

553.469 : 553.94 (521.15)

## 最上炭田西部地域におけるゲルマニウム調査研究報告

佐々木 実\* 竹田 栄蔵\*\* 永田 松三\*\* 池田 喜代治\*\*

**On the Distribution of Germanium in the Coal  
Seams in the Western Mogami Coal Field,  
Yamagata Prefecture**

By

Minoru Sasaki, Eizo Takeda, Shozo Nagata &amp; Kiyoji Ikeda

## Abstract

Recently it has been recognized that germanium is contained comparatively much in the lignite of Japan. But the study on the distribution and concentration of germanium in the coal seams has been hardly done.

The writer studied the distribution of germanium in the coal seams in the western Mogami coal field for thirty-seven days in November, 1954 and twenty-four days from October to November, 1955.

The field contains a sequence from late Miocene to Pliocene sediments. The Tertiary system is divided into nine formations in ascending order; the lower Furukuchi, the upper Furukuchi, the lower Mitsumori, the upper Mitsumori, the Sakekawa, the Yamuke, the Shimizu, the Izumigawa and the Funagata formations.

Of these formations the lower Mitsumori, the Yamuke and the Shimizu contain workable coal seams which are from one to six in number, range from forty-one to one hundred and fifty-five centimeters in thickness.

Specimens of one hundred and thirty-eight of coal were sampled. According to the classification of coal by JIS M 1002, these coals belong to the classes F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> which are lignite. The results of the proximate analyses of these coals are shown in the following table.

Moisture%	Ash%	Volatile matter%	Fixed carbon%	Calorific value kcal/kg	Fixed carbon%	Calorific value kcal/kg
					(moisture- and mineral-matter-free basis)	
11-22	10-20	40-42	24-27	4,000-4,200	36-40	6,200-6,600

Every column was divided into many blocks which range from four to forty centimeters in thickness. According to the result of quantitative analyses of germanium in each block, following facts were ascertained.

- 1) Germanium is generally concentrated at the top and bottom of coal seams, and as the block approach to the hanging or bottom wall, the germanium content increases.
- 2) The average thickness and germanium content of the top and bottom block of coal seams are shown in the following table.
- 3) The top and bottom parts which are rich in germanium can be mined selectively and easily, therefore these parts may become a resource of germanium in near future.

\* 燃料部

\*\* 技術部

Coal seam	Top part		Bottom part	
	Thickness (cm)	Ge (ppm)*	Thickness (cm)	Ge (ppm)*
Akatan	9	8.0	8	8.7
S 1-2	3	7.4	8	17.0
Uenimai	7	8.9	7	8.7
S 2-3	5	1.5	5	2.5
Sanmai	7	9.5	7	7.5
Nimai	13	14.8	8	14.5
Nendo	8	9.8	7	4.3
Usunimai	10	13.8	6	7.8
S 7	8	18.2	9	28.4
S 7-8	6	13.7	10	3.6
Shitasanjaku	6	7.7	8	5.6
S 9	4	20.3	8	4.5
Jōsō	9	9.9	8	6.1
Kasō	7	6.1	8	8.8
Sanbansō	10	11.1	5	13.0
Yonbansō	5	1.0	5	5.9
Gobansō	5	3.0	5	1.0
Ichibansō	6	0.8	5	2.9
Honsō	4	4.4	5	10.2

\* ppm = gr/ton of coal (moisture-free basis)

4) The maximum germanium content of woody coal isolated from the coal seams is two hundred ppm.

5) Among the components of coal, the greatest enrichment of germanium is found in vitric coals in the top and bottom blocks of the coal seams. And it is easy to collect these vitric coals from the blocks by methods that take advantage of differences in specific gravity.

6) The writer supposes that the concentration of germanium was reinforced by reaction between coal materials and circulating aqueous solutions which contain germanium, after the plants had been buried under sediments.

### 要 旨

昭和29年度に最上炭田天狗炭砒における各炭層中のゲルマニウムの賦存状況について11月4日から12月10日までの37日間調査を行なった。その結果ゲルマニウムは炭層の上・下盤際に他の部分に比較して著しく濃集していることが判明した。このようなゲルマニウムの濃集がほかの炭砒における炭層についても認められるかどうかを検討する目的で、昭和30年度には最上炭田西部地域における諸炭層について、10月31日から11月23日までの24日間にわたって調査を行なった。

兩年度の調査からつぎのようなことが明らかとなった。

- (1) ゲルマニウムは炭層の上・下盤際いずれも 3~13

cm 間に著しく濃集しており、その最高含有率は上盤際で 69.5 ppm<sup>注1)</sup>、下盤際で 120.5 ppm<sup>注2)</sup> である。

(2) これらの濃集部におけるゲルマニウムはビトリット質のものに多く含まれている。

(3) 上・下盤際に厚い炭質頁岩が発達している場合には、その直下または直上にある石炭のゲルマニウム含有率は一般に低い。

(4) 各炭層ともゲルマニウム含有率は北方に進むにしたがって減少する傾向のあるものが多い。

(5) 炭層の上・下盤際におけるゲルマニウムの濃集は、石炭の原植物の堆積後、循環水中のゲルマニウムが二次的に炭質物に吸着されたものと考えられる。

注1) 試料の厚さ 2cm

注2) 厚さ 4cm

## 1. 緒言

わが国においては炭化度の低い石炭中にかなりの量のゲルマニウムが含有されていることは数年前からすでに知られていた事実である<sup>1)</sup>。しかしそれがいかなる炭層にどのように分布しているかということはまだ十分に解明されていない。

この問題を明らかにする目的で、昭和29年度の調査地として、ゲルマニウムの含有量が比較的多く、かつ石炭資源のうえからも規模の大きい最上炭田をとりあげ、中山炭鉱を青柳信義が受け持ち、天狗・陸羽両炭鉱を筆者が担当し、11月4日から12月10日までの37日間現地調査を行なった。

この調査の結果ゲルマニウムは炭層の上・下盤際いずれも5~12cm間に著しく濃集していることが判明した<sup>2)</sup>。このようなゲルマニウムの濃集が最上炭田のほかの炭鉱における炭層についても認められるかどうか、また濃集部におけるゲルマニウムの含有率が地域的にどのように変化するかを検討する目的で、昭和30年度においては筆者は最上炭田西部地域における各炭層について、10月31日から11月23日までの24日間現地調査を行なった。

また調査の性質上採取した試料のゲルマニウム含有量を現地で逐次知る必要があったので、昭和29年度には化学課竹田栄蔵・永田松三、昭和30年度には永田松三・池田喜代治が同行して、それぞれ試料の約半分を現地において分析した。

本調査にあたって種々御協力を賜った山形県鉱業課・同鉱業研究所・升形地区亜炭協同組合および関係諸炭鉱会社の各位に謝意を表する。

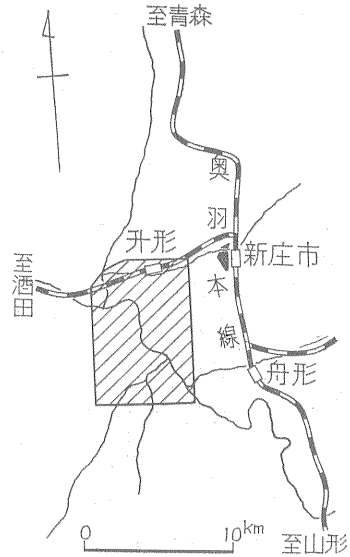
## 2. 位置および交通

本調査地域は山形県最上郡八向村と同郡大蔵村にまたがる面積約33km<sup>2</sup>(東西約3km, 南北約11km)の範囲である。

地域の東方約5kmには奥羽本線がほぼ南北に通ち、北辺部には陸羽西線がおおむね東西に走っている。また新庄市から各炭鉱の近くを通るバスの便がある。石炭はトラックで升形駅まで搬出されており、交通・運搬の便は比較的良好である(第2図参照)。

## 3. 地質および炭層

最上炭田西部地域を構成している地層は、下位から最上層群(中新世後期)に属する下部古口層・上部古口層・下部三盛層、新庄層群(鮮新世前期)に属する上部三盛層・鮭川層・八向層・清水層・泉川層および舟形層群(鮮新世後期)に属する舟形層である。



第1図 位置図

本地域の西部には北方に沈下する南北方向の蔵岡背斜があり、その頂部には最下位の下部古口層が帯状に分布している。この背斜の東翼および西翼には下部古口層から上位の地層が順次露出し、東翼では舟形層まで、西翼では上部三盛層までみられる(第2図参照)。

各層の岩質はいずれもかなり凝灰質である。夾炭層は下位から下部三盛層・鮭川層・八向層・清水層および泉川層で、これらのうち比較的厚い炭層を挟有しているのは下部三盛層・八向層および清水層である(第1表参照)。

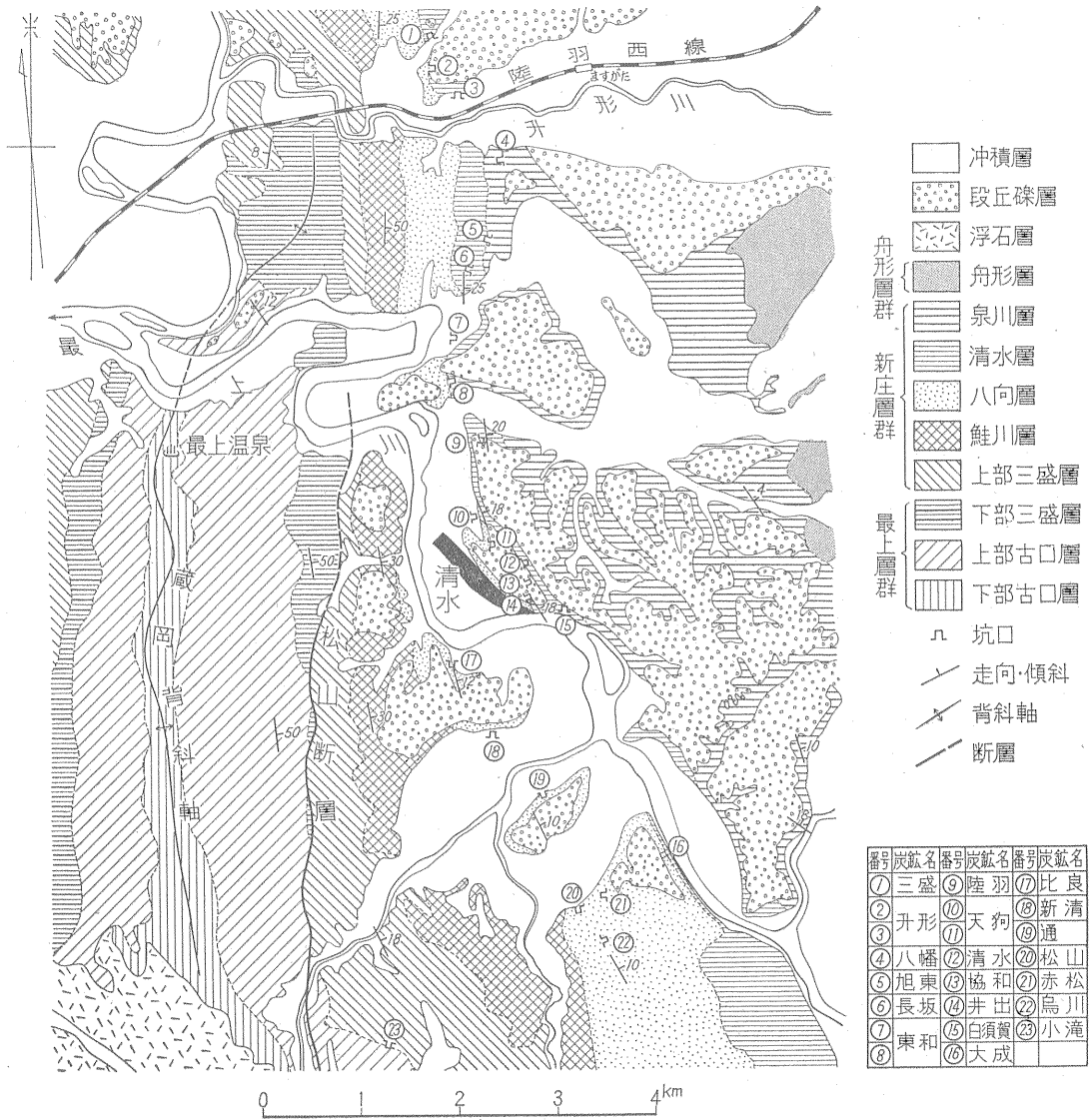
下部三盛層・鮭川層および八向層中の炭層はN10~40°Wの走向をもって東に10~25°傾斜し、清水層中の炭層はN10~30°Wの走向をもって東に18~25°傾斜している。

試料を採取した炭層は上位から清水層中の赤炭・S<sub>1-2</sub>注3)・上2枚鍾・S<sub>2-3</sub>注3)・3枚鍾・2枚鍾・粘土鍾・薄2枚鍾・S<sub>7</sub>注3)・S<sub>7-8</sub>注3)・下3尺鍾・S<sub>9</sub>注3)、八向層中の上層・下層・3番層・4番層・5番層、鮭川層中の1番層および下部三盛層中の本層である。これらの炭層の状況は第2表のとおりである。

## 4. 炭質

上述の諸炭層の石炭(夾みと炭質頁岩は除く)の工業分析結果は第3、4表のとおりである。炭層別平均値によると、水分については上2枚鍾・下層および本層などが14~17%でもっとも多く、S<sub>7</sub>、3枚鍾および5番層などが9~10%でもっとも少なく、そのほかの炭層は11~13%である。灰分については本層が9%でもっとも少なく、ついで赤炭・下層の13%で粘土鍾、S<sub>9</sub>の16~17%、上2枚鍾・2枚鍾および薄2枚鍾の18~19%、3枚鍾・

注3) 北村信による岩層名。



第2図 最上炭田西部地域地質図 (舟山裕士・北村信<sup>2)</sup>, 1947; 徳永重元<sup>3)</sup>, 1951による)

第1表 最上炭田西部地区地質層序

層群	層名	層厚 (Cm)	岩 質	炭 丈 (Cm)	炭層名	備 考
舟形層群	舟形層	100±	上部は浮石凝灰角礫岩よりなる下部は礫岩を主とし礫質砂岩・砂岩および泥岩を挟む。 基底部には安山岩質集塊岩が存在する。			
新庄層	泉川層	150±	主に粗鬆砂岩よりなり、所により頁岩の薄層を挟有し、上部に至るにしたがい軟弱となる。	30 10		
	清水層	150±	主に砂岩・凝灰質砂岩および砂質頁岩との互層よりなる。 下部に凝灰岩(K4)を挟有する。	40~60 15~105 34~73 6~28 32~83 43~58 13~45 33~85 73~150	赤炭× 土2枚罫× 3枚罫× 2枚罫× 粘土罫× 薄2枚罫× 下3尺罫×	木灰4尺層該当 K4 木灰本層該当
	八向層	270±	砂岩を主体とし、凝灰質砂岩・凝灰質頁岩および砂質頁岩を挟有するもので、下部に比較的多く挟む。	64~122 42~65 32 75 15	上層× 下層× 3番罫 4番罫 5番罫	
	鮭川層	230±	主として凝灰質砂岩よりなり、下部に砂質頁岩および凝灰岩を挟有するもので最下部はこれらの互層となる。基底部には30cm内外の礫岩が存在する。	※ 18 35	1番罫	
	上部三盛層	260±	上部はほとんど淡青色凝灰質砂岩よりなる。 下部は粗鬆砂岩を主とし頁岩の薄層および凝灰質砂岩を所により挟有する。 基底部は硬質砂岩および凝灰岩よりなる。	25 50 50 35		
最上層群	下部三盛層	210±	主に層理不明瞭な凝灰質砂岩よりなり砂岩を挟有する。 下部は上部古口層より漸移的に移化している。	※ 55~62	本層×	
	上部古口層	350±	主として細粒砂岩・砂質頁岩および凝灰質砂岩の互層よりなる。 上限近くに砂岩の団塊を含む。			
	下部古口層	20±	黒色硬質頁岩を主とし凝灰岩を従とする綿状互層。			

(註) ※: 試料を採取した炭層 ×: 現線行炭層

K4: 泥岩礫・亜炭片・浮石を含み、ときに安山岩々礫・砂岩と混ざる暗灰色凝灰岩層で最上炭田における有力な鍵層の1つ

(舟山裕士・北村信<sup>3)</sup>, 1947; 徳永重元<sup>4)</sup>, 1951)

第 2 表 最上炭田西部地域における炭層状況一覧表

地層名	炭層名	上 盤	夾 み		下 盤	山 丈 (cm)	炭 丈 (cm)	稼行炭鉱名		
			岩 質	厚 さ (cm)						
清 水 層	赤 炭 S <sub>1-2</sub>	粗鬆な粗粒ないし中粒砂岩 砂質泥岩	凝灰質細粒ないし中粒 砂岩	10~20	泥岩ないし砂質泥岩 砂質泥岩	50~65 11	40~60 11	白須賀		
	上 2 枚 鍾 S <sub>2-3</sub>	凝灰質細粒ないし中粒砂岩 凝灰質砂質泥岩			泥岩・砂岩あるいは凝灰質砂 質泥岩ないし細粒砂岩 凝灰質砂質泥岩	59~128 30	15~105 15	陸羽・天狗・清水・協和 よび井出		
	3 枚 鍾	凝灰質細粒砂岩			凝灰質細粒ないし中粒 砂岩	3~10	泥 岩	52~108	34~73	三盛・升形および長坂
	2 枚 鍾	中粒砂岩ないし凝灰質細粒砂岩 あるいは泥岩			凝灰質細粒砂岩		泥岩あるいは凝灰質砂質泥岩	21~47	6~28	
	粘 土 鍾	泥岩(一部粘土)あるいは中粒 砂岩					粘土・砂質泥岩および中粒砂 岩	41~98	32~83	八幡・旭東および長坂
	薄 2 枚 鍾 S <sub>7</sub>	中粒砂岩および凝灰質細粒砂岩 粗鬆な粗粒ないし中粒砂岩ある いは泥岩			凝灰質細粒ないし中粒 砂岩	12~15	泥岩ないし砂質泥岩	67~88	43~58	
	S <sub>7-8</sub>	凝灰質粗粒砂岩					泥岩あるいは凝灰質細粒砂岩	16~53	13~45	
	下 3 尺 鍾 S <sub>9</sub>	泥岩・凝灰質細粒砂岩あるいは 粗粒砂岩					泥 岩 K <sub>4</sub>	40~104	38~83	東 和
		泥岩あるいは凝灰質細粒砂岩					粘土あるいは砂質泥岩	18 155	13 150	大 成
	八 向 層	上 層			泥 岩	凝灰質中粒砂岩	6~10	凝灰質細粒砂岩	90~130	64~122
下 層		泥岩あるいは凝灰質細粒砂岩	泥岩・砂質泥岩あるいは凝灰 質細粒砂岩	50~126	42~65					
3 番 層		泥 岩	泥 岩	46	32					
4 番 層		凝灰質中粒砂岩	泥 岩	37	15					
5 番 層		凝灰質細粒砂岩	中粒砂岩	34	15					
鮭 川 層	1 番 層	粗粒砂岩			泥 岩	27	18			
下部三盛層	本 層	泥岩あるいは凝灰質中粒砂岩			泥 岩	80	55~62	小 滝		

(019)-9

地 質 調 査 所 月 報 (第 16 卷 第 11 号)

第3表 最上炭田西部地域各炭層における石炭の工業分析結果

地層	炭層	炭 鉱 名	柱 状 番 号	水 分 (%)	灰 分 (%)	揮 発 分 (%)	固 定 炭 素 (%)	発 熱 量 (kcal/kg)	硫 黄 (%)	無水無灰基*		JIS 石 炭 分 類	
										固 定 炭 素 (%)	発 熱 量 (kcal/kg)		
清	赤 炭	旭 東 白 須 賀	7	11.74	13.56	43.50	31.20	4,520	3.72	42.2	6,140	F <sub>2</sub>	
			2	14.06	11.89	44.72	29.33	4,616	2.43	40.0	6,315	F <sub>2</sub>	
	上 2 枚 鍾	旭 東 陸 羽	5	10.16	42.65	29.69	17.50	2,754	0.60	40.3	6,291	F <sub>2</sub>	
			48上部	16.28	24.27	38.07	21.38	3,765	—	37.2	6,600	F <sub>2</sub>	
		48下部	19.89	10.57	42.26	27.31	4,466	—	40.0	6,520	F <sub>2</sub>		
		天 狗	46上部	21.32	10.76	41.69	26.23	4,225	—	39.0	6,310	F <sub>2</sub>	
			46下部	22.01	10.48	42.14	25.37	4,297	—	38.0	6,450	F <sub>2</sub>	
		井 出	11上部	21.29	9.61	41.61	27.49	4,145	—	40.5	6,070	F <sub>2</sub>	
			11下部	20.22	14.07	40.29	25.42	3,941	—	39.5	6,100	F <sub>2</sub>	
		清 水 鍾	清 水	61上部	16.77	12.48	40.55	30.20	4,396	0.67	43.0	6,303	F <sub>2</sub>
				61下部	15.82	23.27	35.33	25.58	3,716	0.57	43.1	6,293	F <sub>2</sub>
			協 和	66上部	18.52	12.47	41.30	27.71	4,110	0.81	40.8	6,043	F <sub>2</sub>
	66下部			16.04	30.00	31.56	22.40	3,146	0.47	43.2	6,102	F <sub>2</sub>	
	井 出	72上部	11.90	27.17	36.73	24.20	3,527	0.58	41.3	6,002	F <sub>2</sub>		
72下部		13.53	9.49	44.27	32.71	4,642	0.57	42.8	6,178	F <sub>2</sub>			
水 3 枚 鍾	三 盛 升 形 八 幡 旭 東 長 坂 天 狗 井 出	74上部	13.33	18.55	40.77	27.35	4,145	0.72	41.2	6,220	F <sub>2</sub>		
		74下部	11.83	32.92	33.96	21.29	3,312	1.17	40.5	6,294	F <sub>2</sub>		
		80上部	12.46	25.29	37.24	25.01	3,810	0.59	41.7	6,326	F <sub>2</sub>		
		80下部	12.16	34.16	33.17	20.51	3,179	0.37	40.7	6,239	F <sub>2</sub>		
		81上部	10.58	28.21	37.82	23.39	3,687	2.50	40.1	6,254	F <sub>2</sub>		
			81下部	12.05	26.88	37.43	23.64	3,738	2.22	40.0	6,344	F <sub>2</sub>	
		旭 東	82上部	12.53	14.16	43.39	29.92	4,471	1.39	41.4	6,194	F <sub>2</sub>	
			82中部	10.85	36.03	33.23	19.89	3,176	0.95	40.0	6,322	F <sub>2</sub>	
		82下部	10.59	33.05	35.32	21.04	3,457	0.63	39.4	6,435	F <sub>2</sub>		
		長 坂	83上部	12.30	20.16	40.24	27.30	4,175	1.66	41.6	6,332	F <sub>2</sub>	
			83下部	10.61	33.94	34.49	20.96	3,296	0.92	39.9	6,251	F <sub>2</sub>	
		天 狗	84上部	13.31	19.51	39.98	27.20	4,128	0.57	41.7	6,291	F <sub>2</sub>	
			84下部	11.81	24.58	38.71	24.90	3,952	0.70	40.3	6,411	F <sub>2</sub>	
		85	13.39	22.22	39.18	25.21	3,942	—	40.5	6,300	F <sub>2</sub>		
井 出	86	13.68	14.79	41.99	29.54	4,263	0.63	42.0	6,060	F <sub>2</sub>			
2 枚 鍾	井 出	89上部	11.26	23.61	38.52	26.61	3,899	0.66	42.0	6,165	F <sub>2</sub>		
		89下部	12.55	16.75	41.21	29.49	4,223	1.08	42.4	6,089	F <sub>2</sub>		
粘 土 鍾	升 形 八 幡 旭 東 長 坂 天 狗	90	11.91	30.25	35.23	22.61	3,543	0.72	40.7	6,393	F <sub>2</sub>		
		92	13.78	11.76	43.61	30.85	4,697	0.75	42.0	6,389	F <sub>2</sub>		
		94	13.75	11.96	43.50	30.79	4,479	0.93	42.0	6,108	F <sub>2</sub>		
		96	13.12	9.78	44.59	32.51	4,760	0.97	42.3	6,237	F <sub>2</sub>		
		97	14.29	18.34	42.44	24.93	4,169	—	37.8	6,330	F <sub>2</sub>		
薄 2 枚 鍾	旭 東 天 狗 井 出	99上部	12.93	11.74	44.19	31.14	4,540	1.42	41.9	6,103	F <sub>2</sub>		
		99下部	12.28	17.33	42.35	28.35	4,196	0.90	40.8	6,081	F <sub>2</sub>		
		100上部	9.98	42.36	29.28	18.38	2,723	0.62	41.7	6,151	F <sub>2</sub>		
		100下部	13.47	18.62	40.25	27.66	4,003	0.59	41.8	6,027	F <sub>2</sub>		
		101上部	13.06	18.98	42.05	25.91	4,074	—	39.0	6,130	F <sub>2</sub>		
		101下部	13.36	18.55	40.99	27.10	4,153	—	41.0	6,240	F <sub>2</sub>		
井 出	102上部	13.60	10.29	43.83	32.28	4,739	0.97	42.8	6,294	F <sub>2</sub>			
	102下部	12.30	13.52	44.34	29.84	4,644	0.69	40.8	6,353	F <sub>2</sub>			

\* 固定炭素または発熱量  
100-水分-灰分×1.08

第3表 つ ぶ き

地層	炭層	炭 鈹 名	柱 状 番 号	水 分 (%)	灰 分 (%)	揮 発 分 (%)	固 定 炭 素 (%)	発 熱 量 (kcal/kg)	硫 黄 (%)	無水無灰基*		JIS 石 炭 分 類	
										固 定 炭 素 (%)	発 熱 量 (kcal/kg)		
清 水 層	S <sub>7</sub>	升 形	103	9.96	44.68	28.33	17.03	2,563	0.88	40.8	6,133	F <sub>2</sub>	
	3 尺 鍾	升 形 東 和 天 狗	107	10.44	30.58	33.74	25.24	3,690	1.11	44.7	6,528	F <sub>2</sub>	
			112	12.33	18.61	39.20	29.86	4,339	1.09	44.2	6,421	F <sub>2</sub>	
			113上部	13.62	20.81	42.07	23.50	4,227		36.5	6,640	F <sub>2</sub>	
			113中部	11.08	33.82	34.49	20.61	3,481		39.5	6,640	F <sub>2</sub>	
			113下部	12.08	33.70	34.44	19.78	3,402		38.5	6,600	F <sub>2</sub>	
			114上部	14.20	27.00	35.64	23.16	3,503	0.61	41.0	6,185	F <sub>2</sub>	
			114下部	12.60	34.47	31.71	21.22	3,061	0.88	42.2	6,101	F <sub>2</sub>	
	S <sub>9</sub>	大 成	116	13.47	16.86	42.95	26.72	4,340	0.53	39.2	6,352	F <sub>2</sub>	
	八 向 層	上 層	新 清 通	117	12.42	14.46	42.50	30.62	4,627	2.56	42.3	6,430	F <sub>2</sub>
119上部				10.60	32.53	33.23	23.64	3,386	1.43	43.2	6,239	F <sub>2</sub>	
119中部				9.91	28.89	37.60	23.60	3,851	0.66	40.0	6,539	F <sub>2</sub>	
119下部				12.83	14.05	44.24	28.24	4,699	1.10	40.1	6,526	F <sub>2</sub>	
119-W				10.31	4.08	52.48	32.80	5,323	1.33	40.3	6,242	F <sub>2</sub>	
松 山			120上部	10.53	28.07	36.51	24.89	3,711	0.68	42.0	6,274	F <sub>2</sub>	
			120中部	11.19	20.77	40.29	27.75	4,236	0.52	42.0	6,386	F <sub>2</sub>	
			120下部	12.14	19.29	41.60	26.97	4,260	0.79	40.5	6,355	F <sub>2</sub>	
			121上部	9.38	34.40	33.28	22.94	3,380	1.04	42.7	6,321	F <sub>2</sub>	
赤 松		121中部	9.68	25.44	37.18	27.70	4,077	0.48	43.9	6,488	F <sub>2</sub>		
		121下部	11.80	20.19	39.53	28.48	4,194	0.69	42.8	6,317	F <sub>2</sub>		
		121-V	9.94	14.75	45.77	29.54	4,618	2.55	39.9	6,230	F <sub>2</sub>		
		122上部	10.10	24.83	39.38	25.69	4,053	0.90	40.8	6,425	F <sub>2</sub>		
烏 川		122中部	9.24	33.17	35.46	22.13	3,659	0.39	40.1	6,660	F <sub>2</sub>		
		122下部	10.69	27.96	37.69	23.66	3,841	0.53	40.2	6,498	F <sub>2</sub>		
		下 層	比 良 新 清 通	125	13.31	17.82	40.21	28.66	4,350	1.08	42.3	6,450	F <sub>2</sub>
				126	14.77	12.54	42.65	30.04	4,45	0.69	42.0	6,209	F <sub>2</sub>
				127	14.46	9.41	42.68	33.45	4,854	0.59	44.4	6,439	F <sub>2</sub>
127-F	5.36			22.46	19.02	53.16	4,993	0.52	75.7	7,094	A <sub>1</sub>		
松 山	129上部		11.16	5.50	51.58	31.76	5,261	0.74	38.3	6,346	F <sub>2</sub>		
	129下部		13.65	13.90	42.30	30.15	4,676	0.58	42.2	6,555	F <sub>2</sub>		
	129-W		10.65	0.91	57.56	30.88	5,501	0.83	35.0	6,225	F <sub>2</sub>		
	131上部		11.11	17.79	41.57	29.53	4,452	0.72	42.2	6,389	F <sub>2</sub>		
赤 松	131下部	14.95	8.18	43.41	33.46	4,936	0.62	43.8	6,476	F <sub>2</sub>			
	132上部	9.79	30.03	35.73	24.45	3,725	0.83	42.2	6,447	F <sub>2</sub>			
	132下部	12.88	15.43	41.98	29.71	4,519	0.54	42.3	6,414	F <sub>2</sub>			
	3 番層 4 番層 5 番層 1 番層	露 頭 炭	133	9.31	34.08	33.82	22.79	3,360	2.46	42.2	6,236	F <sub>2</sub>	
134			10.81	20.90	41.24	27.05	4,490	1.05	40.7	6,740	F <sub>2</sub>		
135			8.55	50.63	26.80	14.02	2,334	0.98	38.0	6,348	F <sub>2</sub>		
136			10.01	41.54	28.34	20.11	2,796	0.47	44.0	6,195	F <sub>2</sub>		
下 部 三 盛 層	本 層	小 滝	138	15.48	9.32	40.42	34.78	5,205	1.23	47.0	6,991	F <sub>1</sub>	
			138-V	14.03	17.99	37.50	30.48	5,683	1.22	45.8	7,038	F <sub>1</sub>	

\* 固定炭素または発熱量  
100-水分-灰分×1.08 ×100



第4表 最上炭田西部地域各炭層における石炭の平均工業分析結果

炭層名	水分 (%)	灰分 (%)	揮発分 (%)	固定炭素 (%)	発熱量 (kcal/kg)	硫黄 (%)	無水無灰基*		JIS 石炭分類
							固定炭素 (%)	発熱量 (kcal/kg)	
赤炭	12.90	12.73	44.11	30.27	4,568	3.08	41.10	6,228	F <sub>2</sub>
上2枚鍾	17.21	18.25	15.81	25.65	3,926	0.61	40.67	6,251	F <sub>2</sub>
3枚鍾	12.54	21.44	39.68	26.35	4,031	1.22	41.05	6,273	F <sub>2</sub>
2枚鍾	12.12	19.04	40.31	28.53	4,115	0.94	42.30	6,114	F <sub>2</sub>
粘土鍾	13.37	16.42	41.87	28.34	4,330	0.84	40.96	6,291	F <sub>2</sub>
薄2枚鍾	12.62	18.92	40.91	27.58	4,134	0.87	41.20	6,172	F <sub>2</sub>
S <sub>7</sub>	9.96	44.68	28.33	17.03	2,563	0.88	40.80	6,133	F <sub>2</sub>
下3尺鍾	12.65	24.25	37.66	25.44	3,940	0.94	41.60	6,444	F <sub>2</sub>
S <sub>9</sub>	13.47	16.86	42.95	26.72	4,340	0.53	39.20	6,352	F <sub>2</sub>
上層	10.72	22.86	39.78	26.58	4,128	1.08	41.40	6,395	F <sub>2</sub>
下層	14.00	12.88	42.21	30.91	4,631	0.68	42.70	6,424	F <sub>2</sub>
3番層	9.31	34.08	33.82	22.79	3,360	2.46	42.20	6,236	F <sub>2</sub>
4番層	10.81	20.90	41.24	27.05	4,490	1.05	40.70	6,740	F <sub>2</sub>
5番層	8.55	50.63	26.80	14.02	2,334	0.98	38.00	6,348	F <sub>2</sub>
1番層	10.01	41.54	28.34	20.11	2,796	0.47	44.00	6,195	F <sub>2</sub>
本層	15.48	9.32	40.42	34.78	5,205	1.23	47.00	6,991	F <sub>1</sub>

\* 固定炭素または発熱量  $\times 100$   
 $100 - \text{水分} - \text{灰分} \times 1.08$

4番層の21%，下3尺鍾・上層の23～24%，そのほかの炭層の34～51%の順となっている。発熱量については本層が5,200kcal/kgでもっとも多く、ついで赤炭・下層および4番層の4,500～4,600kcal/kg、粘土鍾・S<sub>9</sub>の4,300kcal/kg、2枚鍾・薄2枚鍾および上層の4,100kcal/kg、上2枚鍾・3枚鍾および下3尺鍾の3,900～4,000kcal/kg、3番層の3,400kcal/kg、S<sub>7</sub>、1番層の2,600～2,800kcal/kg、5番層の2,300kcal/kgの順である。硫黄の含有量については赤炭が3.1%でもっとも多く、ついで3番層の2.5%，3枚鍾・上層・4番層および本層の1.1～1.2%，そのほかの炭層の1%以下の順となっている。無水無灰基における固定炭素については、本層が47%でもっとも多く、S<sub>9</sub>、5番層が38～39%でもっとも少なく、そのほかの炭層は41～44%である。同じく無水無灰基における発熱量についてみれば、本層が7,000kcal/kgでもっとも多く、ついで4番層の6,700kcal/kg、下3尺鍾、S<sub>9</sub>、上層および下層の6,400kcal/kg、上2枚鍾・3枚鍾・粘土および5番層の6,300kcal/kg、赤炭・薄2枚鍾・3番層および1番層の6,200kcal/kg、2枚鍾、S<sub>7</sub>の6,100kcal/kgの順である。日本工業規格炭量計算基準 (JIS, M1002, 1953) の石炭分類によれば最上層群に胚胎する本層炭のみは褐炭のF<sub>1</sub>に、上位の新庄層群中に胚胎する諸炭層の石炭は褐炭F<sub>2</sub>に属する。

### 5. 試料の採取方法

昭和29年度の調査で実施した試料の採取方法は各坑内

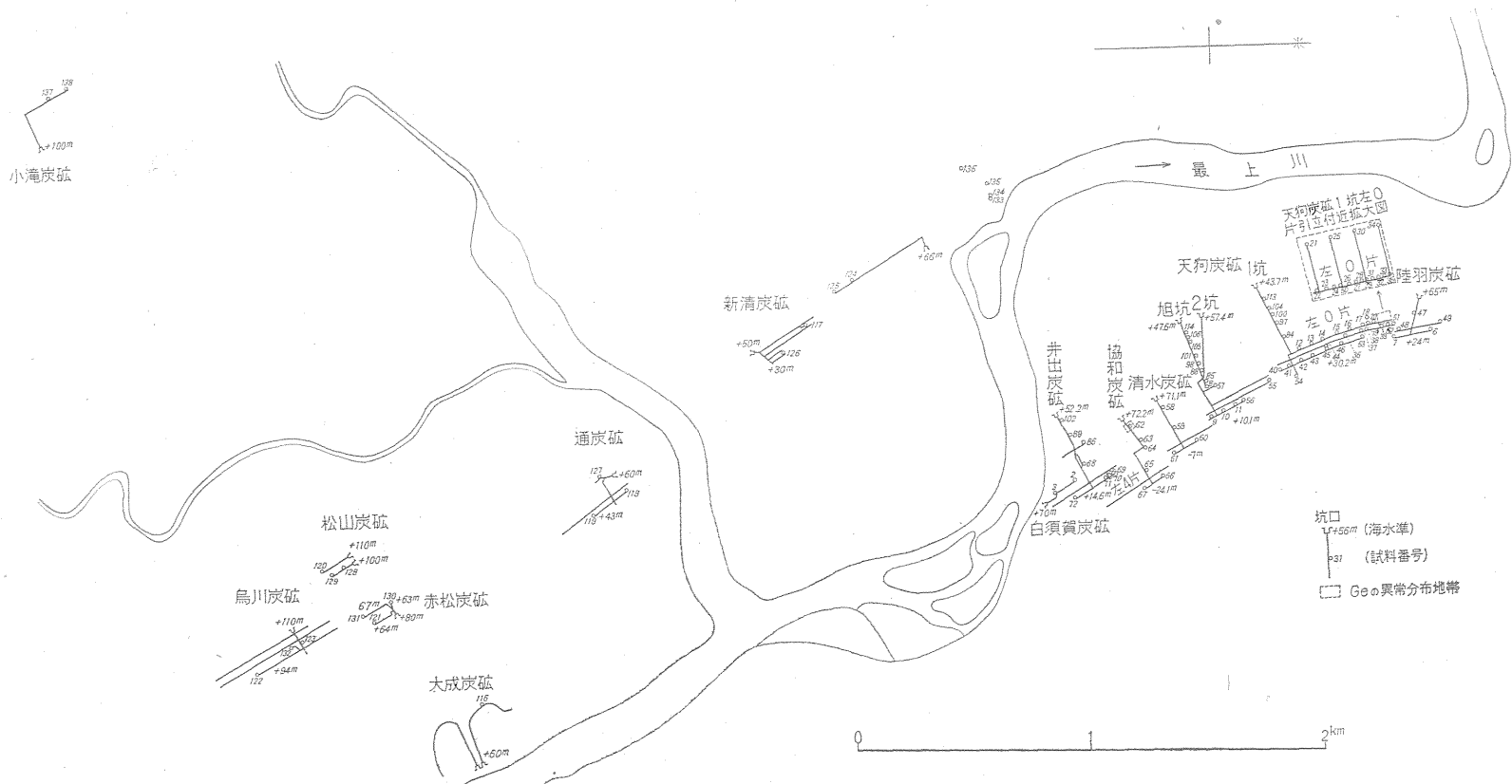
で下盤から上盤まで連続した柱状を5～8cmの厚さに分けて順次剥ぎ取った。試料の採取範囲は、上2枚鍾については炭層の走向に沿って約1,200m、傾斜の方向に約60mにわたり、その採取間隔は各坑内で50～60mであるが、一部では4～6mの間隔で採取し、合計43本の柱状試料を採取した。その他の各炭層については1坑・旭坑の両立入坑道でそれぞれ1、2本の柱状試料を採取した。

現地分析の結果は直ちに筆者に報告され、その後の試料採取に対してよい指針となった。例えば天狗炭砒1坑左0片の試料採取地点22～35間ではゲルマニウムは異常な分布状況を示すことが報告されたので、この間は試料の採取地点の間隔をとくに狭くした (第3図参照)。

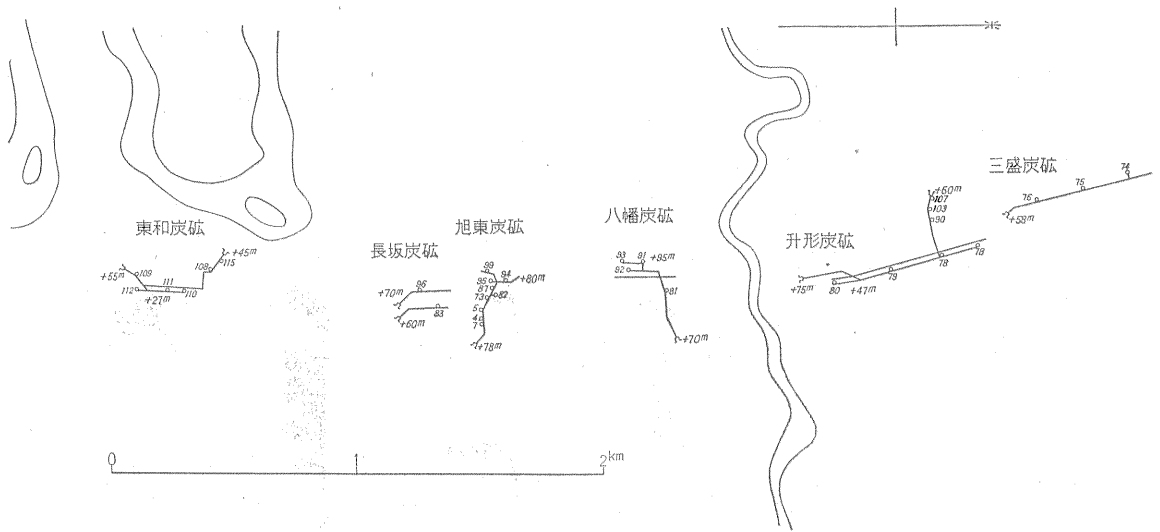
前述のように昭和29年度の調査の結果、ゲルマニウムは炭層の上・下盤際いずれも5～12cm間に濃集していることが判明したので、昭和30年度の試料採取にあたっては、下盤から上盤まで連続した柱状断面の上盤・下盤および夾み際などについては、石炭の部分を一厚さがおのおの5cmの2～3個の試料に細分し、ほかの部分は5～40cmの厚さに分けて順次剥ぎとった。このような方法で各炭層の立入坑道では各炭層について、沿層坑道では同一炭層について、50～200mの距離間隔で、合計87本の柱状試料を採取した (第3、4図参照)。

### 6. ゲルマニウムの分布状況と含有率

採取した各試料のゲルマニウムの分析結果は第4図に



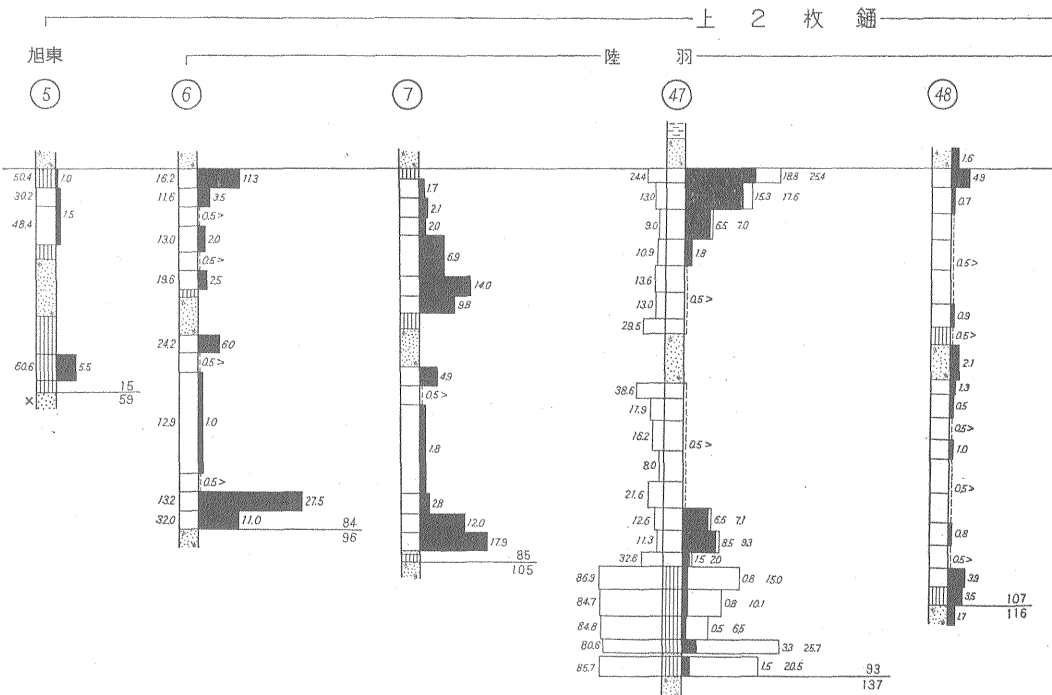
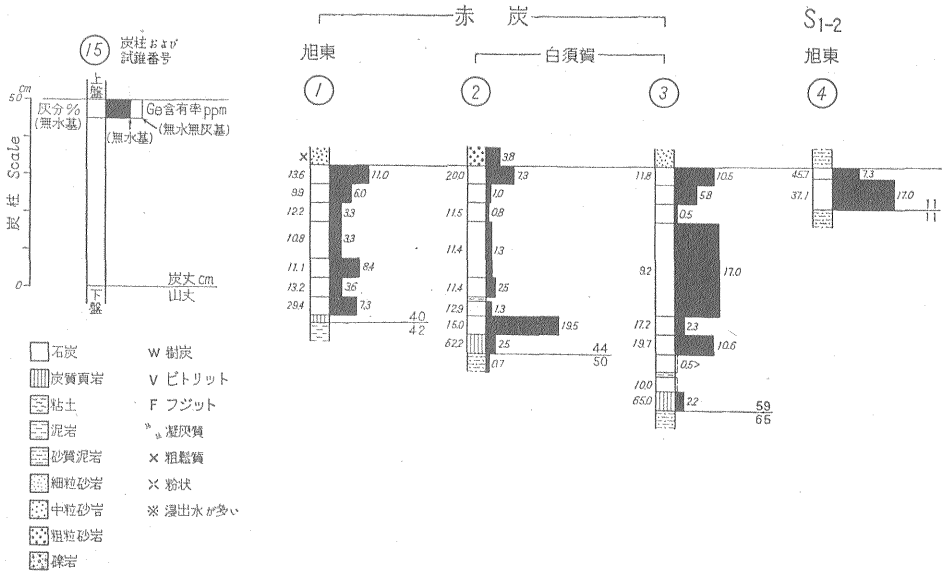
第3圖 a



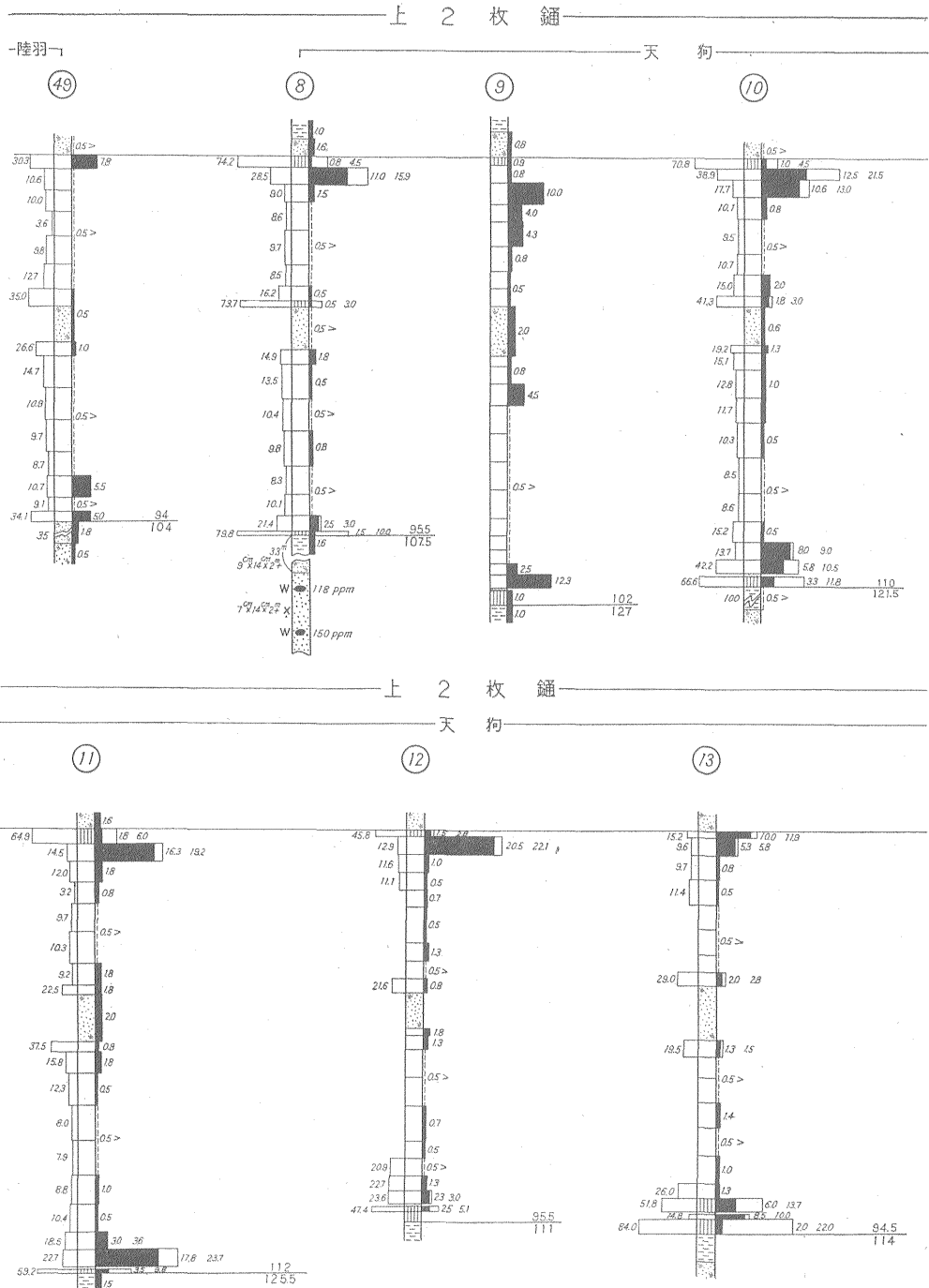
第3図 b

炭層名	炭砒名	天 狗 清水 協和 井出 白須賀 大成 (露頭炭) 比良 新清 通 松山 赤松 烏川 小滝																						
		三盛	升形	八幡	旭東	長坂	東和	陸羽	1坑	旭坑	清水	協和	井出	白須賀	大成	(露頭炭)	比良	新清	通	松山	赤松	烏川	小滝	
清水層	赤炭				1									2・3										
	S <sub>1-2</sub>				4																			
	上2枚鍾				5			6・7・47	12~46	8~11	58~62	68~												
	S <sub>2-3</sub>				73			~49	50~54	55~57	61	67	72											
	3枚鍾	74~	77~	80	80	82	83		84	85			86											
	2枚鍾				87					88			89											
	粘土鍾		90	91~	94	95	96		97	98														
	薄2枚鍾				93	99			100	101			102											
	S <sub>7</sub>		103						104	105														
	S <sub>7-8</sub>									106														
下3尺鍾		107				108~112		113	114															
S <sub>9</sub>						115								116										
八向層	上層																	117	118・119	120	121	122・123		
	下層																	124・125	126	127	128・129	130・131	132	
	3番層																							
	4番層																							
	5番層																							
鮭川層	1番層																	136						
下部三盛層	本層																						137・138	

第3図 a, b 最上炭田西部地域炭砒坑内図

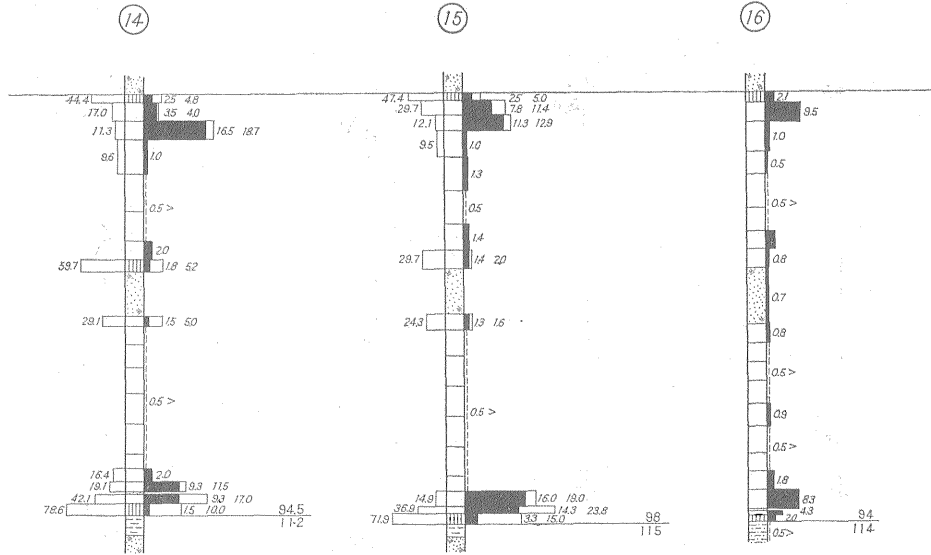


第4図 最上炭田北部地域各炭層における Ge の分布図-1



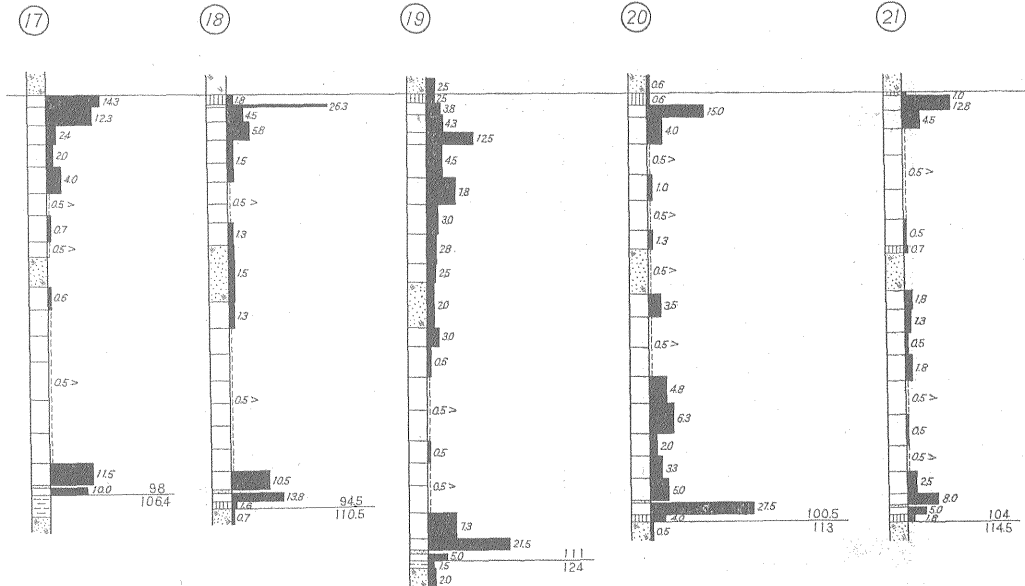
上 2 枚 鍾

天 狗

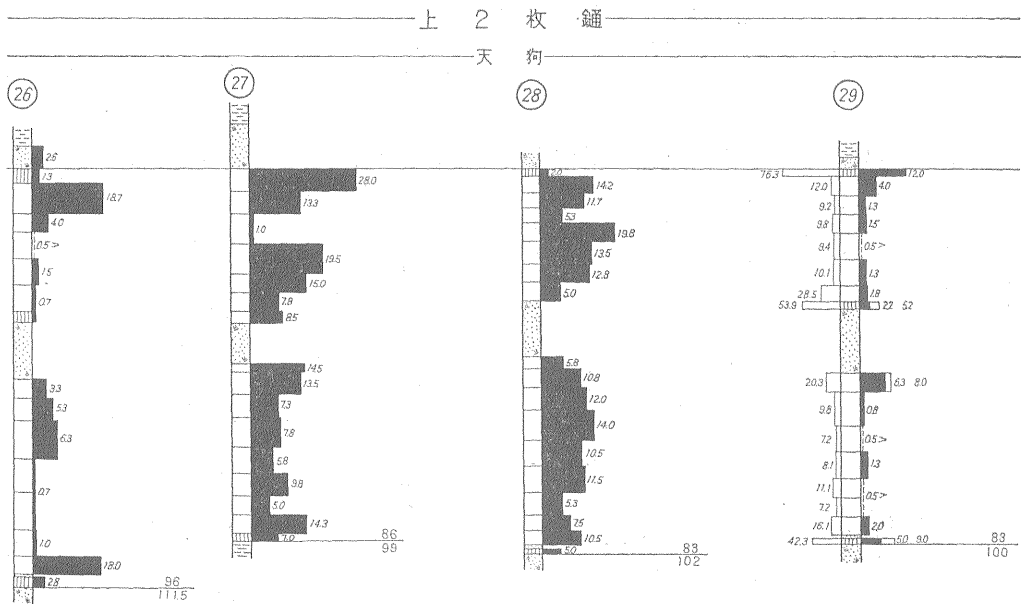
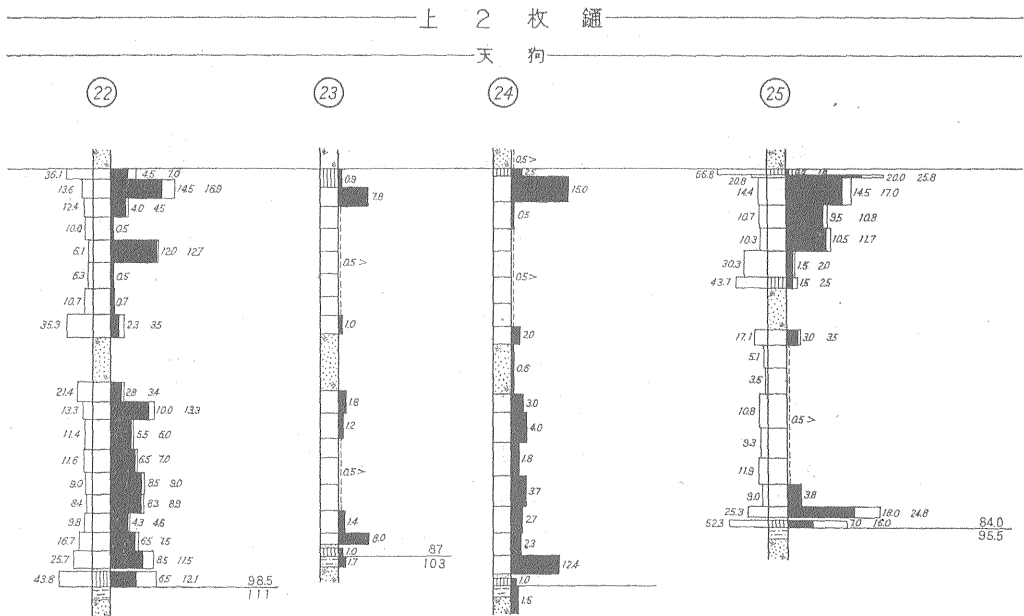


上 2 枚 鍾

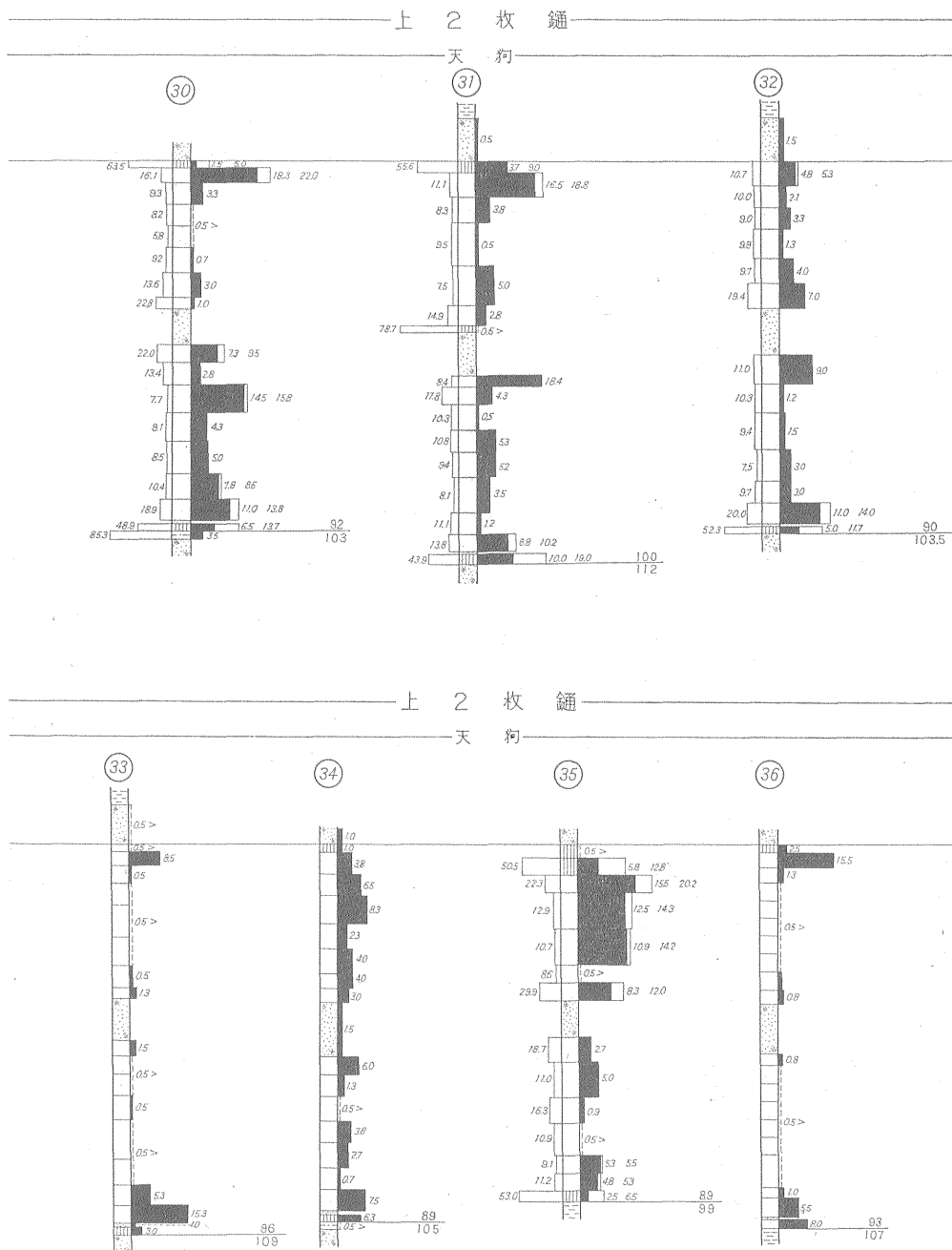
天 狗



第 4 圖-3

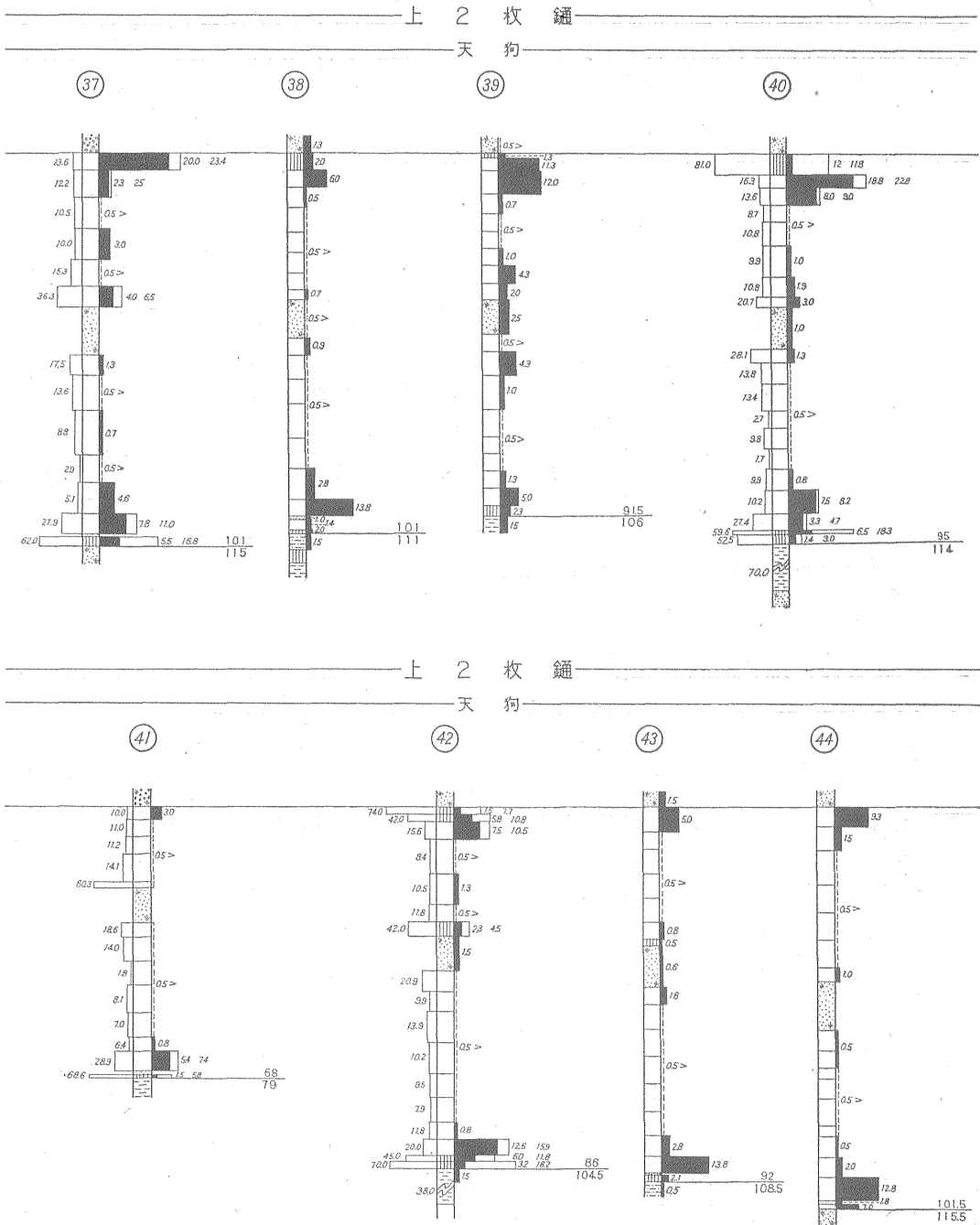


第4図一4



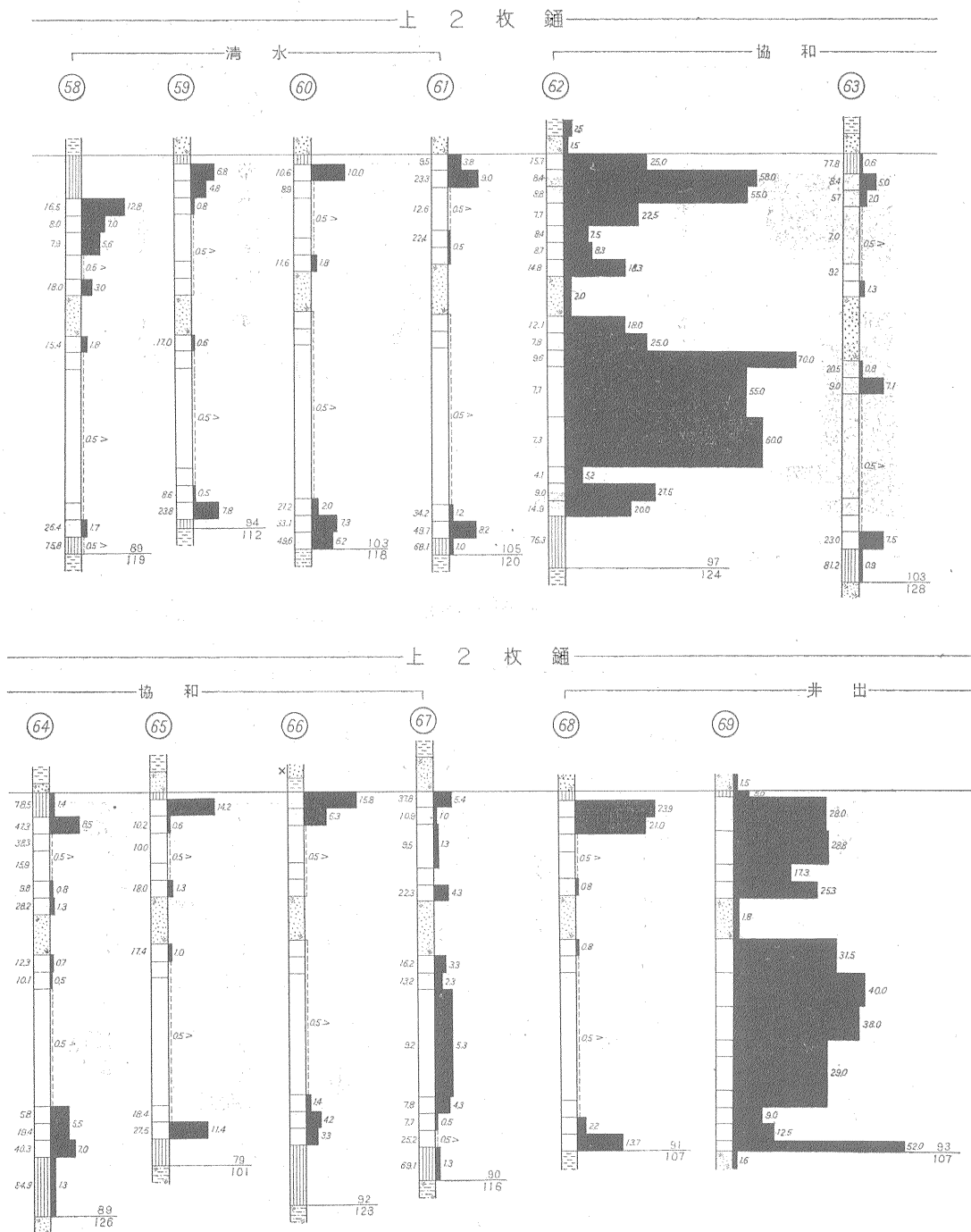
第 4 图 - 5



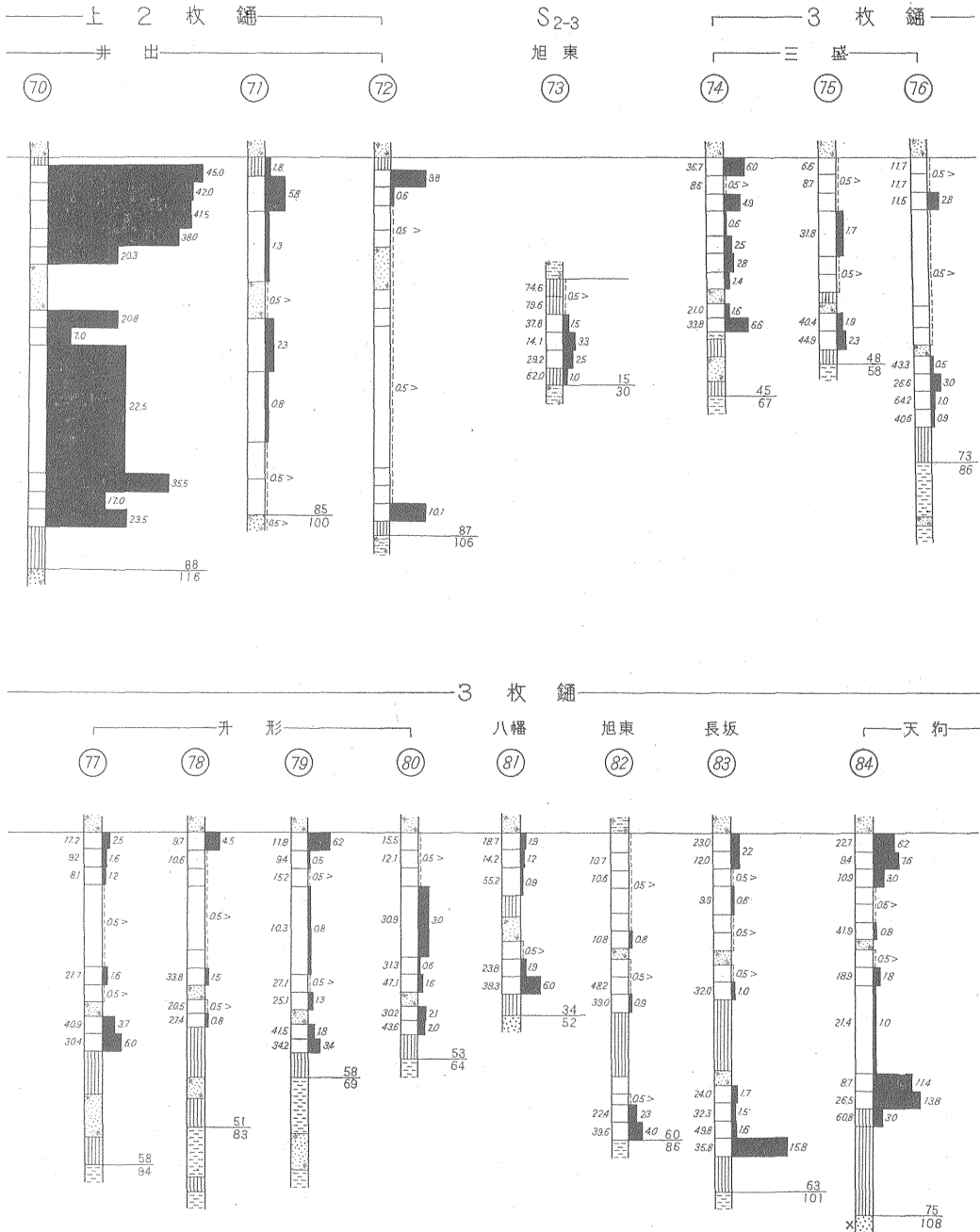


第4圖-6

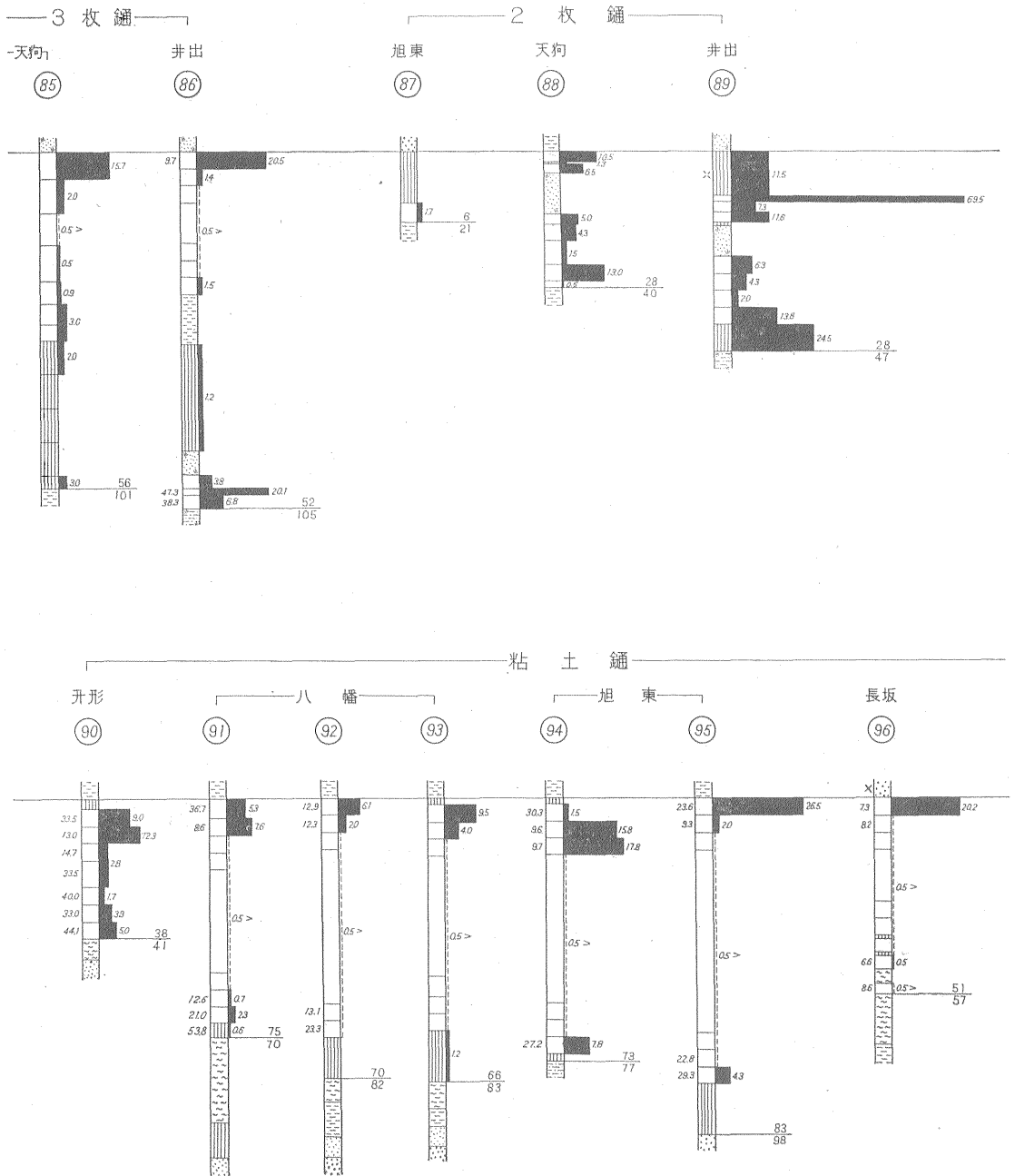




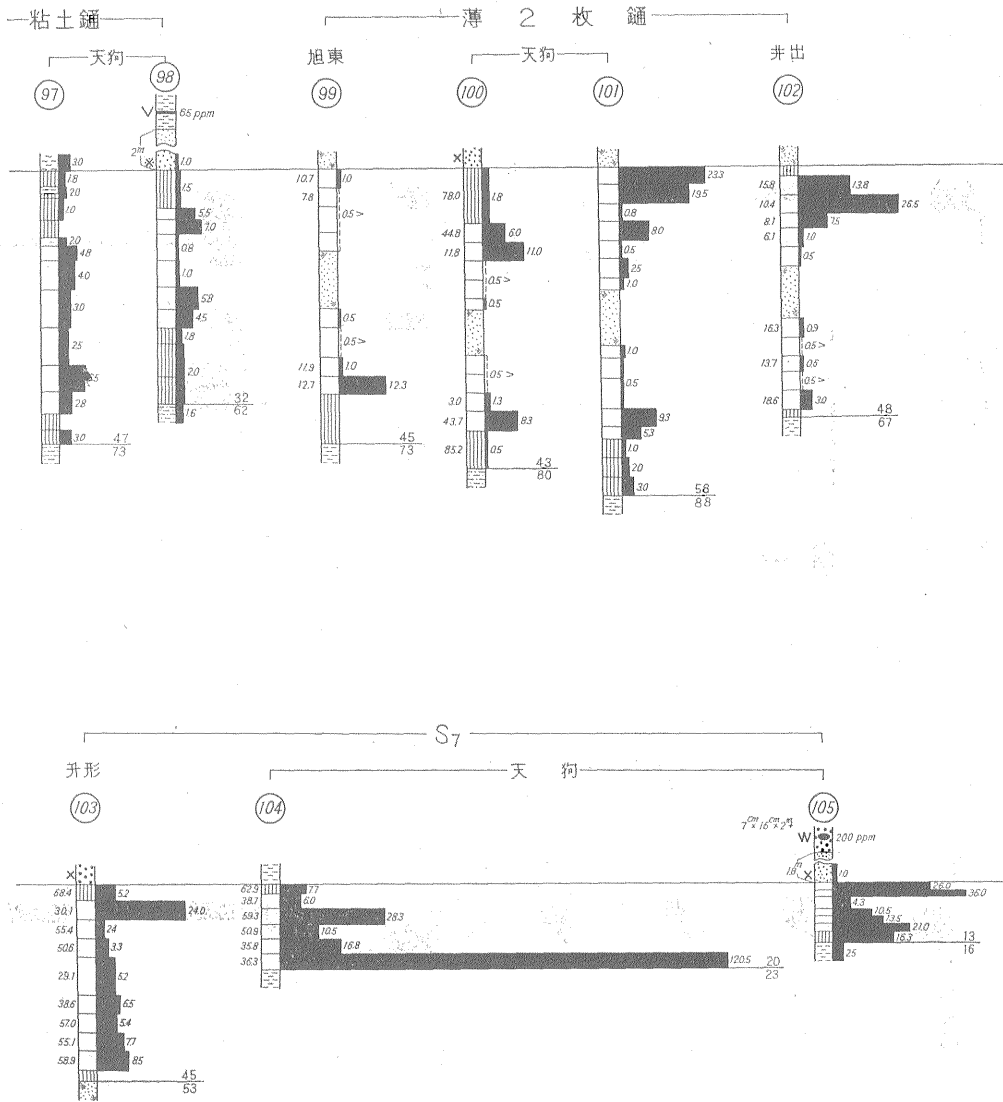
第4図-8



第 4 图—9

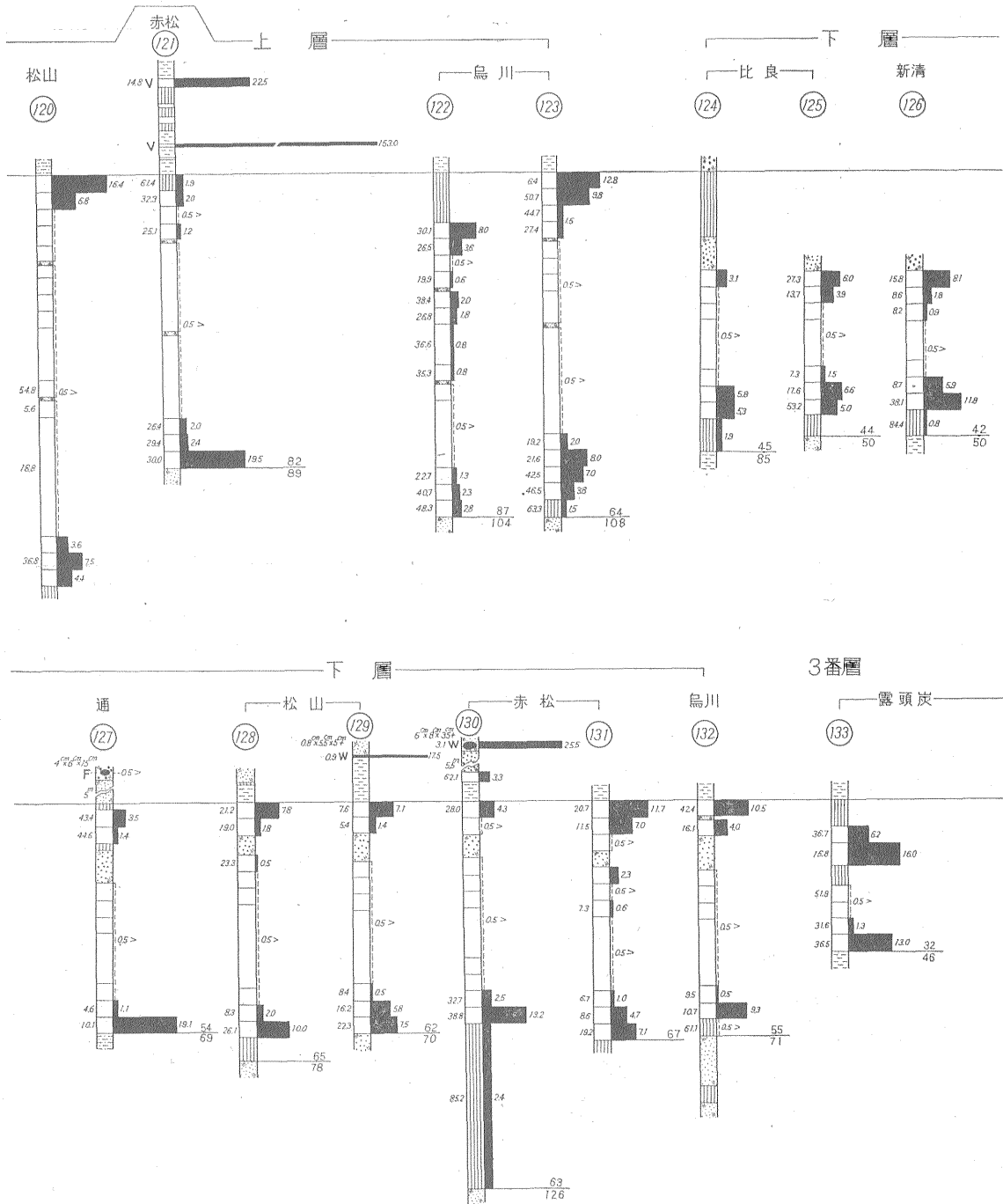


第4図—10



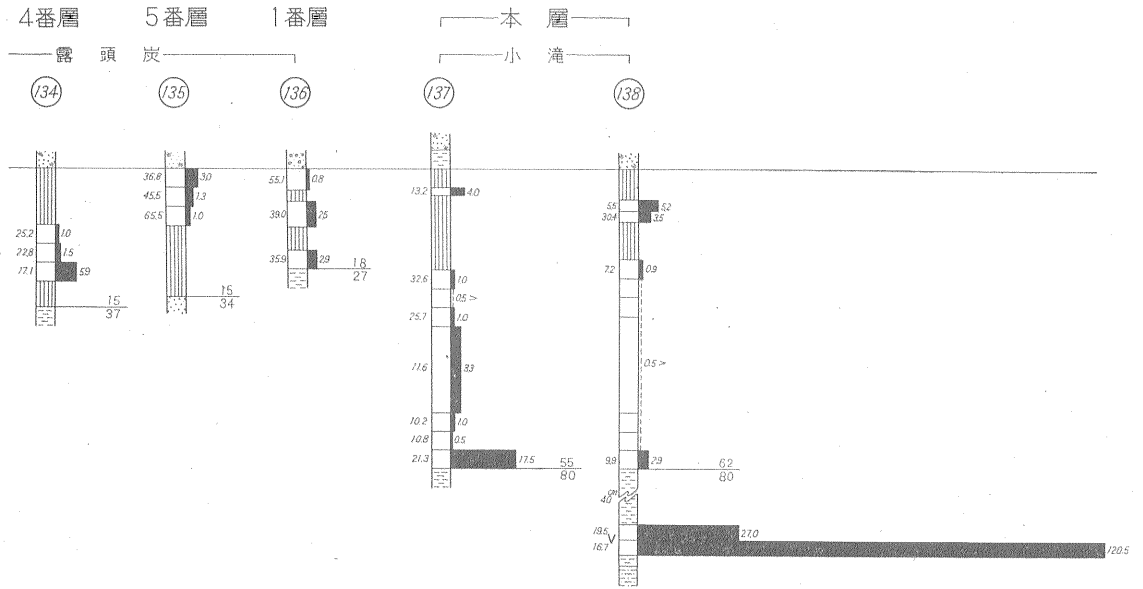
第4図—11





第 4 図—13





第4図-14

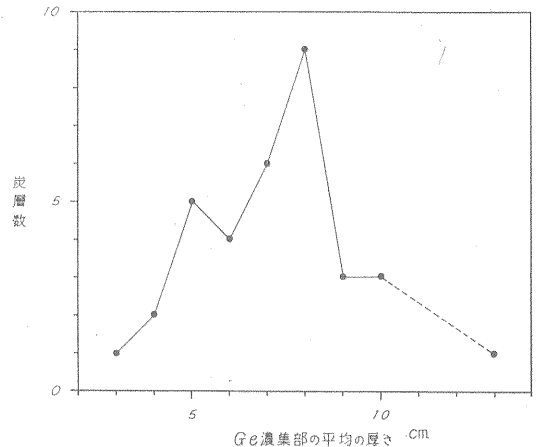
示しているとおりで、ゲルマニウムは炭層の上・下盤際に著しく濃集し、濃集部の平均の厚さは炭層によって異なるが、いずれも 3~13cm に限られる。そして上、下盤際における最高含有率はそれぞれ 69.5 ppm および 121ppm である。またこれらの濃集部については、それぞれ上盤または下盤に近づくにしたがって一般にゲルマニウム含有率は増加する。なおゲルマニウムは夾みの直上および直下の石炭中にも多少濃集しており、この場合にも夾みに近づくにしたがって一般にゲルマニウムの含有率は増加する。ただし炭柱(22)(25)(27)(28)(31)(35)(51)(62)(69)(70)においてはゲルマニウムは炭層の上・下盤際にかぎらずそのほかの部分にも濃集していてその含有率はゲルマニウムが主として上、下盤際に濃集している炭柱の該当部分に比較して非常に高い(第4図参照)。

炭層中におけるゲルマニウムの垂直的分布状況と含有率について詳細に検討するとつぎのとおりである。

### 6.1 上・下盤際における濃集部のゲルマニウム含有率

炭鉱別に各炭層の上・下盤際におけるゲルマニウム濃集部の平均の厚さと平均ゲルマニウム含有率とを示せば第5表のとおりで、同表から各炭層におけるゲルマニウム濃集部の平均の厚さの頻度分布をみると第5図のようである。この図からわかるように、各炭層におけるゲルマニウム濃集部の平均の厚さは 3~10cm で、濃集部の厚さが 8cm のものの頻度が最も高い。

各炭層の上・下盤際いずれも厚さ 8cm のゲルマニウムの含有率を求めると第6表のとおりである。この表からわかるように、同一炭層における上・下盤際の平均ゲ



第5図 各炭層における Ge 濃集部の平均の厚さの頻度分布図

ルマニウム含有率は大体等しいものが多い。上盤際における平均ゲルマニウム含有率については  $S_7$  の 17ppm がもっとも高く、ついで  $S_{1-2}$ ・薄2枚鍾・ $S_{7-8}$  および 2枚鍾の 12~13ppm, 3番層・粘土鍾および上2枚鍾の 9~10ppm, 上層・赤炭の 7~8ppm, 下3尺鍾・ $S_9$  および下層の 5~6ppm, そのほかの炭層の 4ppm 以下の順となっている。

また下盤際では  $S_7$  の 31ppm がもっとも高く、ついで  $S_{1-2}$  の 17ppm, 2枚鍾の 12ppm, 赤炭・3番層および下層の 8~9ppm, 上2枚鍾・本層および薄2枚鍾の 6~7ppm, 3枚鍾・上層の 5ppm, そのほかの炭層の 4ppm 以下の順となっている。

第 5 表 最上炭田西部地域炭鉱別各炭層の上・下盤際に

炭鉱名 厚さ(cm)Ge(ppm)		三 盛		升 形		八 幡		旭 東		長 坂		東 和		陸 羽			
		厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge		
地層名	炭層名	上盤際		下盤際		上盤際		下盤際		上盤際		下盤際		上盤際		下盤際	
		厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge
清 水 層	赤 炭	上盤際	—	—	—	—	—	—	10	8.5	—	—	—	—	—	—	—
		下盤際	—	—	—	—	—	—	10	5.5	—	—	—	—	—	—	—
	S <sub>1-2</sub>	上盤際	—	—	—	—	—	—	3	7.4	—	—	—	—	—	—	—
		下盤際	—	—	—	—	—	—	8	17.0	—	—	—	—	—	—	—
	上 2 枚 鍾	上盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	7.0
		下盤際	—	—	—	—	—	—	5	5.5	—	—	—	—	10	17.1	—
	S <sub>2-3</sub>	上盤際	—	—	—	—	—	—	5	1.5	—	—	—	—	—	—	—
		下盤際	—	—	—	—	—	—	5	2.5	—	—	—	—	—	—	—
	3 枚 鍾	上盤際	2	2.0	4	3.3	5	1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		下盤際	3	3.3	4	3.1	5	6.0	5	4.0	5	15.8	—	—	—	—	—
	2 枚 鍾	上盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		下盤際	—	—	—	—	—	—	5	1.5	—	—	—	—	—	—	—
	粘 土 鍾	上盤際	—	—	10	10.7	8	6.1	8	17.0	5	20.2	—	—	—	—	—
		下盤際	—	—	10	4.5	2	1.2	5	6.1	5	0.5	—	—	—	—	—
薄 2 枚 鍾	上盤際	—	—	—	—	—	—	5	1.0	—	—	—	—	—	—	—	
	下盤際	—	—	—	—	—	—	5	12.3	—	—	—	—	—	—	—	
S <sub>7</sub>	上盤際	—	—	5	24.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	下盤際	—	—	10	8.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
S <sub>7-8</sub>	上盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	下盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
下 3 尺 鍾	上盤際	—	—	5	3.5	—	—	—	—	—	—	7	7.0	—	—	—	
	下盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	7.1	—	—	—	
S <sub>9</sub>	上盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	20.3	—	—	—	
	下盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	5.7	—	—	—	

炭鉱名 厚さ(cm)Ge(ppm)		露頭炭		比 良		新 清		通		松 山		赤 松		烏 川		小 滝		平 均			
		厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge		
地層名	炭層名	上盤際		下盤際		上盤際		下盤際		上盤際		下盤際		上盤際		下盤際		上盤際		下盤際	
		厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge
八 向 層	上 層	上盤際	—	—	—	—	10	14.2	5	6.2	10	11.6	10	2.0	10	13.6	—	—	9.0	9.9	
		下盤際	—	—	—	—	5	0.9	5	4.4	15	5.2	5	19.5	10	4.0	—	—	8.0	6.1	
	下 層	上盤際	—	—	8	3.7	5	8.1	5	3.5	5	7.5	8	6.4	10	7.3	—	—	7.0	6.1	
		下盤際	—	—	10	5.7	10	8.9	5	19.1	8	7.0	8	7.6	5	9.3	—	—	8.0	8.8	
	3 番 層	上盤際	10	11.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0	11.1	
		下盤際	5	13.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	13.0	
	4 番 層	上盤際	5	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	1.0	
		下盤際	5	5.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	5.9	
	5 番 層	上盤際	5	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	3.0	
		下盤際	5	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	1.0	
鮭 川 層	1 番 層	上盤際	6	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.0	0.8	
		下盤際	5	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	2.9	
下 部 三 盛 層	本 層	上盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	4.4	4.0	4.4	
		下盤際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	10.2	5.0	10.2	

最上炭田西部地域におけるゲルマニウム調査研究報告 (佐々木実・竹田栄蔵・永田松三・池田喜代治)

における Ge 濃集部の平均の厚さと平均 Ge 含有率

天		狗		清 水		協 和		井 出		白 須 賀		大 成		積 算 平 均	
1	坑	旭	坑	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚さ	Ge	厚  さ	Ge
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	7.3	—	—	9.0	8.0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	15.1	—	—	8.0	8.7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0	7.4
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0	17.0
8	9.5	8	9.7	10	6.8	6	8.5	8	11.7	—	—	—	—	7.0	8.9
8	7.6	8	7.6	6	5.3	7	4.7	5	7.9	—	—	—	—	7.0	8.7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	1.5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	2.5
10	6.9	8	15.7	—	—	—	—	5	20.5	—	—	—	—	7.0	9.5
10	12.6	10	3.0	—	—	—	—	10	8.3	—	—	—	—	7.0	7.5
—	—	6	8.5	—	—	—	—	20	16.7	—	—	—	—	13.0	14.8
—	—	5	13.0	—	—	—	—	13	20.0	—	—	—	—	8.0	14.5
12	4.3	7	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0	9.8
12	4.6	10	5.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.0	4.3
10	8.5	10	21.4	—	—	—	—	14	16.6	—	—	—	—	10.0	13.8
5	8.3	8	7.8	—	—	—	—	5	3.0	—	—	—	—	6.0	7.8
12	15.0	7	19.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0	18.2
8	68.7	9	15.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.0	28.4
—	—	6	13.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.0	13.7
—	—	10	3.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0	3.6
7	10.9	5	8.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.0	7.7
11	6.0	10	4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0	5.6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.0	20.3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	2.0	8.0	4.5

第6表 最上炭田西部地域の各炭層の上・下盤際厚さ 8cm の Ge 含有率一覧表

炭層名	炭柱番号	Ge 含有率 (ppm)		炭層名	炭柱番号	Ge 含有率 (ppm)		炭層名	炭柱番号	Ge 含有率 (ppm)		炭層名	炭柱番号	Ge 含有率 (ppm)	
		上盤際	下盤際			上盤際	下盤際			上盤際	下盤際			上盤際	下盤際
赤炭	1	9.1	5.9	上	39	11.7	3.6	枚	77	2.2	5.1	下	109	7.8	0.5>
	2	4.9	13.1		40	13.4	5.9		78	2.9	6.1		110	3.4	11.7
	3	8.7	7.5		41	1.5	4.3		79	4.1	2.8		111	8.6	0.5>
	平均	7.4	8.8		42	6.1	8.1		80	0.5>	2.1		112	6.2	8.3
S <sub>1-2</sub>	4	13.4	17.0	2	43	4.4	9.7	粘	81	1.6	4.5	上	113	7.6	6.3
上	5	1.2	5.5		44	6.4	11.5		82	0.5>	3.4		114	5.4	4.5
	6	8.4	17.2		45	7.5	5.7		83	2.2	10.5		平均	6.4	4.4
	7	1.9	15.7		46	12.6	11.9		84	6.7	12.9		S <sub>9</sub>	115	12.5
	8	7.4	1.6	47	17.1	8.0	85	15.7	3.0	116	0.5>	1.5			
	9	8.5	7.1	48	3.3	3.7	86	13.3	9.4	平均	6.3	3.3			
	10	11.2	6.9	(50)	49	3.9	4.6	平均	4.1	5.2	層	117	13.5	0.7	
	11	10.9	12.0	51	15.9	11.9	2	87	1.6	1.6		118	2.0	2.4	
	12	13.2	2.0	52	18.0	11.2	枚	88	8.5	8.7		119	6.6	3.6	
	13	5.9	5.0	53	10.4	10.1	鍾	89	24.5	24.5		120	12.8	5.6	
	2	14	8.4	7.0	54	2.0	5.9	粘	平均	11.5	11.6	121	2.0	13.1	
		15	9.6	11.6	55	10.4	6.1		90	10.2	4.6	下	122	6.4	2.6
		16	6.3	6.3	56	8.1	10.1		91	6.2	1.7		123	11.7	5.0
		17	13.1	11.1	57	11.6	9.1		92	7.4	1.2		平均	7.8	4.7
		18	6.4	10.0	58	10.6	1.2		93	4.6	0.5>		層	124	2.1
19		4.1	12.2	59	6.1	8.1	94		16.6	5.0	125	5.2		5.6	
20		8.1	13.4	60	6.4	6.6	95		17.3	2.8	126	5.7		9.6	
21		8.7	5.2	61	7.1	5.5	96		12.7	0.4	127	2.7		12.4	
(22)		10.8	7.5	(62)	37.4	22.8	97		3.9	3.7	128	5.6		7.0	
23		4.9	3.9	63	3.9	4.8	98		5.7	5.0	129	5.0		6.9	
24	13.1	8.6	64	5.4	6.4	平均	9.4	2.8	130	2.8	9.1				
(25)	14.9	9.9	65	9.1	7.2	薄	99	0.7	8.1	3 番層	131	9.9	6.1		
26	18.7	11.6	66	12.2	3.6		100	8.0	5.7		132	8.1	8.6		
(27)	24.3	10.8	67	3.8	0.5		101	21.9	7.8		平均	5.2	7.6		
(28)	13.0	9.0	68	22.8	9.3		102	18.6	2.0		4 番層	133	10.0	8.6	
29	5.7	2.8	(69)	28.0	9.8	平均	12.3	5.9	134	1.2		4.3			
(30)	10.8	11.2	(70)	44.1	21.1	S <sub>7</sub>	103	15.9	8.2	5 番層	135	2.4	1.1		
(31)	14.9	9.0	71	5.8	0.5>		104	17.2	67.9		1 番層	136	1.5	2.8	
32	4.5	9.4	72	6.4	6.4		105	17.0	16.1	本		137	0.7	11.1	
33	4.5	11.6	平均	8.5	7.4	平均	16.7	30.7	138		3.5	1.9			
34	4.5	7.2	S <sub>2-3</sub>	73	2.2	2.8	S <sub>7-8</sub>	106	11.7		3.3	層	平均	2.1	6.5
(35)	13.1	5.0	3 枚鍾	74	3.9	4.7		107	2.3		0.5>				
36	8.4	6.3		75	0.5>	2.2	108	9.6	4.5						
37	13.4	7.0		76	0.5>	0.9									
38	3.9	9.7													

注 ( ): Ge の異常分布を示す炭柱  
平均値: Ge の異常分布を示す炭柱は除外した。

第7表 上・下盤際の炭質頁岩の Ge 平均含有率

炭層名	赤炭	上2枚鍾	S <sub>2-3</sub>	3枚鍾	2枚鍾	粘土鍾	薄2枚鍾	S <sub>7</sub>	S <sub>7-8</sub>	下3尺鍾	S <sub>9</sub>	上層	下層	
炭質上盤直下 頁岩下盤直上	平均 Ge 含有率 (ppm)	—	2.0	0.5>	—	11.5	1.6	1.8	6.5	—	5.5	0.5>	2.4	—
		2.4	1.1	1.0	2.7	24.5	1.7	1.6	16.3	3.3	2.2	0.5>	1.5	1.3

6.2 上盤際および下盤際にある炭質頁岩のゲルマニウム含有率

上盤際と下盤際とにある炭質頁岩のゲルマニウム含有率はほかの柱状に比較して柱状中のどの部分の試料も著しく高い含有率を示す2枚鍾とS<sub>7</sub>の炭質頁岩は5.2~24.5ppmであるが、その他の炭層においては一般に低く0.5~3.3ppmである。

各炭層の上・下盤際にある炭質頁岩の平均ゲルマニウム含有率は第7表のとおりである。

6.3 夾み際に接する石炭部分の(上・下)ゲルマニウム含有率

夾みの上または下において、夾みと直接接する厚さ5cmの石炭部のゲルマニウム含有率は、異常分布の認められた柱状(27)(33)(22)(69)および(20)においては高く8.3~31.5ppmであるが、その他のものにおいては一般に低く0.5~10ppmである(第8表参照)。

第8表 夾み際の平均 Ge 含有率

炭層名	上2枚鍾		2枚鍾		薄2枚鍾		下3尺鍾		下層
	上5cm	平均 Ge 含有率 (ppm)	1.9	0.8	8.2	0.5	4.5	1.4	
夾み際	下5cm		1.9	1.0	5.7	0.6	9.2	0.5	

6.4 炭柱の石炭中央部におけるゲルマニウム含有率

1つの炭柱で夾みを含まない石炭のみからなる部分の中央部におけるゲルマニウム含有率は、ゲルマニウムの異常分布を示す柱状を除けばきわめて低く、一般に1ppm以下である(第9表参照)。

6.5 上・下盤および夾みのゲルマニウム含有率

上・下盤および夾みのゲルマニウム含有率は第10表に示すように非常に低く0.7~3.8ppmである。

6.6 樹炭・ビトリット質薄層およびフジツトのゲルマニウム含有率

炭層の上位または下位にしばしば認められる樹炭ゲルマニウム含有率は、他に比較して著しく高く12.3~200ppmである。

また炭層の上盤または下盤中には、ときにビトリット質のレンズ状薄層が挟在する。これらのビトリット質の

第9表 炭柱の石炭部の中央部における平均 Ge 含有率

炭層名	赤炭	上2枚鍾	3枚鍾	2枚鍾	粘土鍾	薄2枚鍾	S <sub>7</sub>	下3尺鍾	S <sub>9</sub>	上層	下層	本層
炭層中央部 Ge 含有率 (ppm)	2.3	0.9	0.8	1.8	0.8	0.9	8.8	0.6	0.5>	0.1	0.5>	1.6

第10表 上・下盤および夾みの平均 Ge 含有率

炭層名	赤炭	上2枚鍾	粘土鍾	S <sub>7</sub>	S <sub>7-8</sub>	下3尺鍾	
平均 Ge 含有率 (ppm)	上盤	3.8	1.0	2.0	1.0	1.5	—
	夾み	—	1.0	—	—	—	1.0
	下盤	0.7	1.2	1.6	2.5	—	1.2

薄い炭層のゲルマニウム含有率はきわめて高いのが普通で、炭柱(121)の例のようにゲルマニウム含有率が153ppmに達することもある。

樹炭およびビトリット質の薄い炭層の産出例を第11表に示した。

第11表

柱状番号	産出位置	厚さ (cm)	Ge 含有率 (ppm)
(8)	炭層の下位約3.3m, 粗鬆な中粒砂岩中		118 150
(105)	炭層の上位約1.8m, 粗鬆な粗粒砂岩中		200
(119)	炭層の上位25cm, 上盤泥岩の上部		12.3
(129)	炭層の上位15cm, 上盤泥岩の上限		17.5
(130)	炭層の上位約5.5m, 凝灰質細粒砂岩中		25.5
ビトリット質薄層			
(99)	炭層の上位約2m, 泥岩中	1	65
(121)	炭層の上位約8cm, 泥岩中	1	153.0
	約26cm, 泥岩と炭質頁岩との境界に	3	22.5
(138)	炭層の下位40cm, 下盤泥岩中	10	27, 120.5

炭柱(127)の上位約5mの凝灰質粗粒砂岩中には、フジツトが挟有されている。このフジツトのゲルマニウム含有率は非常に低く0.5>である。

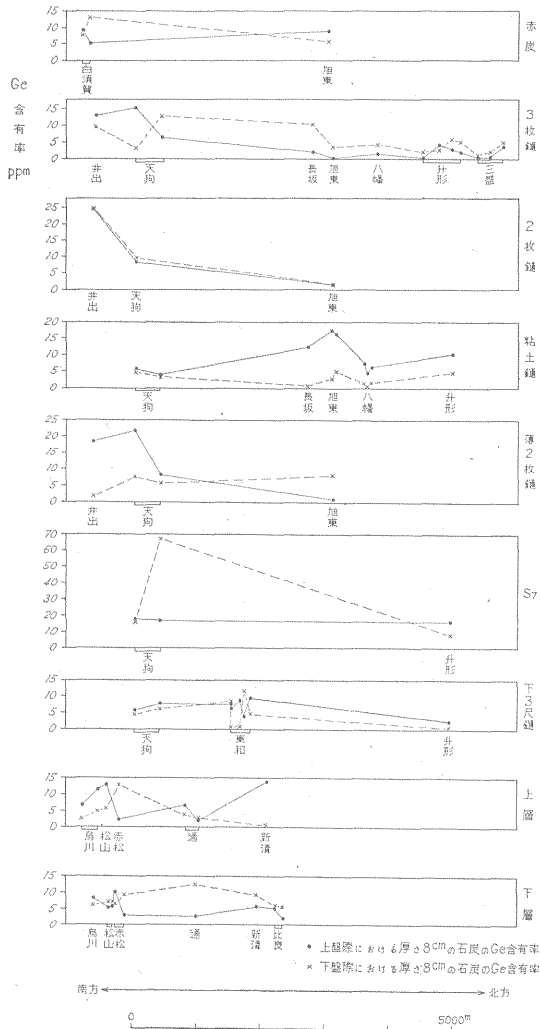
7. ゲルマニウムの分布の地域的变化

前述のように本地域におけるゲルマニウムは炭層の上・下盤際3~13cmの部分に濃集していることが明らかに

なった。いま各炭層について、その上・下盤際いずれも8cmの間におけるゲルマニウム含有率を算出し、ゲルマニウムの地域的変化を検討してみよう。

まず、おおむね南北方向に分布する本地域の諸炭鉱を、相互の距離に応じて、横軸上に按分して配列し、第6表の上、下盤際8cmの間のゲルマニウム含有率の値を柱状ごとに縦軸上にとって、炭層別に南北方向におけるゲルマニウムの地域的な変化をみるため、第6図を作った。この図によると、2、3の例外はあるが、北方ほどゲルマニウム含有率は減少する傾向のあるものが多い。

第7～9図は、それぞれ上2枚鐘・上層および下層の等Ge含有率線図を画いて、前記主要3炭層のGeの変化の状況を図示しようとしたものである。これらの3図からゲルマニウム含有率は走向方向における変化よりも傾斜方向における変化のほうが大きいことが分かる。



第6図 各炭層におけるGe含有率の地域的变化図

## 8. 灰分および石炭組織成分とゲルマニウム含有率との関係

炭層の上・下盤際におけるゲルマニウムの濃集している試料について、それぞれ比重別したものの灰分とゲルマニウム含有率とを求め、またこれらの比重別した各試料について石炭組織成分の定量分析を行なった結果、下記のように灰分の少ないものほど、すなわちビトリット質の多いものほどゲルマニウムの含有率が、高いことが分かった。

### 8.1 灰分とゲルマニウム含有率との関係

上2枚鐘の炭柱⑩および⑪の上・下盤際の各試料をそれぞれ比重別してえられた試料について、灰分とゲルマニウム含有率とを求めると第12表のとおりである。また同表の各試料について灰分とゲルマニウム含有率との関係を図示すると第10図のようである。この図から明らかなように、大部分の試料において灰分が減少するとゲルマニウムの含有率は増大する傾向が認められる。

### 8.2 石炭組織成分とゲルマニウム含有率との関係

#### 8.2.1 石炭組織

上2枚鐘におけるゲルマニウム含有率の多い石炭試料⑩—2, ⑩—5および樹炭⑧, ⑩5についてそれぞれ顕微鏡による石炭組織の観察を行なった結果は次のようである。

(1) ビトリットには植物の明瞭な細胞組織を残しているものは一般に少なく、多量の腐朽菌核を含有しているものが多い(図版1, 3参照)。特に樹炭においてはいずれも菌核(8~20μ)が年輪に沿って配列している(図版1参照)。

(2) クラリットにはクチクラクラリットあるいはビトリットに带状(厚さ20~40μ)のドリットが縞状に入りこんでいるものが多い(図版2参照)。

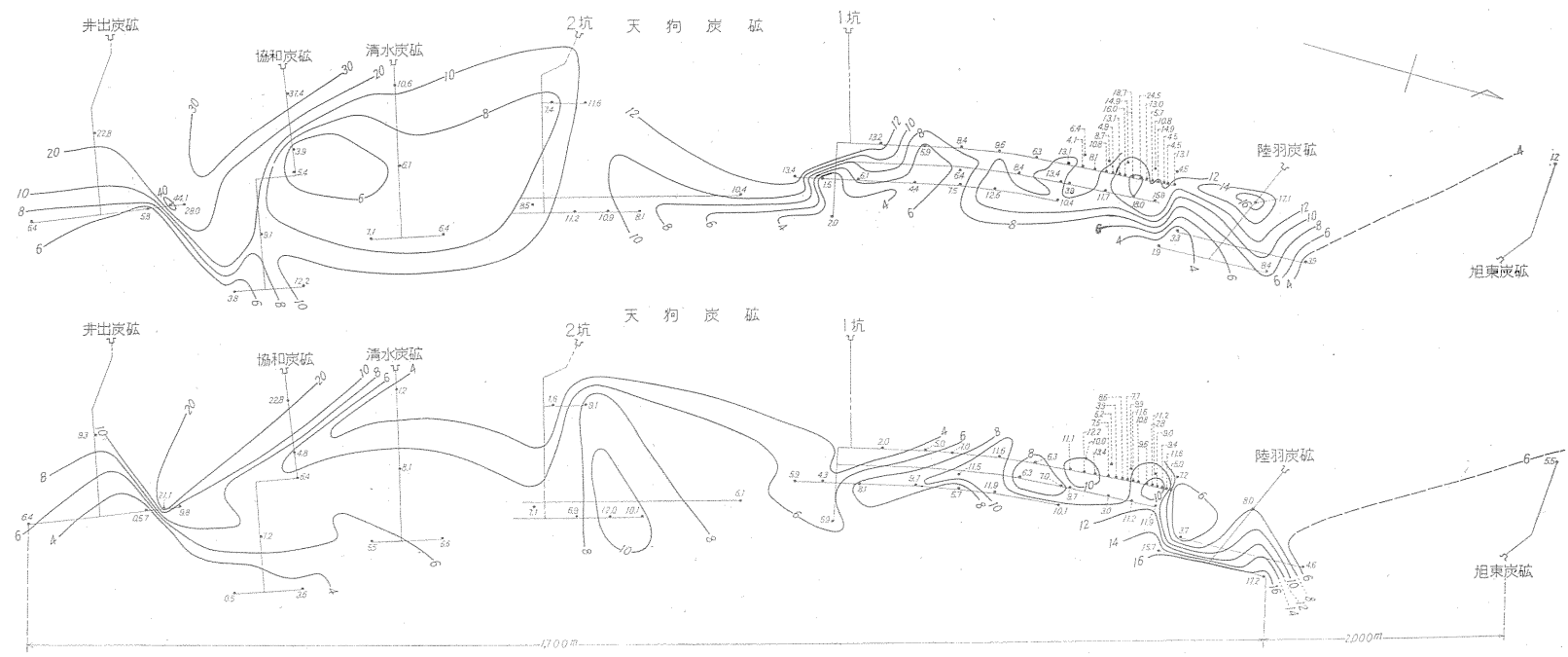
(3) ドリットにはデグラデニットの基地に微細な粘土質物・菌核・孢子などが入りこんでいるものが多い(図版3, 4参照)。

(4) フジットには一般に植物の明瞭な細胞組織を残しているものが多く、細胞腔(10~30μ)にはしばしば粘土質物が入りこんでいる(図版4参照)。

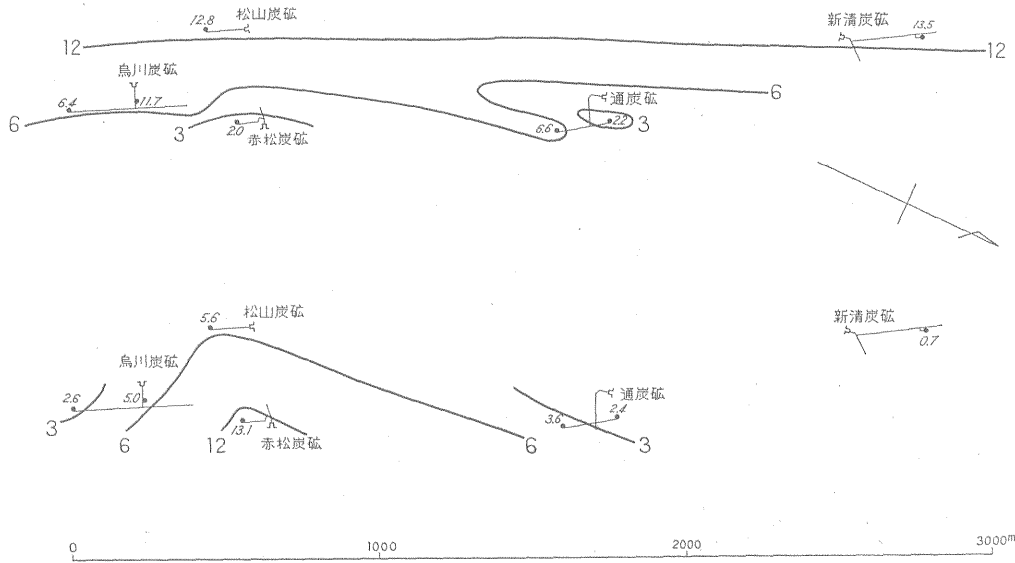
(5) 炭質頁岩は主としてドリット系のもので、粘土質物中に微細な炭質物・菌核などが入りこんでいる(図版5参照)。

#### 8.2.2 石炭組織成分とゲルマニウム含有率

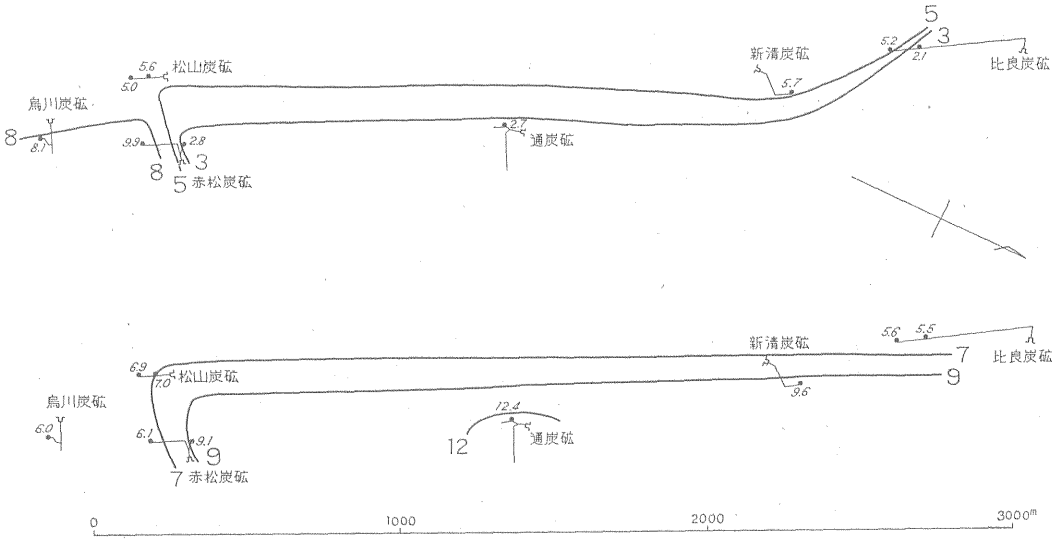
石炭試料⑩—2, ⑩—5を比重別してえられた試料についてそれぞれ石炭組織成分の定量分析を行なった結果も第12表に併記した。第11図A, Bはこれらの結果から石炭組織成分とゲルマニウム含有率との関係を示したものである。同図から明らかなように、ゲルマニウム含有率が高くなるにしたがってビトリット・クラリットの量は



第7図 上2枚鍾における等Ge含有率線図  
 注) 上: 上盤際における厚さ 8cm の石炭について  
 下: 下盤際における厚さ 8cm の石炭について



第8図 上層における等Ge含有率線図  
 注) 上: 上盤際における厚さ 8cm の石炭について  
 下: 下盤際における厚さ 8cm の石炭について



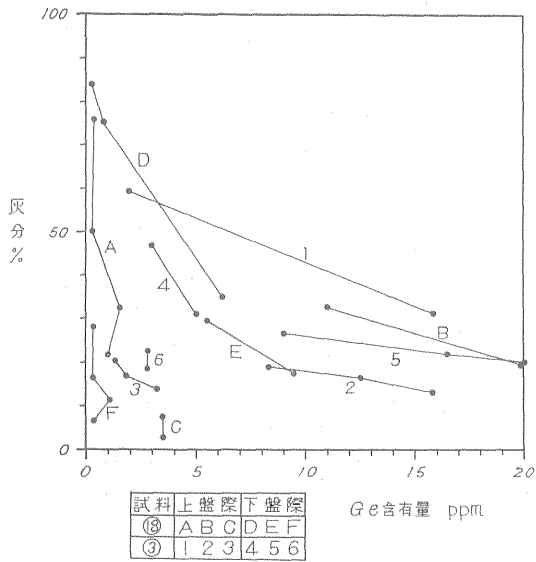
第9図 下層における等Ge含有率線図  
 注) 上: 上盤際における厚さ 8cm の石炭について  
 下: 下盤際における厚さ 8cm の石炭について



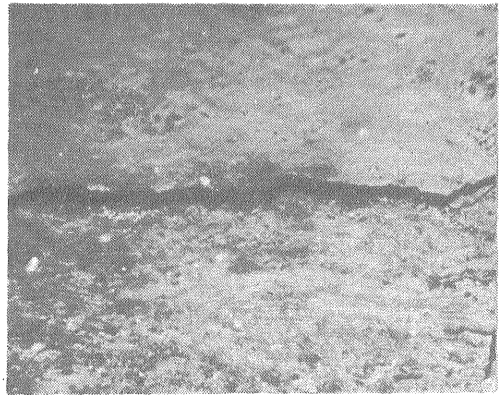
第12表 上2枚鍾におけるGe濃集部の比重別試験結果と石炭組織分析結果

上下盤際におけるGeの分布図	柱状 試料 番号	上下 盤際	記号 および 番号	灰分 (%)	Ge含有量 (ppm)		比重	収量 (%)	灰分 (%)	Ge含有量 (ppm)		ピトリット (%)	クラリット (%)	ドリット (%)	フジット (%)	炭質頁岩 (%)		
					原炭中					原炭中								
	50	上盤際	A	63.4	0.7	1.3 ~ 1.4 1.4 ~ 1.5 1.5 ~ 1.8 + 1.8	4.3 10.9 28.3 56.5	21.6 32.3 50.0 75.8	1.0 1.5 0.5 > 0.5 >									
			B	10.0	20.7	1.4 ~ 1.5 1.5 ~ 1.8 + 1.8	93.0 4.7 2.3	19.8 32.2 11.0	19.8 11.0									
			C	7.2	4.3	1.2 ~ 1.3 1.3 ~ 1.4	10.0 90.0	2.5 7.3	3.5 3.5									
		下盤際	F	9.4	2.0	1.2 ~ 1.3 1.3 ~ 1.4 1.4 ~ 1.5 1.5 ~ 1.8	8.1 81.1 5.4 5.4	6.5 11.4 16.2 27.9	0.5 > 1.0 0.5 > 0.5 >									
			E	19.3	13.5	1.3 ~ 1.4 1.4 ~ 1.5	78.6 21.4	17.8 29.1	9.5 5.5									
			D	73.1	2.5	1.4 ~ 1.5 1.5 ~ 1.8 + 1.8	7.6 24.5 67.9	34.8 75.0 84.0	6.3 0.8 0.5 >									
	11	上盤際	1	64.9	1.8	~ 1.7 + 1.7	25.5 74.5	31.2 59.3	15.8 2.0									
			2	14.5	16.3	1.4 ~ 1.5 1.5 ~ 1.6 + 1.6	3.3 19.9 76.8	13.2 16.3 18.8	15.8 12.5 8.3	35 21 4	38 32 16	18 34 48	9 10 12	3 20				
			3	12.0	1.8	1.3 ~ 1.4 1.4 ~ 1.5 1.5 ~ 1.6	14.9 41.4 43.7	13.9 16.7 20.4	3.2 1.8 1.3									
		下盤際	6	18.5	3.0	- 1.2 + 1.2	60.0 40.0	18.6 22.8	2.8 2.8									
			5	22.7	17.8	- 1.3 1.3 ~ 1.5 + 1.5	19.7 36.3 44.0	19.9 21.8 26.8	20.0 16.5 9.0	20 14 3	44 28 15	31 49 59	5 8 7	1 6				
			4	59.2	3.5	- 1.7 + 1.7	12.5 87.5	31.0 46.8	5.0 3.0									

■石炭 ■炭質頁岩 ■細粒砂岩



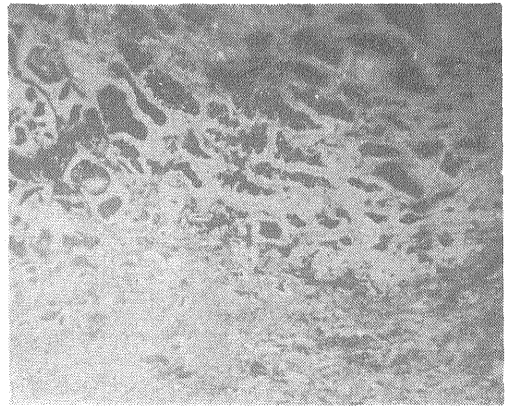
第10図 灰分とGe含有率との関係図



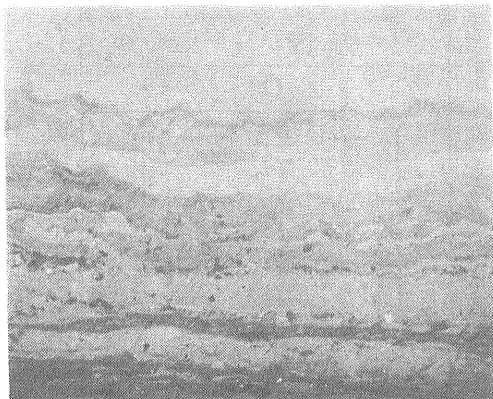
図版3 ×250 油浸  
 上部……ビトリット 黒点のある灰白色部：菌核  
 黒筋……割れ目  
 下部……ドリット 白色部：デグラディニット 黒色部：粘土鉱物



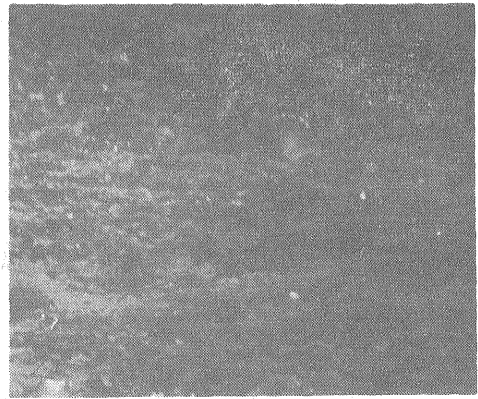
図版1 ×250 油浸 樹炭(ビトリット)  
 菌核(白い粒状のもの)が年輪に沿って配列している



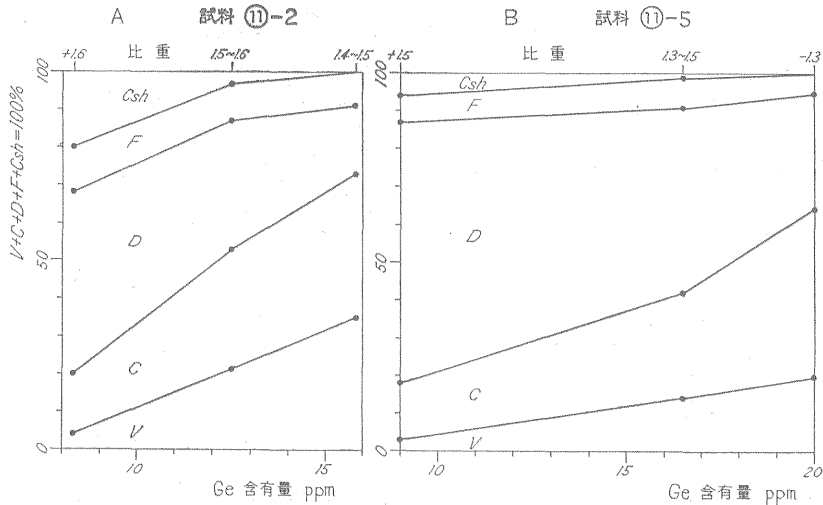
図版4 ×250 油浸、フジット  
 楕円形の黒色部：植物の細胞腔



図版2 ×250 油浸 クチクラクリット  
 黒筋：クチニット 白色部：ビトリニット



図版5 ×250 油浸 炭質頁岩  
 黒色部：粘土鉱物 白色部：デグラディニット



第11図 石炭組織成分とGe含有率との関係図  
V: ビトリット, C: クラリット, D: ドリット, F: フジット, Csh: 炭質頁岩

それぞれ増大し、ドリット・フジット・炭質頁岩の量はそれぞれ減少する傾向が認められる。すなわちビトリット質の多いものほどゲルマニウム含有率は高い。

## 9. ゲルマニウムの濃縮

### 9.1 炭層の上・下盤際および夾み際におけるゲルマニウムの濃縮

石炭中におけるゲルマニウムの濃縮時期については石炭の主原料となった原植物の堆積前・堆積中および堆積後の3つの場合が考えられる。

#### (1) 原植物の堆積前における濃縮

これには原植物の生育期間中における場合と植物の腐敗期間中における場合とが考えられる。

現生植物の中で柏の葉<sup>9)</sup>あるいは竹<sup>9)</sup>などにかなりの量のゲルマニウムが濃縮されているものがあることが知られている。また植物の腐敗期間中に、植物の遺骸にゲルマニウムが不溶性の水酸化物または金属有機化合物の形で残される<sup>5)</sup>ことも一応考えられることである。

一般に炭層の上・下盤際の石炭は灰分が多い。このことは灰分の多いドリット系のものが比較的多量に含有されているに基づく。また前述のようにゲルマニウムは炭層の上・下盤際に大部分濃集して、しかもこれらに近づくにつれて含有率は高くなる。またこれらの濃集部分においてはビトリットがもっともゲルマニウムの含有率が高く、次いでクラリット、ドリットの順となっている。

これらのことから判断して、炭層の堆積の初期と末期にのみ、多量にゲルマニウムを含有したビトリット系の石炭となる植物が多量に堆積したとは考えられない。

#### (2) 植物の堆積中における濃縮

V. M. Goldschmidt<sup>7)</sup> および香山勲<sup>8)</sup> は石炭の炭化の過程において稀元素を含む循環水と炭質物との反応によって起る稀元素の濃縮の可能性を説いている。すなわち香山は、ビトリットは稀酸に可溶性無機成分をかなり含むが、ドリット中の無機成分は溶出し難いこと、ビトリットはドリットよりも吸着性が大きいこと、そしてその吸着の一部はイオン交換吸着であることを確かめた。また竹田栄蔵・永田松三<sup>9)</sup> は、低炭化度の石炭ほどゲルマニウムに対する吸着性が大きいこと、石炭の柱状試料についてもその上・下部のもの吸着性が中部のものより強く、その吸着傾向は炭層中にみられる濃集傾向と全く同様であることを確かめた。

現在のところ濃縮に関しては循環水説がもっとも有力であるが、濃縮作用の行なわれた時期(原植物の堆積中あるいは堆積後)についてはいずれも十分な説明がなされていない。もしも原植物の堆積中に濃縮作用が行なわれたものとすれば、炭層の中央部にもかなりの量のゲルマニウムが濃縮されていてもよいはずである。

#### (3) 原植物の堆積後における濃縮

前述のように、ゲルマニウムは炭層の上・下盤際に著しく濃集しており、これらの濃集部ではそれぞれ上盤または下盤に近づくにしたがってゲルマニウムの含有率が高くなること、および9.1, 9.2の各項において述べたことから判断して、循環水中に溶存していたゲルマニウムイオンが原植物の堆積後2次的に炭層の上・下盤を通過してそれぞれ上・下盤際の石炭質に吸着されて濃縮したものと推測される。

したがって炭柱<sup>99)95) (137) (138)</sup>などの各炭層(第4図

参照)にみられるように、炭層の上盤または下盤際に厚い炭質頁岩が発達している場合には、上盤際または下盤際にある石炭質部のゲルマニウム含有率が低い。このことはおそらくこれらの炭質頁岩によってゲルマニウムが石炭質部に吸着されにくくされたためと考えられる。

9.2 炭柱の石炭部の中央部におけるゲルマニウムの濃縮

前述のように天狗炭砒1坑左0片引立付近、協和炭砒坑口から約40m付近および井出炭砒左4片引立付近のゲルマニウムの異常分布を示す区域は局部的な狭い範囲であるが、この区域における坑内水の量は他の区域に比較して非常に多い。

この坑内水は地形から判断して明らかに地表水が浸透してきたもので、現在もなお採掘跡の天盤(保安上上盤際には厚さ2~3cmの石炭が残されている)から水が浸み出ている。採掘跡に残された炭壁は酸化鉄によって汚染されている。このような現象は他の区域ではみられない。試料番号②⑦③⑤(第3図参照)の炭柱はこの区域で最初に採取されたものである。現地においてこれらの3炭柱はゲルマニウムの異常分布を示すことが判明したので、その後はなるべく炭壁が汚染されていない箇所を選定し、できるだけ酸化鉄の沈殿物を取り除いて試料を採取した。

またこの天盤から浸みでている水を分析すると、ゲルマニウムは天狗炭砒のものにはわずかではあるが検出され、井出炭砒のものでは1.9γ/l検出された。しかしこれらの区域の地表水や他の区域における坑内水にはいずれもゲルマニウムは検出されなかった。

以上のことから、この区域においては石炭が採掘されてから現在にいたるまでの期間中に、下盤際に濃集しているゲルマニウムの一部が地表水を媒介として移動し、現在みられるようなゲルマニウムの異常分布を示すにいたったものと推察される。

10. ゲルマニウムの根源

前述のように最上炭田における各地層は一般に凝灰質な岩石に富んでいる。特に各炭層の上・下盤および夾みも一般に凝灰質である場合が多い。また最上温泉(第2図参照)の温泉水中には、14γ/lのゲルマニウムが検出された。したがってゲルマニウムの根源は火成活動と密接な関係があるものと推察される。

11. 結 論

最上炭田西部地域における各炭層のゲルマニウムの分布状況について明らかにすることができたおもな事項を要約すれば、つぎのとおりである。

- (1) ゲルマニウムは炭層の上・下盤際いずれも3~13

cm間に濃集している。またこれらの濃集部はそれぞれ上盤あるいは下盤に近づくにしたがってゲルマニウムの含有率を増加する傾向がある。各炭層における濃集部の平均の厚さと平均ゲルマニウム含有率は第13表のようである。

第13表

炭層名	盤際 濃集部	上 盤 際		下 盤 際	
		平均の 厚さ (cm)	平均 Ge 含有率 (ppm)	平均の 厚さ (cm)	平均 Ge 含有量 (ppm)
赤 炭		9	8.0	8	8.7
S <sub>1-2</sub>		3	7.4	8	17.0
上 2 枚 鍾		7	8.9	7	8.7
S <sub>2-3</sub>		5	1.5	5	2.5
3 枚 鍾		7	9.5	7	7.5
2 枚 鍾		13	14.8	8	14.5
粘 土 鍾		8	9.8	7	4.3
薄 2 枚 鍾		10	13.8	6	7.8
S <sub>7</sub>		8	18.2	9	28.4
S <sub>7-8</sub>		6	13.7	10	3.6
下 3 尺 鍾		6	7.7	8	5.6
S <sub>9</sub>		4	20.3	8	4.5
上 層		9	9.9	8	6.1
下 層		7	6.1	8	8.8
3 番 層		10	11.1	5	13.0
4 番 層		5	1.0	5	5.9
5 番 層		5	3.0	5	1.0
1 番 層		6	0.8	5	2.9
本 層		4	4.4	5	10.2

これらの濃集部は選択的に容易に採掘されうるので、ゲルマニウムの鉱石として今後留意する必要がある。

(2) 濃集部におけるゲルマニウムは比重の小さいビトリット質のものに多く含まれている。したがって濃集部における石炭を洗炭することによって容易にその品位を高めることができるであろう注4)。

(3) 炭層の上盤または下盤中に含まれている樹炭およびビトリット質の薄層のゲルマニウム含有率は一般に高く、それぞれ12.3~200 ppm および22.5~153 ppmである。

(4) 上盤直下と下盤直上にある炭質頁岩のゲルマニウム含有率は低く、一般に3 ppm以下である。またこの炭質頁岩が厚い場合には、その直下または直上にある石炭のゲルマニウム含有率は一般に低い。

(5) 各炭層ともゲルマニウム含有率は北方に進むにしたがって減少する傾向のものが多い。また同一炭層につ

注4) 当所化学課竹田栄蔵の室内実験によって、石炭中のゲルマニウムは普通の水では容易に溶解しないことが確かめられた。

いて、その傾斜の方向におけるゲルマニウム含有率の変化が走向の方向におけるそれよりも多い。

(6) 炭層の上・下盤際におけるゲルマニウムの濃縮は、石炭の原植物の堆積後において、循環水中のゲルマニウムイオンが炭質物に吸着されて生じたものと推察され、またゲルマニウムの根源については火成活動と密接な関係があるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 稲垣 勝：本邦炭中のゲルマニウムに関する研究，炭研，No. 9, 1952
- 2) 佐々木実：最上炭田天狗・陸羽両炭鉱におけるゲルマニウム，ゲルマニウム研究委員会編「ゲルマニウム」，朝倉書店，1956
- 3) 舟山裕士・北村信：最上亜炭田新庄地区調査報告，地質調査所炭田調査会報告，1947
- 4) 徳永重元：山形県最上炭田大蔵地区地質調査報告，地質調査所，未発表，1951年調査
- 5) Goldschmidt, V. M.: *Nachr. Gessel. Wiss. Gottingens, Math. Phys.*, K7, 1930
- 6) 稲垣 勝：現世植物におけるゲルマニウムの濃縮，ゲルマニウム研究委員会における談話，1955
- 7) Goldschmidt, V. M.: *Occurrence of Rare Elements in Coal Ashes, Process in Coal Science*, 1, 1950
- 8) 香山 勲：石炭中の無機成分について，地球科学，No. 4, 1951
- 9) 竹田栄蔵・永田松三：最上炭田における炭層中のゲルマニウムについて，ゲルマニウム研究委員会編「ゲルマニウム」，朝倉書店，1956
- 10) 青柳信義：最上炭田中山炭砒におけるゲルマニウム，ゲルマニウム研究委員会編「ゲルマニウム」，朝倉書店，1956
- 11) 稲垣 勝：石炭中の稀元素ゲルマニウムについて，炭研，No. 3, 1952
- 12) Stadnichenko Taisia & Murata, K. J.: *Concentration of Germanium in the Ash of American Coals, Geo. Surv., Circular 272*, 1953
- 13) Headlee, A. J. W.: *Germanium and other Elements in Coal and the Possibility of Recovery, Min. Eng.*, 5, 1953
- 14) Aubrey, V.: *Germanium in British Coals, Fuel*, 31, 1952