

大分県鯛生鉱山金銀鉱脈周辺における水銀の分布について

岸本文男* 高島 清* 加藤甲壬** 永井 茂**
窪木時雨郎** 茅山 芳夫** 小村幸二郎* 大竹重吉**

On the Mercury-dispersion Halos of the Environs of Gold-Silver
Veins, Taio Mine, Ōita Prefecture

By

Fumio KISHIMOTO, Kiyoshi TAKASHIMA, Kōmi KATŌ, Shigeru NAGAI
Jiurō KUBOKI, Yoshio KAYAMA, Kōjirō KOMURA & Shigekichi ŌTAKE

Abstract

The writers had already reported the regularities of mercury-distribution in the cinnabar bearing gold-silver quartz veins and their environs of the Ōkuchi mine, for developing a new method of ore-prospecting, and concluded that the mercury-dispersion method was useful for the blind ore-prospecting of these veins.

This report includes the results applying this new method to the gold-silver quartz veins without cinnabar and the other mercury-minerals at the Taio mine, Ōita prefecture.

In this mine, the average content of Hg^{2+} is $0.3 \mu\text{g/g}$ in the underground galleries, and $0.2 \mu\text{g/g}$ on the ground surfaces. The sharp anomalies of the mercury-distribution correspond to rich veins (the average: $0.95 \mu\text{g/g Hg}^{2+}$), 2) poor veins ($0.80 \mu\text{g/g}$), 3) faults ($0.60 \mu\text{g/g}$), 4) environs of the argillized zones ($0.55 \mu\text{g/g}$), and 5) rock boundaries ($0.40 \mu\text{g/g}$) in the underground galleries, as in the Ōkuchi mine. On the ground surface, the highest and largest anomalies are resulted from some rich veins (No. 9 veins and No. 4 veins), and the relatively higher anomalies are detected on the silicified zones. Some anomalies correspond to the argillized zones.

The writers conclude that the mercury-dispersion halos on the ground surface suggest the existence of blind ores with 150 meters depth in this mine.

1. 緒 言

著者ら研究グループは、鉱床探査技術の新たな開発を目指して、まず鹿児島県大口鉱山の金銀石英脈とその周辺における水銀の分散と集中に関する規則性を明らかにした¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。

周知のように、大口鉱山の金銀石英脈の主たるもの9条のうち、第3号脈の上部鉱石中に辰砂 (HgS) の賦存することが確認されている⁵⁾。このような、辰砂を伴う金銀石英脈とその周辺の水銀の分布に、探査上の指標となる規則性をみいだしたので、次の段階として、辰砂な

ど水銀鉱物の確認されていない金銀石英脈とその周辺における水銀の分布について調査・研究した一応の結果がこの報告である。

調査に当って、高島清・小村幸二郎が地質・鉱床の調査研究と連続試料の採取を担当し、加藤甲壬・永井茂が水銀分析を行ない、窪木時雨郎・茅山芳夫および大竹重吉が測地ならびに測線測量を実施した。

執筆に当っては、地質・鉱床の基本的な部分を高島清が担当し、坑外関係の分析結果の概括を加藤甲壬が行ない、測地関係の部分を窪木時雨郎・茅山芳夫が共同執筆した。なお、全体のまとめは、高島清が海外出張によって長期間の不在のため、岸本文男が代って担当し、部分的な補足・加筆もあわせ行なった。

* 鉱床部
** 技術部

大分県鯛生鉾山金銀鉾脈周辺における水銀の分布について (岸本・高島・加藤・永井・窪木・茅山・小村・大竹)



第1図 a 位置図

モイド・ループ状⁵⁾の連鎖となって発達している。

- 1) N40~80°E
- 2) EW
- 3) N50~80°W

上記の鉾脈群の傾斜方向は、いずれも北落しを示している。

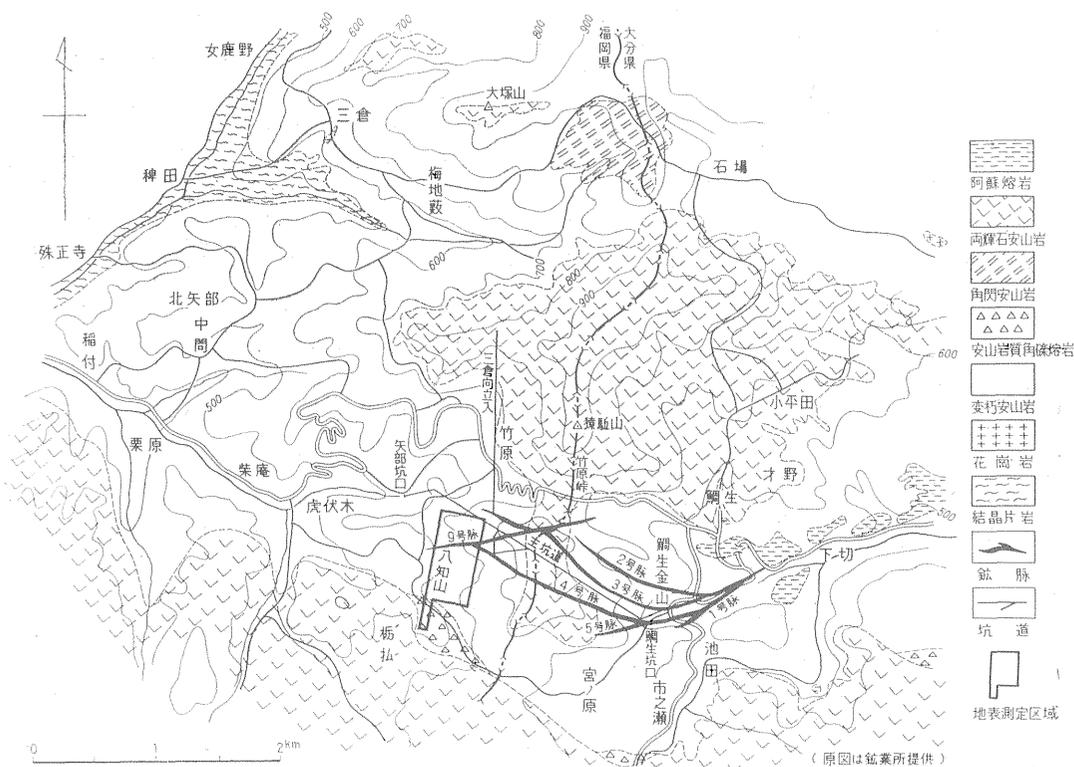
主要な鉾脈の規模は、次のとおりである。

	走向	傾斜	脈幅 (m)	延長 (m)	深度 (m)
2号脈	N50°W	70°N	1.0~ 3.0	1,200	350
3号脈	N80°E~50°W	80°N	0.01~ 5.0	2,400	450
4号脈	N70°E~60°W	70°N	2.0~15.0	2,000	450
5号脈	N40°E~80°W	75°N	1.0~ 4.0	800	400

以下、2・3・4・5および9号の各鉾脈の産状を報告する。

3.1 2号脈

西部では西3号脈となり、ほぼ東西方向に偏向して9



第1図 b 鯛生鉾山地質鉾脈ならびに地表測定区位置図

号脈と合し、東部においては3号脈と合流する石英方解石脈である。

走向方向の延長も、傾斜方向の延長も大きく、平均鉾幅2mにも達しているが、著しい富鉾部は発見されず、

3号および4号脈に比較して、その探鉾ならびに探鉾は遅れている。

3.2 3号脈

2号脈の南側にほぼ平行して賦存しているが、西部にお

いては西2号脈に合流, 東部では2号脈と合流している。

石英質で, 膨縮の著しい鉍脈であり, 膨大部はその上盤と下盤に網掛鉍を伴うため, 幅5m以上に達する部分がある一方で, 狭小部は幅1cm以下となり, 膨大部間をほぼそと連絡している。

含金品位はこの膨大部で高くなり, 東部と中部および西部に各大富鉍部(3号脈3大富鉍部)が賦存し, その位置に, それぞれ第1・第2・第3の各立坑が開かれ, 採掘されている。

3.3 4号脈

一般に, 方解石を多量に伴う石英脈で, 脈幅の変化は3号脈に較べて小さい。しかし, 両盤の珪化や網掛状構造の認められることは3号脈の場合と同様である。

西部で西2号脈と合流する付近, すなわち, 第4立坑付近では膨大し, 3~4m前後の鉍脈の上下盤に網掛状部分が発達し, もっとも厚い部分では, 厚さ約15mに達していたと推定できる大きな採掘跡がみられる。

3.4 5号脈

西部で4号脈と分岐・連続することから, その脈勢は4号脈東部のものに類似している。

平均して, 方解石に富む網状脈であり, N80°W系, 80~90°南落しの断層系の発達がみとめられる。

3.5 9号脈

従来の西3号脈の大部分のもので, 現在はその脈勢から9号脈として区別されている。

3号脈の西部で, 3号脈と分岐・連続するために同一脈にも扱うことができるが, 脈勢としては, 方解石脈を伴うことの著しいという特長がみられる。

この鉍脈は7坑道地以下に発達し, 上部は粘土脈化した劣勢な鉍脈となり, しかも明瞭な露頭は認められない。

上記7坑道では, 4号脈と接する付近に富鉍部を形成している。

4. 裂カ系について

鯛生鉍山の鉍脈を図上から巨視的にみると, 1種のサイモイド・ループ式のパターンが認められる。また, 坑内で認められる細脈の組合せ, 富鉍部の分布, そのあり方からみても, サイモイド・ループを裏づける数多くの資料が得られる。

この地域の鉍脈および断層, 裂カを含む裂カ系を大別すると,

- 1) N60°W
- 2) EW
- 3) N40°E
- 4) NS

の4種である。

上記中, NS系を除けば, すべて鉍脈の胚胎するのが認められ, この裂カ系の形成が鉍化作用の際に鉍脈生成の場となったことは明白である。

現在, 坑内外に認められる断層・裂カのうち, 断層についていえば, 鉍床の上盤側にみられる走向断層がきわめて多い。

これらの走向断層は, 鉍化作用前に形成されたものと, 鉍化作用後のものがあり, それぞれ1回だけのものではない。

上記の1), 2), 3)の断層および裂カは, いずれも鉍床形成の場となった鉍化作用前のものであり, しかも走向断層(鉍化作用後)を伴っている。これらのことから考えると, 鉍化作用の前後における裂カの生成機構は, いずれの場のものでも, ほぼ同様なものといえる。したがって, 後述する水銀元素の分散・集中にあらわれた断層や裂カのそれぞれの差の因の1つは, 鉍化作用の前後関係にもある。

以上のうちで, とくに優勢なEW系裂カおよび断層とその他の裂カ系との関係について考えると, このEW系裂カ・断層の運動(異なった位置にある各EW系の相互運動)によって, その間に偶力が働き, 菱形の副生的裂カが形成され, それが成長して連鎖状に連続していく。鯛生鉍山では, 水平的にだけでなく, 垂直的にもこの種の傾向(発展段階)が認められる。かくして, サイモイド・ループが形成されたのであろう。

鉍床の富鉍部にみられる「網掛け」は鉍脈部分に沿って認められるが, これは, 上記のループに囲まれた部分, とくに脈に近い部分に微細な菱形または偏菱形の割れ目を形成し, そこに鉍化作用が行なわれたものであろう。

このような「網掛け」の規模は, ループの大小, 鉍化作用の規模・性質などにより, ループ全体に形成されていることもあるし, また, その一部に限定されていることもあって, 一様ではない。

通常, このような「網掛け」部分は, 珪化, 粘土化, 炭酸塩化などの変質作用を受けた母岩に漸移している。

5. 鉍化作用

鉍化作用が数回にわたって繰り返し行なわれたであろうことは, 鉍脈の性状から推察できるが, 明瞭な資料は得ていない。

ただ, 多くの鉍脈, とくに方解石に富む2号脈・9号脈などの鉍脈が, 現在, 鉍床上盤側に認められる断層に平行して沈殿していること, その走向断層の方向の鉍脈の規模がその走向断層に支配されていること, および3号脈のように, 「網掛け鉍」の多い鉍脈には方解石の共

生が少ないこと、などから考えると、含金量の多い鉱液（鉱石中の脈石が石英と方解石のほかにも氷長石にも富んでいる場合、一般に、その部分で合金品位は上昇している）によって最初の時期のサイモイド・ループ構造の鉱脈が形成され、そして、珪化などの変質作用が行なわれたために、鉱液の浸入が停滞した後、2次的な裂カ・断層がEW系裂カ^{注1)}の方向に発達し、その裂カに対して、方解石成分に富む鉱液の流入があり、上記のような鉱床を形成したものと推定される。

すなわち、高品位の含金銀量をもつ鉱液は、方解石の沈殿より前の時期におけるサイモイド・ループの鉱脈の原構造を埋めつつ、鉱化作用が進行したものと考えられる。

1・2・4・5 および 9 号の各鉱脈に認められる原構造は、後期の方解石-石英脈の貫入によって破碎・寸断されているが、その品位分布からサイモイド・ループ自身の原構造の推定は可能であろう。

鉱化作用に関係のある変質作用として明らかなものは、珪化、炭酸塩化、粘土化などの各作用である^{注2)}。鯛生鉱業所の研究結果によると、粘土化帯の粘土鉱物の主要な部分は結晶度の低いハロイサイトを主としている。このことから考えると、鉱床は低温下に生成したものと推知できる。

鉱石は、主として石英中に含まれる金銀鉛物を対象とし、とくに高品位鉱では、「銀黒」が縞状、斑状ないし点状に認められる。

金はエレクトラムとして存在し、方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱および輝銀鉱などの銀の硫化鉱物、そして雑銀鉱・硫酸鉱物を伴っている。辰砂などの水銀鉱物は、鉱石の肉眼ならびに顕微鏡観察でも、鉱石中の重鉱物分離濃集物に対する顕微鏡観察でも、確認されていない。

脈石としては、石英・方解石のほか、緑泥石・氷長石があり、また一部には少量の赤鉄鉱や菱マンガン鉱が伴われている。

現在までに調査・研究した結果および鉱山側の資料から考察すると、「銀黒」を伴うような高品位鉱には、どちらかといえば緑泥石および氷長石が多く共生し、銀鉱物に富む部分には、菱マンガン鉱が比較的多く伴われる傾向がみられる。

6. 水銀 (Hg²⁺) の分布状態

注1) 前記走向断層方向の鉱脈としては、EW系のものが多い。

注2) プロピライトに関して、鉱化作用に関連づけたプロピライト化作用の考え方も、グループで検討したが、はっきりとした証拠がないので、このことは触れない。

水銀 (Hg²⁺) の分布状態^{注3)}を明らかにするための調査研究は、坑内と坑外の両方の場合を対象に行なった。

坑内では、鉱脈になるべく直交する方向の坑道を選び、鉱脈を起点として、坑壁より岩石の連続サンプリング（目の高さ、通洞坑で 50 m 間隔、その他 5 m 間隔、点サンプリング）を行なうと同時に、地質現象の詳細な記録を行なった。そして、この坑内における水銀の分布状態を把握することは、坑外における Hg²⁺ の分布状態を解析する基礎となるものとして重視した。

その際の地質現象の記録は、天盤投影とサンプリングする坑壁の投影とを同時に行なう方法を取り、分析法はすでに発表³⁾した方法（マスクング比色法）を用いたが、とくに銀のマスクングに注意するとともに、銀の微量比色法を併用した場合もある。

以下、坑内における水銀元素の分散状態について報告する。

6.1 坑内の水銀 (Hg²⁺) 分布

調査対象とした坑道は、大通洞坑その他計 19 坑道、延べ 5,480 m であり、採取し、分析に供した試料は合計 694 個である。

分析結果によれば、この坑内試料 1 個当り総平均 Hg²⁺ 含有量は 0.3 μg/g で、クラーク数（地殻クラーク数）0.05⁷⁾ の 6 倍に相当している。通洞坑など鉱脈の存在していない坑道の分析試料を除いた、324 個の分析試料 1 個当り平均 Hg²⁺ 含有量は 0.4 μg/g で、この試料と同じような採取法および取扱いによる大口鉱山の試料分析結果の示す 1 個当り平均 Hg²⁺ 含有量 1.1 μg/g（試料数 110 個、3 号脈）に比較すると、その約 1/3 である。

周知のように、大口鉱山の 3 号脈には肉眼的にも明瞭な辰砂が存在しているが、鯛生鉱山の各鉱脈からは、まったく辰砂などの水銀鉱物の確認されたことがない。この肉眼的ないし顕微鏡的に、辰砂などの水銀鉱物が認められるか否かの差を反映しているのが、上記の 0.4 μg/g と 1.1 μg/g という数値にあらわれた相対的な関係と思われる。ちなみに、大口鉱山で辰砂など水銀鉱物の認められない 7 号脈・8 号脈および 9 号脈の周辺の場合には、1 個当り平均 Hg²⁺ 含有量 0.5 μg/g（試料数 177）で、鯛生鉱山の場合に近い値を示している。逆に、かつて辰砂を確認することができたと伝えられる大口鉱山 1 号脈の場合は、採取試料 211 個の 1 個当り平均 Hg²⁺ 含有量 1.2 μg/g なる値を示すので、その 1 号脈に肉眼的

注3) 正確に言えば、水銀の元素としての分散と集中の状態である。表現を簡明にするために、水銀の分布状態として一括しておく。

ないし顕微鏡的な辰砂が賦存しているか、あるいは賦存していたことは確実にできるであろう。以上のことは、ソ連の地球化学者が証明しているように³⁾、 Hg^{2+} の賦存型式が主として辰砂によることを傍証していることにもなる。

なお、肉眼的にはもちろんのこと、顕微鏡的にも辰砂が認められない鯛生鉱山の金銀石英脈の場合でも、ごく微粒の辰砂の形で水銀が存在する可能性が大きい。しかし筆者らは、まだ確認するに及んでいない。

以下、坑内にみられる地質現象と水銀の分布との関係について述べる。

先に述べた坑内における水銀分析試料総計694個のうち、通洞坑など鉱脈の存在していない坑道の分析試料370個の1個当たり平均 Hg^{2+} 含有量 $0.2 \mu g/g$ ^{注4)} を目途として、その2倍量 $0.4 \mu g/g$ 以上を異常値とした。

そこで、坑内における $0.4 \mu g/g$ 以上の異常点の数、その異常点が2点以上連続する場合の点数および単独に

存在する異常点の数、それらに対応する地質現象とをまとめれば、第1表のようになる(試料総数 694 個)。

以上の数値を異常点総数136に対する百分率として表わすと、第2表のようになる。

これらの表から、坑内における水銀元素の分散異常について、次のように考えることができる。

a) 鯛生鉱山のような、辰砂などの水銀鉱物が肉眼的にも顕微鏡的にも認められていない金銀石英脈とその周辺においても、大口鉱山のような辰砂が肉眼的に確認されている金銀石英脈ならびにその周辺における Hg^{2+} の分散異常^{注5)}とは、同様の傾向が認められる。すなわち、全異常点の約半数(もっとも大きな割合を示す部分)が富鉱脈の影響であり、貧鉱脈の影響も無視できない割合を示しているほか、断層・裂力、粘土帯周辺、岩層の境界部分にも Hg^{2+} の分散異常があらわれていることも、また大口鉱山にみられたと同じ傾向である。

b) 単独ないし2点連続異常などの連続異常点の示す

第1表

	鉱脈およびその周辺 15m		鉱脈以外			不明	合計
	富鉱脈	貧鉱脈	断層・裂力	粘土帯周辺	岩層境界		
単独異常点数	23	25	7	4	3	4	66
2点連続異常点数	18	10	2	4	2	2	38
3点連続異常点数	12	6	—	—	—	—	18
4点連続異常点数	14	—	—	—	—	—	14
異常点総数	67	41	9	8	5	6	136
	108		28				136
非異常箇所数	3	11	2	2	4	—	22

第2表

	鉱脈およびその周辺 15m内		鉱脈以外			不明 (%)	合計 (%)
	富鉱脈 (%)	貧鉱脈 (%)	断層・裂力 (%)	粘土帯周辺 (%)	岩層境界 (%)		
単独異常点	16.9	18.4	5.1	2.9	2.3	2.9	48.5
2点連続異常点	13.3	7.3	1.5	2.9	1.5	1.5	28.0
3点連続異常点	8.8	4.4	—	—	—	—	13.2
4点連続異常点	10.3	—	—	—	—	—	10.3
異常点総計	49.3	30.1	6.6	5.8	3.8	4.4	100
	79.4		20.6				100

注4) 断層・裂力や地層境界に現出する水銀分布異常の影響を含んだ数値であって、厳密な意味でのバックグラウンドではない。従来ヒストグラムによって異常値基準を求めた結果と、ここで採用する異常の基準とは、よく一致するようである。

注5) 分布する水銀(Hg^{2+})の状態が、平均的に一定せず、異常値基準以上の値を示す現象を「分散異常」という名称に統一した。加えて、以下、水銀の分布状態が変化していることを、「分散変化」と称する。いずれも英語でいう dispersion に由来する。

数字は、異常点が単独にあらわれる場合よりも、連続してあらわれる場合(それも、2点連続異常よりも3点連続、3点連続よりも4点連続異常と多く連続して異常がみられる場合)の方が、より正確に富鉍脈の存在と結びつく傾向がみられる。すなわち、単独異常点の場合は、全単独異常点 66 のうち 23 点 (35%)、2点連続異常点の場合は 47%、3点連続異常点の場合は 67%、4点以上連続する異常(4点連続1カ所、5点連続2カ所)の場合は 100%、富鉍脈の存在を示している。

次に、非異常箇所数(鉍脈およびその周辺 15m 以内、断層や裂カ、粘土帯周辺、岩層の境界にありながら、異常が認められない箇所の数)の問題であるが、これを統計的にみると、異常箇所数 94 カ所(単独異常の箇所数 66、2点連続異常箇所数 19、3点連続異常箇所数 6、4点以上連続異常箇所数 3)と非異常箇所数 22 カ所との総計に対するそれぞれの割合は、第3表注6)のとおりである。

この表の示すところによると、

a) 鯛生鉾山の坑内にみられる諸地質現象のうち、 Hg^{2+} の分散異常をもたらす4種の現象(鉍脈・断層裂カ・粘土帯境界・岩層境界)が実際に Hg^{2+} の分散異常を示す確率を約 80% とみなすことができる。これらの分散異常をもたらす諸現象のうち、鉍脈そのものの存在による分散異常のあらわれている確率は 60% を超えている。前者の確率は、辰砂の確認されている大口鉾山の

場合と比べ、基本的に同様な数値であるが、後者はやや低い。とはいえ、 Hg^{2+} の分散変化が本鉾山における探査の指針として用いることのできることを示す数値である。

b) ただし、富鉍脈の賦存による Hg^{2+} の分散異常の確認された箇所数の割合が約 34%、すなわち全異常箇所数と全非異常箇所数の約 1/3 であり、富鉍脈の賦存による Hg^{2+} の分散異常箇所数とはほぼ同じ確率 (27.6%) を示す点に、今後解決しなくてはならない実際的な課題があると思われる。この第3表から一応の傾向としていえることは、異常箇所が1点だけで現われる場合よりも、連続点で現われる場合の方が、富鉍脈の賦存する確率は高いということである。これが地表で検討する場合には、異常域の範囲が広いほど、富鉍脈の潜在する確率が高いということになる。

さて、次は絶対値の取扱いである。そこで、異常値の基準とした $0.4 \mu g/g$ 以上の Hg^{2+} 含有量を有する試料 136 個の対応地質現象別平均含有量を求めると、第4表のようになった。

この表でみられるように、鉍脈が賦存することによって現われる平均 Hg^{2+} 含有値は、そのほかの原因に基づく場合よりも高い値を示す傾向があり、鉍脈による影響も、富鉍脈の場合の方が貧鉍脈の場合よりいくらか高く現われる傾向がある。これを地上の場合にあてはめると、前述のように異常域がより広く現われる部分である

第 3 表

	鉍脈およびその周辺 15 m		鉍 脈 以 外			不 明 (%)	合 計 (%)
	富 鉍 脈 (%)	貧 鉍 脈 (%)	断層・裂カ (%)	粘土帯周辺 (%)	岩層境界 (%)		
単独異常点箇所	19.8	21.5	6.1	3.5	2.6	3.5	57.0
2点連続異常点箇所	7.8	4.4	0.8	1.7	0.8	0.8	16.3
3点連続異常点箇所	3.5	1.7	—	—	—	—	5.2
4点以上連続異常点箇所	2.6	—	—	—	—	—	2.6
非異常箇所	2.6	9.4	1.7	1.7	3.5		18.9
計	36.3	37.0	8.6	6.9	6.9	4.3	100
	73.3		26.7				100

第 4 表

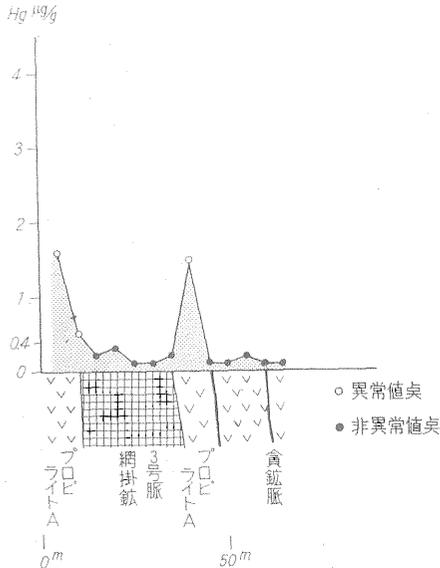
	鉍脈およびその周辺 15m内		鉍 脈 以 外			不 明	総平均
	富 鉍 脈	貧 鉍 脈	断層・裂カ	粘土帯周辺	岩層境界		
1個当たり平均 Hg^{2+} 含有値 ($\mu g/g$)	0.95	0.80	0.60	0.55	0.40	0.60	0.80

注6) 箇所数としての割合を示す。第1、2表のいう点数ではない。

と同時に、異常値のより高い域を有する場合が、富鉍脈の潜在する可能性のより一層大きいことを示すことになる。

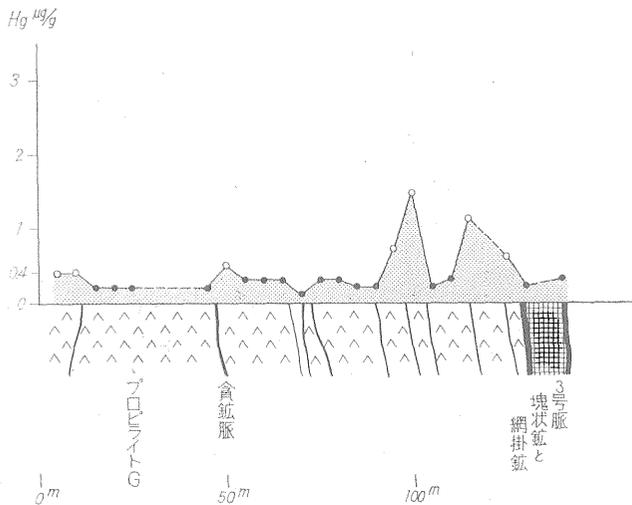
以下、いくつかの代表的な例をあげて、その実際を説明する。

第2図は、3号脈中段坑にみられる鉍脈両盤の Hg^{2+} 分布状態を示している。その中での分散異常の状態は、鉍脈周辺における Hg^{2+} 分布の典型的な形であり、第2図左側にあらわれている分散異常が、2点連続異常と呼んだ1つの例でもある。鉍脈そのものの中では、両盤よ



第2図 3号脈中段坑 Hg^{2+} 分散変化図

りも低い分布値を示す場合が比較的多いが、この図の場合もそれに相当する(肉眼的に確認できる辰砂を伴う鉍脈の場合は、一般に、鉍脈そのものの部分でもっとも高くあらわれ易い。しかし、肉眼的・顕微鏡的に辰砂の認



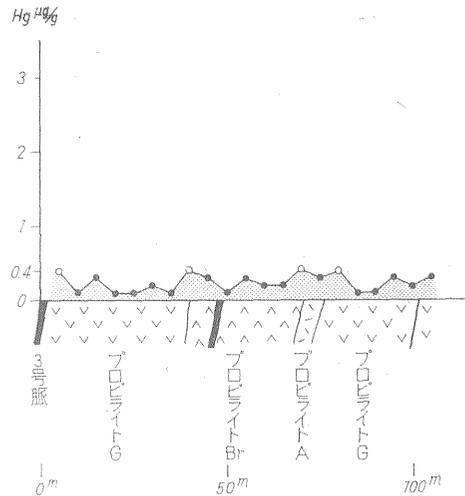
第3図 3号脈5坑道 A, Hg^{2+} 分散変化図

められない金銀石英脈の場合は、一般に、両盤近辺よりも低く現われている。

第3図は、3号脈5坑道の次記第4図の部分に近い立入におけるデータである。

母岩はすべてプロピライト G で、3号脈に関連した2点連続異常点が認められるだけでなく、鉍脈に関連した2点連続異常点2カ所と稼行脈による単独異常点も現われている。一方、鉍脈が相当数賦存しているにもかかわらず、分散異常の認められない部分も存在する。その原因を明らかにするまでに至っていないが、この図はその非異常の1つの典型例である。

第4図は、以上とは別の3号脈5坑道に分布する岩層の、その境界にみられる Hg^{2+} の分散異常の図である。

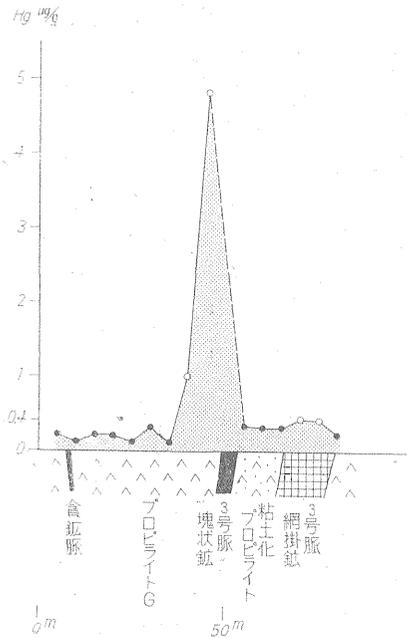


第4図 3号脈5坑道 B, Hg^{2+} 分散変化図

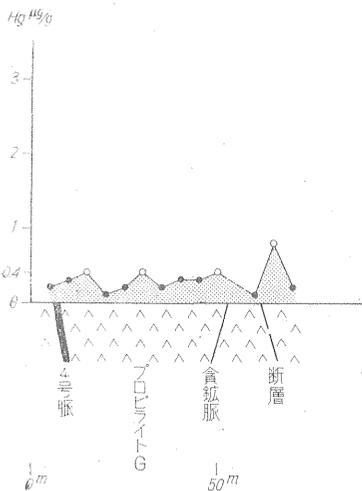
いずれもプロピライトであるが、プロピライト G と Br, G と A の境界などに、比較的低いけれども、単独異常点が認められる。

第5図によると、3号脈の上盤側にきわめて高い異常値をもった2点連続異常の存在が目につくが、その下盤の粘土帯に入ると、 Hg^{2+} の含有値は急激に低下し、その下盤のプロピライトになると、比較的低いながらも異常値を示してくる。これが粘土帯と Hg^{2+} 分布との関係をあらわす1例である。

第6図は、断層と Hg^{2+} 分布との関係を示す1例である。この4号脈11坑の1立入坑の場合、4号脈に関連する単独異常点と1鉍脈による単独異常点のほかに、原因不明の単独異常点と、そして、断層(下盤側は緻密な白色粘土帯で、上記鉍脈に接する)によ



第5図 3号脈4坑道 W4, Hg²⁺ 分散変化図



第6図 4号脈11坑道 Hg²⁺ 分散変化図

と思われる単独異常点がある。

見掛け上、鉾石を塊状鉾・網掛鉾・珪化鉾と呼ばれる3種のものに分類されていることは、すでに説明したところである。また鉾化作用が少なくとも2回にわたって繰返されていることにも触れた。これらの現象とHg²⁺の分散変化との関係は、判然としない。今後引き続き追究する予定である。

6.2 坑外の水銀 (Hg²⁺) 分布

坑外の調査区域は、9号脈、4号脈などの西側端先に当る矢部坑口側(第1図)である。

この地域はすべてプロピライトで構成され、明瞭な各鉾脈の露頭は認められず、ただ調査区域の中央部に白色石英質の転石が少量散在するのみである。

鉾脈の走向がほぼEWを示していることからみて、これらの鉾脈が調査区域内に潜頭的に存在した場合、鉾脈の形成に起因するHg²⁺の分散異常帯がほぼEW方向に表現されることを考慮し、調査区域は大略EWに250m、NSに500mとし、さらに、平行鉾脈の賦存する可能性を知るために、0~2の3測線を各200m延長して補足測線とした。

これらの測線間隔は20m、測点間隔は10mとし、第7図に示すように、一部の試料採取不能部分(水田^{注7)}など)を除いて、746個の岩石・土壌の試料を採取したが、その試料採取法としては従前通りの方法⁹⁾を採用し、加藤ならびに永井が実際の採取作業を指導した。

第7図は、その結果のまとめである。

すでに述べたように、坑内において把握することのできた水銀(Hg²⁺)分布状態の特徴に基づいて、坑外地表部分に対して行なった調査の結果が示す特徴を、次のように指摘することができる。

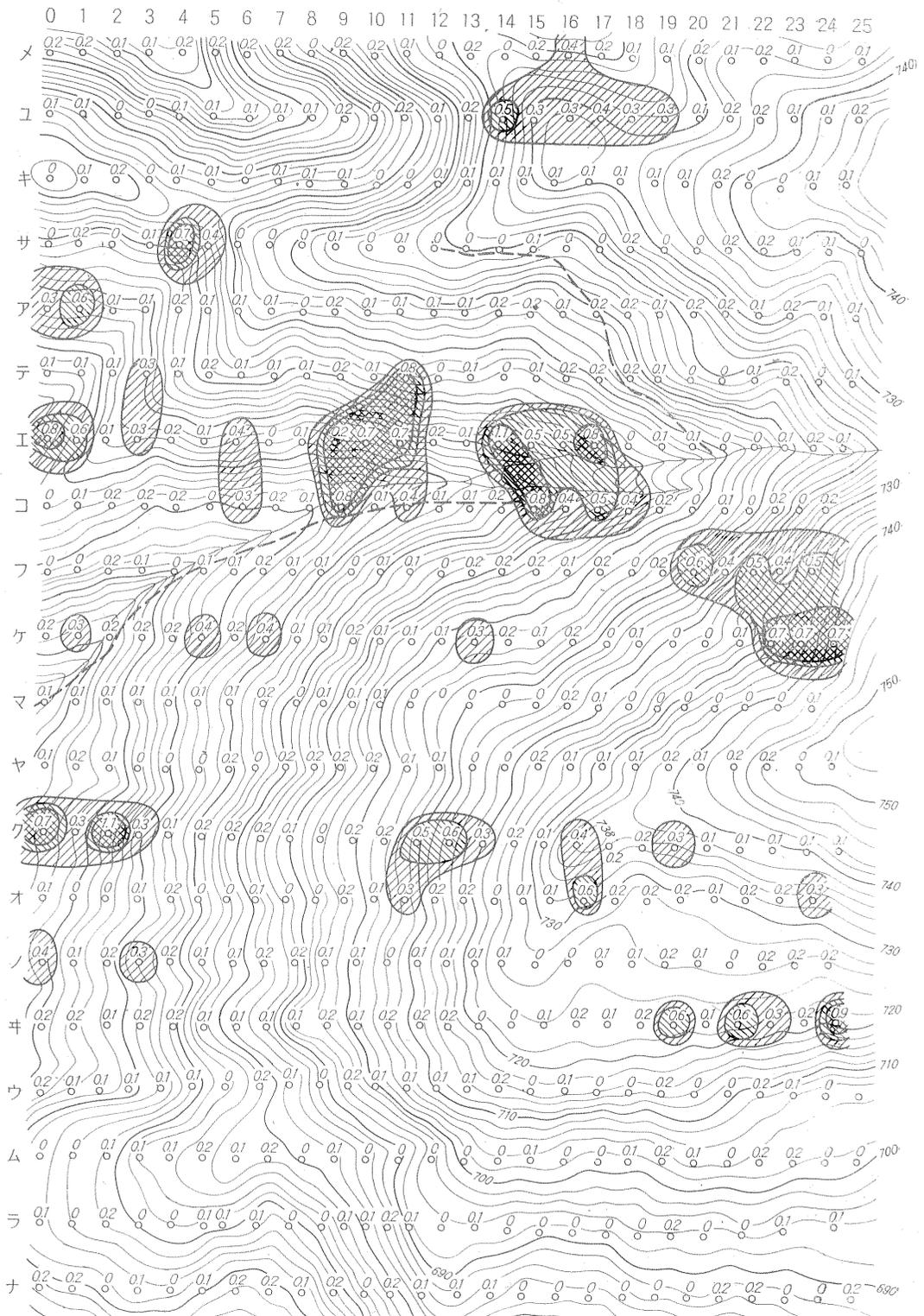
すなわち、断続的ではあるが、水銀の分散異常帯として、前述の予測した9号脈および4号脈の延長線(推定露頭線)上に、一定方向をもって現われた異常部分が確認できる。そのおもな集中群は、次のとおりである。

1) 0~1測線ア・エ測点の0.6µg/gおよび0.8µg/g、測線9~11、測点テ~コの0.7~1.2µg/gの異常値、さらに14~17測線エ~コ測点の0.5~1.1µg/g、20~25測線フ~ケ測点の0.4~0.7µg/gの異常値の部分が、断続して、東部で南に偏向するほぼEWの方向性を示すとともに、位置としても、まさに9号脈の推定延長線上にある。

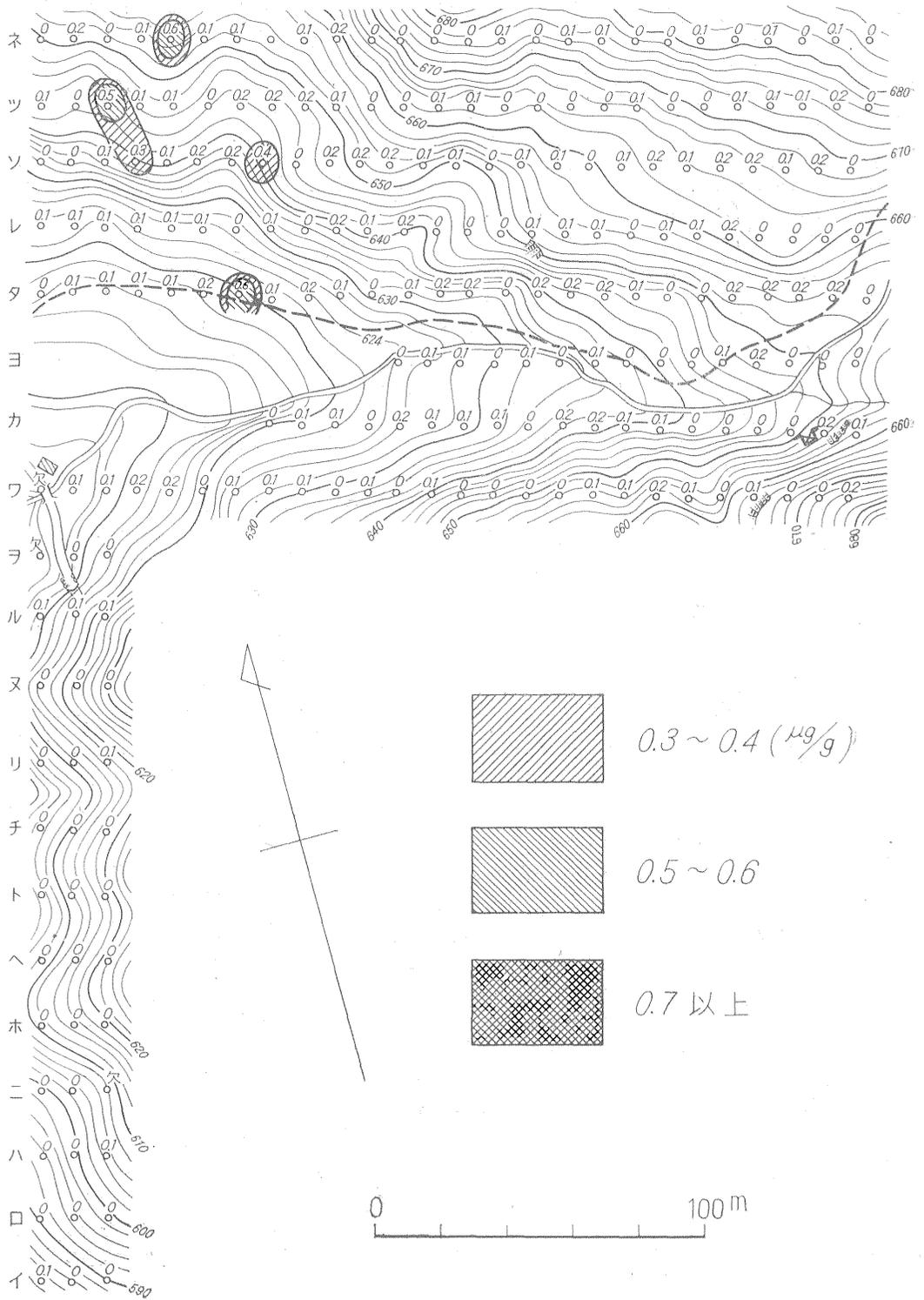
加えて、上記区域の25-エから0-マにいたる小沢の中央部(9測線コ測点)付近の沢の中に少量の石英転石が認められること、調査範囲内でもっとも広い異常域であると同時に、0.7µg/g以上という高い異常値の測点をもっとも集中していること、ならびに、かつてこの沢の中に露頭が認められたという情報のあることを総合すると、この異常帯が9号脈延長部によるものであり、富鉾脈の存在を教えるものと推定できる。

2) 測線0~2、測点クにおける0.7µg/g~1.1µg/gの異常群を中心に、12~13測線ク~オ測点と18-オの

注7) 水田は水銀農薬を使用した可能性が強いため、水田表層を試料とすることはできない。しかし、水田の下部の、とくに岩盤そのものを採取できる簡便な、水田をあまり損壊しない方法さえ考えられれば、解決できる道は開けるはずである。



第7圖 大分県 鯛生 鉾山



水銀分布図

0.6 $\mu\text{g/g}$, 20-キと22-キの 0.6 $\mu\text{g/g}$, 25-キの 0.9 $\mu\text{g/g}$ などの異常群が断続して、4号脈推定露頭線上に配列している。これら異常群の拡がりや異常値は、上述の9号脈推定露頭線上に分布する異常群の拡がりや異常値に次ぐ規模のもので、既知4号脈の延長部に位置する未知潜頭鉍脈の影響による分散異常と考えることができる。

3) 測線 14~19, 測点メ~ユ付近にみられる 0.3^{注8)}~0.5 $\mu\text{g/g}$ の異常群については、主として2つの原因が考えられる。まずその第1は、変質帯の影響である。

すなわち、この地域の北部に矢部一鯛生にいたる断層性構造谷が発達し、それに沿って粘土化帯が分布している。それを構成する粘土鉍物は、絹雲母とモンモリロナイトを主とし、多少の緑泥石を含むものである。上記の異常群の分布位置は、この種の粘土化帯とプロピライトとの漸移帯に相当し、その異常群の拡がりや異常値の規模は比較的小さい。したがって、坑内の項で明らかにしたように、上記の異常群を、粘土帯の周辺にみられる水銀元素の集中に相当するものと考えることができる。

もう1つの推定は、NE系潜頭鉍脈による異常群の影響である。この考え方は、上記の異常群と4-サおよび1-アの異常とを結びつけて考えることによって、成立する。坑内で確認されているように、4号脈・9号脈の北側には数条のNE系潜頭鉍脈が賦存しているが、もしこれらのNE系鉍脈に平行する未確認鉍脈がこれら異常群の位置に賦存しているとすれば、その影響として考えることも可能である。

ただし、後者の考え方の問題点は、1点だけの異常点を機械的に結び合わせることに評価にある。すでに坑内で得たデータのまとめの中で明らかにしたように、1つの傾向として、異常域が広く、かつ異常値がより高い場合が鉍脈の影響のあらわれであった。その点が、この問題の評価を定めるものと考えられる。したがって、粘土帯の影響による水銀の分散異常とみなすべきであろう。

4) 南部の2-ツ, 4-ネ, 7-ソ, 6-タなどの異常(0.4~0.6 $\mu\text{g/g}$)も、一見、11号脈および12号脈などの分岐脈によるものとみえるが、いずれも孤立した異常点の機械的な結び合わせであるから、異常群としての取扱いはできない。このような場合には、測点間の中間に補助測点を設定し、異常群としての取扱いのできるデータか否かを追究する必要があった。とくに、この4)項にあげ

注8) 坑内の場合には 0.4 $\mu\text{g/g}$ 以上を異常値とみなしたが、坑外地表部では、大口鉍山における経験から異常限界を下げて、0.3 $\mu\text{g/g}$ 以上とした。これは、坑内岩石と坑外土壌中の分散量の比、1:0.6 という大口鉍山の場合の数値を適用したものである。

る部分は、その南側にほぼEW方向の沢線があるうえ、23-カ付近に旧坑が存在することからみて、上記鉍化帯による影響の可能性のある重要な部分ともいえるので、補助測点を設定しなければならなかったと思う。

5) 測線 0~2, 測点ヲ~イにわたって行なった調査では、異常群が認められなかった。

したがって、この地区についていえば、鉍化作用や変質作用が弱いためにその影響が現われず、断層や裂カが発達が弱く、かつ母岩(岩層)の変化もみられない部分と考えることができ、少なくとも鉍化帯から地域的に離れていると推定できる。

7. Hg^{2+} の源について

Hg^{2+} の直接的な源が何であるかは、鯛生鉍山の場合、いまだ明らかでない。しかしながら、大口鉍山の場合にそれが辰砂の形をとっていることは、少なくとも確認できた。辰砂以外の水銀鉍物は認め得ない。土壌中の場合、辰砂など鉍物以外の Hg^{2+} の源としては、酸や水に溶けているものも確かに存在する。この大口鉍山の土壌中では、辰砂による Hg^{2+} がもっとも高い割合を示し、次いで酸に溶けている Hg^{2+} 、そして水に溶けている Hg^{2+} がもっとも少ない割合を示している。このことは、基本的には鯛生鉍山の場合にも、おそらくあてはまる内容であろう。

そのほかに、ソ連では金属水銀(自然水銀)として分散している部分のあることも報ぜられているが⁹⁾、その場合でも、分散している水銀の源が主として辰砂であることに変わりはない。

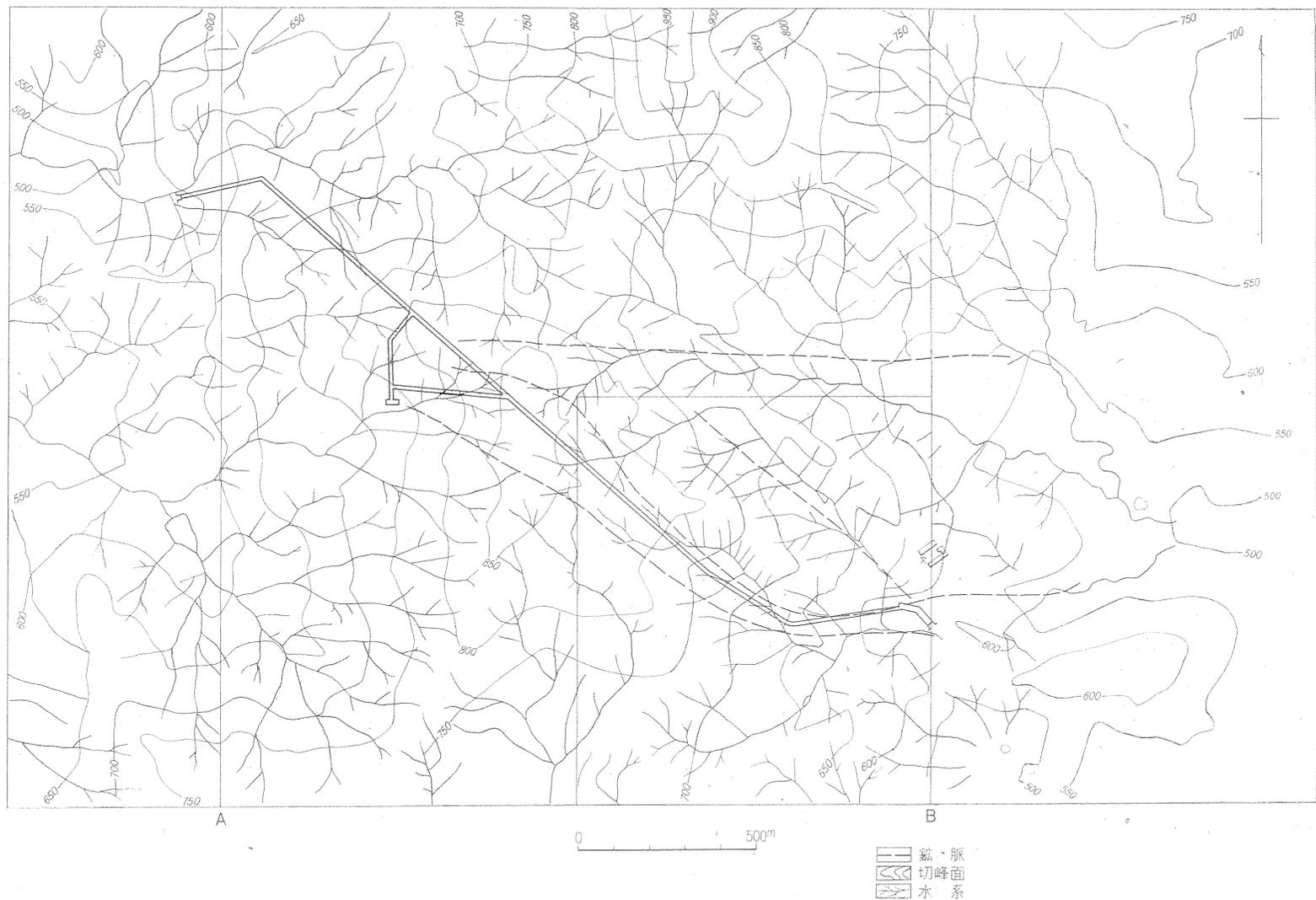
8. 地形と鉍床

鯛生鉍山の鉍床が、主として、プロピライト中の裂カを充填したものであるため、その裂カ帯が地形面に与えているであろう影響のうちの特徴を明らかにし、その結果を利用して、逆に地形形状の変化から裂カ系とそれに伴う地質現象を推定し、水銀の分布状態の解析を一層正確にするために行なった測地学的な調査結果が、この章である。

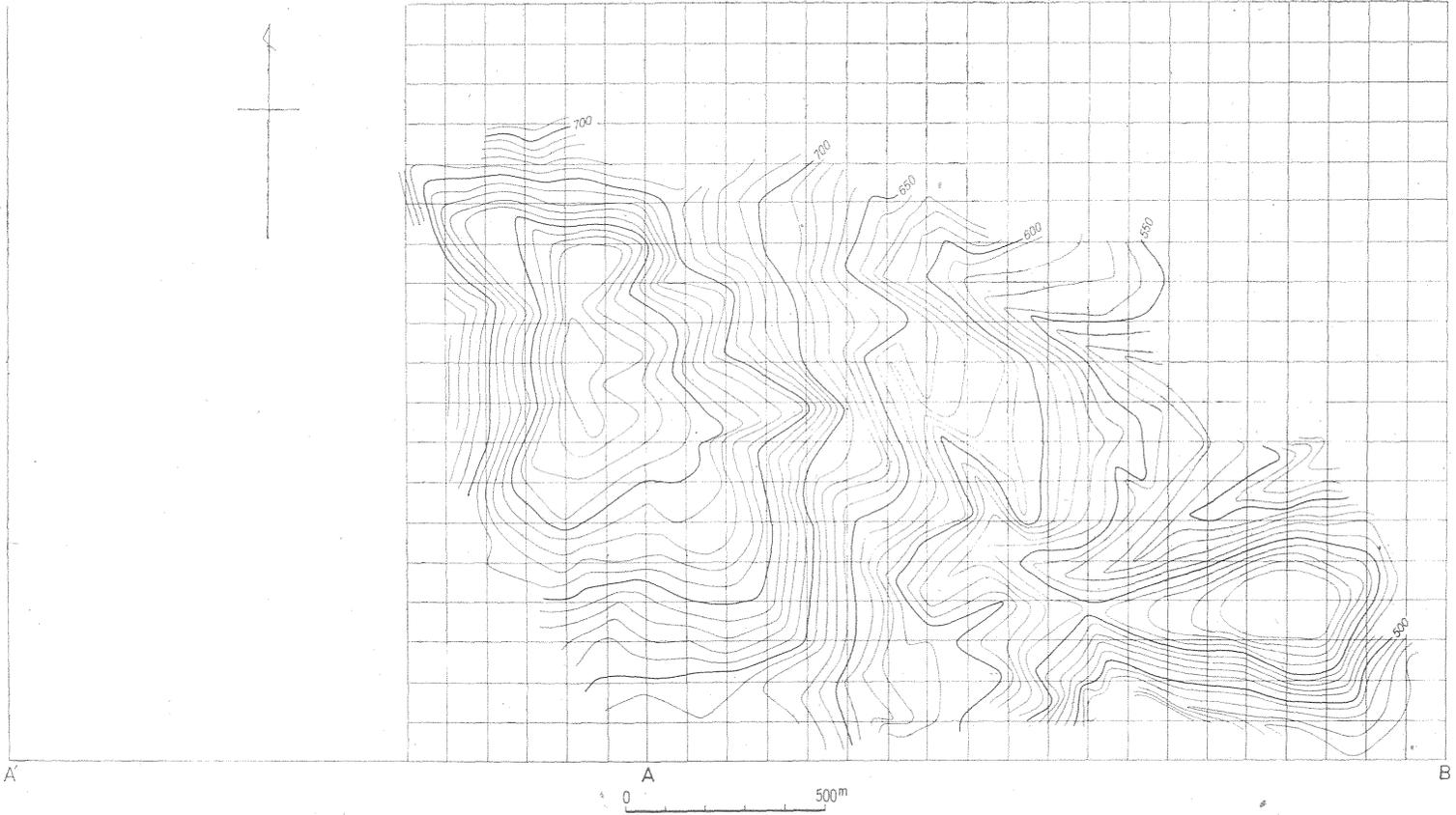
第7章までの内容との関係がすっきりしないが、今回は、同一報文中に包含させた。

鯛生川上流のこの調査地域は、全般的には壮年期の山地地形を示し、主峰が北に偏して北側の急斜面であるのに対し、南側は緩斜面となっている。谷形は、上流で露岩の多いV字谷、下流側で一部に小段丘を伴った複V字谷となっている。

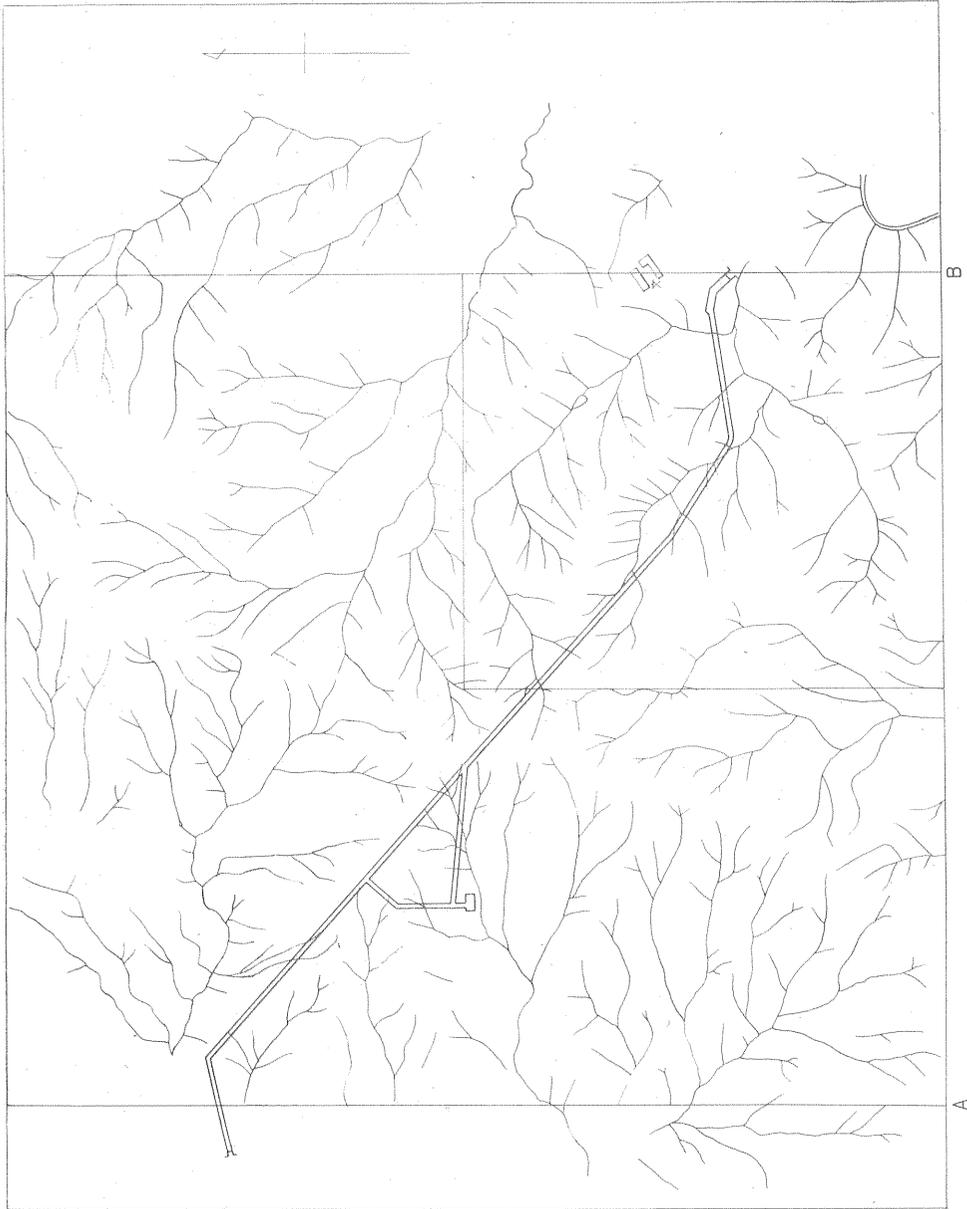
上述の目的に向かって、下記の6種の方法を選び、各方法別に地形と裂カ系との関係を考察した。



第8図 鯛生鉱山地域における切峰面図



第9図 鯛生鉱山地域における切谷面図



第10図 鯛生鉾山地域における水系図

計測の基本図としては、鉾業所作製の航空写真図化による1/5,000地形図を用い、それから成長曲線を求め、その成長曲線に基づいた方眼の目100m²として切峰面図・切谷面図を作製した。

岩石の硬・軟、地質構造との関係を求めるための水系密度・水系頻度は、50m²方眼とし、起伏量は100m²方眼内の最高最低の差であらわし、また、水系関係図は基本図に航空写真を参考として作製した。

8.1 切峰面、切谷面 (第8・9図)

切峰面では、地質上の硬部——珪化帯、軟部——粘土

帯・炭酸塩化帯、断層・裂力帯の侵食作用を受ける度合の差によって生成したと思われる河川が存在が認められると同時に、同図上には、同一系統の方向に発達する鉾脈の存在する影響も現われている。たとえばプロビライト地域で切峰面図上に現われているように、谷は主としてNWおよびNEに走り、これが鉾脈の方向とよく一致する。

また、切谷面図上にも、谷は鉾脈方向に現われている。これは、鉾脈を形成する一因となった裂力が脆弱なために侵食されやすく、それが河川の形成に寄与した結果

と考えられる。

8.2 水系図, 水系模様 (第10図)

前述の切峰面図上に現われた水系は、現在の水系にいたるその変遷過程を示している。水系図にみられる水系模様からいえば、水系模様そのものがほぼ切峰面の傾斜方向と相対的類似の形を示している。たとえば、西南傾斜面に短い小規模の平行水系がみられるが、このようなパターンは硬岩質性を反映したものである^{注9)}。したがって、水系模様の検討は、たとえば珪化帯のような硬質岩石部分を知るうえで有用である。

8.3 水系密度, 水系頻度 (第11・12図)

鉾脈分布地域の水系密度などは、たとえば第5・6・7表のような関係を示している。

第5表 水系密度

位置 水系密度	2号脈	2号脈と 3号脈との 中間	3号脈	3号脈と 4号脈との 中間	4号脈
0	6	8	6	7	8
1-5	2	4	3	6	5
6-10	4	3	5	6	4
11-15	3	4	5	3	4
16-20	5	3	5	2	2
21-25	1	1	0	0	0
26-30	0	0	0	0	0

第8表 鉾脈・脈間別比率 (水系密度)

位置 水系密度	0	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
鉾脈 (%)	29.4	14.7	19.1	17.6	17.6	1.5	0
脈間 (%)	31.9	21.2	19.1	14.9	10.6	2.1	0

第9表 鉾脈・脈間別比率 (水系密度)

位置 水系頻度	0	1	2	3	4
鉾脈 (%)	33.3	28.6	28.6	9.5	0
脈間 (%)	31.7	41.5	24.4	2.4	0

第10表 鉾脈・脈間別比率 (起伏量)

位置 起伏量	30	40	50	60	70	80
鉾脈 (%)	13.2	7.9	39.5	28.9	7.9	2.6
脈間 (%)	4.3	21.7	21.7	30.4	21.7	0

注9) 確かに現地の当該箇所には、珪化帯が分布している。

注10) 第13図参照。

第6表 水系頻度

位置 水系頻度	2号脈	2号脈と 3号脈との 中間	3号脈	3号脈と 4号脈との 中間	4号脈
0	7	8	8	5	6
1	3	7	7	10	8
2	4	6	9	4	5
3	5	1	1	0	0
4	0	0	0	0	0

第7表 起伏量

位置 起伏量	2号脈	2号脈と 3号脈との 中間	3号脈	3号脈と 4号脈との 中間	4号脈
30	2	0	1	1	2
40	2	1	0	4	1
50	4	2	5	3	6
60	4	6	4	1	3
70	0	5	3	0	0
80	1	0	0	0	0

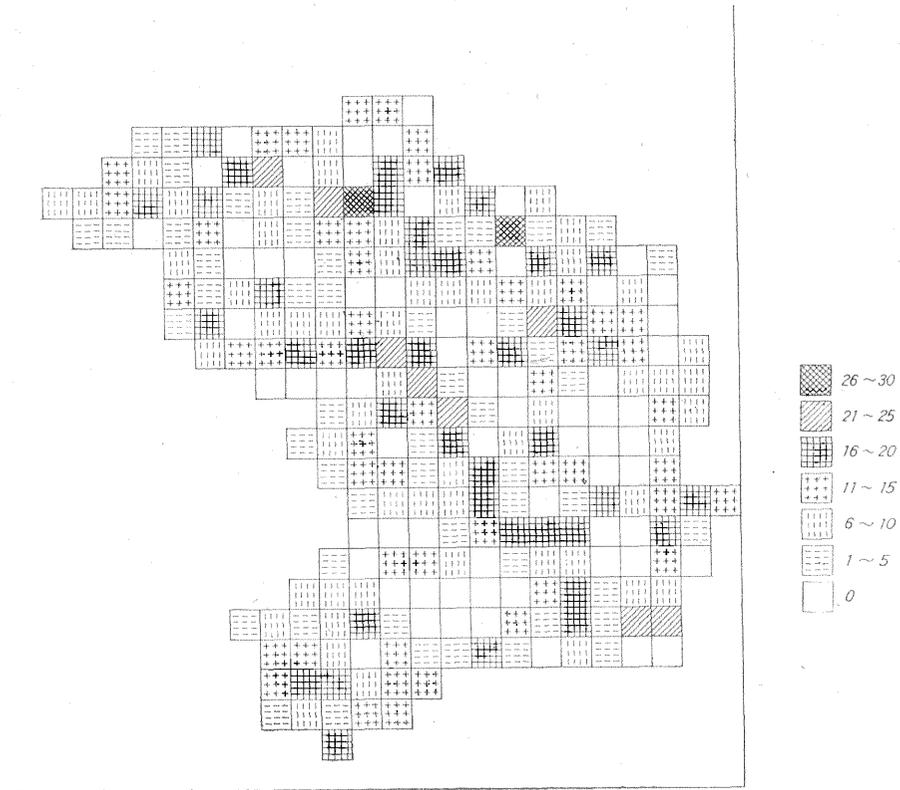
以上の各表の示すところによれば、水系密度・水系頻度・起伏量^{注10)}のそれぞれと鉾床の分布との関係は、明白でない。

これを、鉾脈および脈間の各平均百分率の各水系密度

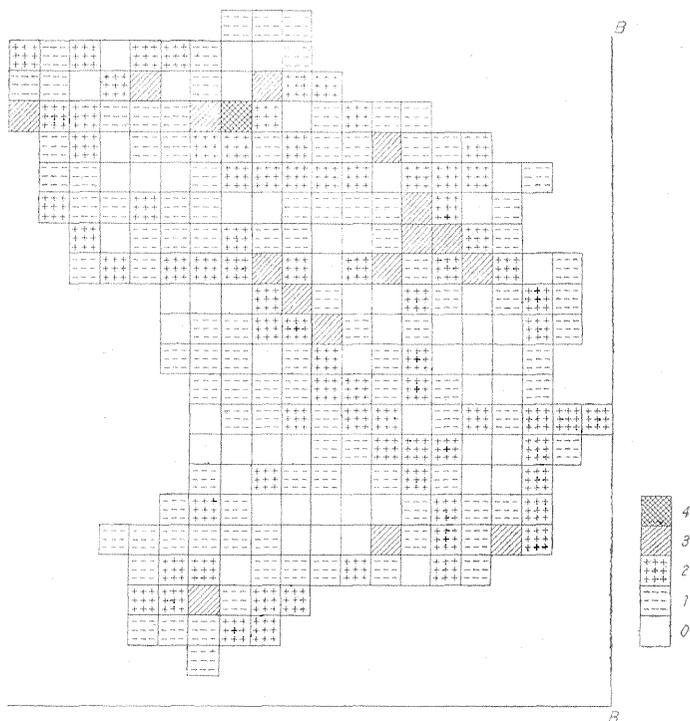
別、各頻度別、各起伏量別分類に変えてみると、第8・9・10表のようになる。

以上の表の示す1つの傾向として、起伏量にあらわれた鉾脈および鉾脈間の影響の違いが指摘できる。すなわち鉾脈の賦存する場所での地表の起伏量が50から60の範囲に比較的集中しているのに対し、脈間の中央部では40から70までの比較的分散した割合を示していることである。しかし、データ数が不足しているため、不充分さを免れない。加えて、起伏量の測定という測地学的な仕事の実用上の意義も、今後検討すべき問題と考えている。

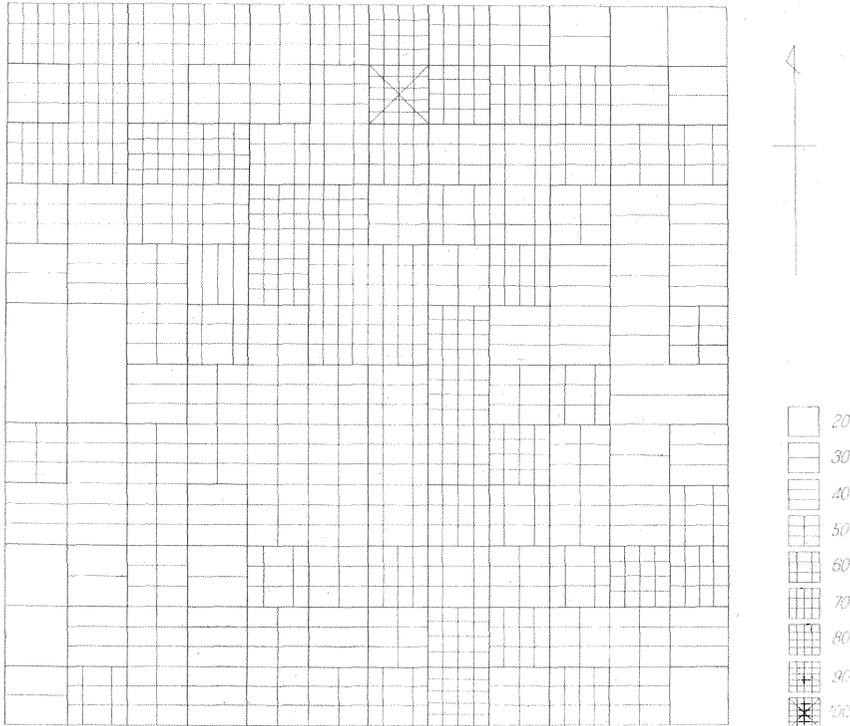
ここに述べてきた鯛生鉾山における測地学的な研究の初歩的な結果、すなわち表土土壌にかくされた裂け帯・粘土化帯・珪化帯のそれぞれの分布を知る手掛りを得たことは、その手掛りをまだ一般化することはできない。



第 11 図 鯛生鉾山地域における沢密度



第 12 図 鯛生鉾山地域における水系頻度



第13図 鯛生鉱山地域における起伏量

れども、水銀の分布状態を研究し、潜頭鉱床^{注11)}の探査のために地表でその分散異常を把握した結果の解析を正確にする1つの補助手段として検討する価値があることを示したものと考ええる。

9. 結 言

辰砂などの水銀鉱物を肉眼的にはもちろんのこと、顕微鏡的にも確認し得ない鯛生鉱山の金銀石英脈においても、辰砂を伴う大口鉱山の3号脈を代表例とする金銀石英脈の場合と同様な傾向・同様な現象として、水銀(Hg^{2+})の分散と集中が認められ、その状況の示すところによれば、水銀の分散と集中の変化を地表土壌について追究することは、探査上きわめて有効である。

その分散と集中の状況を知り、その結果を解析する場合、鉱脈の存在だけでなく、断層や裂カ、粘土化帯あるいは珪化帯の存在も Hg^{2+} 集中の素因となり、また地層の境界面も分散異常をもたらすこともある点に注意を要する。

筆者らは、それらの要因を実際の場合に区別できる手段の1つとして、測地学的な方法を追究し始め、土壤によってかくされた裂カ帯と粘土化帯および珪化帯が区別できる芽を得た。これを確実なものに発展させられる

注11) この場合は、金銀石英方解石脈。

か否かは今後にあつて、独自のテーマとして取扱うべきものと考ええるに至っている。

以上のことから、浅熱水性金銀石英脈の鉱床に対する水銀分散法による探査の有効性は、確かめられたと考える。したがって、本邦各地に分布するこの種の鉱床に対する探査法の1つとして、とくに比較的深く潜在する潜頭鉱脈の場合に、その特徴を発揮するであろう。その深度は、まだ確定してはいないが、おそらく150m前後^{注12)}までと考えることができるだろう。もっと感度の高い方法を開発しさえすれば、その深度も一層深め得ると考えている。同時に、もっと能率的な試料採取法を実用化して、広域にわたって検討することが容易になれば、解析は一層正確になるであろう。

一方、 Hg^{2+} の分散する機構と過程を明らかにするまでにいたっていないし、また Hg^{2+} の分散を伴う鉱化作用の型式別・種類別の限界についてもまだ明らかにしていない。これらの問題は、ひきつづき追究する予定である。

文 献

- 1) 岸本文男・加藤甲彦・高島 清・東野徳夫・勝目

注12) 大口鉱山の場合に130m+, 200m±の2例がある。

- 一泰 (1963): 金銀鉾床に対する地化学探査法の研究——大口鉾山における水銀分散例, 鉾山地質, vol. 13, no. 61, p. 243~252
- 2) 高島 清他 2名 (1963): 鹿児島県大口鉾山金銀鉾脈周辺における水銀元素の分布について (その 1), 地質調査所月報, vol. 14, no. 11, p. 795~808
- 3) 岸本文男他 4名 (1964): 鹿児島県大口鉾山金銀鉾脈周辺における水銀元素の分布について (その 2), 地質調査所月報, vol. 15, no. 1, p. 29~35
- 4) 岸本文男他 7名 (1966): 鹿児島県大口鉾山金銀鉾脈周辺における水銀元素の分布について (その 3), 地質調査所月報, vol. 17, no. 1, p. 1~17
- 5) MCKINSTRY, H. E. (1960): *Mining Geology*, Modern Asia Edition, Charles E. Tuttle Company, Tokyo, p. 315~316
- 6) Озерова, Н. А. (1958): Материалы к Всесоюзному совещанию по разработке научных основ поисков слепых рудных тел, Госгеолтехиздат
- 7) ALBERTY, D (1955): *Physical Chemistry*
- 8) 中野尊正・吉川虎雄 (1961): 地形調査法, 古今書院
- 9) 吉田 登 (1963): 航空写真の水力発電への応用, 山海堂
- 10) 岡村信吉 (1940): 自然地理学