

アンチモン鉱山でのラジオメトリー測定試験*

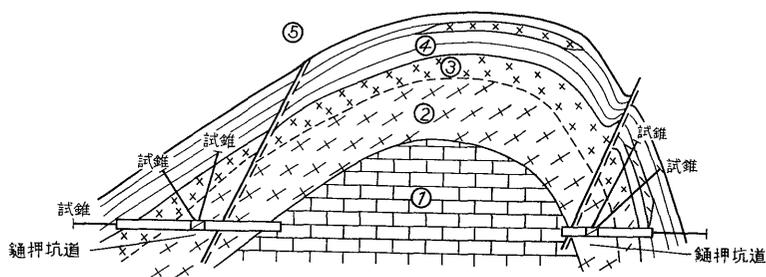
V. N. BALASHOV & A. K. POLYAKOV

岸本 文男 訳**

最近、一連の研究が行なつた研究の成果として、塊状緻密鉱石や粉末試料中の重金属元素の含有量を分散 γ 線法によって直接測定することができるようになった。

この方法は、原子番号の高い元素 ($Z > 50$) に対する軟 γ 線 ($h\nu = 0.2 \sim 0.5 \text{ MeV}$) の光吸収効果 (effect of photoabsorption) にもとづくものである。測定装置とその使用法はさほど複雑なものではない。この方法は適当な物理的・地質的条件下では坑道 (試錐孔、発破孔) 近辺の鉱石の存在位置を確認し、その鉱石中の含有金属品位を求め、各種岩石の境界および構造断層の位置を確かめることを可能にしてくれる。最近まで分散 γ 線法のもっともすぐれた利用対象は重金属—タングステン ($Z=78$)、水銀 ($Z=80$)、鉛 ($Z=82$)—を含有した鉱石であった。したがって、アンチモン鉱石に対してこの方法を試みることはきわめて興味深いことである (アンチモンは $Z=51$)。なお、そもそもの試験課題は非常に手数のかかる試料採取法を分散 γ 線法にかえ得る可能性を明らかにすることにあつた。

実験に使用したアンチモン鉱山の鉱体は背斜軸頂部に賦存する角礫化珪質岩 (ホルンフェルス、ジャスペロイド) の層状体であり、その背斜内核部はシルル紀の炭質粘板岩に衝上断層で押しつぶせられた石炭紀の塊状石灰岩からなっている (第1図)。鉱石鉱物は輝安鉱とその酸化生成物 (紅安鉱、方安鉱、アンチモン華など) であり、脈石は石英、方解石、少量の螢石、重晶石で、鉱石鉱物とともに珪質角礫の膠結物となっている。



1: 石灰岩, 2: 含鉄珪質岩, 3: 可採鉄, 4: 粘板岩, 5: 断層

第1図 対象アンチモン鉱床の地質構造模式図

鉱体はきわめて不規則に分布する。その可採濃集体は粘板岩に被覆された鉱体上盤側に、まれには下盤側—上記角礫岩と石灰岩との接触部に胚胎されている。粘板岩中にも独立した高品位の鉱体が認められる。本鉱床の分布範囲には、後鉱化期の断層—正断層と衝上断層—が落差数10mでもって広く発達している。

アンチモン鉱物は鉱のう、細脈、放射状集合の大規模な鉱染体を形作っている。アンチモン品位が20~40%に達したレンズ状の、ほとんど単鉱物成の独立鉱体も賦存している。可採鉱体の輪郭は採取試料の化学分析で決定し、全体の平均アンチモン品位 1.2%で、最低アンチモン品位 0.8%までの部分を採用してある。この可採鉱体の輪郭を決めるために、立入坑道と錘押坑道の掘進、岩石の走向方向20mご

* V. N. Балашови А. К. Поляков: Опытные работы по радиометрическому опробованию на сурьмяном руднике, Советская геология, 1962, no 1. стр. 164-169.

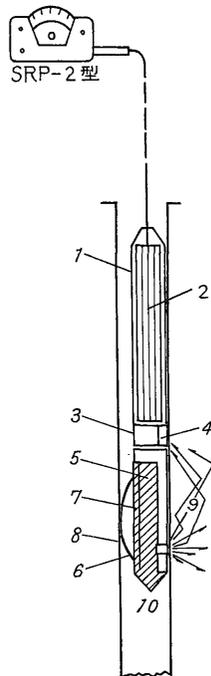
** 鉱床部

とに垂直長孔鑿岩が行なわれた。

また鉱業所の手で、現在、開発調査の段階として行なわれるべき軌道付坑道建設のための、スライムによる試料採取・分析用長孔鑿岩を用いた多くの実験作業が行なわれている。しかし、岩石を分類し、構造断層を確認することはスライムの検討だけで成功するわけがない。岩芯を採取しようという試錐でも、岩石がいちじりしく破碎されてしまうために良い結果をもたらさない。坑道内での試料採取作業は、坑壁両側の平行する長溝試料採取法で行なわれている。かつては点試料採取法が広く用いられていたのである。

鉱業所の地質学者が行なった研究の結果は、今まで採用されていた方法による坑内試料の採取結果が信頼性に乏しいことを教えている。普通の長溝試料採取法は、鉱石鉱物の分布がきわめて不規則な条件下では、また母岩がいちじりしく硬く、あるいは鉱石鉱物が脆いという条件下では、偶然的な結果か信頼度の低い結果しか得られない。たとえば、溝採取試料の繰り返しチェックの結果は、鉱石中のアンチモン品位を全然代表していないこと（第1表）および可採鉱体の輪郭の信頼性を低めていること（第2表）を示している。鑿岩孔および試錐孔からのスライムによる採取試料の方がより信頼性が高い。しかし、この方法は、試錐時に得られるスライム物質を洩れなく集めなくてはならず、大量に用いるときにきわめて多くの労力を要することになり、しかもその量が多いということから、大量の化学分析を行なわなければならない。化学分析を行なうことは、通常、時間を要し、地質学者は不案内な坑道を間違ひなく通ることができず、鉱石を室内で磨砕する余裕ももっていない。

この、可採鉱体の輪郭を定め、かつ可採鉱体中のアンチモン品位を決めるために分散γ線法が利用できるかどうかの研究は、あらかじめスライムを用いて化学分析をしておいた径50~75mmの長孔鑿岩孔を利用して行なった。全部で8本の鑿岩孔を用いて検討し、その総延長はほぼ60mに達している。水中用装置つきラジオゾンデ（radioactive zonde）と結合させた野外携帯用ラジオメータ SRP-2を用いて行なった（第2図）。



1：胴体，2：配線，3：鉛で遮蔽された受信用結晶，4：アルミ管で張られた「窓」，5：鉛製遮蔽体，6：線源，7：緻密機体中の溝，8：スプリング，9：分散放射線，10：試錐孔

第2図 測定装置模式図

アンチモン鉱山でのラジオメトリー測定試験 (岸本文男訳)

第1表 坑内における第1回溝試料と第2回溝試料の分析結果の比較

試料採取間隔	アンチモン品位		差	
	I 溝 (100%)	II 溝	±	%
0~1	1.30	4.42	+3.12	240
1~2	0.32	1.03	+0.71	222
2~3	0.24	1.27	+1.03	430
3~4	0.29	0.31	+0.02	7
4~5	0.34	1.06	+0.72	212
5~6	0.36	1.26	+0.90	250
6~7	0.65	0.77	+0.12	18
7~8	0.21	1.62	+1.41	660
8~9	0.89	0.85	-0.04	4
9~10	1.55	1.46	-0.09	6
10~11	0.31	3.08	+2.77	895
11~12	0.34	0.49	+0.15	44
12~13	6.42	1.55	-4.87	76
13~14	6.28	3.72	-2.56	41
平均	19.50 1.39	22.89 1.63	+3.39 +0.24	17
絶対値の計 平均偶発誤差			18.51 1.32	3,105 222

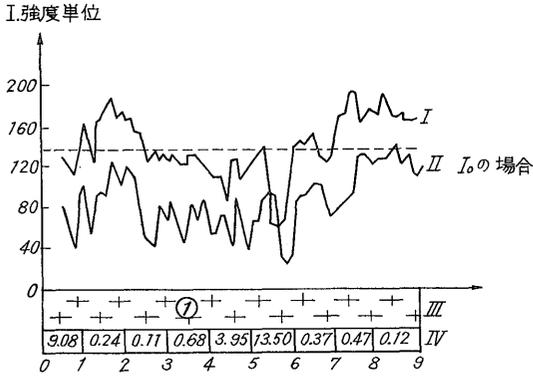
第2表 繰返し溝採取試料データ一覧

鑿押坑道番号	長さ	鉱石の厚さ		品位		差	
		I 溝	II 溝	I 溝(100%)	II 溝	±	%
27	7	5	4	3.54	2.42	-1.12	32
				17.71	9.70	-8.01	45
28	7	6	6	2.30	2.49	+0.19	8
				13.78	14.94	+1.16	8
29	14	5	14	2.89	1.63	-1.33	45
				14.80	22.89	+8.09	55
計	28	16	24	8.80 46.29	6.54 47.53		
平均				2.89 15.40	1.98 15.80	-0.90 +0.40	31 3

注: 分子はメトロパーセント

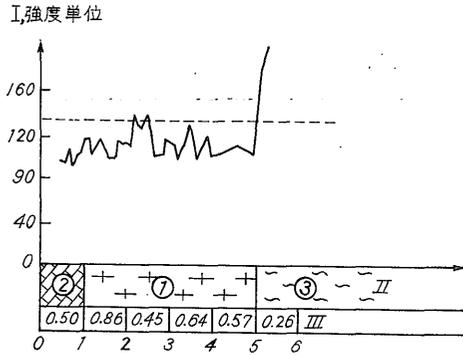
測定装置の構成は、線源の直接放射線から受感体— NaI (Te) の単結晶—を確実に防護するようになっている。線源は、放射線防御性機体中の末端部の穴にはめこまれている。穴の位置は受感体の位置から7~25 cmの範囲で1 cm づつ調整でき、直接放射線から受感体をさらに防護することができるようになっている。この装置全体は板状スプリングの力によって孔壁の一方へ押しつけられる。

ラジオメータは放射能強度約 1 mCi の ⁷⁵Se を線源にして感度領域をあらかじめチェックし、放射能強度が異なる線源にとりかえながらゾンデの長さを変えて広い感度領域で測定できるようにする。その結果として、満足できる感度領域が得られたのは放射能強度約 1.5 mCi の ⁷⁵Se を線源としたゾンデの長さ 15 cm の場合であった。鑿岩孔中での測定は、分散放射線強度の変化の特性から 10 ~ 50 cm ごとに行なった。測定点に対面するように受感体 (結晶) の中心がセットされた。測定結果は、次のような順で解釈することができた。すなわち、カーブの特徴的な屈折点から各種のアンチモン品位帯の境が確認できる (カーブに現われた強度低下開始部は高品位帯の下限を、強度上昇開始部はその上限に相当



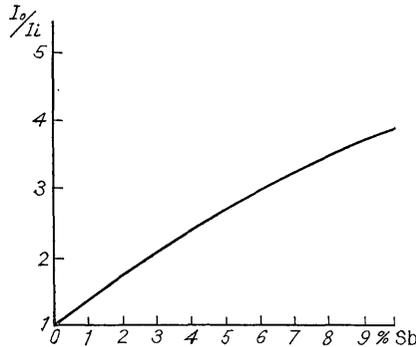
- I : ゾンド長 20 cm で同位元素 ^{187}Cs を線源として得た放射測定ダイアグラム
- II : ゾンド長 15 cm で同位元素 ^{75}Se を線源として得た放射測定ダイアグラム
- III : 地質断面
- IV : スライムによる Sb 品位
- ① : 含鉍ホルンフェルス

第 3 図 放射測定ダイアグラム (378号孔)



- I : ゾンド長 15 cm で同位元素 ^{75}Se を線源として得た放射測定ダイアグラム
- II : 地質断面
- III : スライムによる Sb 品位
- ① : 含鉍ホルンフェルス
- ② : 石灰岩 ③ : 粘板岩

第 4 図 放射測定ダイアグラム (331号孔)



第 5 図 Sb 品位 (%) との相関関係度 I_0/I_i 曲線

する)。中間域は分散放射線強度 I_i に相当し、カーブから算定される (第 3, 4 図)。そこで、各中間部について比 I_0/I_i を計算した (I_0 —鉍石を含んでいない母岩の分散放射線強度)。この比の値が 1 よりも大きいことは鉍石帯であることを示し、この比の値が 1 に等しいことは岩石が鉍石を伴っていないことを示し、この比の値が 1 より小さいことは密度の小さい岩石が存在していることを示し (例えば、粘板岩、第 4 図参照)、あるいは構造破砕帯が存在することを示している。アンチモン品位との相関関係度 I_0/I_i (第 5 図) は、筆者らが実験的に得た鉛品位との相関関係度 I_0/I_i を Pb 1% と Sb 3% を等価として換算し、組み立てたものである。

スライムの化学分析によって決めた品位と検層のデータによる平均アンチモン品位を比較した結果は、第 3 表に示す通りである。得られたデータの比較結果は、化学分析と検層のデータがきわめて近いものであることを示している。多くの場合に、この近似性はほぼ理想的である。大きな食い違いを生じている場合 (3 号・7 号孔) もあるが、しかし、発破後の坑壁の記録が明らかにしているように、両鑿岩孔での γ 線照射結果は放射測定法に誤りがあるのではなく、鉍化作用のいちじるしい不規則性に遠因するもので、サンプルに使ったスライムが孔壁中に残っていた含鉍石物質からアンチモン鉍物を濃集したものであったために、データに狂いが生じたのである。

したがって、このデータの狂いの原因は、1つの溝サンプリングの溝に重ねて溝サンプリングしたと

アンチモン鉱山でのラジオメトリー測定試験（岸本文男訳）

第3表 化学分析法と分散 γ 線法による長孔鑿岩孔試料分析結果の比較

試 錐 番 号	試料採取距離		品 位 (%)		
	化学分析	分散 γ 線法	化学分析	分散 γ 線法	差 (%)
389	0.5—9.0	0.55—8.8	2.71	2.70	0.0
318	0.5—7.0	0.55—7.65	1.23	1.23	0.0
326	0.5—4.0	0.55—3.45	0.31	0.50	61
375	0.5—12.0	0.55—12.15	4.45	4.25	5
328	0.5—9.0	0.55—8.60	1.70	1.30	26
331	0.5—6.0	0.55—5.25	0.55	0.63	15
377	0.5—9.0	0.55—8.65	0.90	1.60	82
326	0.5—4.0	0.55—4.0	0.77	0.66	14
計			12.66	12.9	2

平均蓋然性誤差（絶対値で）：26%

き、2つのサンプルのデータが喰い違う場合と同じである。その上、スライムによる化学分析結果と放射測定データとの喰い違いは、溝サンプリングとの場合よりも小さい。このことは、スライム試料と検層が高い代表性をもっていることを示している。

^{75}Se 線源のほか、ゾンデ長 20 cm で放射能強度約 4 mCi の ^{137}Cs 線源も使用した。線源 ^{137}Cs を用いて得た結果（第3図参照）は、この線源が線源 ^{75}Se と較べてとくに低アンチモン品位帯の場合に、その効果は小さいけれども、 ^{137}Cs が實際上「永遠」に使えるため（半減期33年）、使用する価値を有する。

* * *

1. 放射測定データと化学分析データを比較した結果は、アンチモン鉱床の調査と開発と関連した実際上の問題の解決にこれらの方法が同じような正確さをもっていることを示している。
2. 放射測定法は、他の普通の方法よりもはるかにすぐれている。この方法は能率的で、多くの労力を要する試料採集・処理・調整過程を完全に除くことができる。
3. 長孔・無岩芯採取鑿岩孔を用い、放射測定によって、岩石の接触部や構造断層帯がうまく把握できる。
4. 分散 γ 線法は試錐孔の検層だけでなく、坑道での試験の際にも用いることができ、その場合、溝サンプリングは発破孔の放射測定に換えることができる。