

概 報

553.43/.44 : 549.3 : 550.84 : 546.49(521.83)

岡山県瀬戸鉱山銅鉛床の坑内における水銀の分布について

高島 清* 永井 茂**

Underground Distributions of Mercury Anomalies in the Copper Vein Deposits at the Seto Mine, Okayama Prefecture

By

Kiyoshi TAKASHIMA & Shigeru NAGAI

Abstract

A possibility of geochemical prospecting using mercury as a indicator was examined on copper vein deposits with no visible mercury mineral. The copper-quartz vein deposits consisting of pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, sphalerite, and galena with minor amount of arsenopyrite, stannite, chlorite, calcite, epidote and fluorite occur in diabase, schalstein, gabbro and clayslate.

Rock samples of 336 in total for chemical analysis were collected from the four crosscutting galleries at regular interval of five meters, and analyzed by colorimetry after masking the presence of silver in specimens.

Background content of mercury in the 294 samples was 0.8 $\mu\text{g/g}$.

Strong anomalies were detected at several sampling sites which correspond to (1) the rich veins, over 2.0 $\mu\text{g/g}$, (2) the poor veinlets over 1.6 $\mu\text{g/g}$, (3) faults, from 1.2 to 2.0 $\mu\text{g/g}$, and especially to the highly altered parts.

The distribution pattern is similar to that of the gold-silver veins, and geological interpretation of the distribution of mercury anomalies could be useful for the location of the hydrothermal mineralization of base metals with no visible mercury minerals.

1. ま え が き

金銀鉛床に対する地化学探査において、 Hg^{2+} の分散異常が有効であることは、筆者および共同研究者の今までの研究により明らかにされた。これらをさらに発展させ、硫化鉛物を主体とする熱水型および高温交代型の鉛化作用の中で、 Hg^{2+} のどのような挙動が認められるかについて調査研究を行ない、水銀の分散異常による地化学探査法の有効性を明らかにすることを考えた。

岡山県下には数多くの銅・鉛・亜鉛鉛床が分布しており、このような研究を実施するための良いフィールドであると考え、予察の結果から柵原・瀬戸および2、3の鉛床をとりあげ調査研究を実施した。

調査研究に当たって、調査グループを2班にわけ、高島・永井班は柵原を中心とする北東部地区、岸本・加藤班は山宝・金平を中心とする西部地区を担当した。この

調査報告はその概報の一つである。

なお、調査に当たって種々の御指導をたまわった鉱業所の方々に感謝の意を表する。

2. 地 質 概 要

本鉛山付近の地質は、古生代に属する粘板岩層とこの中に貫入・噴出する夜久野塩基性侵入岩体（主として輝緑岩・輝緑凝灰岩・斑岩・閃緑岩）および上記岩石中に貫入する花崗岩、安山岩々脈よりなる（第1図）。

選鉛場西方地区には中新世に対比される真加部砂岩層が、不整合に古期岩層を蔽って分布している。

第四紀層としては瀬戸鉛業所前の谷に分布する河川砂礫層が知られている。大切坑地並の大弘鍾向立入坑道内にみられる膠結された砂礫層は、この砂礫層の下底部に当たるものと考えられる。

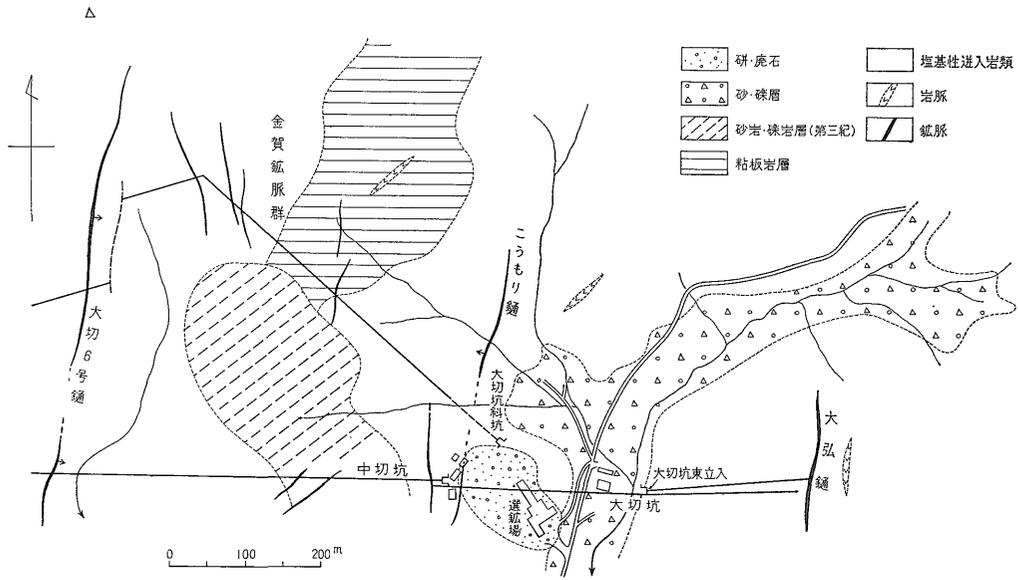
以下、各岩石および地層についてのべる。

1) 粘板岩層

岡山県北部の南海粘板岩層に対比されるもので、鉛山

* 元 所 員

** 技 術 部



第1図 瀬戸鉄山地質・鉄床図

付近の分布は南部地区と大切坑斜坑々口付近に知られている。

岩質は細粒緻密の珪質粘板岩を主とする。一般走向はEW、傾斜 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}N$ を示している。

坑内にみられる粘板岩層は一般に輝緑凝灰岩層中に挟在されるもので、粘板岩層中に薄層の輝緑凝灰岩部をはさみ、やや緑色を呈する。また、部分的には珪質、チャート質のものもみられる。大切坑斜坑の“こうもり鍾”立入分岐点付近に発達するものは、走向EW、傾斜ほぼ水平で、チャート質のものである。

2) 夜久野侵入岩体

比較的広い分布範囲を示し鉄床の母岩となっている。岩質としては輝緑岩質部がもっとも多く、輝緑凝灰岩質部・閃緑岩質部・斑岩質部の順となり、これら間には明瞭な境界は認められない。坑道内に観察する限りでは相互に漸移するように認められる。

輝緑凝灰岩質部では僅かではあるが、堆積構造を示しているものがあるが、その他粘板岩層の項でのべたように珪質粘板岩中に挟在するものも多い。

3) 岩脈類および花崗岩類

坑内において5~6条の岩脈が観察される。いずれも古生代の岩層を貫ぬくもので、その方向性は、走向NS系、 $N40^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ 系のもので多く、まれにEW系のものがみられる。脈幅はすべて1m以内のものである。

岩質は、大弘鍾東側で石英粗面岩々脈が認められるほ

かは、大部分が安山岩々脈である。

その他、フェルサイト(珪長岩)様岩質を呈するものも一部に認められた。

花崗岩類は調査地域の北西方に分布するが鉄床地区、坑内には認められない。

4) 砂岩・礫岩層

中切坑々口南西部の丘陵地帯に分布する砂質頁岩を挟在する砂岩・礫岩の互層で、ほぼ水平に堆積している。この岩層は岡山県資料^{注1)}では中新世真加部層に対比されている。

5) 砂・礫層

第四紀の河川堆積物からなるもので、NS方向の瀬戸谷に沿って分布している。

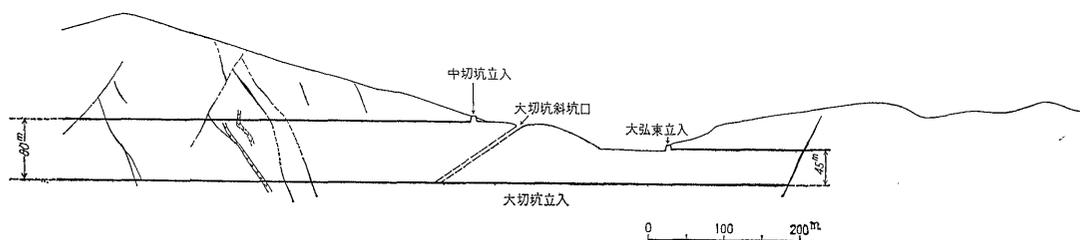
礫の種類は輝緑岩・閃緑岩などの基盤岩類と同一岩種が大部分で、一部に花崗岩・粘板岩・玢岩などの礫を少量混在している。

膠結物質は砂・粘土で、大切坑地並でみられる堆積下底部に相当する部分では、地表部と比較して膠結度が大きい。

3. 鉄床概要

瀬戸鉄山は、岡山県東北部、兵庫・鳥取両県境に近い英田郡作東町瀬戸にあり、鉄床は東西約2km、南北約2kmの範囲内に分布する鉄脈群からなる(第2図)。

注1) 地下資源調査報告書(12)、昭和36年10月、岡山県



第2図 瀬戸鉱山断面図

鉱脈の胚胎する母岩は、いわゆる夜久野塩基性侵入岩体で、鉱脈群は走向N10°E、傾斜55°~80°WまたはEを示す平行鉱脈よりなる。

各鉱脈の脈幅は0.3~1.5mの範囲内で変化し、走向延長は数10mから最大500mにおよび、傾斜延長は探鉱開発深度から200mと推定される。

鉱石鉱物は黄鉄鉱・黄銅鉱・磁硫鉄鉱を主とし、閃亜鉛鉱・方鉛鉱・硫砒鉄鉱・磁鉄鉱・黄錫鉱などが認められ、脈石は石英・緑泥石・方解石で螢石・緑簾石などを随伴する。

以下各鉱脈についてのべる。

1) 大切6号鍾

走向NSを示す鉱脈で、大切坑地並より上部露頭まで約110m稼行され、本鉱山の主脈である。

鉱脈は変質した玢岩・安山岩質岩脈に沿い、特に下盤沿いに胚胎し、レンズ状の膨縮をもつ脈幅0.3~1.6mを示す。

品位はCu 3.0~18%、Zn 1~4%、Pb 0.2%±、S 4~42%を示す。

この鉱脈の北側には走向N20°~30°E・傾斜60°Eの走向断層が発達し、これに規制されている。また、鉱脈の南部では、鉱脈を切る走向EW、傾斜垂直の小断層性裂カが発達による擾乱帯により鉱脈がみだれ、そのため鉱脈は劣勢となり、連続方向への錘押探鉱はいずれも失敗に終わっている。

この鉱脈の上部90m坑では、走向N30°E・傾斜80°EのややNEよりに振れる鉱脈と、NS系の鉱脈とに分岐している。このNS系は断層系でもあり、したがってこの中に胚胎する鉱脈はみだされて、一般に劣勢となっている。しかし、このような劣勢化した鉱脈であっても、その合流部分には硫化鉱物の濃集する肥大した富鉱部が胚胎し、脈幅1m、品位Cu 10%、Zn 4~5%に達するところがあった。

中切坑は大切坑における上記鉱脈の南錘先と平行鉱脈の探鉱のために切られた探鉱坑道で、予定着脈部まで

500m掘進されたが、この部分では優勢な鉱脈に着いていない。

2) 金賀鉱脈群

大切坑地並では、こうもり鍾と大切6号脈との間に胚胎する鉱脈群で、従来、金賀1, 2, 3, 4, 5号脈と称せられ、いずれも0.4~1.0mの脈幅を示すNS系の裂カ充填平行鉱脈群である。これらの鉱脈は、NE系あるいはEW系の裂カ、あるいは断層によって切られ、その走向延長は50~60mのものが多く、100m以上に及ぶものはない。脈幅の狭小なものは上記以外にも胚胎するが、その膨縮が著しく、品位は大切6号脈より平均して低い。5号脈の肥大部では、例外的にCu品位20%に達する部分があった。

3) こうもり鍾

大切坑地並より上部約60mの間が稼行されている。走向N10°E、傾斜50°~70°W、走向延長約110mの鉱脈で、脈幅0.05~0.3mの範囲内で膨縮する。

この鉱脈は黄銅鉱・閃亜鉛鉱・硫砒鉄鉱・黄鉄鉱を主として随伴し、その他に部分的に磁硫鉄鉱・螢石を伴うことがある。

そして、この鉱脈は走向N50°E、あるいはEWの断層に切られ、転移あるいは尖滅している。さらに、この鉱脈の南側では重谷向に約450m探鉱坑道が掘進されている。この坑道のこうもり鍾から南へ約400mの位置で、幅0.1mのやや肥大した部分があるが、この鉱脈全体として、大切坑地並では稼行に値するような場所はほとんどない。

4) 大弘鍾

大切坑地並では、こうもり鍾から東方約500mまで探鉱坑道が切られ、この鉱脈に逢着している。この鉱脈は走向NS、傾斜60°W、脈幅0.3~0.4mを示し、上部では脈幅0.1~0.5m、最大脈幅1mにも達する。

品位は、Cu 4~6%、Pb 0.5~10%、Zn 2~15%、S 2~20%で、大切坑地並以上約100mの間が開発、稼行されていた。

この鉱脈は、北方では走向断層により尖滅し、また南方では鉱脈にほぼ直交するEW断層により切られ、その錘先を見失っている。

5) その他

上記以外にも若干の鉱脈および露頭が発見されており、猫軟鍾、唐池鍾などが探鉱されたことがあるが、いずれも稼行に値いしなかった。

4. 裂力系について

瀬戸地区の鉱脈群は、大部分、夜久野塩基性侵入岩体中に形成された裂力を充填して生成されている。

形成された裂力を要約すると：

① 鉱脈を胚胎する裂力は、NS系が優勢で、NE系がこれに次ぐ。

② 岩脈を胚胎する裂力は、①と同様にNS系がもっとも多く、NE・NW系がこれに次ぎ、EW系はまれである。

③ 断層は、NS系がもっとも古く形成されたもので、NE・NW系、さらにEW系はもっとも新しい。

5. 鉱化作用について

瀬戸地区に分布する鉱脈型鉱床には夜久野塩基性侵入岩体中に胚胎するものが多い。

また、この地域周辺の花崗岩の分布、安山岩類の噴出貫入などから推定すると、瀬戸鉱床は白亜紀末から古第三系初期の鉱化作用によるものと考えることが適当である。

一般の鉱脈を構成する鉱石鉱物の種類は、磁硫鉄鉱・黄鉄鉱・硫砒鉄鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱などである。部分的には磁硫鉄鉱と共に磁鉄鉱が共生することがあり、また閃亜鉛鉱中に不規則の縞状構造を呈して黄錫鉱が認められた。

量的には磁硫鉄鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱が多い。磁硫鉄鉱には、他の硫化鉱物と共生する緻密質灰白色のものと、茶褐色粗鬆質のものがある。前者の硫化鉱物は黄銅鉱・閃亜鉛鉱などであり、相互に離溶・包裏・縞状などの構造を呈している。また、黄鉄鉱・硫砒鉄鉱・方鉛鉱・磁鉄鉱を含むことも多い。黄銅鉱は、磁硫鉄鉱と共生することが多い。細脈中では磁硫鉄鉱部と黄銅鉱部とが漸移する場合もみられる。閃亜鉛鉱は、一般には他の硫化鉱物と共存しているが、まれに単独で閃亜鉛鉱細脈を形成していることもある。

鉱石鉱物の帯状分布は開発深度が小さいため深さに対しては明瞭でない。ただ、鉱脈ごとについて、若干の差異はあるが上盤側に閃亜鉛鉱、下盤側に黄銅鉱・磁硫鉄

鉱が多く存在する傾向が知られている。

また、平面的には、北部に移るにつれて磁硫鉄鉱・閃亜鉛鉱が多くなる傾向を示している。西部の鉱脈群は黄銅鉱・磁硫鉄鉱・閃亜鉛鉱を主とするに反し、東部では大弘鍾のように方鉛鉱の含有の多い鉱脈が分布している。

鉱化作用に関係があると思われる母岩の変質は、絹雲母化・緑泥石化・緑簾石化・珪化であるが、変質帯は鉱脈の両側数mにとどまり、あまり顕著ではない。

6. 水銀 (Hg²⁺) の分布状態

地表条件は良くないので、今回の調査研究はすべて坑内における採取試料について行なった。

坑道の選定については、鉱脈になるべく直交する立入坑道を取りあげ、坑内での作業はこれらの坑道の壁から、5m間隔で、目の高さ(1.50m)における位置の連続点サンプリングを実施し、同時に地質現象のスケッチを行なった。

分析法は、マスキング比色法(岸本文男他, 1963)を採用し、とくにAgのマスキングに注意するとともに、その微量比色法を併用した。

対象坑道は、大切坑地並、中切坑地並で、その総延長は1870mであり、採取し分析した試料の個数は、合計336コであった。

分析結果によれば、坑内試料1コ当たり平均Hg²⁺含有量は0.799 μg/gで、クラーク数0.05 μg/gの16倍に当たり、異常に高い値を示している。この平均値の異常な高さは、分析者の個人誤差の表現されたという理由の他に、鉱床中の方鉛鉱などに含有されるAgの影響も見逃せない。Agのマスキングは細心の注意を払ってもなお十分でなく、サンプル調整中の不純物混入誤差とともに、個人差の表われる最大の原因となっている。

したがって、今回の分析については、永井が全試料の分析を担当した。

6.1 大切坑坑内における水銀分布

坑内試料採取は大切6号鍾採掘跡を起点として、大切坑斜坑口に近いこうもり鍾に至る約500m間と、大切6号鍾から西方に約80mの立入坑道について行なった。

前者の立入坑道は大切1号から6号までの鉱脈群、および、こうもり鍾、その他の小分岐脈を貫ぬいており、坑道全体の水銀含有量も高く、その平均値を0.8 μg/gとすれば、平均値以上の値を示す異常点が多く分布する(第3図)。

母岩はこうもり鍾の付近50mが粘板岩を主とする地層であるほかは、斑岩質・閃緑岩質・輝緑岩質岩相の変化が認められる塩基性侵入岩類よりなり、これらの間

の明瞭な境界を認めることは困難である。

この坑道で、最高の水銀 (Hg^{2+}) 含有量を示したのは大切1号鍾付近の点で $6.9 \mu g/g$ を示し、これについて、こうもり鍾の付近の $3.2 \mu g/g$ であった。

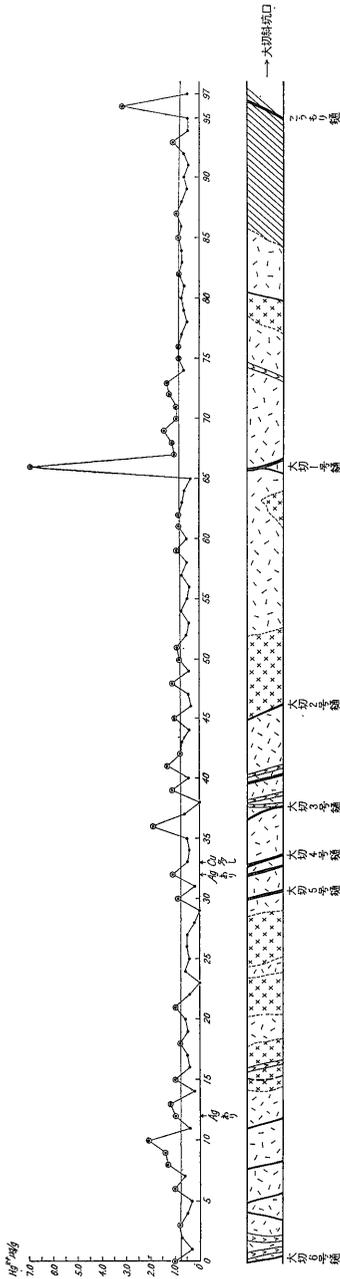
大切3号脈付近は細脈の分布が多い理由もあって、高い値を示すものが多かったが、それでも $1 \sim 2 \mu g/g$ であった。この部分では、分析の過程で多量の $Ag \cdot Cu$ を認め、その補正には苦勞を要したが、顕微鏡下では辰砂を認めることは出来ず、補正のための分析によっては、上記の値よりさらに下回るかもしれない。

この坑道内における塩基性岩帯と粘板岩帯とは水銀 (Hg^{2+}) の含有量に相異が認められ、一般的傾向として、前者が後者より高い値を示している。

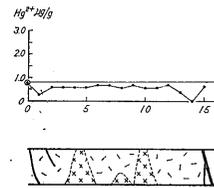
岩脈は主に安山岩々脈で、鉱脈の存在する部分に多く分布するから、鉱脈と何等かの関係をもつと思われる。また、鉱脈を切ったり、切られたりする相互関係は認められなかった。

このような岩脈では、水銀 (Hg^{2+}) の含有量が低くなっていることが多い。おそらく、このような岩脈の貫入による影響での水銀分散も考えられるし、また、さらにその周辺の母岩中に、水銀 (Hg^{2+}) の含有量が多くなることも当然考えられることである。

次に、西 80m 探鉱坑道(第4図)における水銀 (Hg^{2+}) 含有量はこの坑道が盲坑道であり、かつ、岩質が塩基性岩のみよりなり、鉱脈の数も少ないところから、比較的平均した $0.7 \mu g/g$ の値を示している。



第3図 大切坑西向立入坑道



第4図 瀬戸鉱山大切坑西向立入坑道

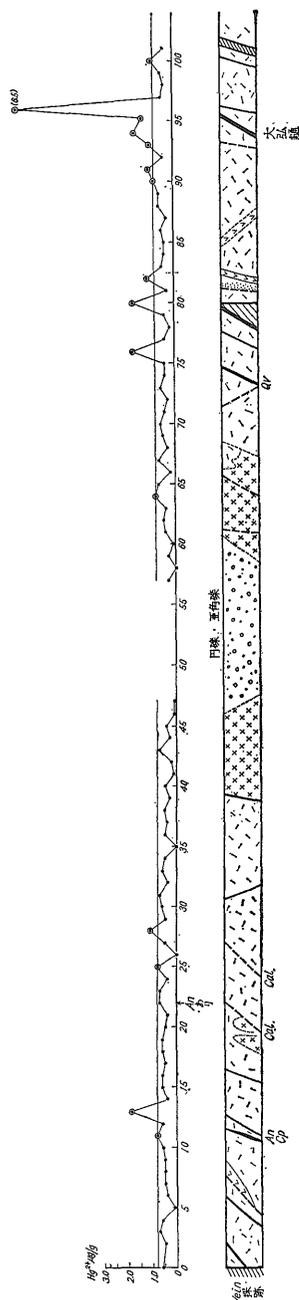
大切坑地並の大弘鍾向立入坑道(第5図)において、こうもり鍾の探奨開始点から、大弘鍾まで、約505mの坑道における試料採取と分析を行なった。

地質は、225mから300mの間は砂礫層にて充填されているが、他はすべて塩基性岩体より構成されている。

数カ所に岩脈の貫入が認められるが、これによる変化はあまり認められない。

大弘鍾付近で $6.5 \mu g/g$ の高い水銀含有量を示す点以外は、 $1 \mu g/g$ 以上を示す異常点10点はすべて鉱脈周辺か、方解石脈の存在に関係がある。

これらの異常値の認められた点付近の関連鉱脈は、方



第5図 瀬戸鉱山大弘東立入坑地並

解石脈であっても、方鉛鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱および硫化鉄鉱を伴っており、このような鉱脈型鉱床について水銀の分散異常が有効であることを示している。

6.2 中切坑坑内における水銀分布

中切坑における試料採取は、坑道引立の大切6号鍾から坑口に向かって行なった。坑道延長は500mで、地質状況は、引立より280m点から400m点までの間にやや粘板岩質部の挟在する輝緑凝灰岩が分布するが、それ以外は、殆んど全部が塩基性岩類よりなっている(第6図)。

この坑道内での水銀 (Hg^{2+}) の最高含有量は、引立より200m点で Hg^{2+} 含有量 27 $\mu g/g$ を示している。この点付近での鉱脈を検討した結果では、辰砂は認められないが、黄銅鉱の多い黄鉄鉱石英脈の存在が認められた。

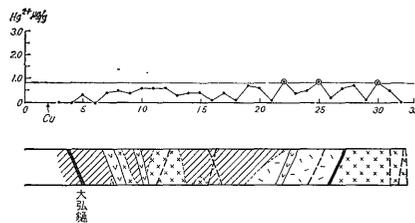
その他の点では引立より295m点付近で Hg^{2+} 含有量 4 $\mu g/g$ 以上の2点連続異常点が顕著で、この部分でも多量の黄銅鉱を伴う黄鉄鉱・閃亜鉛鉱が認められた。

その他 0.8 $\mu g/g$ 以上の平均 Hg^{2+} 含有量を示す点は、いずれも関連鉱脈の存在が認められている。

とくに、坑口付近で、やや Hg^{2+} 含有量が高くなる傾向を示しているが、これが、“こうもり鍾”の鍾先に当たる鉱脈延長部を示すものか、否かは明瞭ではない。

中切坑とほぼ中間地並の東に向けて掘進された大弘東立入坑(第7図)においては、粘板岩質部を挟在する輝緑凝灰岩中の鉱脈が分布している。さらに安山岩岩脈の貫入もみられ、地質状況はやや錯綜している。このためか、坑内の Hg^{2+} 含有量は平均して、他の坑道における値よりも低い。試料個数は30コであり、また、大弘鍾も地表に抜けた採掘跡となっており、地表に近い場合、二次的な天水、地下水の影響も受けているものと考えられる。

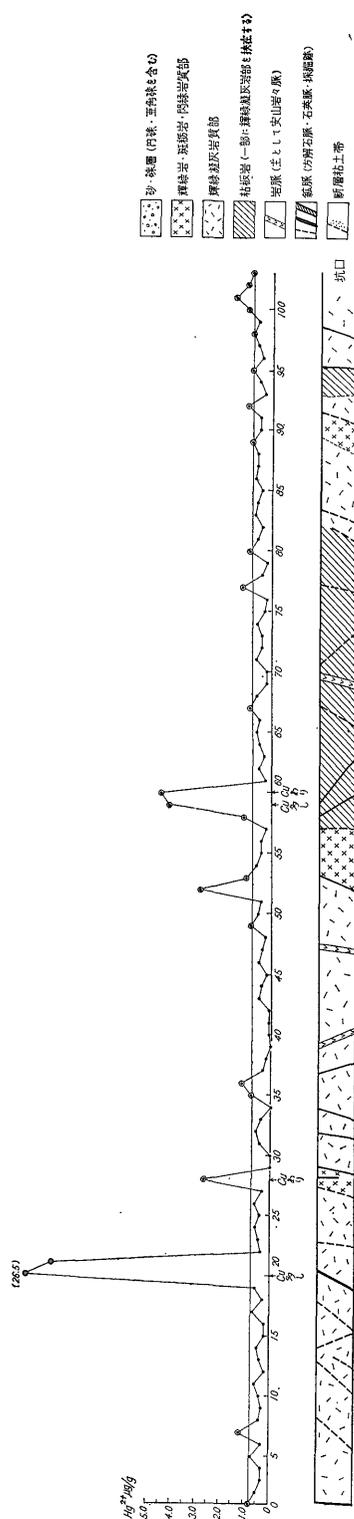
第8図に分析値全体のヒストグラムを示す。



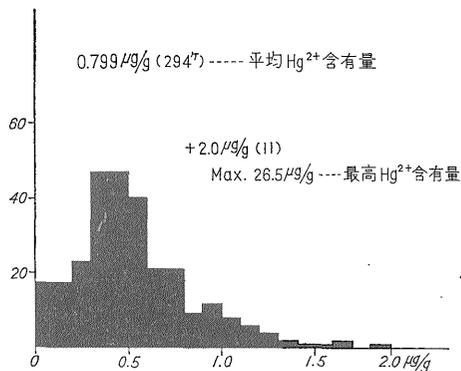
第7図 瀬戸鉱山大弘東立入坑道

7. Hg^{2+} の源について

大口鉱山のように辰砂を肉眼的にも認めることの出来る鉱床は当然のこと、顕微鏡的に辰砂を観察することの出来ない鉱床についても微量の水銀が含有されているこ



第 6 図 瀬戸鉱山中切坑立入坑道



第 8 図 瀬戸鉱山 Hg²⁺ 含有量を示すヒストグラム

とが多い。

辰砂は、Hg²⁺ が鉱床またはその周辺の母岩中に存在するためのもっとも安定な形であって、ソ聯などにみられる自然水銀鉱床の源も辰砂であると報ぜられている。

また、アメリカの Wilbur Spring 地方のように、温泉中に含有される Hg²⁺ から、温度の低下、pH の変化、溶液中の成分変化などにより、水銀鉱床が容易に形成される事実が報告 (MOISEYEV, 1968) されている。

A. N. MOISEYEV は 100°C 以上の実験的データがないため問題をのこしているとしながら、Hg²⁺ の移動分散を考える場合には、ある制約の下では Colloid や Sulphide Complex の状態で移動することもあると考えている。

このように常温から Epithermal zone における水銀の移動は、ある程度高温の状態でも、その鉱床の生成される条件如何では、同様の傾向を示すものと考えられる。

ソ聯の Khaidarkan (OZEPOBA, H. A., 1958) のように、Methothermal zone においても辰砂が銅・鉛・亜鉛などの硫化鉱物や、硫化銀鉱物と共に生成されているようなことから考えても、瀬戸鉱山の鉱床の Hg²⁺ の源は、肉眼的に辰砂が認められなくても、その大部分が、微視的辰砂であることが予想される。今回の採取試料では、辰砂を発見できなかったが、坑内で高い Hg²⁺ 含有量を示す部分の鉱脈、母岩の試料の大量処理により、辰砂の発見される可能性があると考えられる。

8. 結 論

瀬戸鉱山は、古生層中の塩基性侵入岩体であるいわゆる夜久野侵入岩中に胚胎する銅・鉛・亜鉛・硫化鉄鉱を含む鉱脈型の鉱床である。これと類似の鉱床は近畿、中国地方に分布するが、辰砂が発見されたという記載は知られていない。

しかし、このような鉱床については、比較的 Hg^{2+} 平均含有量が高い値を示すにもかかわらず、鉱脈に関連する異常値が明瞭に表現され、このような鉱床に対する Hg^{2+} を指示元素とする地化学探鉱が有効であると考えられる。

(昭和40年8月調査)

文 献

- 岸本文雄他4名(1963) : 金銀鉱床に対する地化学探査法の研究, 大分県大分市における水銀分散例, 鉱山地質, vol. 13, no. 61
- 岸本文男他7名(1966) : 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, 地質調査所月報, vol. 17, no. 7

MOISEYEV (1968) : The Wilbur Springs Quicksilver District (California), Example of a Study of Hydrothermal Process by Combining Field Geology and Theoretical Geochemistry, *Econ. Geol.* vol. 63, no. 2.

Озерова, Н. А. (1958) : Материалы к всесоюзному совещанию по разработке научных основ поисков слепых рудных тел, Госгеолтехиздат.

高島清他2名(1963) : 鹿児島県大分県大分市大分市金銀鉱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