

## 筑豊炭田赤池炭礦における炭田ガスの調査研究報告

佐々木 実\* 永田 松 三\*\*

### On the Study of the Coal Field Gas in the Akaike Coal Mine, Chikuhō Coal Field

by

Minoru Sasaki & Matsuzō Nagata

#### Abstract

In order to make clear the distribution of the coal field gas, the writers measured the pressure of gas in the coal seams by means of bore-holes at the underground face of the Akaike coal mine for about one hundred and five days, 1956~1960.

As the results of the survey, the following facts were cleared.

1) The thickness of the metamorphosed coal is one and half times of the thickness of intrusive layers of igneous rock.

2) The pressure of gas in the Taketani formation is  $7.3\text{kg/cm}^2$ , and that in the Sanjaku-Goshaku formation is  $11\text{kg/cm}^2$ , and those in the metamorphosed coal seams are  $45\text{kg/cm}^2$ , respectively.

3) The quantities of gases in the coal seams and rocks in the upper part (45m) and lower part (15m) from the Sokoishi coal seam are  $17.99\text{m}^3/\text{m}^2$ , and those in the upper part (55m) and lower part (18.3m) from the Shingoshaku coal seam are  $117.55\text{m}^3/\text{m}^2$ , and those in the upper part (50m) and lower part (16.7m) from the Shingoshaku coal seam of the district, where the intrusives of igneous rocks are observed, are  $189.73\text{m}^3/\text{m}^2$ , respectively.

#### 要 旨

筆者らは炭田ガス調査研究の一環として、筑豊炭田赤池炭礦の坑内で地層中のガス圧と石炭スライム中のガス湧出量の測定および坑内水・ガスなどの採取を、また室内研究として石炭に対するメタンガスの圧入実験、孔隙率・浸透率の測定およびガス・水の分析などを行なった。

現地における調査は昭和31年度に23日間、昭和32年度に23日間および昭和34年度に59日間の3回にわたって行なわれた。

調査研究結果の主要事項は次のとおりである。

(1) 竹谷累層中のガス圧は  $7.3\text{kg/cm}^2$ 、3尺5尺累層中のそれは  $11\text{kg/cm}^2$ 、火成岩の熱変質作用をうけた炭層中のそれは  $45\text{kg/cm}^2$  である。

(2) 底石層下位15mから同層上位45m間の地層（炭層

を含む）中のガス量は  $17.99\text{m}^3/\text{m}^2$ 、新5尺層下位18.3mから同層上位55m間のそれは  $117.55\text{m}^3/\text{m}^2$  および火成岩の進入地域では新5尺層下位16.7mから同層上位50m間のそれは  $189.73\text{m}^3/\text{m}^2$  である。

(3) 坑内水中の  $\text{Cl}^-$  と溶存  $\text{CH}_4$  の測定はガスの多い火成岩の進入地域の探査に役立つものと考えられる。

#### 1. 緒 言

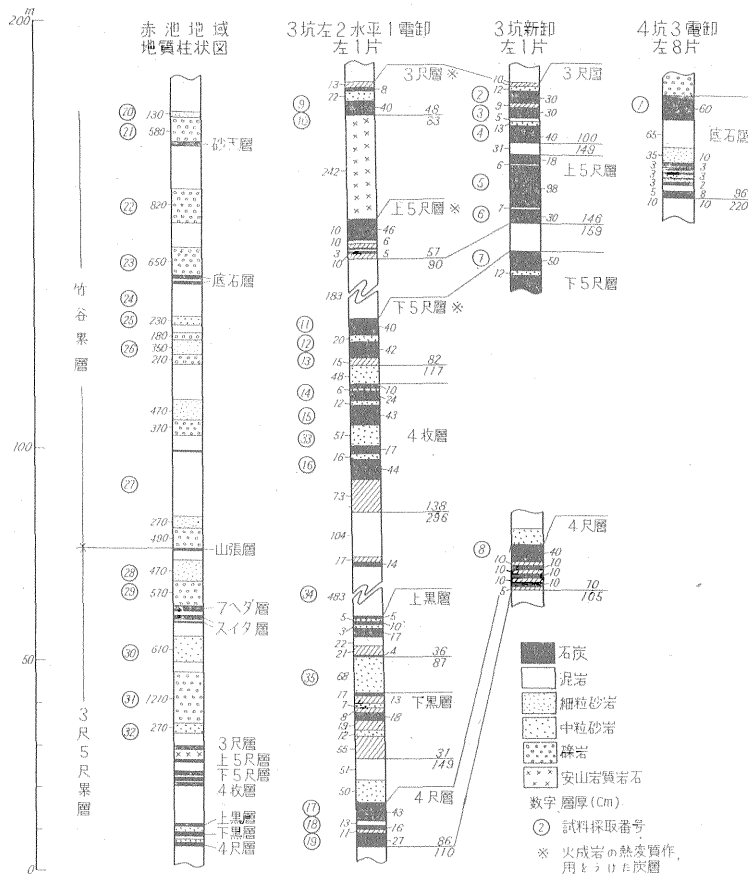
筆者らは炭田ガス調査研究の一環として、炭田ガスの賦存状態を究明する目的で、地質構造が比較的簡単で、かつガスの比較的多い筑豊炭田赤池炭礦を選び、同炭礦の坑内でガス圧とガス湧出量の測定および坑内水・ガスなどの採取を、また室内研究として石炭に対するメタンガスの圧入実験、孔隙率、浸透率の測定およびガス・水の分析などを行なった。

現地における調査は下記の3回にわたって行なわれた。

\* 燃料部

\*\* 技術部



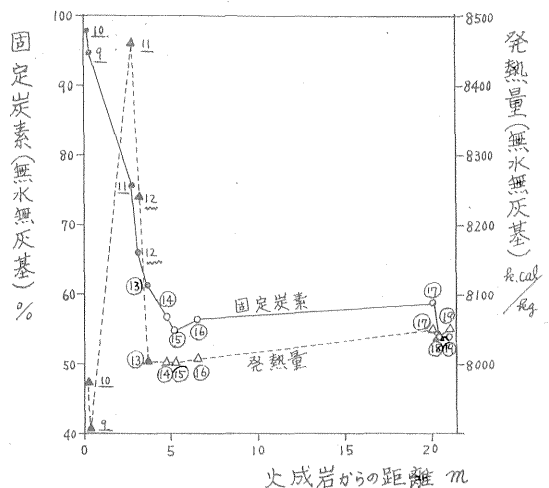


第3図 炭柱図

現在赤池炭鉱で採掘されている炭層は3尺5尺累層中の3尺・上5尺・下5尺・4枚および4尺層(1~3坑)と竹谷累層中の底石層(4坑)で、これらの炭層の山丈・炭丈、各炭層間の岩質は第3図に示すとおりである。なお3坑左水平と斜坑向両坑道付近から深部(第5図参照)においては、厚さ240~510cmの安山岩質岩石が3尺層と上5尺層中に入っている。

第1表は各炭層の工業分析結果である。

この表から明らかなように、火成岩の非進入区域におけるいずれの炭層も発熱量(無水無灰基)が7,800以上8,100kcal/kg以下、燃料比が1.5以下で、粘結炭であり、JIS石炭分類のD級に属する。一方火成岩の進入区域では、火成岩の熱影響をうけて3尺層は無煙炭で、下5尺層は燃料比が1.5以上4以下、発熱量が8,043~8,462kcal/kgで弱~非粘結炭である。また4枚層と4尺層は熱影響をうけずD級である。すなわち火成岩に近づいたがって炭化は進み、粘結性は減少している。また火成岩の熱影響をうける範囲は火成岩の厚さの約1.5倍ま



炭層	3尺層	下5尺層	4枚層	4尺層
試料番号	9, 10	11~13	14~16	17~19

●▲: 9~13 火成岩(厚さ242cm)の熱影響をうけた石灰  
 ○△: 14~19 火成岩の熱影響をうけない石灰  
 ○粘結 ..... 弱粘結 — 非粘結

第4図 火成岩の進入による石灰の熱変異図

第1表 石炭の工業分析結果

試料番号	採取箇所	炭層	水分 (%)	灰分 (%)	揮発分 (%)	固定炭 (%)	発熱量 (kcal/kg)	硫黄 (%)	固定炭素 (%)	発熱量* (%)	粘結性	JIS炭類	備考
									無水	無灰基			
1	4坑3電本卸	底石層	3.73	12.17	39.41	44.69	6,685	1.46	53.76	8,042	粘結	D	
2	3坑新卸	3尺層	3.83	3.14	40.10	52.93	7,400	0.68	57.05	7,980	//	D	
3			3.00	23.43	36.21	37.36	5,810	1.30	52.10	8,098	弱粘結	D	
4			3.46	5.15	44.54	46.85	7,270	0.56	51.49	7,990	粘結	D	
5		上5尺層	3.01	8.31	41.16	47.52	7,090	0.43	53.93	8,060	//	D	
6			3.19	8.92	39.48	48.41	7,010	0.75	55.52	8,040	弱粘結	D	
7		下5尺層	3.24	4.47	43.07	49.22	7,290	2.04	53.54	7,930	粘結	D	
8		4尺層	2.97	25.73	34.20	37.10	5,570	0.56	53.58	8,040	弱粘結	D	
9		3坑左2水平 1電卸	3尺層	7.29	10.68	5.26	76.77	6,417	0.34	94.57	7,905	非粘結	A <sub>1</sub>
10	5.12			23.00	3.45	68.43	5,584	0.19	97.70	7,973	//	A <sub>1</sub>	●
11	下5尺層		2.84	16.16	20.86	60.14	6,745	1.44	75.45	8,462	//	B <sub>1</sub>	●
12			3.45	4.36	31.46	60.73	7,570	1.57	66.13	8,243	弱粘結	C	●
13			3.87	9.91	33.83	52.39	6,871	1.06	61.33	8,043	粘結	D	●
14	4枚層		3.71	8.75	38.32	49.22	6,950	0.76	56.68	8,003	//	D	
15			3.95	8.61	39.94	47.50	6,939	0.68	54.76	7,999	//	D	
16	4尺層		3.93	11.72	37.24	47.11	6,724	0.32	56.48	8,061	//	D	
17			2.74	26.77	35.70	34.79	5,500	0.43	58.90	8,048	//	D	
18			3.27	18.45	36.88	41.40	6,175	0.64	53.91	8,040	//	D	
19			3.23	20.23	36.01	40.53	6,032	2.68	54.10	8,051	//	D	

\* 発熱量 (無水無灰基) =  $\frac{\text{発熱量}}{100 - \text{水分} - 1.08 \times \text{灰分}} \times 100$

● 火成岩の熱影響をうけて炭化が進んだ石炭

である (第4図参照)。したがって火成岩が厚い (320~510cm) 場合は4枚層も熱影響をうけている。なお3坑の火成岩の進入地域においては、石炭は火成岩の熱影響をうけて乾溜されガスが多い。

#### 4. ガス圧の測定

ガス圧測定の位置としてはガス抜き、採炭および坑道掘進などによる影響の少ない所、すなわち地層 (炭層を含む) 中からのガスの逸散が比較的少ないと思われる箇所を選定した。選定箇所は3坑左2水平1電卸左1片と同右4片である (第5図参照)。

ガス圧の測定方法は、坑内において地層中に設けられたガス圧測定孔にパッキングのついたパイプを挿入し、孔口とパッキング間をセメントで充塞して、パイプに連結してある圧力計で直接ガス圧を測定する方法<sup>2)</sup>である。

ガス圧測定用試錐は4尺層について5本、4枚層について1本、上5尺層について1本、3尺層について2本合計9本である。これらの試錐孔の位置・方向・傾斜・

孔長およびガス圧測定結果は第2表、第6、7図に示すとおりである。

##### (1) A孔

測定開始と同時にガス圧は 10.9kg/cm<sup>2</sup> になり、その後徐々に上昇して11日目に 16.2kg/cm<sup>2</sup> になったが、パイプが破損して再三修理しても、ガス圧 16.2kg/cm<sup>2</sup> になるとふたたびパイプが破損してそれ以上のガス圧測定は不可能となった。

##### (2) B孔

ガス圧は徐々に上昇して4日目に 8.5kg/cm<sup>2</sup> になり、その後はゆるやかに上昇して10日目に 9.6kg/cm<sup>2</sup> になったが、以後変化が認められなかった。

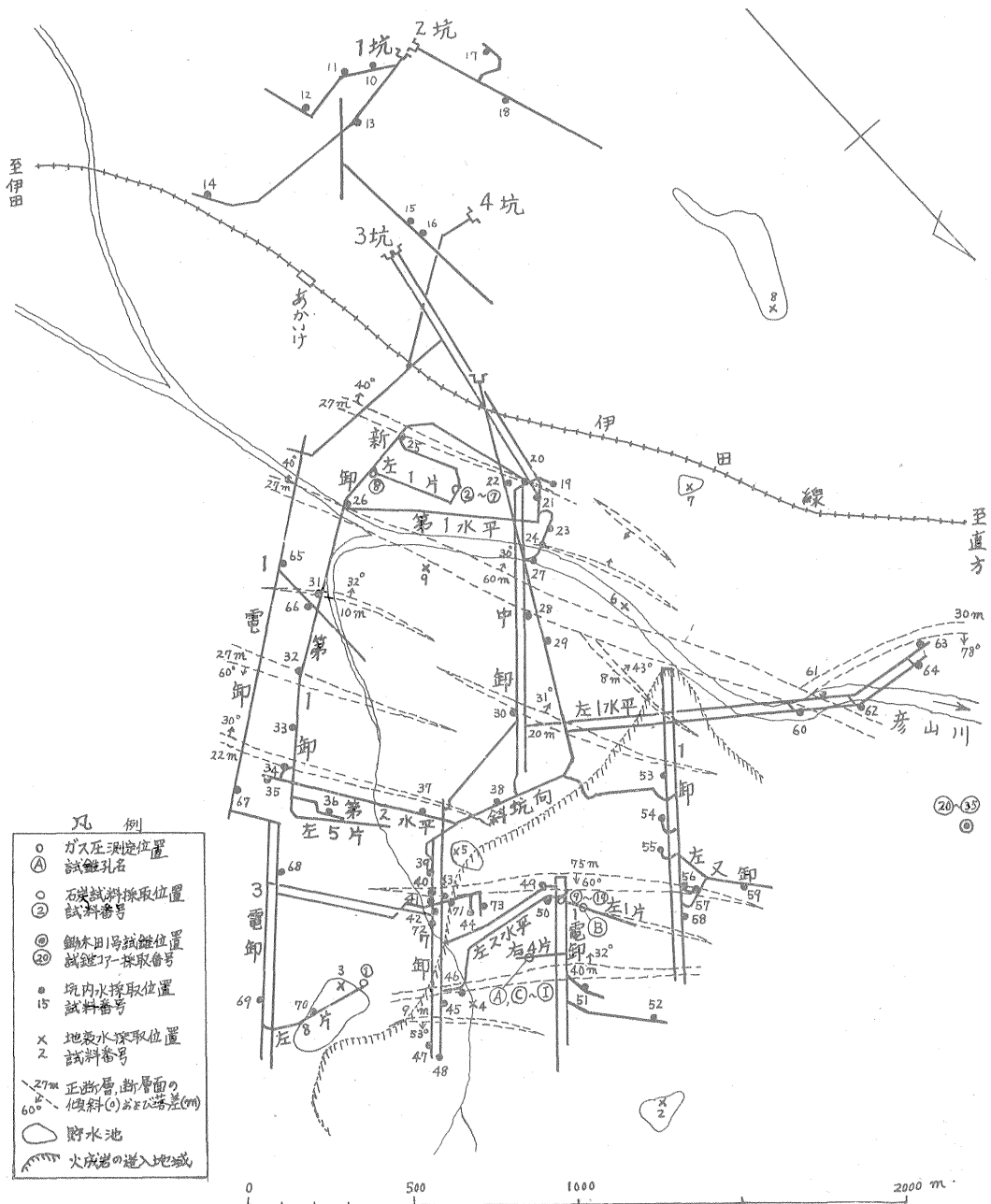
##### (3) C孔

圧力計をとりつけると同時にガス圧は 6kg/cm<sup>2</sup> になり、6日目に 21kg/cm<sup>2</sup> になったが、パイプ破損のためこれ以上のガス圧測定は不可能となった。

##### (4) D孔

ガス圧は徐々に上昇して8日目に 45kg/cm<sup>2</sup> になり、その後変化が認められなかった。

##### (5) E孔



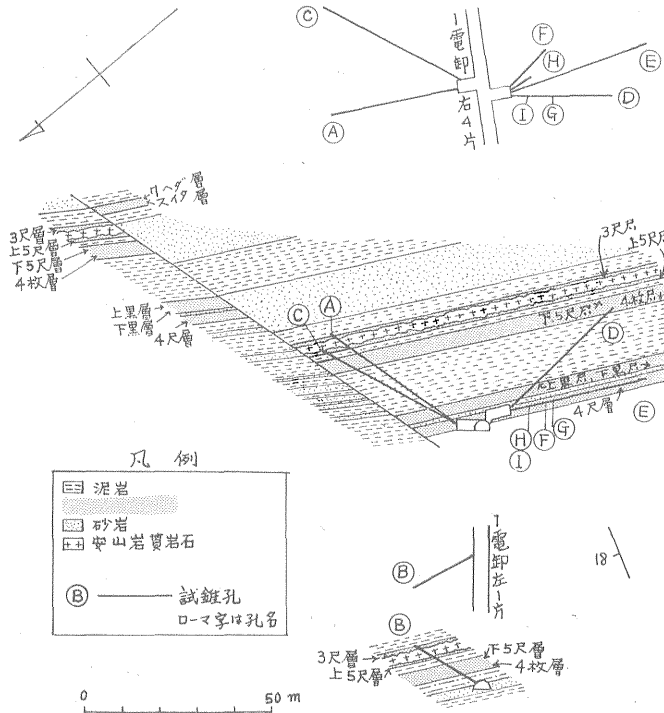
第 5 図 赤池炭坑坑内図、ガス圧測定および試料採取位置図

測定開始と同時にガス圧は7.2kg/cm<sup>2</sup>、5日目に11kg/cm<sup>2</sup>になったが、その後は降下して11日目に6.3kg/cm<sup>2</sup>以後徐々に上昇し、63日目に9kg/cm<sup>2</sup>となった。

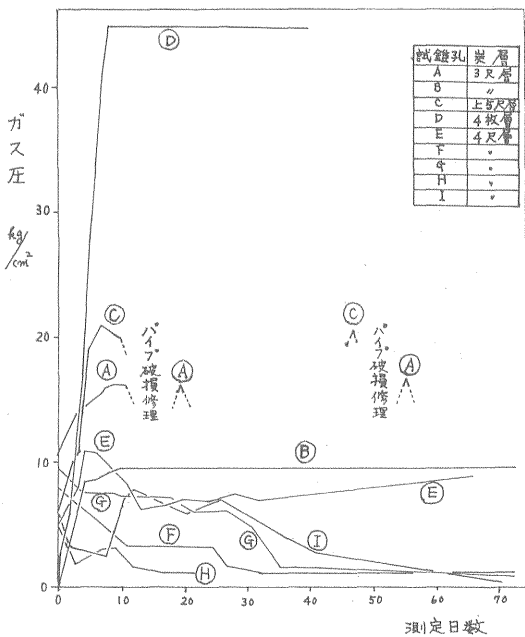
(6) F孔

圧力計をとりつけると同時にガス圧は8kg/cm<sup>2</sup>になったが、その後は徐々に降下して32日目に1.2kg/cm<sup>2</sup>になり、以後変化が認められなかった。

(7) G孔



第6図 ガス圧測定孔位置図



第7図 炭層中のガス圧変化図

測定開始と同時にガス圧は  $9.5 \text{ kg/cm}^2$  になったが、その後は徐々に降下して35日目に  $1.6 \text{ kg/cm}^2$ 、73日目

には  $1 \text{ kg/cm}^2$  になった。

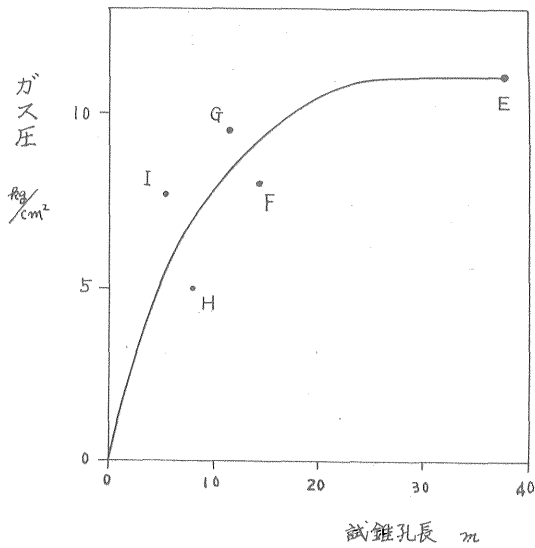
(8) H孔

圧力計をとりつけると同時にガス圧は  $5 \text{ kg/cm}^2$  になったが、3日目には降下して  $2 \text{ kg/cm}^2$ 、9日目にはやや上昇して  $3 \text{ kg/cm}^2$  になり、その後は徐々に降下して22日目には  $1.2 \text{ kg/cm}^2$  になった。

(9) I孔

測定開始と同時にガス圧は  $6 \text{ kg/cm}^2$  になったが、その後は降下して8日目に  $2.5 \text{ kg/cm}^2$ 、12日目には上昇して  $7.7 \text{ kg/cm}^2$ 、42日目にはふたたび降下して  $2.5 \text{ kg/cm}^2$ 、71日目には  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  になった。

上述したことおよび第7図から明らかなように、B、D両孔以外の各孔においては圧力計をとりつけると同時にガス圧が上昇している。このことは裂か中などから比較的多量のガスが流出していることを示している。またE~I孔においてはガス圧と測定日数との関係が不規則で、しかもガス圧が降下しているものが多い。このことは裂かなどが相互に干渉し合ったことに原因していると考えられる。したがってE~I孔のガス圧は裂か中のガス圧と思われる。しかし、E~I孔の孔長とガス圧との関係図(第8図)から明らかなように、ガス圧は孔長に比例して上昇し、孔長20m以上になると大体一定 ( $11 \text{ kg/cm}^2$ ) になる。このガス圧  $11 \text{ kg/cm}^2$  は右4片付近の4



第 8 図 4 尺層試錐孔長とガス圧との関係図 (ローマ字は試錐孔名)

尺層中のガス圧を示すものと考えられる。

一方B, D両孔においては, ガス圧は時間の経過とともに上昇し, 最高値を示した以後は一定である。このことから判断して, 両孔は断層や裂かなどの影響がほとんどなく, D孔のガス圧  $45\text{kg}/\text{cm}^2$  は右4片付近の4枚層と4枚層近辺の地層および炭層(3尺層・上5尺層および下5尺層)中のガス圧を示すものと思われる。またB孔のガス圧がD孔のそれと比較して低いのは, ガス圧測定以前に断層(第5図参照)の影響をうけてガス圧が低下していたことに由来するものと思われる。

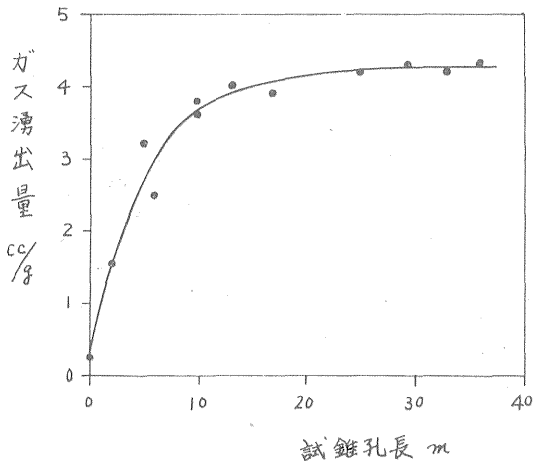
### 5. ガス湧出量の測定

ガス圧測定用の試錐を行なう際に生ずる石炭スライムを手早く採取して, これを  $10\sim 20\text{mesh}$  に篩分けしたものを  $50\sim 100\text{g}$  をガス湧出瓶<sup>3)</sup>の中に入れ, スライムから湧出したガス量を測定した。なお測定は坑内で試錐の実施と同時に進めた。また切羽や引立てで採取した石炭(第5

第 2 表 炭層ガス圧測定結果

測定箇所	炭層	炭層深度 (海水準 m)	試錐孔	傾斜	孔長 (m)	最高ガス圧 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
左2水平 1電卸右4片	3尺層	-653	A	+35°	41.2	16.2*
左2水平 1電卸左1片	"	-626	B	+29°	19.5	9.6
左2水平 1電卸右4片	上5尺層	-656	C	+30°	40.0	21.0*
"	4枚層	-645	D	+45°	40.2	45.0
"	4尺層	-663	E	+17°	37.6	11.0
"	"	-670	F	+16°30'	14.4	8.0
"	"	-669	G	+18°	12.0	9.5
"	"	-671	H	+18°	8.0	5.0
"	"	-671	I	+16°	5.4	7.7

\* ガス圧測定用パイプ破損



第 9 図 4 尺層試錐孔長とスライム中のガス湧出量との関係図

図参照)の塊(約  $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 20\text{cm}$ )は坑外で粉碎し, 前述と同様にして湧出量を測定した。

ガス湧出量の測定結果は第3表と第9図に示すとおりである。

この表と図から明らかなように, 4尺層のスライム中のガス湧出量は試錐孔長に比例して増加し, 孔長  $20\text{m}$  以上になると大体一定(約  $4.25\text{cc}/\text{g}$ )となる。また引立における4尺層のガス湧出量は  $4.2\text{cc}/\text{g}$ , 下黒層のそれは  $3.7\text{cc}/\text{g}$ , 3尺層(火成岩の非進入地域)のそれは  $4.1\text{cc}/\text{g}$  である。すなわち, これらの石炭のガス湧出量は近似的な値を示している。

一方底石層のガス湧出量は  $2.7\text{cc}/\text{g}$  で, 上述の4者と比較してかなり少ない値である。

第3表 石炭中のガス湧出量測定結果

炭層	試料採取箇所	試錐		ガス湧出量 (cc/g)
		孔名	孔長 (m)	
底石層	4坑3電卸左8片切羽			2.7
3尺層	3坑新卸左1片切羽			4.1
4尺層	3坑左2水平 1電卸右4片	D	5	3.7
		E	2	1.8
			6	2.5
			10	3.6
			13.5	4.0
			17	3.9
			25	4.2
			29.5	4.3
			33	4.2
		36	4.3	
		G	0	0.25
			5	3.2
10	3.8			
〃	引立			4.2

この表から明らかなように、ガス組成は CH<sub>4</sub> が89.1~95.03%でもつとも多く、次いで N<sub>2</sub> 3.71~10%、O<sub>2</sub> 0.12~2.72%、CO<sub>2</sub> 0.19~0.66%、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 0~0.22%、H<sub>2</sub> 0~0.01%の順である。また試錐孔(C)からの流出ガスはC<sub>2</sub>H<sub>6</sub> が0.22%で他のガスのそれと比較して多いのは、火成岩の侵入の際に石炭が乾溜されたことに原因していると考えられる。また4尺層のスライム中のガスにおいては、試錐孔長に比例してCH<sub>4</sub> は90.8%から95.03%、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> は0.06%から0.08%、H<sub>2</sub> は0%から0.01%へとそれぞれ濃度が高くなるが、N<sub>2</sub> の濃度は8.26%から3.71%へと反対に低くなる傾向がある(第10図参照)。

前述のように、試錐孔長20m以上になるとガス圧(第8図)、スライム中のガス湧出量(第9図)およびガス質(第10図)の顕著な変化がそれぞれ認められないことから判断して、赤池炭砒では坑道掘進の影響による炭層内のガス圧降下範囲は坑道から20m以内であると推定される。

7. 坑内水

坑内水については坑道の天盤や坑壁などから流出して

第4表 石炭湧出ガスおよび試錐孔流出ガスの分析表

試料番号	採取箇所	炭層	産状	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	分析	
				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
1	3坑新卸左1片切羽	上5尺層	湧出ガス	0	0	0.21	0.66	7.80	91.33	0	ガスクロマト法	
2	鋤木田ボーリング	3尺層	スライム湧出ガス	0	0.010	2.72	0.19	5.80	91.25	0.04	〃	
3	3坑左2水平1電卸左1片	3尺(ホヤ*)層	B孔流出ガス	0	—	0.60	0.30	10.00	89.10	—	オールザット法	
4	〃 右4片	4尺層	G孔スライム湧出ガス	0 m	0	0	0.61	0.27	8.26	90.80	0.06	ガスクロマト法
5	〃	〃	E孔スライム湧出ガス	10m	0	0.005	0.26	0.37	4.50	94.82	0.05	〃
6	〃	〃	〃	17m	0	0.004	0.12	0.25	5.07	94.49	0.07	〃
7	〃	〃	〃	20m	0	0.010	0.18	0.39	4.53	94.82	0.07	〃
8	〃	〃	〃	25m	0	0.008	0.13	0.44	4.67	94.68	0.08	〃
9	〃	〃	〃	36m	0	0.010	0.60	0.57	3.71	95.03	0.08	〃
10	〃	上5尺(ホヤ*)層	C孔流出ガス	0	0.004	1.52	0.56	6.86	90.84	0.22	〃	
11	4坑3電卸左8片	底石層上盤	流出(裂かより)ガス	0	0	0.40	0.25	7.42	91.93	0	〃	
12	〃 切羽	底石層	湧出ガス	0	0	0.43	0.42	8.57	90.58	0	〃	

\* 火成岩の熱変質をうけて粉状の無煙炭となつたものをホヤと呼んでいる

6. ガスの分析

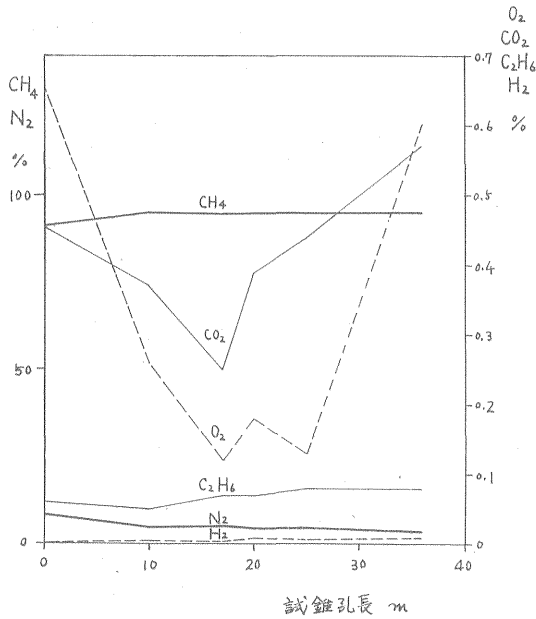
第4表はガス湧出量測定の際にガス湧出瓶中に湧出したガス、試錐孔および裂かから流出したガスの分析結果である。

いる水や地表水については坑内に関係があると思われる川と貯水池の水を採取した。採取した水は1坑で7点、2坑で2点、ガスの多い3坑で46点、4坑で9点、地表で9点、合計73点(第5図参照)で、これらの水の分析結果は第6表のとおりである。



第5表 坑別、水質別揚水量

坑	揚水量 (l/sec)					合計	%
	化石水	地表水	化石水型	化石水型	混合水		
1, 2 坑	0	21.7	0	0	0	21.7	18.1
3 坑	39.3	0.3	18.5	13.2	0	71.3	59.4
4 坑	16.0	0	0	11.0	0	27.0	22.5
合計	55.3	22.0	18.5	24.2	0	120.0	100
%	46.1	18.3	15.4	20.2	0	100	



第10図 試錐孔長と4尺層スライム中のガス組成との関係図

7.1 坑内水の種類と揚水量

坑内水は水質的に次の4種類に大別することができる。

(1) 化石水

地層(主として礫岩層)から直接あるいは断層または裂かなどを通じて坑内に流出しているものである。

(2) 地表水型古洞水

主として地表水が古洞に貯溜し、古洞から坑道に流出している水であり、炭層浅部の古洞水(1, 2坑)はこの型に属する。

(3) 化石水型古洞水

主として化石水が古洞に貯溜した水であり、炭層深部の古洞水はこの型に属する。

(4) 混合水

主として化石水型古洞水が地層を通じて(化石水と混合して)坑道に流出しているものである。

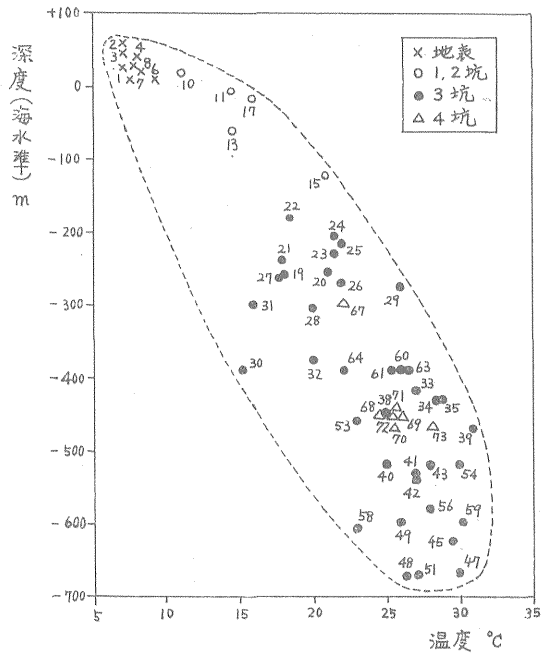
以上4種類の水の揚水量は、水質的には化石水が55.3 l/secでもつとも多く、次いで混合水が24.2 l/sec、地表水型古洞水が22 l/sec、化石水型古洞水が18.5 l/secで合計120 l/secである。

坑別には3坑が71.3 l/sec(主として化石水・化石水的古洞水および混合水)でもつとも多く、次いで4坑が27 l/sec(化石水、混合水)、1, 2坑が21.7 l/sec(地表水型古洞水)である(第5表参照)。

7.2 坑内水の水質

7.2.1 深度と水温との関係

水温は地表水が7~9.2°C、1, 2坑11~21°C、3坑15.1~30.3°C、4坑22~28°Cである。



第11図 坑内水の水温と深度との関係図

坑内水の水温は深度約30mの増加に対して1°Cの割合で増加している(第11図参照)。

これは一般の地層の地下増温率に大体等しい。

7.2.2 pH と HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> との関係

pHは化石水が7.6~9.2(平均8.6)でもつとも高く、次いで化石水型古洞水7.9~8.6(平均8.3)、混合水7.8~8.6(平均8.1)、地表水型古洞水6.4~8.8(平均7.6)、地表水6.4~7.8(平均6.9)の順である。

またpHはHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が増加するにしたがつて高くなり、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が600mg/l以上になると反対に低くなる傾向がある(第12図参照)。

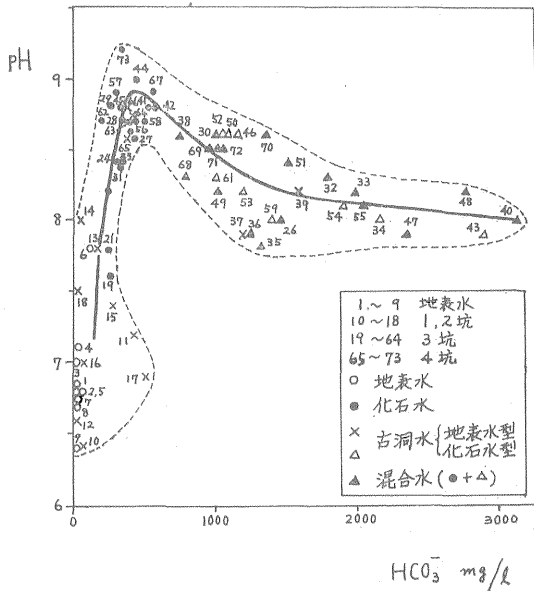
第6表 坑内水および地表水分析表

試料 番号	坑名	採取位置	記号	深度 (海水準 m)	水量 (m <sup>3</sup> /day)	水温 (°C)	気温 (°C)	pH	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Total Fe (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	HBO <sub>2</sub> (mg/l)	KMnO <sub>4</sub> cons. (mg/l)
1		地表	○	+25		7.0	8.8	6.8	22		14.0	0	tr.	0.10	6.6	3.4	6	1.1	8.5	16.9
2		〃	○	+60		7.0	8.7	6.8	21		14.0	0	0.05							15.8
3		〃	○	+45		7.1	8.7	7.0	37		13.6	0	tr.							17.9
4		〃	○	+40		8.0	8.7	7.1	25		9.8	0	tr.	0.10	10.4	2.1	4	0.5	7.1	16.6
5		〃	○	+10		7.5	8.7	6.8	24		14.0	0	0.05							16.6
6		〃	○	+10		9.2	9.0	7.8	120		28.0	0	0.10							23.3
7		〃	○	+20		8.0	8.5	6.8	22		14.0	0	0.05							
8		〃	○	+30		7.8	8.8	6.7	12		10.2	0								8.0
9		〃	○	+		9.0	10.0	6.4	36	25.0*	14.2	12	0.07	0.18	10.9	2.0	10	1.0		8.5
10	1坑	スイタ層上	×	+24	0.2	11.0	5.0	6.4	77	10.6*	21.3	210	0.07	0.16	47.2	18.3	48	2.4		7.7
11	〃	3尺層上	×	-3		14.5	6.5	7.2	439	6.8*	46.3	80	0.03	0.13	86.1	5.5	120	8.4		19.0
12	〃	〃	×	-50				6.6	5		50.2	400							11.3	8.0
13	〃	4枚層下 5m	×	-62		14.5		7.8	158	6.4*	41.1	405	0.04	0.10	118.1	22.3	89	7.0		11.0
14	〃	〃	×	-105				8.0	41		19.6	400							10.4	2.1
15	〃	4尺層上	×	-124	0.3	21.0	18.0	7.4	293	6.0*	34.0	336	0.03	0.21	90.6	3.2	150	6.6		13.5
16	〃	〃	×	-150				7.0	42		14.0	400								17.4
17	2坑	3尺層上	×	-18	0.3	16.0	14.5	6.9	512	16.4*	41.1	142	0.13	0.13	139.4	20.8	76	3.5		16.1
18	〃	〃	×	-35				7.5	25		43.4	400								5.4
19	3坑	3尺層上	●	-260	2.8	18.0	13.0	7.6	290		30.8	0		0.10	8.4	3.1	110	1.6		16.5
20	〃	〃	×	-255	0.5	21.0	22.0		329		29.1	291	0.02	0.13	42.7	9.9	210	3.7		7.0
21	〃	7ヘダ層上	●	-240	10.4	18.0	10.0	7.8	260		25.2	50	0.05	0.10	12.1	2.2	57	1.7	12.3	15.9
22	〃	底石層上 85m	●	-80	43.0	18.5	15.0	8.2	240		23.8	40		0.10	9.3	2.4	110	1.0	9.4	14.9
23	〃	7ヘダ層上 4m	●	-235	1.9	21.5	20.5	8.4	360	9.6	22.4									
24	〃	山張層上 3m	○	-205	0.3	21.5	20.5	8.4	350		25.2		tr.	0.20	2.6	0.8	140	0.4	12.7	14.6
25	〃	3尺層上 27m	×	-215	0.5	22.0	21.5		488		28.4	610	0.02	0.09	3.8	1.5	470	1.5		8.0
26	〃	4枚層上	▲	-268	1.4	22.0	17.6	8.0	1,440	26.3	19.9	86	0.09	0.17	10.7	2.0	580	3.3		24.0
27	〃	7ヘダ層上 3m	●	-260	0.8	17.8	19.2	8.6	430	34.4	22.4	25		0	2.0	0.9	200	0.7	11.3	21.3
28	〃	〃 7m	●	-305	13.0	20.0	16.2	8.7	360	26.4	22.4	60	tr.	0.10	2.0	0.9	190	0.6	10.9	20.4
29	〃	山張層上 40m	●	-275	78.0	26.0	27.0	8.8	280	34.4	14.0	53		0.10	1.3	0.9	160	0.6	5.2	16.3
30	〃	4尺層下 7m	▲	-390	2.6	15.1	15.9	8.6	1,010	45.6	28.0	5	0.05	0.15	2.8	2.3	430	1.8	9.4	18.2
31	〃	3尺層上	●	-300	0.7	16.0	15.0	8.4	360	12.0	18.2	30	0.05	0	2.8	0.6	180	0.8	14.2	17.5
32	〃	4尺層上	▲	-375	2.0	20.0	16.5	8.3	1,790	14.4	20.0	5	0.05	0	11.2	3.4	780	3.6	14.6	24.3
33	〃	〃	▲	-420	3.9	27.0	20.0	8.2	1,980		25.2	60		0.20	2.6	1.6	810	3.6		36.5
34	〃	〃	▲	-430	26.0	28.5	22.5	8.0	2,150	30.0	25.2	362	0.07	0.45	39.8	11.4	990	8.9	16.0	32.2
35	〃	3尺層上	▲	-430	50.0	28.5	22.3	7.8	1,320		23.6	66		0	7.2	1.9	580	3.8		38.6

地質調査所月報 (第14巻 第11号)

36	//	//	▲	-450				7.9	1,244	4.0*	23.8	41		0.22	4.4	1.5	520	2.0		
37	//	4枚層上	×	-452				7.9	1,200	16.0*	25.6	1,310		0.80	63.9	10.4	1,000	6.6	10.9	24.0
38	//	3尺層上	▲	-450		25.0	23.0	8.6	740	66.0	20.0	30		0.07	0.10	0.9	0.7	270	4.4	17.1
39	//	4枚層上	×	-472	2.0	31.0	26.0	8.2	1,590	25.0	27.7	1,900		0.19	0.44	21.3	13.9	1,500	9.7	20.3
40	//	スイタ層上3m	▲	-520	6.5	25.0	22.0	8.0	3,140	12.0	30.8	100		0.20	0.20	4.1	3.5	1,300	4.7	17.5
41	//	//	●	-535	1.7	27.0	25.5	8.8	550	50.0	392.0	0		0.07	0.30	1.5	0.5	470	1.3	16.0
42	//	//	●	-545	6.5	27.5	26.5	8.5	560	60.0	473.2	0		0.05	0	2.0	1.0	550	1.3	22.7
43	//	山張層上 4m	△	-520	4.3	28.0	20.0	7.9	2,900	24.0	80.0	250		0.03	0.50	7.9	2.4	1,200	5.3	40.5
44	//	3尺層上	●	-480				9.0	450	72.0	215.6	8		0.59	1.0	tr.		332	1.6	
45	//	//	●	-625	13.0	29.5	23.5	8.8	360	34.0	425.6	0		0.05		1.6	0.5	425	1.3	17.8
46	//	//	△	-615				8.6	1,170	58.0	187.4	159		0.13	0.45	3.0	1.5	640	2.8	32.9
47	//	//	▲	-670	0.2	30.0	25.0	7.9	2,350	16.0*	93.0	5		0.05		4.2	2.4	1,000	3.7	34.1
48	//	//	▲	-675		26.0		8.2	2,780	30.0	103.0	5		0.02	0.48	3.7	1.1	1,165	3.6	11.3
49	//	4枚層下 6m	▲	-600	26.0	26.0	24.7	8.2	1,010	44.0	90.6	35		0.30	0.30	3.5	1.7	470	2.3	19.8
50	//	//	▲	-610				8.6	1,100	58.0	198.8	210		0.12	1.5	2.0		650	7.7	13.7
51	//	3尺層上	▲	-670	0.6	27.1	25.8	8.4	1,510	13.0	70.0	60		0.10	0.10	3.9	1.1	670	3.2	19.6
52	//	4尺層上	△	-642				8.6	1,050	62.0	207.3	165		0.09	0.07	3.1	0.5	625	2.5	10.9
53	//	4尺層上 7m	△	-460		23.0	23.5	8.2	1,200		49.7	160		0.07	0.30	9.1	3.4	560	3.7	10.9
54	//	//	△	-520	8.8	30.0	26.5	8.1	1,920		198.8	237		0.20	0.40	13.0	2.5	900	6.4	16.0
55	//	3尺層上	▲	-550				8.1	2,030	34.0	198.9	75		0.27	7.4	4.0		942	7.3	39.8
56	//	//	●	-580	78.0	28.0	22.5	8.7	430	22.0	196.0	20		tr.	0.25	2.3	1.2	280	0.8	10.9
57	//	//	●	-590				8.9	300	58.0	120.4	18		0.05	0.05	1.3	tr.	250	2.0	16.9
58	//	7ヘダ層上	△	-610	13.0	23.0	23.0	8.7	500	12.0	220.5			0.07	0.15	1.8	1.8	330	1.2	10.4
59	//	4尺層上 7m	●	-600		30.3	24.0	8.0	1,390		148.4	164		0.10	0.16	3.4	1.1	710	5.0	13.8
60	//	7ヘダ層上25m	●	-390	8.0	26.0	27.0	8.6	410	60.0	28.0	35		0.05	0.10	1.3	1.3	220	0.6	8.5
61	//	山張層上 10m	△	-390	20.0	25.3	26.0	8.3	1,010	20.0	23.8	117		0.10	0.48	3.7	2.0	590	3.3	8.0
62	//	// 15m	●	-390	20.0	26.5	27.0	8.7	200	64.0	28.0	35		0.04	0.22	2.0	1.2	120	0.6	17.2
63	//	7ヘダ層上12m	●	-390	50.0	26.3	27.5	8.7	450	90.0	26.0	45		0.05		1.2	1.3	310	1.4	7.6
64	//	山張層上	×	-390	25.0	22.0	23.8	8.7	560	24.0	32.0	127		tr.	0.10	1.7	0.6	300	0.9	18.1
65	4坑	底石層上	×	-177				8.6	390	48.0	17.0	155		0.02	0.15	2.3	1.0	248	1.0	6.4
66	//	//	×	-177				8.8	390	60.0	19.1	145		0.02	0.16	0.8	1.5	248	8.0	6.8
67	//	// 8m	●	-300	51.0	22.0	22.0	8.9	580	66.0	14.0	40		0.05	0.20	1.0	0.5	280	0.7	19.4
68	//	//	▲	-450	13.0	24.5	23.0	8.3	810	8.0	14.0	40		0.10	1.3	0.8		370	1.3	19.5
69	//	//	▲	-450	33.0	26.0	24.0	8.5	980	9.0	14.8	0		tr.	0.10	1.3	0.9	460	0.3	17.0
70	//	//	▲	-470	0.4	25.5	24.0	8.6	1,360	16.0	162.5	7		0.11	0.12	7.6	3.0	525	2.0	19.4
71	//	// 10m	▲	-450	0.8	25.0	23.0	8.5	1,000	22.0	44.8	40		0.10	0.10	1.3	0.9	430	1.4	12.7
72	//	//	▲	-450	0.5	25.7	22.5	8.5	1,080	24.0	50.4	5		0.07	0.18	1.3	1.3	460	1.1	22.0
73	//	//	●	-470	18.7	28.0	23.2	9.2	330	76.0	481.8	13		0.17	1.5	0.5		395	1.5	16.0

○ 地表水    ♪ 化石水    × 古洞水 (地表水型)    △ 古洞水 (化石水型)    ▲ 混合水 (△+●)    \* free CO<sub>2</sub>



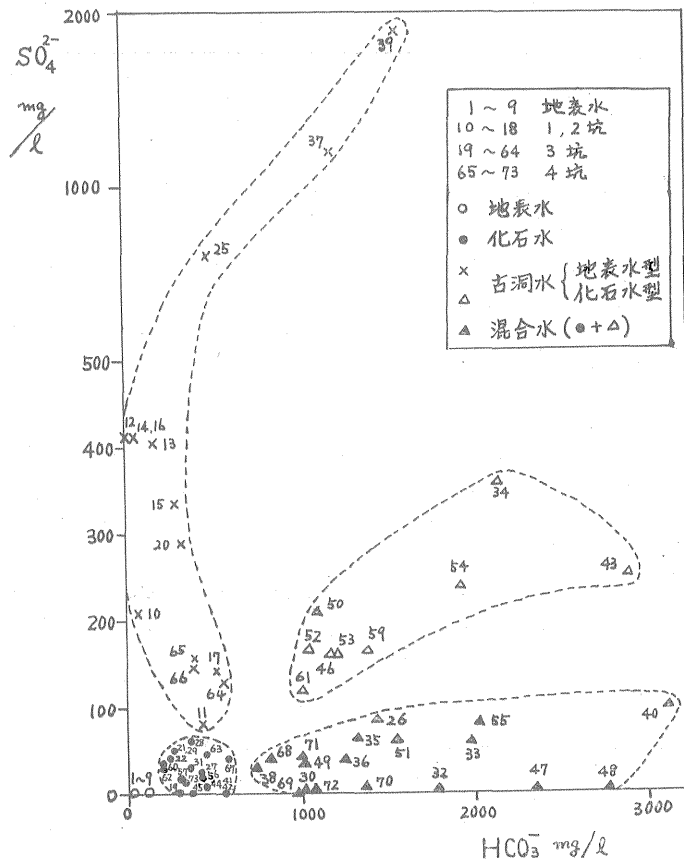
第12図 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と pH との関係図

7.2.3 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> と HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> との関係

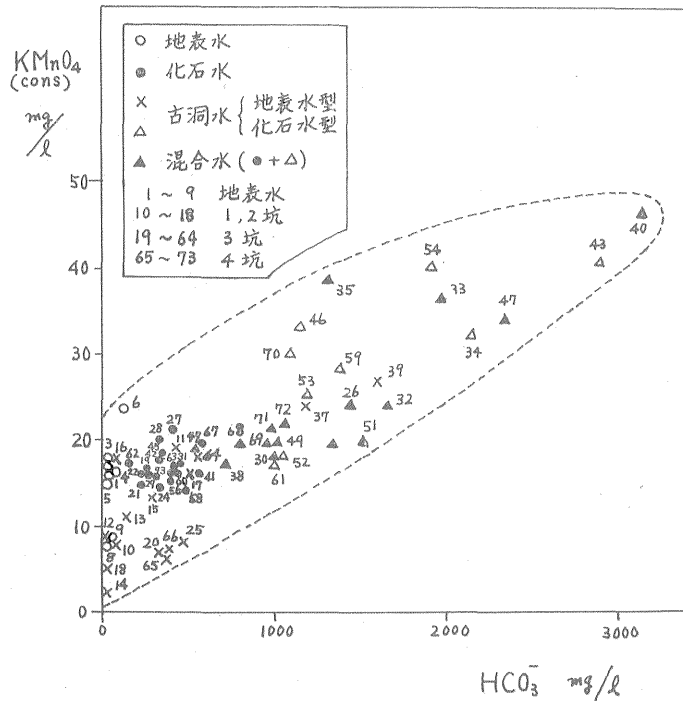
SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は地表水型古洞水が80~1,900 (平均432) mg/l でもつとも多く、次いで化石水型古洞水 117~362 (平均 202) mg/l, 混合水 0~100 (平均37) mg/l, 化石水 0~60 (平均28) mg/l, 地表水 0 mg/l の順である。

このように地表水型古洞水においてとくに SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> が多いのは、地層 (炭層を含む) 中の硫化鉄などが地表水と接して溶解し、鉄は水中の酸素あるいは古洞の空気中の酸素と化合して水酸化鉄となつて沈殿し、硫黄は硫酸塩となることに原因していると考えられる。したがつて地表水の影響を受けやすい炭層浅部の 1, 2 坑の古洞水は SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> が多い。

一方 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> は化石水型古洞水 が1,010~2,900mg/l (平均 1,543mg/l) でもつとも多く、次いで混合水 740~3,140mg/l (平均1,532mg/l), 地表水型古洞水 5~1,590 mg/l (平均409 mg/l), 化石水 200~580mg/l (平均 383mg/l), 地表水 12~120mg/l (平均 35mg/l) の順である。



第13図 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> との関係図



第14図 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と KMnO<sub>4</sub> 消費量との関係図

また古洞水と混合水においては、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が増加するにしたがつてSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は増加する傾向がある(第13図参照)。

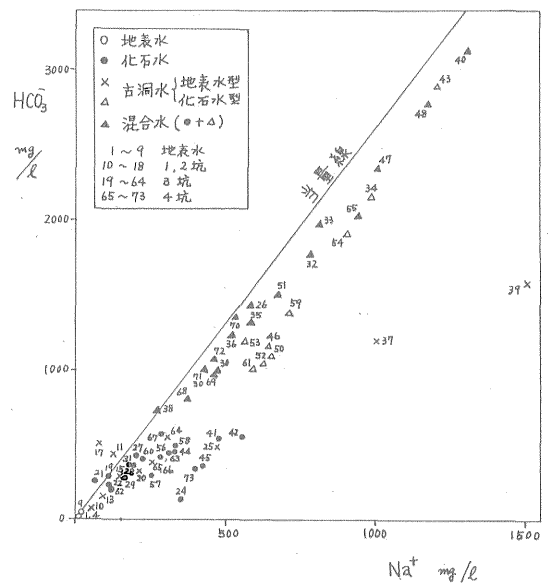
7.2.4 KMnO<sub>4</sub>の消費量とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>との関係

KMnO<sub>4</sub>消費量とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>との関係は第14図に示すとおりである。この図から明らかなように、両者は正の相関関係を示している。このことから判断して、前述のように化石水型古洞水と混合水においてHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が多いのは古洞水が長期間にわたって古洞中に貯溜し、古洞中の炭層などの有機物が酸化作用をうけて古洞水中に分解溶出したことに原因していると思われる。

7.2.5 Na<sup>+</sup>とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>との関係

第15図はNa<sup>+</sup>とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>との関係図である。この図から両者は正の相関関係を示していることは明らかである。したがって前述7.2.3のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>と同様に、Na<sup>+</sup>は化石水型古洞水が560~1,200 mg/l (平均763 mg/l)でもつとも多く、次いで混合水270~1,300 mg/l (平均633 mg/l)、地表水型古洞水48~1,500 mg/l (平均372 mg/l)、化石水57~550 mg/l (平均256 mg/l)、地表水4~6 mg/l (平均5 mg/l)の順である。

また第15図においては、いずれの水もほとんど当量線のやや右方にプロットされている(当量線と比較してNa<sup>+</sup>がやや多い)ので、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の大部分はNaHCO<sub>3</sub>の形で水中に溶解しているものと考えられる。



第15図 Na<sup>+</sup>とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>との関係図

7.2.6 Ca<sup>2+</sup>

Ca<sup>2+</sup>は地表水型古洞水が0.8~139.4 mg/l (平均51.2 mg/l)でもつとも多く、次いで化石水型古洞水1.5~39.8 mg/l (平均9.4 mg/l)、地表水6.6~10.9 mg/l (平均9.3 mg/l)、混合水0.9~11.2 mg/l (平均4.4 mg/l)、化

石水 1~12.1mg/l (平均 3 mg/l) の順である。

このように、地表水型古洞水が他と比較して  $Ca^{2+}$  が多いのは  $Ca^{2+}$  が岩石から溶出したことに原因しているものと思われる。

### 7.3 坑内水とガスとの関係

#### 7.3.1 $Cl^-$

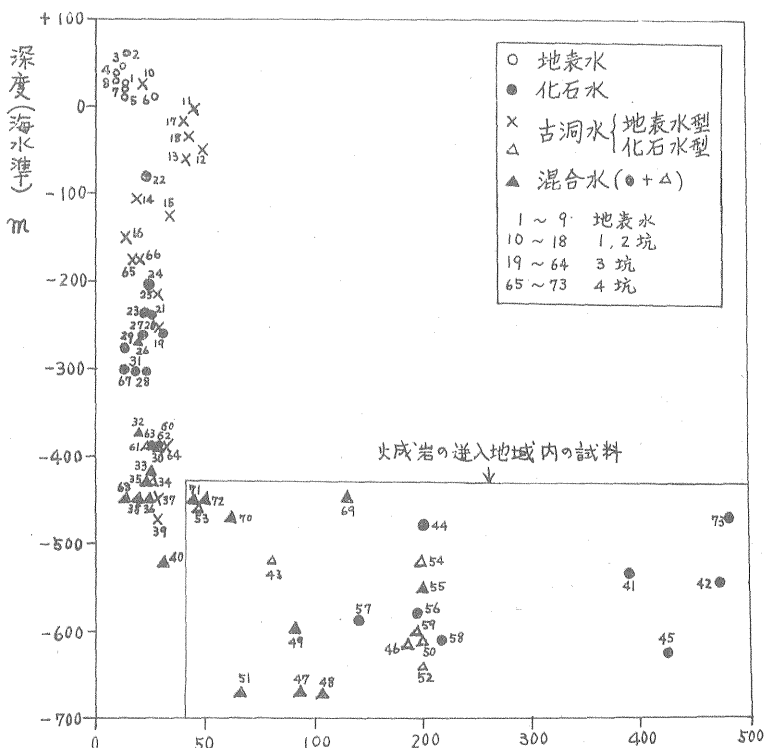
赤池炭鉱における坑内水の特徴は  $Cl^-$  の含有量が地域によつて著しく異なっていることである。すなわち  $Cl^-$  は水質および深度とは無関係 (第16図参照) に、ガスの多い火成岩の進入地域が 44.8~481.8mg/l で非常に多

推定される。したがつて  $Cl^-$  と溶存  $CH_4$  の測定はガスの多い火成岩の進入地域を探索するのに役立つものと考えられる。

### 8. 孔隙率・浸透率の測定

岩石の孔隙率測定用の試料採取にあつては、鋤木田1号試錐の実施と同時に試錐コアを採取し、これをビニール袋中に密閉した。

第8表は石炭と岩石の孔隙率と浸透率の測定結果であ



第16図  $Cl^-$  と深度との関係図

いが、ガスの少ない火成岩の非進入地域では 14~50.2 mg/l で非常に少ない。ただし試料番号69は例外である。

#### 7.3.2 $Cl^-$ と溶存 $CH_4$

第7表は坑内水の溶存ガス分析表で、第17図は  $Cl^-$  と溶存  $CH_4$  との関係図である。この図から両者は水質に無関係に正の相関関係を示していることは明らかである。また溶存  $CH_4$  は火成岩の進入地域が 6.13~13.82 cc/l で、火成岩の非進入地域の 0.1~2.97cc/l に較べて非常に多い。

以上述べたように、火成岩の進入地域において  $Cl^-$  と溶存  $CH_4$  が多いのは火成岩と密接な関係があるものと

る。なお両測定方法は文献2)参照のこと。

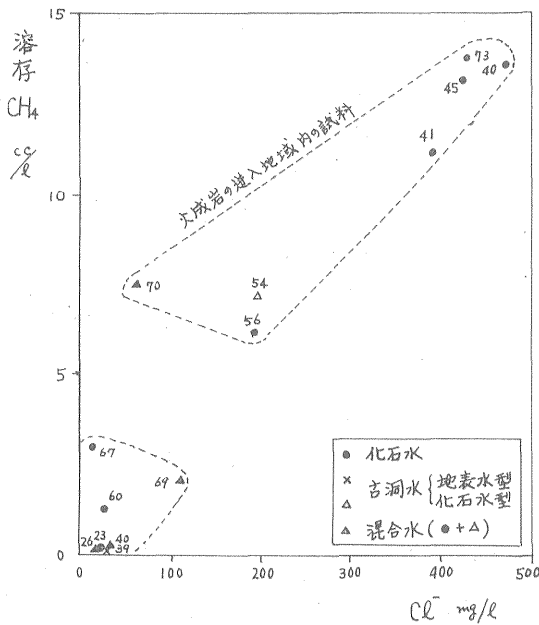
#### 8.1 孔隙率

岩石の平均孔隙率は竹谷累層においては、礫岩が 21.49%でもつとも大きく、次いで中粒砂岩 19.05%，細粒砂岩 15.04%，泥岩 12.43%の順であり、3尺5尺累層では礫岩が 20.08%でもつとも大きく、次いで中粒砂岩 17.21%，細粒砂岩 13.30%，泥岩 10.95%の順である。すなわち孔隙率は粒度に比例して増大し、また同一岩種のものでは竹谷累層中の岩石は 3尺5尺累層中のそれと比較してやや大きな値を示している。一方石炭の孔隙率は火成岩の熱変質作用を著しくうけている 3尺層が 27.25%

第7表 坑内水の溶存ガス分析表

試料番号	坑名	採取位置	深度 (海水準 m)	Dis. Ar (cc/l)	Dis. N <sub>2</sub> (cc/l)	Dis. O <sub>2</sub> (cc/l)	Dis. CH <sub>4</sub> (cc/l)	記号
23	3 坑	7 へダ層上	-235	0.50	15.12	4.89	0.16	●
26	〃	4 尺層上	-268	0.51	15.00	4.43	0.71	▲
39	〃	4 枚層上	-472	0.43	13.67	4.35	0.10	×
40	〃	スイタ層上	-520	0.50	15.12	4.89	0.16	▲
41	〃	〃	-535	0.11	3.81	1.18	11.24	●
42	〃	〃	-545	0.22	7.48	1.29	13.57	●
45	〃	〃	-625	0.18	6.08	2.21	13.15	●
54	〃	3 尺層上	-520	0.31	10.99	0.78	7.17	△
56	〃	スイタ層上	-580	0.35	12.66	2.85	6.13	●
60	〃	7 へダ層上	-390	0.47	14.85	2.42	1.28	●
67	4 坑	底石層上	-300	0.37	12.80	2.17	2.97	●
69	〃	〃	-450	0.47	14.48	3.15	2.01	▲
70	〃	〃	-470	0.34	11.64	2.85	7.42	▲
73	〃	〃	-470	0.32	8.80	0.99	13.82	●

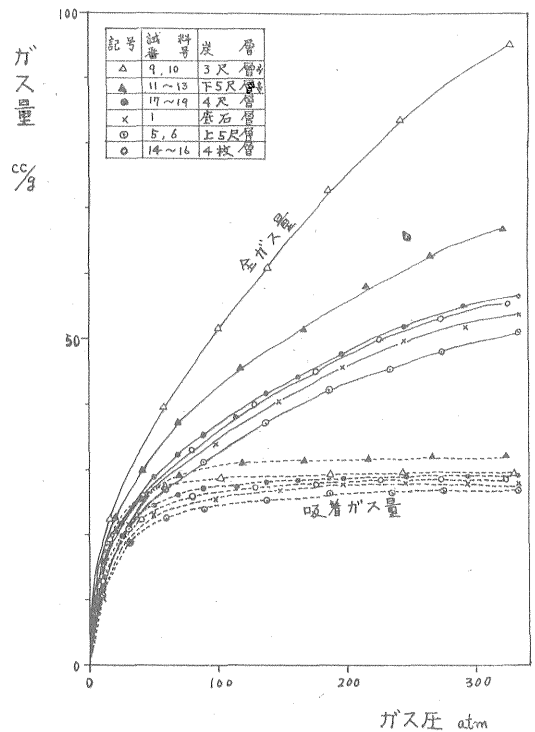
● 化石水 △ 古洞水 (化石水型) ▲ 混合水 (●+△)



第17図 Cl<sup>-</sup> と溶存 CH<sub>4</sub> との関係図

でもつとも大きく、次いで下5尺層 14.53%, 火成岩の熱変質作用をうけていない他の炭層 9.78~11.41%の順である。

また岩石の平均有効孔隙率は竹谷累層においては、中粒砂岩が6.71%でもつとも大きく、次いで細粒砂岩6.62%, 礫岩5.08%, 泥岩0%の順であり、3尺5尺累層では、同様に中粒砂岩が9.98%でもつとも大きく、次いで細粒砂岩8.51%, 礫岩6.99%, 泥岩0%の順である。す



第18図 各炭層(無水)中のガス圧とガス量との関係図  
全ガス量=吸着ガス量+遊離ガス量  
※ 火成岩の熱変質作用を受けた石炭

なわち3尺5尺累層中の岩石は竹谷累層中のそれと比較して有効孔隙率は大きい。石炭の有効孔隙率は前述の孔隙率の場合と同様に、3尺層が18.87%でもつとも大き

第8表 石炭、岩石の孔隙率および浸透率測定結果

累層	試料番号	試料	孔隙率 (%)	有効孔隙率 (%)	浸透率 (md)		見掛比重
					空気	水	
竹谷累層	1	底石層	10.59	5.94	0	0	1.24
	20	細粒砂岩	14.32	6.54	0	0	
	21	礫岩	20.59	4.52	6.21	0	
	22	〃	19.88	4.96	13.83	0	
	23	〃	22.51	5.66	9.02	0	
	24	泥岩	13.15	0	0	0	
	25	中粒砂岩	19.05	6.71	2.45	0	
	26	細粒砂岩	15.75	6.70	1.43	0	
	27	泥岩	11.70	0	0	0	
		平均					
		細粒砂岩	15.04	6.62	0.72	0	
		中粒砂岩	19.05	6.71	2.45	0	
		礫岩	21.49	5.08	9.69	0	
3尺5尺累層	9, 10	3尺層*	27.25	18.87	0	0	1.35
	5, 6	上5尺層	9.78	6.03	0	0	1.25
	11~13	下5尺層*	14.53	10.32	0	0	1.28
	14~16	4枚層	11.41	7.71	0	0	1.23
	17~19	4尺層	11.28	6.49	0	0	1.24
	28	細粒砂岩	13.30	8.51	0	0	
	29	礫岩	19.61	6.57	4.73	0	
	30	中粒砂岩	17.36	9.57	0	0	
	31	礫岩	20.55	7.41	1.18	0	
	32	中粒砂岩	18.12	10.64	0	0	
	33	〃	16.89	9.43	0	0	
	34	泥岩	10.95	0	0	0	
	35	中粒砂岩	16.47	10.28	0.56	0	
		平均					
			細粒砂岩	13.30	8.51	0	0
		中粒砂岩	17.21	9.98	0.14	0	
		礫岩	20.08	6.99	3.00	0	

\* 火成岩の熱変質作用を受けた石炭

第9表 3尺層 (無水) メタンガス圧入実験結果

ガス圧 (atm)	全ガス量 (cc/g)	遊離ガス量 (cc/g)	吸着ガス量 (cc/g)
17.0	22.75	3.27	19.48
57.0	39.57	12.12	27.50
99.5	51.57	22.84	28.73
138.0	60.78	32.62	28.16
185.0	72.75	43.34	29.41
241.0	83.52	54.07	29.45
326.0	94.91	65.43	29.48

く、次いで下5尺層 10.32%、その他の炭層 5.94~7.71

第10表 下5尺層 (無水) メタンガス圧入実験結果

ガス圧 (atm)	全ガス量 (cc/g)	遊離ガス量 (cc/g)	吸着ガス量 (cc/g)
20.2	22.68	2.06	20.62
39.5	29.97	4.44	25.53
68.5	37.28	8.03	29.25
117.0	45.59	14.50	31.09
165.7	51.40	20.10	31.30
213.8	57.92	26.38	31.54
262.4	62.68	30.56	32.12
320.5	66.92	34.61	32.31

第11表 上5尺層 (無水) メタンガス圧入実験結果

ガス圧 (atm)	全ガス量 (cc/g)	遊離ガス量 (cc/g)	吸着ガス量 (cc/g)
10.5	15.84	0.84	15.00
25.0	22.08	2.08	20.00
49.5	29.11	4.36	24.75
68.5	32.53	6.18	26.35
88.0	35.30	8.11	27.19
113.0	38.06	10.85	27.21
136.5	41.88	13.38	28.50
160.5	44.11	15.72	28.39
194.5	47.47	18.76	28.71
243.0	51.57	22.48	29.09
291.5	54.79	25.35	29.44
330.0	56.08	26.87	29.21

第12表 4尺層 (無水) メタンガス圧入実験結果

ガス圧 (atm)	全ガス量 (cc/g)	遊離ガス量 (cc/g)	吸着ガス量 (cc/g)
10.5	11.97	0.66	11.31
30.0	21.42	2.20	19.22
59.0	27.22	4.53	22.69
88.0	31.19	7.08	24.11
136.5	37.07	11.56	25.51
185.0	42.03	15.60	26.43
233.0	45.38	18.90	26.48
272.0	48.10	21.10	27.00
330.0	50.95	23.74	27.21

%の順である。

8.2 浸透率

平均空気浸透率は竹谷累層においては礫岩が 9.96 md でもっとも大きく、次いで中粒砂岩 2.45 md、細粒砂岩 0.72 md、泥岩および石炭 0 md の順であり、3尺5尺累層では同様に礫岩が 3 md でもっとも大きく、次いで中



第13表 底石層(無水)メタンガス圧入実験結果

ガス圧 (atm)	全ガス量 (cc/g)	遊離ガス量 (cc/g)	吸着ガス量 (cc/g)
10.5	12.22	0.76	11.46
30.0	21.63	2.38	19.25
49.4	27.38	3.95	23.43
97.5	33.98	8.66	25.32
146.0	40.42	13.33	27.09
194.5	45.63	17.75	27.88
243.0	49.67	21.54	28.13
290.4	51.72	23.80	27.92
330.0	53.70	25.70	28.00

第14表 4枚層(無水)メタンガス圧入実験結果

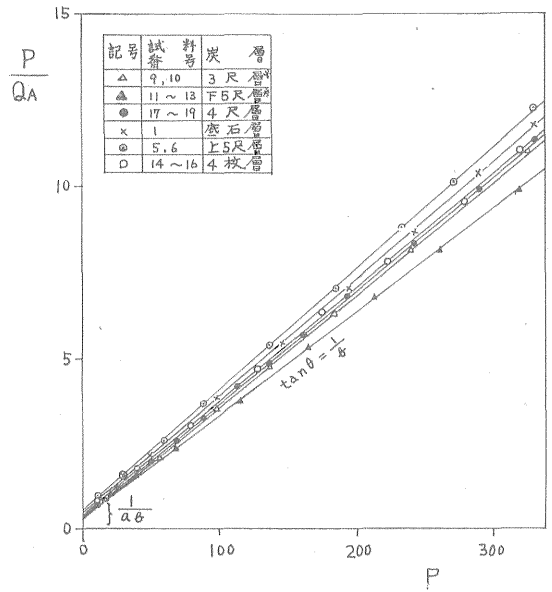
ガス圧 (atm)	全ガス量 (cc/g)	遊離ガス量 (cc/g)	吸着ガス量 (cc/g)
10.5	12.85	0.82	12.03
39.5	26.05	3.49	22.56
78.5	33.40	7.28	26.12
127.5	40.07	12.56	27.51
175.5	45.02	17.38	27.64
223.5	50.06	21.44	28.62
272.0	53.04	24.61	28.43
320.5	55.98	27.18	28.80

粒砂岩 1.14md, 細粒砂岩・泥岩および石炭 0 md の順である。すなわち有効孔隙率は粒度に比例して増大し、また竹谷累層中の岩石は 3 尺 5 尺累層中のそれと比較してやや大きな値を示している。なお水浸透率はすべて 0md である。

9. メタンガスの圧入実験

第9~14表と第18図は各炭層の石炭(無水)についてのメタンガス圧入実験結果である。これらの表あるいは図から明らかなように、遊離ガス量と吸着ガス量はガス圧に比例して増加するが、吸着ガス量はガス圧が 80~100kg/cm<sup>2</sup> までは急激に増加し、80~100kg/cm<sup>2</sup> 以上になるとあまり変化がなく、大体下5尺層 32cc/g, 3尺層 29.5cc/g, 4尺層 27cc/g, 4枚層 28.5cc/g, 底石層 28cc/g, 上5尺層 29cc/g である。また全ガス量は 3尺層がもつとも多く、次いで下5尺層・4尺層・4枚層・底石層および上5尺層の順である。

一方ガス圧を P, 吸着ガス量を Q<sub>A</sub> とすると、P と P/Q<sub>A</sub> は直線関係にある(第19図参照)。この直線の tan θ を 1/b, この直線と縦軸との交点と原点との距離を 1/ab



第19図 各炭層のPとP/QAとの関係図

P ガス圧 (atm) QA 吸着ガス量 (cc/g) a, b 吸着常数  
\* 火成岩の熱変質作用を受けた石炭

第15表 各炭(無水)メタンガスの吸着常数と吸着量

炭層	吸着常数		吸着量 (cc/g)
	a	b (cc/g)	
下5尺層*	0.122	32.78	$\frac{3.9992P}{1+0.122P}$
3尺層*	0.1089	30.61	$\frac{3.3334P}{1+0.1089P}$
4尺層	0.1106	30.15	$\frac{3.3346P}{1+0.1106P}$
4枚層	0.0954	29.94	$\frac{2.8463P}{1+0.0954P}$
底石層	0.0858	29.13	$\frac{2.4994P}{1+0.0858P}$
上5尺層	0.071	28.17	$\frac{2P}{1+0.071P}$

P ガス圧 (atm) \* 火成岩の熱変質作用を受けた炭層

とすると、この直線の方程式は次式で表わされる。

$$Q_A = \frac{abP}{1+ap} \dots \dots \dots (1)$$

第19図から a, b を求め、これらを(1)式に代入すると第15表のとおりである。

任意のガス圧における吸着量は第15表から、また自由ガス量はボイルの方程式<sup>2)</sup> からそれぞれ算出することができる。

10. ガス量

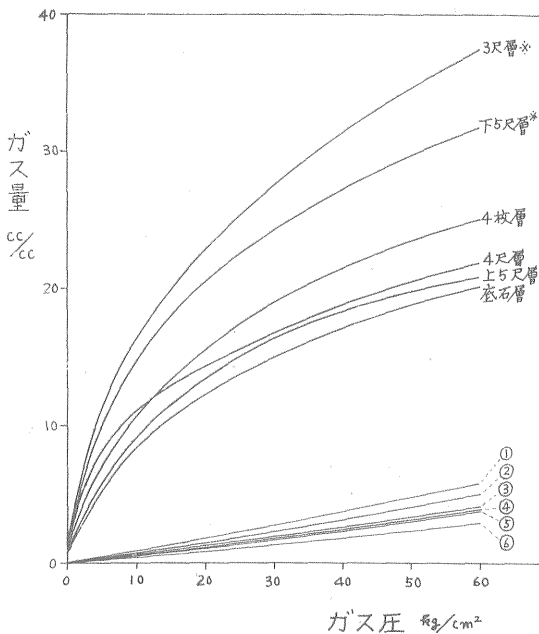
竹谷・3尺5尺両累層中の石炭(有水)と岩石(有水)中の各圧におけるガス量を第8~14表から算出すると、第16表と第20図に示すとおりである。

この表あるいは図から明らかなように、石炭中のガス量は岩石中のそれと比較してはるかに多く、ガス圧10kg/cm<sup>2</sup>で9.2~35倍、20kg/cm<sup>2</sup>で6.6~25倍、30kg/cm<sup>2</sup>で5.4~19.5倍、40kg/cm<sup>2</sup>で4.5~16.3倍、50kg/cm<sup>2</sup>で3.9~14倍である。

第16表 各圧における石炭(有水)および岩石(有水)中のガス量

ガス圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	ガス量 (cc/cc)												
	3尺5尺累層						竹谷累層	3尺5尺累層			竹谷累層		
	3尺層*	下5尺層*	4枚層	4尺層	上5尺層	底石層	中粒砂岩	細粒砂岩	礫岩	中粒砂岩	細粒砂岩	礫岩	
5	11.25	10.18	8.50	8.37	5.88	5.35	0.50	0.43	0.35	0.34	0.33	0.26	
10	16.43	14.83	10.68	11.30	9.23	8.49	0.92	0.78	0.64	0.62	0.61	0.47	
15	20.00	18.06	13.50	13.05	11.70	10.73	1.36	1.16	0.96	0.92	0.90	0.69	
20	22.93	20.62	15.65	14.48	13.50	12.40	1.81	1.54	1.27	1.22	1.20	0.92	
25	25.37	22.64	17.50	15.75	15.12	13.81	2.27	1.94	1.59	1.53	1.51	1.16	
30	27.56	24.38	19.10	16.92	16.51	15.04	2.75	2.35	1.93	1.85	1.83	1.40	
40	31.40	27.25	21.65	18.94	18.50	17.18	3.78	3.22	2.65	2.54	2.51	1.92	
50	34.75	29.75	23.60	20.77	20.00	19.05	4.86	4.14	3.40	3.27	3.22	2.47	
60	37.56	31.88	25.25	22.12	20.98	20.37	5.94	5.07	4.16	4.00	3.94	3.03	

\* 火成岩の熱変質作用をうけた炭層



第20図 石炭(有水)および岩石(有水)中のガス圧とガス量との関係図

- ① 中粒砂岩
  - ② 細粒砂岩
  - ③ 礫岩
  - ④ 中粒砂岩
  - ⑤ 細粒砂岩
  - ⑥ 礫岩
- ※火成岩の熱変質作用をうけた炭層

またガス量は炭層においては、3尺層がもつとも多く

次いで下5尺層・4枚層・4尺層・上5尺層および底石層の順であり、岩石では3尺5尺累層中の中粒砂岩がもつとも多く、次いで同細粒砂岩層、同礫岩層、竹谷累層中の中粒砂岩層、同細粒砂岩層および同礫岩層の順である。

一方前述のように、火成岩進入地域における4枚層のガス圧は45kg/cm<sup>2</sup>、4尺層のそれは11kg/cm<sup>2</sup>である。よつて、火成岩の熱変質作用をうけた3尺・上5尺・下5尺層中のガス圧を45kg/cm<sup>2</sup>とみなして、3坑左1水平1卸左又卸新5尺層(下5尺層+4枚層)払注<sup>1)</sup>における排気中のメタン量と、新5尺層下位16.7m<sup>2)</sup>から新5尺層上位50m<sup>2)</sup>間の炭層(有水)および岩石(有水)中のガス量とを比較すると第17表のとおりである。この表から明らかなように、前者(180m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)と後者(189.73m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)は近似的な数値を示している。

また4尺層(ガス圧11kg/cm<sup>2</sup>)と3尺層(火成岩の熱変質作用をうけていない)のガス湧出量(第3表参照)は近似的である。よつて、火成岩の非進入地域における3尺5尺累層の炭層および岩石中のガス圧を11kg/cm<sup>2</sup>と推定して、3坑第1卸左5片新5尺払注<sup>3)</sup>における排

- 注1) -580m(海水準)、切羽の長さ100m、該層の上・下位に存在する炭層は未採掘。
- 注2) 採炭の影響による地層の免圧圏は、一般に下盤は切羽の長さの1/6、上盤は1/2とされている。
- 注3) -450m(海水準)、切羽の長さ110m、該層の上・下位に存在する炭層は未採掘。

第 17 表 3 坑左 1 水平 1 卸左又卸新 5 尺払排気 CH<sub>4</sub> 量と炭層(無水)・岩石(無水)中のガス量との比較表

排気純 CH <sub>4</sub> 量 (m <sup>3</sup> /採炭面積m <sup>2</sup> )	炭層および岩石	層厚* ① (m)	ガス圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	ガス量 ② (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	ガス量①×② (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
180	7ヘダ・スイタ層	1.56	11	11.70	18.25
	3尺・上5尺層	1.22	45	33.30	40.63
	下5尺層	0.90	45	28.60	25.74
	4枚層	1.75	45	22.70	42.30
	上黒・下黒・4尺層	2.41	11	11.70	28.20
	細粒砂岩層	4.70	11	0.86	4.04
	〃	10.25	11	1.01	10.35
	中粒砂岩層 礫岩層	1.75 17.80	45 11	4.33 0.71	7.58 12.64
合 計					189.73

第 18 表 3 坑第 1 卸左 5 片新 5 尺払排気 CH<sub>4</sub> 量と炭層(無水)・岩石(無水)中のガス量との比較表

排気純 CH <sub>4</sub> 量 (m <sup>3</sup> /採炭面積m <sup>2</sup> )	炭層および岩石	層厚* ① (m)	ガス圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	ガス量 ② (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	ガス量①×② (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
44.2	3尺・上5尺層	1.65	11	9.75	16.09
	下5尺・4枚層	2.08	11	11.25	23.40
	山張・7ヘダ・スイタ・ 上黒・下黒・4尺層	4.17	11	11.70	48.79
	細粒砂岩	4.70	11	0.86	4.04
	中粒砂岩層	10.55	11	1.01	10.66
	礫岩層	20.80	11	0.71	14.77
合 計					117.75

第 19 表 4 坑 3 電卸底石層払排気 CH<sub>4</sub> 量と炭層(無水)・岩石(無水)中のガス量との比較表

排気純 CH <sub>4</sub> 量 (m <sup>3</sup> /採炭面積m <sup>2</sup> )	炭層および岩石	層厚* ① (m)	ガス圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	ガス量 ② (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	ガス量①×② (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
5.5	砂天・底石層	1.16	7.3	6.90	8.00
	細粒砂岩層	2.49	7.3	0.45	1.12
	中粒砂岩層	2.30	7.3	0.46	1.06
	礫岩層	22.30	7.3	0.35	7.81
合 計					17.99

\* 炭層の層厚=炭丈+炭質頁岩の厚さ× $\frac{1}{2}$

気中のメタンガス量と、新5尺層下位18.3mから該層上位55m間の炭層(有水)および岩石(有水)中のガス量とを比較すると第18表のとおりである。この表から前者(44.2m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)は後者(117.75m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)の約 $\frac{1}{2.7}$ であることは明らかである。このことはこの切羽の浅部・深部および左右の該層が既採掘であることに原因していると思われる。

さらにまた前述のように、4尺層のガス湧出量4.3cc/gに対するガス圧が11kg/cm<sup>2</sup>であるので、この割合で底石層のガス湧出量2.5cc/gに対応するガス圧を第20図から求めると約7.3kg/cm<sup>2</sup>となる。すなわち竹谷累層の炭層と岩石中のガス圧は7.3kg/cm<sup>2</sup>と推定される。4坑3電卸左8片底石層払<sup>注4)</sup>の排気中のメタンガス量と、  
注4) -470m(海水準)、切羽の長さ90m。

底石層下位15mから底石層上位45m間の炭層(有水)および岩石(有水)中のガス量とを比較すると第19表に示すとおりである。この表から明らかなように、前者(5.5m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)は後者(17.99m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)の約 $\frac{1}{3.3}$ である。このことはこの切羽の下位約110mに存在する3尺・上5尺・下5尺・4枚層が既採掘であることに原因していると考えられる。

### 11. 結 語

今回筆者らが明らかにすることができた主要事項を要約すれば次のとおりである。

(1) 4尺層のガス圧・ガス湧出量およびガス質から判断して、坑道掘進の影響による炭層内のガス圧の降下範囲は坑道から20m以内と考えられる。

(2) 火成岩の進入による熱変質作用をうける範囲は火成岩の厚さの約1.5倍である。

(3) 石炭(有水)中のガス量は岩石(有水)中のそれと比較して非常に多い。すなわちガス圧10kg/cm<sup>2</sup>のもとで前者は8.49~16.43cc/cc、後者は0.47~0.92cc/cc、またガス圧50kg/cm<sup>2</sup>で前者は19.05~34.75cc/cc、後者は2.47~4.86cc/ccである。

(4) 火成岩の熱変質作用をうけた石炭(有水)中のガス量は熱変質作用をうけない石炭(有水)中のそれと比較してかなり多い。すなわちガス圧10kg/cm<sup>2</sup>のもとで前者は14.83~16.43cc/cc、後者は8.49~10.68cc/cc、またガス圧50kg/cm<sup>2</sup>で前者は29.75~34.75cc/cc、後者は19.05~23.6cc/ccである。

(5) 炭層中のガス圧とガス湧出量の測定結果から判断して、竹谷累層の各炭層と岩石中のガス圧は7.3kg/cm<sup>2</sup>、3尺5尺累層の各炭層と岩石中のそれは11kg/cm<sup>2</sup>、火成岩の熱変質作用をうけた3尺・上5尺・下5尺・4枚層のそれは45kg/cm<sup>2</sup>と思われる。

(6) 底石層下位15mから同層上位45m間の炭層(有水)と岩石(有水)中のガス量は約17.99m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>、新5尺層下位18.3mから同層上位55m間のそれは約117.55m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>、火成岩の進入地域における新5尺層下位16.7mから同層上位50m間のそれは189.73m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>である。

(7) 火成岩の進入地域における坑内水は火成岩の非進入地域のそれと比較して水質と深度に無関係にCl<sup>-</sup>と

溶存CH<sub>4</sub>が非常に多い。したがって、Cl<sup>-</sup>と溶存CH<sub>4</sub>の測定はガスの多い火成岩の進入地域の探査に役立つものと考えられる。(昭和31年~35年調査)

### 文 献

- 1) 長尾 巧：筑豊炭田地質図および地質説明書，1929
- 2) 佐々木実・須貝貫二・永田松三：炭田ガス賦存状態の調査方法について，炭鉱技術，Vol. 13, No. 3, 1958
- 3) 須貝貫二・佐々木実・永田松三：わが国の炭田ガスについて，石炭利用技術会誌，1959
- 4) 佐々木実・須貝貫二・永田松三：炭田ガスの概要と一調査方法，鉱山地質，Vol. 8, No. 28, 1958
- 5) 福家 伝：長壁式切羽におけるガス突出対策について，日本石炭協会，保安技術，第2集，1957
- 6) 柴田直美：切羽におけるガス突出防止，日本鉱業会誌，Vol. 74, No. 843, 1958
- 7) 明治鉱業株式会社保安部：ガス抜を併用した下盤層採掘後に於ける上盤層採掘の保安状況の一例(赤池)，日本石炭協会炭鉱保安情報，No. 105, 1959
- 8) 北村義夫：炭田ガスについて，地質調査所における講演要旨，1957(未公表)
- 9) 松本敬信：石炭のメタン吸着，石炭評論，Vol. 6, No. 12, 1955
- 10) 松本敬信：炭鉱ガスに関する研究—石炭の高圧メタン吸着—，北海道鉱山学会誌，Vol. 15, No. 6, 1958
- 11) Briggs, H : Gas Origin, Trans. Inst. Min. Engrs., 72, 1926
- 12) Patteisky, K. : Die Entstehung des Grubengases, Bregbau-Archiv, Band 11, 1950
- 13) 金原均二他2名：天然ガス，朝倉書店，1958