものが明らかに認められる。質的には CH_4 87% 前後 (vol.) のガスで、若干の空気が混入している。ガス量は多い。

(勿来 R-1) 窪田：常磐天然ガス株式会社の所有する R-1 号井は、昭和 25 年の鑿井であつて、掘り止め深度 250m に対し、ストレーナーを 80～140m および 160～220m におく $4\frac{1}{2}''$ ケーシングを 220 m 降下し、エアリフト用インジェクションパイプとしては $1''$ 管を 145m 降下する。R-1 号井は熊道断層の東側に位置し、地下地質は 88 m まで浅貝層、以下石城夾炭層になるが、主要ガス層は深度 90 m および 168 m というから石城夾炭層に属する。調査時の自然水位は地表面下 58.5 m にあり、それをエアリフトによつて -90m まで下げるようにしている。その場合のガス量は、

水位 (m)	自噴ガス量 (m^3/day)
-58.5	1,500
-90	5,000

である。リフトは 1 回に 1～2 時間かけ、1 日 3 回ないし 4 回運転する。コンプレッサーは 15 HP、揚水量 0.6 k/h 、始動圧 $7.5\sim 8 \text{ kg/cm}^2$ 、運転圧 5.5 kg/cm^2 である。1 日の揚水量は大略 $0.6 \text{ k/h} \times 6 \text{ h} = 3.6 \text{ k/day}$ であり、総噴出ガス量は

リフト	$3,000 \times \frac{6}{24} = 750 \text{ m}^3/\text{day}$
自噴	$5,000 \times \frac{18}{24} = 3,750 \text{ m}^3/\text{day}$
計	$4,500 \text{ m}^3/\text{day}$

第1表(1) 常磐炭田北部地区

Loc. No	所在地	測点の環境	試料採取方法と深度 (m)	ガス量 (m ³ /day)	水温 (°C)	水位, 水量およびガス水比 (m, kl/day)
1	下湯長谷	山脚, 旧試錐	自噴 616	0	17.5f	+0.2/13/0
2	松小屋	山脚, 試錐	" 757	0	28.8f	±0/250/0
3	泉, 下川	"	" 525	0	15.1f	±0/1/0
4	横山	甲地, 試錐	ガス自噴 630	約 1,000	—	不明/0/∞
5	(つるや鉱泉)	山脚, 手掘井	深度不明 開放井→注射器	0	—	-0.6/0/0
6	下倉持	山間, 水田				
好間-1	1卸200目抜	坑内	試錐から坑内流出 -486	有	28.6f	-486/1/0
" -2	1卸400目抜	"	割れ目から湧出		32.9f	約-500/10/0
" -3	第2北電車坑道 700目抜	"	水抜試錐 -442	0	25.6f	-442/1/0
" -4	立坑 200 入道坑	"	-280	0	19.9f	-280/6,700/0
7	中塩	水門入口, 池 ガス徴	水上で捕集	0.000n	—	—
8	"	山脚, 白坂層の頁 岩割れ目ガス徴	ガス自噴	10	—	—
9	"	試錐	ガス自噴 564	13,000	—	不明/0/∞
10	古館	山脚, ガス徴	ガス自噴	n×10 ²	—	/0/∞
勿来R-1	窪田	水田, ボーリング	リフトおよび自噴 250	4,500	—	-60~-90/4/約1100
" R-2	"	"	ガスのみ自噴 201	n×10	—	-30/0/∞
長倉-1	5坑右1斜坑 巻揚排気	坑内	割れ目からの水 -102	0	25.45	-102/24/0
" -2	5坑本線坑口から 水平 575m	"	落差 50m の断層			
" -3	5坑本線引立坑口 から水平 748m	"	角閃岩 -168	tr.	—	--/0/—
" -4	5坑水平坑巻立から 120m 南東	"	角閃岩直上			
" -5	5坑本線3目抜上 坑口から斜距離 300m	"	-34		12.2f	-34/1/0
磐崎-1	本坑中部斜坑左第 2水平坑連坑1目 抜先	"	-600	n×10	58.0f	-606/1/n×10
" -2	中部斜坑坪下電車 坑連坑左1片旧坑	"				
" -3	中部斜坑坑下3斜 坑右一片一昇	坑内, 水抜ボー リング	断層 -607	200	61.0f	-607/5/40
11	田部	平地, 試錐	ガス自噴 613	11,000	29.4f	不明/10 ⁻² /n×10 ⁶
	標準海水					

炭田ガス研究調査一覽表

遊離ガスの組成 (vol. %)					地下水の組成									
CO ₂	O ₂	CnHm	CH ₄	N ₂	pH	RpH	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	free CO ₂ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	total CO ₂ (mg/l)	dis.O ₂ (cc/l)	dis. CH ₄ +N ₂ (cc/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Fe ²⁺ (mg/l)
—	—	—	—	—	6.8 ⁺	7.1 ⁻	143	5.3	0	108	0.41	17.2	24.2	4.72
—	—	—	—	—	8.6	8.6 ⁻	367	0	24	283	0.77	13.7	504	
—	—	—	—	—	8.5	8.5 ⁺	410	0	19	310	0.28	23.0	620	0.31
0.0	0.6	0.0	91.7	7.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	7.9	8.0	391	6.2	0	288	0.07	16.8	504	—
0.65	24.35	—	3.04	N₂ 70.82 A 1.14	8.4	8.1	22.0	0	7.2	21.2	0.27	16.2	341	—
—	—	—	—	—	8.6	8.4 ⁺	20.0	0	7.2	19.7	0.21	13.8	672	0.14
—	—	—	—	—	9.8 _≦	9.7	0.0	0	56.2	41.2	0.24	16.5	85.1	0.09
—	—	—	—	—	7.0	7.2	85.4	7.0	0	67.6	6.27	12.3	9.9	—
0.1	0.4	0.0	89.1	10.4										
0.01	0.14	0.0	92.7 87.98	N₂ 7.1 A 11.69 0.18										
0.16	18.98	0.0	86.5 1.16	N₂ 12.8 A 78.65 0.97										
0.4	0.5	0.0	91.5	7.6	—	8.1	203	3.5	0	147	—	—	840	—
0.4	0.4	(0.1)	89.7	9.4										
—	—	—	—	—	9.1	9.1	122	0.0	40.8	119	0.51	15.7	7.2	
0.72	21.40	0.0	2.25	N₂ 74.55 A 1.08										
0.2	0.4	0.0	91.6	7.9	8.1	8.2	24.4	2.6	0.0	20.2	0.40	13.3	4,100	0.13
0.2	0.3	0.0	92.5	6.7	7.3	7.3 ⁺	56.1	11.4	0.0	51.9	0.27	14.0	4,820	
0.1	0.5	(0.1)	97.0	2.3	(8.3)	(—)	(2.4)	(0.0)	(4.8)	(5.2)	—	—	(11.2)	
													19,460	

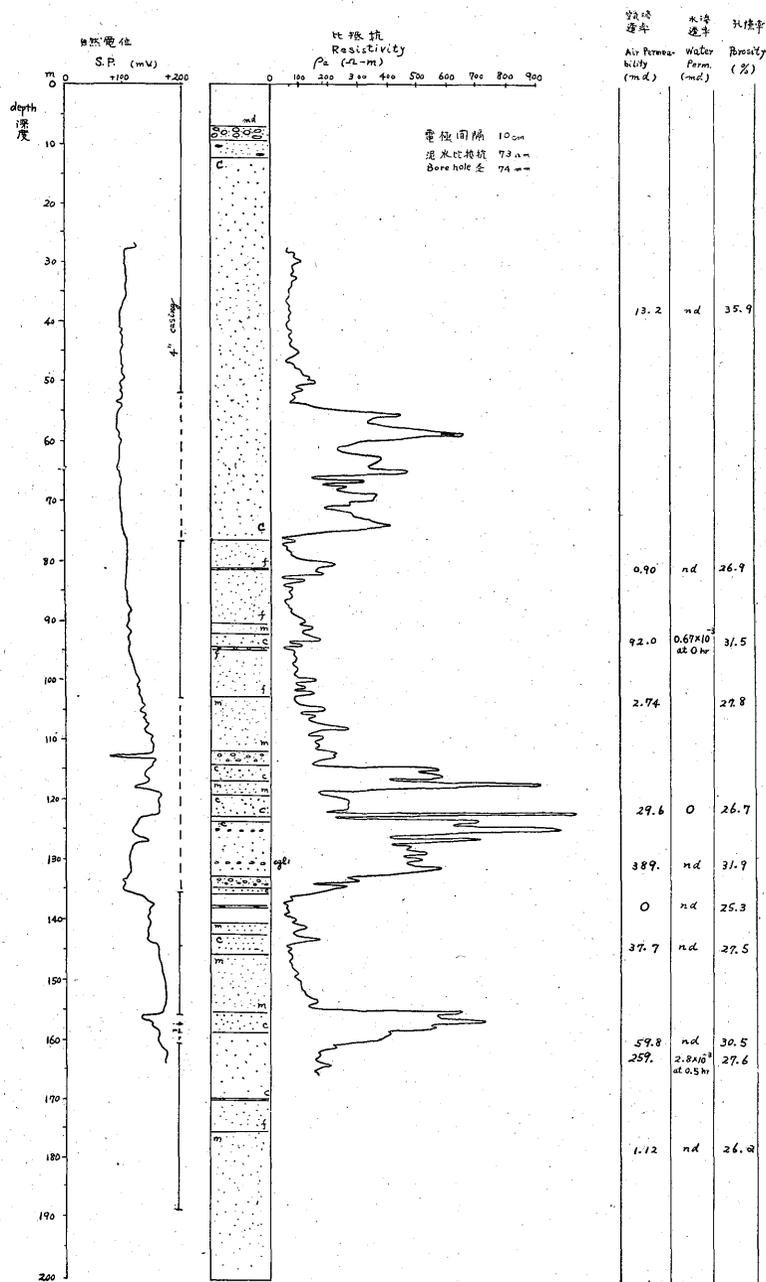
第1表 常磐炭田北部地区

Loc. No	地 下 水 の													
	Fe ³⁺ (mg/l)	Fe ²⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	KMnO ₄ cons. (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Br ⁻ (mg/l)	I ⁻ (mg/l)	HBO ₂ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	(Ca ²⁺ +Cl ⁻) ×10 ⁻²
1	0.00	4.72	0.000	0.48										
2			0.000	0.37	17.9	5.2	3.5	539	21.5	1.8	0.2	8.8	119.3	1.0
3	0.49	0.80	0.000	0.31	24.7	16.1	7.4	546	23.2	3.3	0.5	9.6	88.9	1.6
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	15.1	—	—	432	20.6	—	—	19.7	109.5	—
6														
好間-1	—	0.91	0.000	0.15	19.6	59.5	2.4	446	9.9	2.1	0.3	15.8	583.6	17.4
" -2	0.03	0.17	0.000	0.45	26.2	72.0	3.5	540	12.5	4.2	0.8	21.0	433.8	10.7
" -3	0.13	0.22	0.000	0.39	20.0	11.0	tr.	172	2.6	1.5	tr.	4.4	214.8	12.9
" -4	—	0.71	0.000	0.15	15.3	46.9	4.6	105	2.9	1.0	tr.	tr.	279.0	470.0
7														
8														
9														
10														
勿来 R-1	—	—	0.000	0.10	29.0	57.3	3.9	538	10.5	6.0	1.0	21.7	tr.	6.9
" R-2														
長倉-1			0.00n	0.48	15.8	2.2	tr.	105	2.4	0.8	tr.	tr.	52.7	31.0
" -2														
" -3														
" -4														
" -5					6.3	20.0	2.2	101	2.2	1.1	0.1	tr.	133.3	—
磐崎-1	0.09	0.22	0.000	1.05	50.0	362.0	9.6	2,270	40.5	20.2	4.0	33.0	7.0	8.8
" -2														
" -3		0.57	0.000	0.55	41.0	651.0	36.8	2,290	51.0	19.2	3.2	35.1	tr.	13.5
11			(0.000)	(0.46)	(5.4)	(5.0)	(tr.)	(11)	(0.3)	(0.9)	(tr.)	(tr.)	(8.0)	(4.6)
						420.0	1,310	10,730	390.0	67.0	0.05	19.0		2.16

炭田ガス研究調査一覽表

組 成							H ₂ S	摘 要
Ca ²⁺ /Mg ²⁺	(Mg ²⁺ /Cl ⁻) ×10 ⁻³	Na ⁺ /Cl ⁻	K ⁺ /Cl ⁻ ×10 ⁻²	(Br ⁻ /Cl ⁻) ×10 ⁻³	(I ⁻ /Cl ⁻) ×10 ⁻³			
						(-)	出水層は 155m 前後 亀ノ尾層中の 割れ目からの湧水 昭 27 鑿井孔口に 水酸化鉄沈殿あり	
1.5	7.0	1.07	4.3	3.6	0.4	(-)	出水層は水野谷層 470m 以浅の水	
2.3	12.0	0.88	3.7	5.3	0.8	(+)	水野谷層からの湧水で 出水層深度は約 50m 430m 以浅で自噴し 塩気を感じるというがそこは五安層中部までの層位である	
—	—	—	—	—	—	(-)	孔口密閉圧 5.3 kg/cm ² 425m 附近の浅具層の割れ目からの噴出と考えられている 水位不明	
—	—	0.85	4.1	—	—	(+)	遊離硫黄沈殿 微白濁	
25.0	7.0	1.31	2.9	6.2	0.9	(卅)	石城夾炭層 本層直上の中へ細粒砂岩からの出水 初圧 5 kg/cm ² 湯本断層	
21.0	5.2	0.80	1.9	6.3	1.2	(卅)	本層直上の割れ目からの出水	
—	—	2.00	3.0	18.0	—	(+)	上層直上の砂岩からの出水 圧力 3.05 kg/cm ²	
10.0	46.0	10.6	29.0	100.0	—	(-)	旧坑水 空気と充分に接触した水	
							第三紀層に由来するガス徴候と判断される	
							石城夾炭層割れ目から噴出 孔口密閉圧 1.4 kg/cm ²	
							白坂層の砂の夾みおよび割れ目から噴出	
15.0	4.6	0.64	1.3	7.1	1.2	(-)	石城夾炭層上部のガスで 深度 90~170m のものと思われる 地下水はエアー・リフトで採取したもの	
—	—	15.0	33.0	100.0	—	(-)	石城夾炭層 本層の 30m 上 割れ目からの出水 金気なし 若干空気と接触した水	
							昭32.1.23 基磐を構成する角閃岩から噴出 坑道掘進ボーリング孔から 2,000 m ³ /day のガスが噴出 干渉計によると CO ₂ =0% CH ₄ =60~80%といわれる	
							15年前油の浸出のあつたところ	
9.1	—	—	—	—	—	(-)	坑口海拔 63m	
38.0	2.3	0.55	1.0	4.9	0.98	(-)	石城夾炭層 本層上約 200m の出水	
						(-)	石城夾炭層 本層附近 圧力 = 0 kg/cm ²	
17.7	7.6	0.48	1.1	4.0	0.67	(-)	石城夾炭層下層から 13m 下からの出水 (本層直下)	
(-)	(-)	(1.0)	(2.7)	(8.0)	(-)	(-)	ガスは 360m 附近の浅具層の割れ目からであると推定 水の分析値はドレン水に対するものを示す 密閉孔口圧 = 5.6 kg/cm ²	
0.32	673.0	0.55	2.0	3.9	0.003		塩分 19% とする	
							遊離ガス組成中の太字は質量分析計による分析値を示す	

昭和 32 年 2 月調査 (質量分析計によるガス分析は技術部柴田賢による)



第 3 図 勿来 R-2 号井電気検層およびコア一試験図 (電検測定 九里尙一)

c: coarse sandstone m: medium sandstone f: fine sandstone cgl: conglomerate md: mudstone

である。このうちリフトの分は空気混入のために利用せず、大気中に放出している。孔口密閉圧は 6 kg/cm^2 以上と記録されている。ガスは高圧でポンペに充填し販売されている。

エアリフトで揚水した地下水試料の分析値をみると、 $\text{Cl}^- = 840 \text{ mg/l}$ 、 $\text{RpH} = 8.1$ で HCO_3^- も約 200 mg/l である。 H_2S 臭は認められず、ガス質は CH_4 が 92% (vol.) 前後を占める。地下水の性質は Cl^- 、 pH 、 NH_4^+ などから地層中の化石水的な性格が強うかがわれる。

(勿来 R-2) 窪田：昭和 32 年にさく井された常磐天然ガス株式会社の R-2 号井は、掘止深度 200.7 m で、R-1 号井の南に位置し熊道断層に近い。地下地質と坑井仕上げ状況は第 3 図に示されるように約 55 m までは浅貝層かも知れないが、以下は石城夾炭層からなっている。ストレーナーは図に示した 3 箇所があり、 189 m までセメント埋立がしてある。自然水位は地下約 30 m といわれ、調査当時はガスだけ少量自噴していたが、リフト用の径 $1''$ のインジェクションパイプ 150 m を $4''$ ケーシング中に降下作業中であつた。ガスは約 90% (vol.) の CH_4 をもっている。坑口圧力は測定できなかった。

(長-1) 長倉 5 坑：海面下 102 m に位置し、上層直上の割れ目からの湧水であつて、試料は $2 \sim 3 \text{ cm}$ 間空気と接触したものを採取した。水は Cl^- が少なく、アルカリ性である。溶存ガスも少なく、遊離ガスも存在しない。

(長-2) 長倉 5 坑：基盤の閃緑岩が断層で本層と接しているところであり、ガスと水の湧出をみない。

(長-3) 長倉 5 坑：岩石坑道掘進中に角閃岩の割れ目から、推定圧力 20 psi で CH_4 $60 \sim 80\%$ (vol.) のガスが噴出し、その量は約 $2,000 \text{ m}^3/\text{day}$ に達したといわれる。こゝは方解石脈の多いところであるが、調査当時採取したガスには CO_2 が多く含まれていた。

(長-4) 長倉 5 坑：角閃岩の隆起のため本層が尖滅するところであつて、約 15 年前に原油の浸出をみたというが、現在は油臭も感じない。

(長-5) 長倉 5 坑：海面下 34 m にある石城夾炭層上部の砂岩割れ目からの湧水で、やや甘く、無色透明であるが、水酸化鉄の沈殿があり、ガスを伴なわない。

(磐-1) 磐崎坑： -605.8 m における本層上約 10 m に対する水抜きボーリングで、 H_2S がなく、 Cl^- は $4,100 \text{ mg/l}$ に達し、 pH は 8.1 、水量数 m^3/day に対しガス量 $10 \text{ m}^3/\text{day}$ 以上を産する。水は地層の割れ目からでているが、 $\text{dis. O}_2 = 0.4 \text{ cc/l}$ 、 $\text{dis. N}_2 \text{ etc.} = 13.3 \text{ cc/l}$ で溶存ガスは少ない。さらに SO_4^{2-} がきわめて少なく、 HCO_3^- が 24 mg/l しかなく、 $\text{NH}_4^+ > 1 \text{ mg/l}$ は特徴的である。一方 Ca^{2+} はやや多い。現在圧力は無い。

(磐-2) 磐崎坑：本層 (3 番層) と 4 番層間の旧坑で H_2S は無く、圧力もない。

(磐-3) 磐崎坑：立坑試錐で、 -607 m にある。水量約 $5 \text{ m}^3/\text{day}$ 、圧力は 1 kg/cm^2 位と思われ、ガス量約 $200 \text{ m}^3/\text{day}$ あつて多い。本層直下からでる水で Cl^- は $4,820 \text{ mg/l}$ に達している反面 HCO_3^- は 56 mg/l で少なく、 H_2S は無い。 SO_4^{2-} の少ないことと Ca^{2+} の多い特徴があり、 $\text{pH} 7.3$ もこの辺の地下水としては酸性の方である。ガスを産しながら $\text{dis. N}_2 \text{ etc.}$ は 14 cc/l で少ない。

(11) 田部：昭和 31 年 8 月に完成した探炭試錐で深度は 613 m である。こゝは断層の多い地帯にあつていて、その地下地質は $0 \sim 36 \text{ m}$ 五安層、 180 m まで白坂層、 240 m まで浅貝層、以下石城夾炭層となつていて、 $293 \sim 365 \text{ m}$ の亀裂で逸水後ガスの猛噴が起つている。 $3''$ ケーシングを 416 m まで降下し、ストレーナーは $293 \sim 365 \text{ m}$ の間にある。水位はケーシング降下前で -310 m 、調査時の孔口密閉圧は 5.8 kg/cm^2 、開放ガス噴出量は約 $18,000 \text{ m}^3/\text{day}$ となつている。また約 6 km 離れた日本水素小名浜工場まで結ばれた $4''$ パイプによつて孔口圧力 0.6 kg/cm^2 で、約 $10,000 \text{ m}^3/\text{day}$ のガスを自噴力だけで輸送されていた。

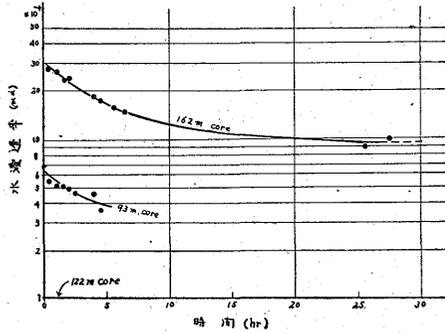
孔口ガスには僅かに水分が含まれ、水抜きタンクから抜いて採水した試料に対する分析値が、第 1 表に示すものであつて、蒸溜水に近い (たゞし $\text{pH} = 8.3$) きれいな水質を示して、石城夾炭層の地下水とは性質を異にする。孔口ガスには CH_4 が 97% (vol.) 程度含まれる。

4.3 岩石の物理的性質

勿来 R-2 号井についての電気検層が、九里尙一 (東北大学) によつて実施されているが、その結果は第 3 図に示す通りである。この図では、地層の比抵抗値にかなり大きな差のあることがわかり、とくに 80 m 以浅の粗粒砂岩とされたもののうちにおける差が目される。

勿来 R-2 号井のコアーについて測定された孔隙率および浸透率の値は、第 3 図右側に示した通りである。空気浸透率は最大 260 ミリダルシー (md) を示し、比較的良くガス体を通すが、水道水を使用して測定された水浸透率はいずれも 10^{-3} md 級の小さな値を示すにすぎない。孔隙率はいずれも 25% を超え、最大 34% に達しており、 140 m 附近の粘土岩にあつても孔隙率は 25.3% ある。

93 m 、 122 m 、 162 m のコアーに対する水浸透率は第 4 図のような時間的变化をなし、粘土鉱物の膨脹 (swelling) が認められる。孔隙率と浸透率との間にはみるべき相関関係はないが、空気浸透率と水浸透率とは正相関を示している。



第4図 勿来 R-2 号井コアの水浸透率

5. 論 議

5.1 炭田ガスの産状

ガスと水とが一緒に産出する測定としては、勿来 R-1 磐崎-1, 磐崎-3 があるが、いずれにしてもガスと水の比率は水溶性ガス鉱床におけるものに比較して非常に大きい。この3測点における地下水は、後述するように水質的にはいずれも connate water が多いと推定されるが、勿来 R-1 は水溶性ガス鉱床における附随水的な性質を最も強く示している。

Loc. No. 11 (田部) のガス井では少量の水がドレンから得られるが、これはすでに述べたように質的には蒸溜水に近似なものである。したがって、ガスは田部においてはいわゆる遊離ガスとして孔口から産出するものと認められる。このほか、遊離ガスだけがみられる測点には、Loc. No. 4 (横山), 7 (中塩), 8 (中塩), 9 (中塩) などがある。

遊離ガスを伴わずに水だけを自噴する測点としては、Loc. No. 1, 2, 3, 5, 好-2, 好-3, 好-4, 長-1 などがある。このうちの1~3は亀ノ尾層および水野谷層から湧出するもので、水質的にも石城夾炭層のものとは異なっているようにみうけられる。

5.2 ガス礫の圧力

勿来 R-1 号井の自然水位は -60 m 前後であり、坑口密閉圧力は 6 kg/cm^2 を超える。地下水の水頭に関して、常磐炭鉱株式会社の資料のうちで、1913 年開坑の内郷坑における当初の静水頭は、地表面と同じであつたと記録されているものがあり、やはりそこにおける含水層の圧力が、静水圧対応であつたことが示されている。さらに1900年初頭には湯本温泉水の自然湧出が認められていたが⁹⁾、以後採炭に伴う排水の進展によつて温泉水位の低下が急激に起つたといわれる。

現在温泉湧出の多い磐崎・湯本・内郷・好間の各坑においては、やはり静水圧相当の圧力がかつていたものと思われる(文献6の第5図参照)。

Loc. No. 1, 2, 3 ではいずれも強い圧力で地下水の自噴がみられる。

以上述べたところは、圧力の高いガス礫および水層の例であるが、一方圧力の低いガス礫の例としては、Loc. No. 4 (横山), 9 (中塩), 11 (田部) らがこれに相当すると思われる。田部の採ガス井はじめ各産ガス井についての水位測定や、孔口密閉圧、ガス礫圧の測定資料などが欠けてはいるが、一応過去の資料と現在の産ガス状況から、上述のように推定して大過ないものと思われる。

これらの資料を総合すると、勿来 R-1 号井を除けば、静水圧を示す水層は湯長谷層群に属するものに多く、石城夾炭層の産ガス層は圧力が低いことになる。

勿来 R-1 号井の例などから考えても、常磐炭田中のあるガス礫は、現在も相当の圧力を保有するものと思われる。白水層群中の低圧のガス礫が、もともと圧力が低いのか、採炭に伴う排水のための水位低下から圧力低下を来したかは、速断できないことがらのように思われる。

これは、常磐炭田のガスのあり方を決める大切な点であるから、流体に対して採炭の影響が及ばないいわゆる処女地域に対する試験によつて確かめる必要があろう。

5.3 岩相などと流体の移動

第3図に示した勿来 R-2 号井のコア試験の結果によれば、乾燥した石城夾炭層の砂岩は十分にガスを通すことのできる空気浸透率をもっている。しかし、水道水に対する水浸透率は 10^{-3} md 程度であるので、天水などに対して、この岩石はきわめて不透性である。このような岩石のなかにも動く地下水は、天水と異なつたその地層と化学的によくバランスのとれたものであることが好ましい。ガス鉱床の成立が、長い地質時代を経て行なわれる場合に、石城夾炭層の砂岩程度の浸透率があれば、一応ガスの移動は可能であるが、水の存在下における多量の採ガスは不可能であろう。勿来 R-2 号井の産ガス資料はないが、一応この地質に対して、勿来 R-1 号井のものを対応させて考えれば、おもなガス礫はやはり地層の亀裂帯とすべきであろう。R-1 号井ではガス礫の圧力は相当高いと考えられるにもかかわらず、現状における採ガス時のガス水比は1,000対1の桁である。このことは、勿来地区のガスが水溶性でなく、水とガスの坑口までの産出状態が水溶性に較べて不均衡であることを示す。換言すれば、水に対するガスの滑り現象があり、水とガスの相対浸透率の点から考慮すべき問題である。

採ガス面からみると、含水状態の石城夾炭層はやゝ不完全な帽岩となりうることを示している。

5.4 ガス質

採取条件のきわめて良好であつたと思われるガス試料

第 2 表 ガス分析値 (1)

Loc. No	場 所	CO ₂	A	O ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	N ₂	C ₂ H ₆ /CH ₄	備 考
11	田 部 試 錐 孔	0.02	0.07	0.02	94.62	0.09	5.18	1/1000	C ₃ =tr.
4	小山 (横山) 試錐孔	0.02	0.06	0.02	94.98	0.15	4.77	1/640	C ₃ =0
勿来 R-1	勿 来 市 窪 田	0.02	0.05	0.09	94.92	0.07	4.85	1/1360	C ₃ =tr.
	熊 道 試 錐 孔	0.22	0.06	0.03	94.85	0.14	4.70	1/680	C ₃ =tr.
	藤原立坑脇試錐孔	1.00	0.30	3.44	71.85	0.06	23.91	1/1100	C ₃ =0
9	平 市 中 温 試 錐 孔	0.06	0.65	11.51	38.48	0	51.26		
	磬 崎 坑	5.65	0.34	0.07	65.79	0.11	28.04	1/600	C ₃ =tr. 払跡ガス
	磬 崎 坑	7.52	0.82	0.06	21.70	0.05	69.85	1/430	C ₃ =0 払跡ガス

昭和31年秋調査(質量分析計による荒木助教授(東大)の分析、江口らの資料)(単位: vol. %)

第 3 表 ガス分析値 (2)

Loc. No	場 所	CO ₂	CO	O ₂	CnHm	CH ₄	N ₂
8	中 塩 ガ ス 徴	0.2	0.2	0.6	0.6	90.7	7.7
	湯 本 新 滝 旅 館	1.3	0	0.4	0	54.6	43.7
	下 倉 持 ガ ス 徴	0.3	0.4	0.3	0.1	94.8	4.1
11	田 部 試 錐 孔	0.1	0.5	0.4	0.2	90.7	8.6
4	小 山 (横 山) 試 錐 孔						
10	平 窪 (古 館) ガ ス 徴	0.5	0.5	0.8	0.2	87.5	10.5
	勿 来 市 窪 田 水 田 ガ ス 徴	0.2	0.5	0.2	0.2	94.6	4.3
勿来 R-1	勿 来 市 窪 田	0	0.6	0.6	0.4	93.9	4.5

昭和31年秋調査(オルザット氏法による東北大江口らの資料),(単位: vol. %)

に対する分析値(第1表)をみると、CH₄ は90%(vol.)を超え、最大97%に達するが、一方CO₂ はきわめて少なく、0.0~0.4%である。CnHmは飽和臭素液に吸収させて求めた値で、いわゆる不飽和炭化水素類といわれるものであつて、磬崎坑や田部のガスに0.3~0.5%認められる。

質量分析計によるガス分析値はO₂、Aなどに対して少々分析誤差が大きかつたが、空気混入の少ない試料ではAがきわめて少ない。

第2、3表は文献4)によるガス分析表である。この分析表を通じて明らかなことは、CO₂の多いものはいずれも払跡のガスであつて、坑内におけるCO₂の生成→放出が確認できる。したがつて常磬炭田のガスは本来はCO₂<0.2%、CH₄>90%、N₂<5%の組成をもつていと推定される。なお空気混入のない場合のAは0.05%前後で、A/N₂は空気の値よりはるかに小さく、ガスの大気への逸出に伴うAの減少と解することができる。C₂H₆とC₃とはほとんどの試料に存在が認められている。C₂H₆/CH₄は大略1/500~1/1,500であるが、C₂H₆の成因については石炭から、または瀝青質頁岩からのものと判断できるが、いずれとも決める方法がない。従

来、油田ガスにはC₂以上のいわゆる飽和の重炭化水素類が存在するといわれてきたが、現世堆積物からの発生ガス中にもC₂H₆が存在するとの報告もあり、また石炭乾溜の際にもこれらが発生するのであるから、一概にそのように言いきることはきわめて危険である。この点については将来の研究にまつところである。

なお、炭田ガス中のCOに関しては、保安面からよく坑内ガスについて研究されているが、今回は定量していない。またH₂の存在についてもいろいろと問題はあるがこれも確認されていない(この後最近のガスクロマト法による炭田ガスの研究によつて、H₂の存在だけは確認されている註1))。

5.5 炭田ガス鉱床における地下水

地下水水質の著しい特徴は、Loc. No. 1, 2, 3の湯長谷層群の被圧地下水が、HCO₃⁻を140~410mg/lと、やゝ多くもつていて、ガスの産状とHCO₃⁻との関係が水溶性鉱床と逆になるらしいことである。地下水のpHは一般にアルカリ性で、最高9.8≦が観測される。NH₄⁺はきわめて少ない。Cl⁻は磬崎坑で4,820mg/lが観測されたが、おそらくこの水は化石水的なものと思われ、地

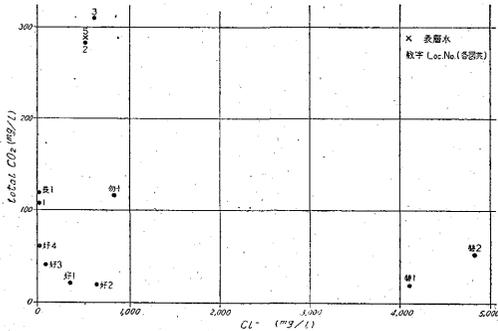
註1) 地質調査所資料, 1958

層の堆積環境からしても化石海水の変化したものととして良いと思われる。Loc. No. 1 は深度的に 磬-1~磬-3 (磬崎坑坑内) の上方にあり、この両者を比較すると上層位の水に Cl^- が少なく、酸性で、 NH_4^+ も少ない。

$KMnO_4$ cons. は磬崎坑に最大であり、 Br^-/Cl^- は海水よりもやゝ大きく、 I^-/Cl^- は海水よりもはるかに大きい。下位の地層では Ca^{2+}/Cl^- は海水より大分大きな値を示すが Na^+/Cl^- は大差ない。Bは海水よりも大分濃縮されている。Loc. No. 好-4 は坑内へ天水が浸入した場合の水質の1例である。

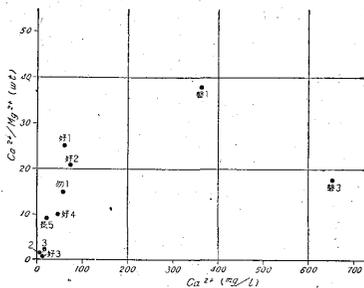
以下に水溶性ガス鉱床との比較を念頭において地下水中の化学成分間の関係の数例を説明する。

Cl^- と total CO_2 第5図によれば、同一 Cl^- 量に対しては、先に説明したように湯長谷層群の水が CO_2 を多く含むことがわかり、石城夾炭層の水ではとくに両成分間に相関がない。



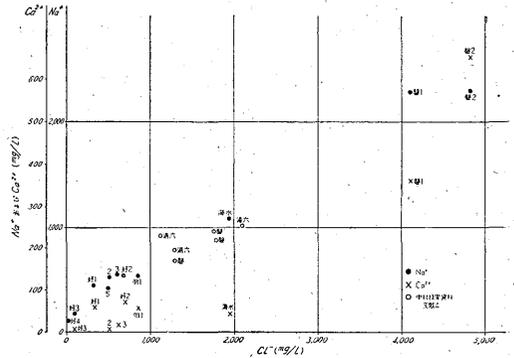
第5図 Cl^- と total CO_2 との関係

Ca^{2+} と Ca^{2+}/Mg^{2+} 第6図のように、この地域の水には両者の間に相関はなさそうであるが、 $Ca^{2+} > Mg^{2+}$ の関係は著しい特徴であろう。



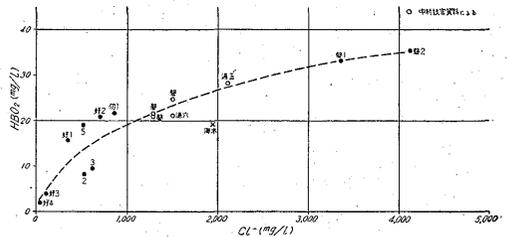
第6図 Ca^{2+} と Ca^{2+}/Mg^{2+} (wt) との関係

Cl^- と Ca^{2+} および Na^+ 第7図のように、比較的きれいな相関がみられる。 Na^+/Cl^- は海水の値と大差なく、 Ca^{2+}/Cl^- は海水の数倍の値を示していることがわかる。



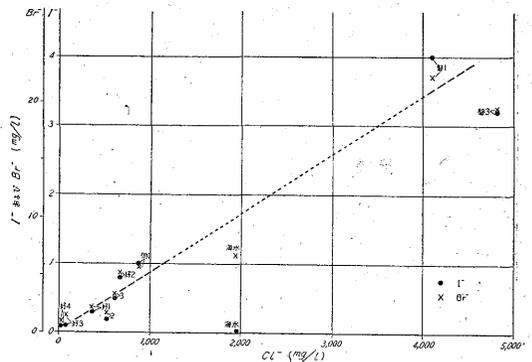
第7図 Cl^- と Ca^{2+} および Na^+ との関係

Cl^- と HBO_2 第8図のような関係にあつて、海水の HBO_2/Cl^- より約20% Bが多い。



第8図 Cl^- と HBO_2 との関係

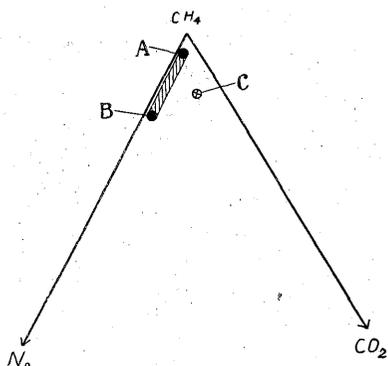
Cl^- と I^- および Br^- 第9図のような相関があつて、 I^-/Cl^- は海水より大分大きいことがわかるが、 Br^-/Cl^- は海水の値の約1.5倍程度を示している。



第9図 Cl^- と I^- および Br^- との関係

5.6 地下水およびガスの総括

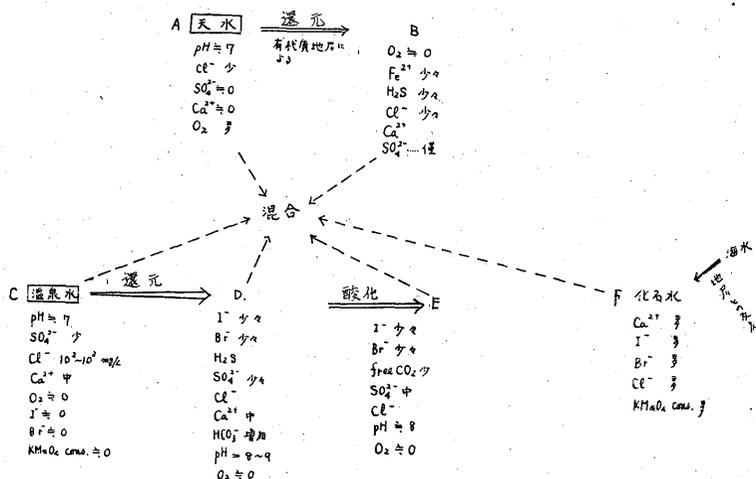
この地区の天然ガスの組成は、本来第10図のAに示されるような、 $CH_4 \approx 100\%$ 、 $C_2 \approx tr.$ 、 $N_2 \approx 0$ 、 $CO_2 \approx 0$ の組成を示すものと思われる。現場から得られたガスにBのように N_2 に富んだものがあるのは、Aのガスに空気が混入してさらに O_2 が主として有機質岩石に消費されたためと思われる。C点のように CO_2 と N_2 が混入



第10図 ガス組成変化の説明図

するガスは、Aのガスに空気が加わり、酸素が消費され、酸化または醗酵によるCO₂とCH₄が加わつたものと理解できる。方解石脈からCaCO₃→CaO+CO₂によるCO₂ガスの供給は一応考えなくても良いと思われる(長倉5坑基岩中のガス分析値参照)。

文献4),6)などと、この度の測定結果から、この地区における水系を第11図のように一応区分けしてみた。



第11図 地下水系統の区分け

根幹となる水を一応、天水・温泉水・化石水と分け、それらの水が岩石と反応して酸化・還元などを繰り返しているうちに成分を徐々に変え、さらにそれらがお互いに混合し合うものと考えられよう。たゞこゝに若干の疑問を残すのは温泉水の成分であつて、高温の水が必ずしも成分的にその温泉を代表すると考えるのは危険であつて、ガスと関係の深い化石水が温泉水に相当混入していると思われる。なお常磐炭鉱における排水量は約100 m³/minで、このうち1/5は温泉水であり、天水は1/5の少量であると発表されている。

ガスは図中のFの化石水のあり方とは密接に関係があり、さらに温泉水と天水とによつて下および上から挟みうちされる状態にあり、これらの水の存在とガスはマイナスの意味で相関連する。

6. 結 論

常磐炭田北部地区を実験フィールドとして、炭田ガスの調査に際しての問題を研究してみた結果、次のいくつかのことが判明した。

- 1) 炭田ガスはほとんど CH₄ からなるガスである。
- 2) 地下水は一応化石水・温泉水・天水浸入水に大きく区分けできそうであるが、このうちガスと直接関係深いのは化石水である。
- 3) ガス槽の圧力には相当な高圧を示すものもある。
- 4) 産ガス量の多い場合には、遊離ガスが重要部分を占める。
- 5) 地下における遊離ガスは、初生的にあつたのか、採炭に伴つてできたのか不明である。この点岩石中の液体飽和率の研究が望まれる。

6) ガス中にはほとんど C₂H₆ と C₃ が混入しているが、その成因は不明である。

7) 石城夾炭層の砂岩の空気浸透率は 1~数 100 md、水浸透率は n×10⁻³ md であるので、採ガスは地層の割れ目、破碎帯等の二次孔隙を対象に考えるべきである。ただし、長時間にわたるガスの集積移動現象は別である。

8) 総じて湯長谷層群に被圧地下水が多い。

今後さらに調査をすすめるべき点としては次の事項が考えられる。

- 1) 産ガス井のガス産出状況の長期観測。

- 2) ガス礫の圧力とガス礫の流体の飽和率。
- 3) ガス鉱床成立のための大きな地質構造と小さな構造の果す役割の研究。
- 4) 地表における微量炭化水素の分布とガス鉱床との関係。

(昭和31年2月調査)

文 献

- 1) 荒木春視：炭田ガスの諸問題，資源，No. 63，1958
- 2) 荒川 透：常磐炭田に於ける天然瓦斯について，

東部炭鉱技術，No. 20，1956

- 3) 地質調査所：日本炭田図 I，常磐炭田地質図ならびに同説明書，1957
- 4) 江口元起外 9 名：常磐地区天然ガス調査報告，昭和 31 年度東北地方天然ガス利用開発調査報告書，石油技術協会，1957
- 5) 牧野登喜男・品田芳二郎：北茨城市北東部炭田ガス概査報告，茨城県地下資源調査報告書，No. 5，1955
- 6) 中村久由・安藤武：常磐炭田坑内温泉水について，地質調査所月報，Vol. 4，No. 6，1953