小坂および花岡鉱山黒鉱鉱床産鉱石の鉱物組成

正 会 員 立 見 辰 雄 *

正 会 員 大 島 敬 義 **

Mineralogical Composition of Ores from "Black Ore Deposits" of the Kosaka and Hanaoka Mines.

Tatsuo TATSUMI and Takayoshi ÔSHIMA

Mineral compositions of ores from the Hanaoka and Kosaka mines are calculated from the bulk chemical analyses of "Kurokô" (black ore), "Ôkô" (yellow ore), and "Keikô" (siliceous ore) which are the most typical ore types of the so-called "Kurokô deposits". The "Kurokô" is rich in sphalerite, galena and barite with minor tetrahedrite group mineral, chalcopyrite and pyrite. The "Ôkô" is characterized by high concentration of pyrite and chalcopyrite and is rather poor in gangue minerals. The "Keikô" is highly siliceous ore with some chalcopyrite and pyrite. These natures in mineral composition of ores from the "Kurokô deposits" are compared with those of ores from Cu veins, Pb-Zn veins and cupriferous pyrite deposits. There is found very similar tendency both in mineral composition and in Cu-Pb-Zn ratios of the "Kurokô" with ores of Pb-Zn veins, and the "Ôkô" and "Keikô" with ores of Cu veins and cupriferous pyritic deposits.

1. ま え が き

1.1 鉱石の鉱物組成に関する問題点

鉱床の成因を探る手がかりはいくつもある。ある鉱床が全体としてどんな鉱物組成を持っているのか、その中の各鉱床ごとに比較したときどんな変化があるのか、あるいは、各単位鉱体の中ではどのように変つているのか、などの鉱物組成に関する諸点は、大切な手がかりの一つである。鉱床の構成鉱物種およびそれぞれの種の具体的な性質を決め（現在測定しうる性質）鉱体としての構造的関係および鉱石の組織構造（空間的配置関係）から鉱化作用と鉱物共生関係の性質の変化（時間的前後関係）とを知り、それに他の必要な資料、特に理論的な考察と実験結果を加えて、鉱床形成の物理化学的条件および過程が解かれる。鉱床の成因を鉱物の共生関係または成分の分配関係などから探るのは、それらの平衡関係を基にしてそれぞれの場合の条件を考えることである。これに対して、鉱化作用および鉱物共生関係などの性質の変化とともに、鉱床構成鉱物種の量的関係——鉱物組成およびその変化——をも考慮に入れることによって、いわば静的ではなく動的に、鉱化作用のエネルギー的側面およびその時間的空間的变化、さらには鉱化作用の起源や鉱床区と鉱床期などの問題を探ることができるであろう。

鉱床の鉱物組成の問題は、採鉱・選鉱・精錬などの鉱山工学に大きな関係を持っている。これらの諸過程をで

きるだけ経済的かつ安定した操業に持ち込むためには、鉱床の部分による鉱物組成の変化が具体的に判つていることが必要である。その意味で、これは鉱山工学の基礎的資料の一つといえよう。またもちろん、鉱床探査のための手がかりとして重要なことはいうまでもない。いずれにせよ、この方面の調査研究は、鉱山地質学の果すべき一つの役割りをなしている。

例えば、銅・鉛・亜鉛鉱床の場合、各鉱床ごとにあるいは各鉱床型式別に、またはそれらの時代的地域的別に黄銅鉱（または銅鉱物）：方鉛鉱・閃亜鉛鉱比や Cu : Pb : Zn 比、あるいはそれらの絶対量などがどうなつているのか、仮にこれらに何らかの変化があるとした場合どんな規則性があるのか、などの諸点は、まだほとんど研究されてはいないけれども、上のような観点から、鉱床学的にもまた鉱山地質学的にもともに、きわめて興味ある問題の一つと考えられる。

1.2 試料採取上の問題点

黒鉱鉱床産鉱石は通常、黒鉱・黄鉱・硫化鉱・珪鉱・石膏鉱あるいは銅鉱・銅鉛亜鉛鉱・鉛亜鉛鉱・硫化鉱・珪鉱・石膏鉱などと呼んで区別されているように、その性質は多種多様である。そして、例えば黒鉱または銅鉛亜鉛鉱といつても、実際には Cu・Pb・Zn 品位のパラツキが一つの単位鉱体内においてすらはなはだしいことも、よく知られている事実である（例えば、加茂野・石川、1965a）。またもう一つ事情を複雑化させていると思われる原因に、各鉱石種についての定義の理解に対する混乱がある。少なくとも現在では、多くの場合、これら

* 理博 東京大学理学部助教授 地質学科

** 同和鉱業株式会社秋田鉱業所北部開発室

は鉱山工学上の観点から与えられたもので、主成分の品位の変化範囲に限界をつけて区別されており、必ずしも地質学的な産状や性質にはよっていない。それにもかかわらず、多くの地質図では、この種の鉱種区分による境界線が他の地質学的な区分線とまったく同一視して画かれ、それを基にして地質学的な議論が行なわれる場合がある。鉱山工学的な区分と地質学的な区分とは、共に大切な区分であり、それだけにまた、これらの使い分けには十分な注意を必要とする。

鉱石の鉱物組成を問題とする場合に、まず注意しなければならない点は、単位鉱体を一つの geologic body として捉え、その産状を知り、その上でこの単位鉱体の中での鉱物組成変化をまず明らかにすることでなければならない。どんな方法でどこから試料を採取するかは、この考えの上に立つて決められるべきものである。いたずらに適当な等間隔で試料を採取するだけでは、上の目的に対して必ずしも十分ではない。この基礎資料さえはつきりしていれば、鉱山工学上の鉱物組成に関する問題は、その応用として、資料の統計処理法の組み変えで解決することができるであろう。しかし、その逆は必ずしも常に成り立つわけではない。

2. 小坂および花岡鉱山黒鉱鉱床産鉱石の鉱物組成計算値とその特長

2.1 計算方法

(1) 構成鉱物種 黒鉱鉱床産鉱石を構成する鉱物種は、これまでの研究によれば相当多数に達する。しかし量的に多いものおよび少量だが経済的に重要なものとしては、黄鉄鉱・黄銅鉱・四面銅鉱・斑銅鉱・銅藍・方鉛鉱・閃亜鉛鉱・自然金・石英・重晶石・石膏（および硬石膏）・絹雲母・緑泥石などを挙げることができよう。今度の計算に当つては、鉱石中に少量ながら Bi が測定されていることから、Bi 鉱物として仮にエンプレクト鉱を加え、斑銅鉱・銅藍・自然金・石膏・絹雲母・緑泥石をはずして、便宜上第1表に掲げた8種のみを考えることにする。

(2) 鉱物の化学組成 多くの鉱物種は、固溶体関係によつてその組成を相当の範囲にわたつて変える。しかし、黒鉱鉱床産のものについての变化の範囲は、まだ

第1表 計算の対象とした鉱物種とそれらの組成式および密度

鉱物種	組成式	密度	略号
黄鉄鉱	FeS ₂	5.01	Py
黄銅鉱	CuFeS ₂	4.28	Cp
方鉛鉱	PbZn	7.57	Gn
閃亜鉛鉱	(Zn, Ca)S	4.08	Sp
四面銅鉱	(Cu, Ag) ₁₂ (As, Sb) ₄ S ₁₃	4.99-4.61	Tn
斑銅鉱	Cu ₅ BiS ₂	6.43	Em
銅藍	BaSO ₄	4.48	Ba
重晶石	SiO ₂	2.65	Qu

ほとんどデータがないので、ここでは、一部のもののみ特定成分の固溶体関係を考え、他については理想式をとる(第1表)。したがつて、検討すべき対象元素および化合物は Ag・Cu・Pb・Zn・Cd・As・Sb・Bi・Fe・S・SiO₂・BaSO₄ の12種とする。

(3) 鉱物の密度 ここでは、便宜上いずれの種に対しても、理想組成に対する結晶学的計算値をとる(第1表)。ただし、四面銅鉱に対してのみ多少固溶体関係を考慮に入れた。

(4) その他 実際には、黒鉱鉱床産鉱石を構成する銅鉱物として斑銅鉱・銅藍なども産し、しかもこれらは選鉱作業上大きな意味を持っている。鉱物組成計算に当つてこれらを考慮するためには、鉱石の鉱物組成モード値の実測が必要である。今回はこの種の資料を描える時間的余裕がなかつたために、止むを得ず銅鉱物として黄銅鉱・四面銅鉱の2種のみを取り上げた。

Ag の分析値はすべて四面銅鉱中のものとして計算したが、これにも問題がある。本来ならば、方鉛鉱中への固溶体関係または Bi 鉱物としての存在なども、十分考慮されなければならないものである。Bi 鉱物については、鉱石顕微鏡的研究がまだ少ないために、計算を容易にするためというだけの理由で、仮にエンプレクト鉱をとり上げたのにすぎない。

As・Sb・Bi に対しても、これらの大部分が四面銅鉱または Bi 鉱物に入るのとは間違いなく考えられるが、一方これらはまた黄鉄鉱その他の鉱物中に微量成分として含まれることも事実である(高橋清, 1962, 1963)。これらの量的関係についてのデータはまだ必ずしも十分でないで、Sb・As はすべて四面銅鉱の、Bi はすべてエンプレクト鉱の、それぞれの構成成分としてのみ考えて計算してある。なお、現在秋田鉱業所においては Hg の回収が行なわれており、鉱石分析値中에서도 $n-0.1$ ppm の桁でその存在が検出されている。Hg の存在状態はまだ確定されていないことと、その含量が今回の計算の精度ではきわめて小さいので、ここでは考慮外とした。

Al₂O₃・CaO・HgO・Na₂O・K₂O などについては、いずれの標本でも一般にその含量が少ない(特殊な場合を除いて 4wt. % 以下)ので、これらは一切計算から除いた。したがつて、例えば、本来なら緑泥石・絹雲母などに入るべき SiO₂ 分も石英として計算されていることになる。

以上種々の点で、今回は分析値だけからの計算ということで、すべて大胆な仮定をあえて設けて行なつたから、結果の取り扱いには、これらのことを十分考慮に入れる必要がある。

なお、鉱石のうち与えられたその分析値の合計が 98.00-102.00 の範囲を超えるものは、一切計算の対象か

ら省いた。また、硫化鉾物組成の計算に際し、計算上必要な硫黄含量と実測値との間にはなはだしい過不足を生じた場合も、表には載せていない。したがって、与えられた鉾石分析資料60個のうち、実際に計算の対象となったのはそのうちの42個である。

2.2 計算結果

計算の基となつた鉾石の化学分析値および産地を第2表に、それからの鉾物組成計算値を第3,4表に、またそれらのCu-Pb-Zn3成分比を第5表に、それぞれ示す。

なお、比較のために、いくつかの層状含銅硫化鉄鉾床および鉾脈における摩鉾元鉾の化学分析値(日本鉾業会選鉾専門委員会, 1950) およびカナダ東部の塊状硫化物鉾床産鉾石の平均品位(兼平慶一郎, 1966) から計算した同様な値が、第6,7表として示してある。

2.3 鉾物組成上の特長

今回利用できた資料42個についての硫化鉾物(Sf)―石英(Qu)―重晶石(Ba)比を第1図に、またそれらに若干の含銅硫化鉄鉾床および鉾脈産鉾石の資料を加えた〔黄銅鉾(Cp)〕+四面銅鉾(Tn)+エムプレクト鉾(Em)〕―〔黄鉄鉾〕―〔閃亜鉛鉾+方鉛鉾〕比を第2図に、それぞれ示した。

第1図 小坂および花岡鉾山黒鉾産鉾石の硫化鉾物―石英―重晶石組成比

第2図によると、黒鉾石と半黒鉾石とでは、方鉛鉾と黄鉄鉾との含量差が著るしく、黄鉄鉾・硫化鉄鉾石および珪鉾石の間はむしろ漸移的である。なお、

第2表 小坂および花岡鉾山黒鉾産鉾石の化学組成

標本番号	Au gr/t	Ag wt. %	Cu wt. %	Pb wt. %	Zn wt. %	Cd wt. %	Fe wt. %	As wt. %	Sb wt. %	Bi wt. %	S wt. %	SiO ₂ wt. %	BaSO ₄ wt. %	Ni & Al ₂ O ₃ oth.*1 & oth.*2 wt. %	Total wt. %	鉾種 #4	産地
KU*5-1	0.30.0013	1.92	0.04	0.13	tr	17.79	0.003	0.027	0.022	20.27	51.40	3.80	0.010	3.88	99.29	S	小坂, 内の岱西, L115
4	0.30.0008	4.20	0.12	0.37	tr	28.25	0.005	0.021	0.032	31.87	32.17	0.10	0.017	2.25	99.41	S	〃
5	0.70.0015	3.76	0.15	0.69	tr	40.71	0.004	0.021	0.014	46.71	2.09	2.74	0.012	4.16	101.06	Y	〃
6	0.70.0031	4.15	0.23	0.25	tr	40.32	0.003	0.022	0.018	47.14	2.17	1.98	0.016	3.74	100.05	Y	〃
7	0.30.0019	5.89	0.24	0.40	tr	40.81	0.003	0.029	0.020	46.40	2.04	1.18	0.010	3.49	100.51	Y	〃
8	0.30.0013	3.42	0.10	0.45	0.014	44.32	0.003	0.023	0.021	49.97	0.27	0.23	0.013	1.47	100.30	Y	〃
13	1.30.0047	9.29	1.02	13.60	0.131	31.27	0.006	0.052	0.019	40.40	0.79	1.29	0.017	1.84	99.73	Y	小坂, 内の岱東, L115
14	1.30.0044	11.15	0.14	1.63	tr	39.54	0.007	0.049	0.022	45.31	0.58	tr	0.012	1.28	99.72	Y	〃
15	1.50.0060	11.93	0.12	16.99	0.100	27.86	0.009	0.040	0.017	41.43	0.31	0.21	0.017	1.02	100.06	Y	〃
16	1.00.0050	16.71	0.17	5.28	0.008	34.29	0.006	0.050	0.035	41.04	0.28	tr	0.015	0.87	98.76	Y	〃
18	4.00.0420	1.32	27.30	38.74	0.281	1.27	0.003	0.117	0.001	25.53	0.35	2.98	0.026	2.05	100.01	B	〃
20	2.50.0443	2.72	26.69	40.72	0.330	2.24	0.003	0.121	0.001	26.14	0.17	0.03	0.018	0.96	100.19	B	〃
HM*6-1	0.80.0050	10.43	0.39	0.05	tr	40.42	0.090	0.036	0.024	46.11	0.22	tr	0.044	2.09	99.91	Y	花岡, 松峯, L180
3	0.50.0064	4.77	1.35	6.71	tr	27.37	0.053	0.022	0.008	34.92	1.90	17.52	0.069	7.27	101.97	Y+B	〃
4	0.30.0005	0.16	0.06	0.05	tr	43.25	0.035	0.016	0.009	48.72	5.52	tr	0.042	2.66	100.52	Py	花岡, 松峯, L195
5	0.70.0007	0.23	0.08	0.13	tr	39.67	0.025	0.052	0.004	44.89	12.52	tr	0.023	1.44	99.06	Py	〃
6	0.30.0009	4.95	0.35	0.05	tr	29.41	0.030	0.014	0.009	33.61	28.66	0.12	0.022	2.07	99.29	Py+Y	〃
7	0.70.0011	0.93	0.06	0.47	tr	44.32	0.037	0.028	0.010	50.58	0.51	tr	0.025	2.39	99.37	Py	〃
8	0.70.0030	5.01	0.07	0.20	tr	41.98	0.068	0.024	0.010	47.75	1.07	tr	0.019	3.97	99.11	Y	〃
10	1.50.0043	6.41	0.08	0.17	tr	40.52	0.231	0.023	0.018	47.53	0.60	tr	0.042	2.76	98.39	Y	〃
11	1.00.0026	1.35	0.30	0.22	tr	44.80	0.131	0.013	0.005	50.34	0.47	tr	0.014	1.89	99.53	Y+Py	〃
13	1.30.0031	3.29	0.20	0.30	tr	38.08	0.101	0.015	0.009	43.97	11.09	tr	0.035	3.37	100.47	Y	〃
20	1.00.0039	9.96	0.33	5.87	tr	32.04	0.037	0.030	0.011	40.29	2.39	0.10	0.042	7.35	98.15	Y	〃
KU-21*7	0.70.0188	1.86	16.60	17.95	0.116	4.54	0.015	0.002	0.003	17.06	2.56	38.64	0.004	0.33	99.70	B	小坂, 内の岱, L120, C-1
22	2.30.0245	1.32	14.92	26.60	0.115	2.66	0.353	0.001	0.002	20.00	3.18	30.26	0.002	0.29	99.73	B	〃 L120, S-1
23	3.00.0218	3.53	5.02	14.73	0.050	15.00	0.080	0.001	0.001	26.63	5.18	27.44	0.003	1.51	99.49	B	〃 L140, N-4
24	8.20.1530	1.49	11.18	12.29	0.066	1.97	0.433	0.002	0.001	10.85	2.60	58.30	0.002	0.71	100.05	B	〃 L130, S-5
25	3.20.0236	4.18	10.76	14.70	0.056	20.62	0.065	0.021	0.017	30.84	2.20	16.40	0.007	0.14	100.03	B	〃 L120, N-4
27	1.30.0173	7.03	0.34	6.60	0.017	17.96	0.035	0.011	0.023	25.19	2.06	39.98	0.003	0.49	99.75	B+Y	〃 L130, N-4
28	1.00.0032	4.95	0.95	5.61	0.018	25.26	0.018	0.002	0.025	31.75	2.44	27.96	0.003	0.63	99.62	B+Y	〃 L130, S-4
29	1.50.0200	4.07	0.43	9.43	0.025	16.58	0.032	0.004	0.014	24.19	2.98	41.22	0.004	0.65	99.65	B+Y	〃 L130, N-6
30	0.30.0038	3.39	0.06	7.77	0.006	12.13	0.019	0.004	0.013	18.21	5.66	49.04	0.002	3.00	99.33	B	〃 L130, N-2
31	0.30.0021	7.19	0.06	0.05	tr	38.19	0.024	0.002	0.017	44.46	8.59	0.48	0.003	0.17	99.24	Y	〃 L130, W-4
32	1.50.0088	7.15	0.24	2.55	0.005	40.84	0.073	0.001	0.003	46.64	1.35	0.34	0.005	0.31	99.52	Y	〃 L130, S-3
33	0.50.0031	14.77	0.07	0.05	tr	37.71	0.027	0.001	0.030	43.88	2.27	0.04	0.005	0.83	99.69	Y	〃 L120, S-4
34	0.50.0022	4.94	0.12	0.05	tr	42.53	0.033	0.001	0.022	49.94	1.53	0.04	0.010	0.20	99.42	Y	〃 L120, C-5
35	0.50.0038	2.95	0.17	0.05	tr	42.83	0.027	0.001	0.020	48.14	3.30	0.08	0.004	1.82	99.39	Y	〃 L140, N-6
36	0.30.0011	2.40	0.04	0.08	tr	19.83	0.023	0.003	0.013	21.43	55.00	0.40	0.004	0.27	99.49	S	〃 L120 long, S-2
37	0.30.0014	2.41	0.09	0.36	tr	16.38	0.043	0.010	0.020	18.05	61.12	0.26	0.007	0.55	99.32	S	〃 L130, S-4
38	0.30.0008	0.50	0.04	0.05	tr	18.65	0.015	0.004	0.010	21.44	54.88	0.06	0.005	3.63	99.33	S	〃 L130, C-4
39	0.30.0014	0.77	0.06	0.10	tr	13.52	0.020	tr	0.006	15.11	67.36	0.02	0.004	2.09	99.06	S	〃 L130, C-5
40	0.30.0007	1.86	0.07	0.10	tr	16.97	0.021	0.001	0.003	18.53	61.28	0.02	0.003	0.25	99.11	S	〃 L130, W-3

*1 Ni のほか Co, Mn および Hg を含む。

*2 Al₂O₃ のほか CaO, MgO, Na₂O, K₂O, および SO₃ を含む。

*3 Au を除く。

*4 B- 黒鉾石, Y-黄鉾石, Py-硫化鉾石, S-珪鉾石

*5 KU-小坂鉾山内の岱鉾床

*6 HM-花岡鉾山松峯鉾床

*7 KU-21-KU-40 の分析値は鈴木善照 (1964) による。

(分析者同和鉾業秋田鉾業所)

第3表 小坂および花岡鉱山黒鉱鉱床産鉱石の鉱物組成(1)(wt. %)

標本番号	鉱種	Cp	Tn	Gn	Sp	Em	Py	Ba	Qu
KU-18	B	2.15	0.04	27.31	66.50	-	0.60	3.04	0.36
20	B	10.29	0.09	58.10	31.32	-	-	0.03	0.17
21	B	3.42	0.01	16.77	31.09	-	7.25	38.88	2.58
22	B	0.80	0.15	14.71	45.19	-	5.52	30.43	3.20
23	B	6.59	0.03	0.54	27.02	-	32.52	28.01	5.29
24	B	0.92	0.19	11.66	21.97	-	3.96	58.68	2.62
25	B	7.01	0.03	10.26	24.01	0.01	40.06	16.42	2.20
27	B+Y	13.72	0.02	0.36	12.14	0.02	31.38	40.28	2.08
28	B+Y	8.82	0.01	0.93	9.37	0.03	50.13	28.25	2.46
29	B+Y	7.24	0.01	0.43	15.92	0.01	31.74	41.64	3.01
30	B+Y	6.30	0.01	0.06	13.65	-	23.20	50.90	5.88
HM-3	B+Y	8.60	0.03	1.36	11.59	0.01	57.89	18.51	2.01
KU-5	Y	6.47	0.01	0.14	1.12	0.01	87.26	2.83	2.16
6	Y	7.37	0.01	0.22	0.41	0.01	87.67	2.06	2.25
7	Y	10.47	0.01	0.25	0.68	0.01	85.26	1.22	2.10
8	Y	5.71	0.01	0.09	0.72	0.01	92.96	0.23	0.27
13	Y	16.89	0.01	1.01	23.27	0.01	56.68	1.32	0.81
14	Y	20.97	0.01	0.14	2.86	0.01	75.42	-	0.59
15	Y	23.14	0.01	0.14	30.83	0.01	45.35	0.21	0.31
16	Y	34.60	0.01	0.18	10.21	0.04	54.67	-	0.29
HM-1	Y	19.32	0.05	0.41	0.09	0.01	79.90	-	0.22
8	Y	8.58	0.04	0.06	0.33	0.01	89.87	-	1.11
10	Y	10.80	0.11	0.08	0.30	0.01	88.07	-	0.63
13	Y	5.28	0.04	0.19	0.50	-	82.56	-	11.43
20	Y	20.51	0.03	0.02	11.38	0.01	65.31	0.11	2.63
KU-31	Y	12.96	0.01	0.05	0.09	0.01	77.72	0.49	8.67
32	Y	12.29	0.04	0.23	4.18	-	81.56	0.34	1.36
33	Y	29.99	-	0.06	0.09	0.01	67.51	0.04	2.30
34	Y	8.65	0.01	0.12	0.08	0.01	91.13	0.04	1.54
35	Y	4.88	0.01	0.16	0.08	0.01	91.40	0.08	3.38
HM-6	Y+Py	8.83	0.02	0.34	0.08	0.01	61.11	0.12	29.49
11	Y+Py	1.66	0.06	0.27	0.34	-	97.19	-	0.48
4	Py	0.08	0.02	0.06	0.08	-	94.12	-	5.64
5	Py	0.13	0.02	0.07	0.21	-	86.74	-	12.83
7	Py	1.33	0.02	0.06	0.74	-	97.32	-	0.53
KU-1	S	3.32	0.01	0.04	0.21	0.02	38.54	3.98	53.88
4	S	7.40	0.01	0.11	0.61	0.03	58.62	0.10	33.12
36	S	3.94	0.01	0.04	0.12	-	40.05	0.41	55.43
37	S	3.98	0.02	0.09	0.59	0.02	33.15	0.26	61.89
38	S	0.77	0.01	0.04	0.09	0.02	41.66	0.06	57.35
39	S	1.21	0.01	0.05	0.16	-	29.08	0.03	69.46
40	S	3.07	0.01	0.06	0.15	-	34.70	0.02	61.99

KU-小坂鉱山内の俗鉄床, HM-花岡鉱山松峯鉄床, Cp-黄銅鉱, Tn-四面銅鉱, Gn-方鉛鉱, Sp-閃亜鉛鉱, Em-エムブレクト鉱, Py-黄鉄鉱, Ba-重晶石, Qu-石英, B-黒鉄鉱石, Y-黄鉄鉱石, Py-硫化鉄鉱石, S-珪鉄鉱石

第4表 小坂および花岡鉱山黒鉄鉱床産鉱石の鉱物組成(2)(硫化鉱物の合計=100)(wt. %)

標本番号	鉱種	Cp	Tn	Gn	Sp	Em	Py
KU-18	B	2.23	0.04	28.27	68.84	-	0.62
20	B	10.31	0.09	58.22	31.38	-	-
21	B	5.84	0.01	28.65	53.12	-	12.38
22	B	1.22	0.22	22.17	68.06	-	8.33
23	B	9.22	0.05	7.48	37.78	-	45.47
24	B	2.38	0.49	30.13	56.77	-	10.23
25	B	8.61	0.04	12.61	29.50	0.01	49.23
27	B+Y	23.81	0.04	0.63	21.06	0.04	54.42
28	B+Y	12.73	0.01	1.34	13.52	0.04	72.36
29	B+Y	13.08	0.02	0.77	28.77	0.01	57.35
30	B+Y	14.58	0.02	0.15	31.58	0.01	53.66
HM-3	B+Y	10.82	0.04	1.71	14.58	0.01	72.84
KU-5	Y	6.81	0.01	0.15	1.18	0.01	91.84
6	Y	7.70	0.01	0.23	0.43	0.01	91.62
7	Y	10.83	0.01	0.26	0.70	0.01	88.19
8	Y	5.74	0.01	0.09	0.72	0.01	93.43
13	Y	17.26	0.01	1.03	23.78	0.01	57.91
14	Y	21.09	0.01	0.14	2.88	0.01	75.87
15	Y	23.26	0.01	0.14	30.99	0.01	45.59
16	Y	34.70	0.01	0.18	10.24	0.04	54.83
HM-1	Y	19.36	0.05	0.41	0.09	0.01	80.08
8	Y	8.68	0.04	0.06	0.33	0.01	90.88
10	Y	10.87	0.11	0.08	0.30	0.01	88.63
13	Y	5.96	0.05	0.21	0.56	-	93.22
20	Y	21.09	0.03	0.02	11.70	0.01	67.15
KU-31	Y	14.27	0.01	0.06	0.10	0.01	85.55
32	Y	12.50	0.04	0.23	4.25	-	82.98
33	Y	30.71	0.01	0.06	0.09	0.01	69.12
34	Y	8.65	0.01	0.12	0.08	0.01	91.13
35	Y	5.06	0.01	0.17	0.08	0.01	94.67
HM-6	Y+Py	12.54	0.03	0.49	0.12	0.01	86.81
11	Y+Py	1.67	0.06	0.27	0.34	-	97.66
4	Py	0.09	0.02	0.06	0.08	-	99.75
5	Py	0.15	0.02	0.08	0.24	-	99.51
7	Py	1.34	0.02	0.06	0.74	-	97.84
KU-1	S	7.89	0.03	0.09	0.50	0.05	91.44
4	S	11.08	0.01	0.17	0.91	0.04	87.79
36	S	8.92	0.02	0.08	0.28	0.01	90.69
37	S	10.52	0.05	0.23	1.56	0.05	87.59
38	S	1.80	0.02	0.08	0.22	0.05	97.82
39	S	3.97	0.02	0.18	0.52	0.01	95.30
40	S	8.07	0.02	0.17	0.41	-	91.33

KU-小坂鉱山内の俗鉄床, HM-花岡鉱山松峯鉄床, Cp-黄銅鉱, Tn-四面銅鉱, Gn-方鉛鉱, Sp-閃亜鉛鉱, Em-エムブレクト鉱, Py-黄鉄鉱

第5表 小坂および花岡鉱山黒鉄鉱床産鉱石のCu-Pb-Zn 3成分比(1)

標本番号	鉱種	分析値(wt.%)			3成分比		
		Cu	Pb	Zn*	Cu	Pb	Zn*
KU-18	BO	1.32	27.30	39.02	1.95	40.36	57.69
20	BO	2.72	26.69	41.05	3.86	37.88	58.26
21	BO	1.86	16.60	18.07	5.09	45.44	49.47
22	BO	1.32	14.92	26.72	3.07	34.73	62.20
23	BO	3.53	5.02	14.78	15.13	21.52	63.35
24	BO	1.49	11.18	12.36	5.95	44.67	49.38
25	BO	4.18	10.76	14.76	14.07	36.23	49.70
27	SBO	7.03	0.34	6.62	50.25	2.43	47.32
28	SBO	4.95	0.95	5.63	42.93	8.24	48.83
29	SBO	4.07	0.43	9.46	29.15	3.08	67.77
30	SBO	3.39	0.06	7.80	30.13	0.53	69.34
HM-3	BO+YO	4.77	1.35	6.71	37.18	10.52	52.30
KU-5	YO	3.76	0.15	0.69	81.74	3.26	15.00
6	YO	4.15	0.23	0.25	89.63	4.97	5.40
7	YO	5.89	0.24	0.40	90.19	3.68	6.13
8	YO	3.42	0.10	0.46	85.86	2.50	11.64
13	YO	9.29	1.02	13.73	38.64	4.24	57.12
14	YO	11.15	0.14	1.63	86.30	1.08	12.62
15	YO	11.93	0.12	17.09	40.94	0.41	58.65
16	YO	16.71	0.17	5.29	75.37	0.77	23.92
HM-1	YO	10.43	0.39	0.05	95.95	3.59	0.46
HM-8	YO	5.01	0.07	0.20	94.88	1.33	3.79
10	YO	6.41	0.08	0.17	96.25	1.20	2.55
13	YO	3.29	0.20	0.30	86.80	5.28	7.92
20	YO	9.96	0.03	5.87	62.80	0.19	37.01
KU-31	YO	7.19	0.06	0.05	98.50	0.82	0.68
32	YO	7.15	0.24	2.56	71.86	2.41	25.73
33	YO	14.77	0.07	0.05	99.19	0.47	0.34
34	YO	4.94	0.12	0.05	96.67	2.35	0.98
35	YO	2.95	0.17	0.05	93.06	5.36	1.58
HM-6	YO+PyO	4.95	0.35	0.05	92.53	6.54	0.93
11	YO+PyO	1.35	0.30	0.22	72.20	16.04	11.76
4	PyO	0.16	0.06	0.05	59.26	22.22	18.52
5	PyO	0.23	0.08	0.13	52.27	18.18	29.55
7	PyO	0.93	0.06	0.47	63.70	4.11	32.19
KU-1	SO	1.92	0.04	0.13	91.87	1.91	6.22
4	SO	4.20	0.12	0.37	89.55	2.56	7.89
36	SO	2.40	0.04	0.08	95.24	1.59	3.17
37	SO	2.41	0.09	0.38	83.68	3.13	13.19
38	SO	0.50	0.04	0.07	81.96	6.56	11.48
39	SO	0.77	0.06	0.10	82.80	6.45	10.75
40	SO	1.86	0.07	0.10	91.62	3.45	4.93

*—Cdを含む。

BO-黒鉄, SBO-半黒鉄, YO-黄鉄, PyO-硫化鉄, SO-珪鉄

第6表 層状含銅硫化鉄鉱鉱床および鉄脈産鉱石の化学組成, Cu-Pb-Zn 3成分比および鉱物組成

標本番号	鉱山名	化学組成 *1					Cu:Pb:Zn 比			鉱物組成			
		Cu	Pb	Zn	Fe	S	Cu	Pb	Zn	Cp	Gn	Sp	Py
K-1	峯久	0.88	tr	1.15	21.49	17.24	43.3	-	56.7	4.4	-	5.7	89.9
2	沢根	1.29	tr	tr	20.55	14.35	100.0	-	-	8.0	-	-	92.0
3	飯盛	1.07	tr	tr	23.28	20.50	100.0	-	-	4.8	-	-	95.2
4	佐々々	1.48	tr	0.29	23.58	20.96	83.6	-	16.4	6.4	-	1.1	92.5
5	別白	1.30	0.01	0.45	12.18	13.98	73.9	0.6	25.5	8.7	0.04	3.0	88.3
6	滝子	1.07	-	1.39	19.64	14.66	37.9	-	62.1	6.6	-	7.8	85.6
7	久喜	2.70	tr	0.95	25.06	15.74	74.0	-	26.0	15.4	-	4.9	79.7
8	大久	0.97	tr	0.40	12.94	7.87	70.7	-	29.3	11.4	-	4.2	84.4
9	田立	0.77	tr	1.69	31.46	33.21	31.3	-	68.7	1.9	-	4.3	93.8
10	日老	1.00	tr	0.46	14.57	12.35	68.5	-	31.5	7.2	-	3.2	89.6
V-1	土煙	0.95	tr	0.49	3.02	3.25	67.4	-	32.6	25.8	-	12.5	61.7
2	尾去	1.14	0.31	1.64	11.83	6.70	36.9	10.0	53.1	14.3	2.2	19.0	64.5
3	吉永	0.62	0.10	0.30	6.17	5.95	60.8	9.8	29.4	9.3	1.1	4.4	85.2
4	三松	1.04	0.06	0.29	8.04	3.71	74.8	4.4	20.8	11.7	0.4	3.0	84.9
5	光川	1.37	tr	0.15	9.86	3.50	90.1	-	9.9	37.8	-	3.5	58.7
6	尾小	0.55	0.18	1.44	4.60	2.80	25.4	8.3	66.3	15.0	2.7	36.3	46.0
7	屋州	1.23	0.28	1.23	3.80	4.98	44.9	10.2	44.9	20.7	2.6	19.4	57.3
8	紀法	1.32	0.15	0.16	22.58	19.32	81.0	9.2	9.8	6.1	0.4	0.8	92.7
9	妙會	2.88	0.02	0.08	19.12	12.53	96.6	0.7	2.7	20.8	0.9	0.4	77.9
10	細森	0.09	0.09	7.18	10.89	13.17	0.8	25.8	73.4	0.6	7.8	36.4	55.2
11	大土	0.08	2.52	7.17	11.4 ₃	14.65	0.8	19.0	80.2	0.4	4.8	33.9	60.9

*1 日本鉱業技術叢書第3輯(選鉱1), 1950 による。

第7表 カナダ東部現状硫化物鉱床産鉱石の平均品位および Cu-Pb-Zn 3成分比

	鉱石品位 (wt.%)			3成分比 (wt.%)		
	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
Flin Flon *1	2.27	0.2	3.2	40.3	3.5	56.2
Buchans *2	1.45	7.85	15.5	6.0	31.7	62.3
Brunswick No. 6 *2	0.4	1.9	5.0	5.5	26.0	68.5
Brunswick No. 12 *2	0.3	3.6	9.5	2.3	26.8	70.9

*1 1964年採掘80万tに対する平均品位

*2 埋蔵鉱床量に対する平均品位

資料: 兼平慶一郎, 1966

細倉・大土森のような Pb-Zn 鉱脈の鉱物組成は黒鉄鉱石のそれに、三川・尾去沢・尾小屋・土煙のような銅鉛亜鉛鉱を産する鉱脈または鉄染・網状鉄床は半黒鉄鉱石に、また日光その他の銅鉄脈および大部分の層状含銅硫化鉄鉱床は黄鉄鉱・硫化鉄鉱石・珪鉄鉱石に、それぞれほぼ変化範囲を同じくしている。

2.4 化学組成上の特長

今度利用した各種鉄石42個について、各成分の変化範囲とその平均値*を第8表に、またそこに見られる特長の要点を第9表にそれぞれ示す。なお、鉄石中の As/Sb 比については、内の岱鉄床に関し 新らしい資料 (Ku-1~20)と古い資料 (Ku-21~40)とで逆の関係を示していて、問題は複雑である。このようなことの示された原因については、いろいろ考えられる点があつて、今のところでは一義的には理解しがたい。

さらに Cu-Pb-Zn 3成分比の変化を示す第3図によると、すでに第2図で見たような他種鉄床との類似性がここでも同様に示されているが、これにはなおカナダ東部に産する塊状硫化物鉄床に関する資料 (兼平慶一郎, 1966)も少しつけ加えてある。これらのうち Bnchans および Bathurst 地域に産するものは、オールドビス紀の変成された噴出岩・堆積岩中に存在している鉄床で、特

* 最高・最低値を除いた残りの算術平均値

に前者は種々の性質が黒鉄鉱床によく似ているものである。

3. 鉄床学上の問題点

3.1 黒鉄鉱床産鉄石の性質の変化

すでに堀越義一(1952)は、黒鉄鉱床産各種鉄石の Cu-Pb-Zn 3成分比の変化範囲を示し、黒鉄鉱床では珪鉄-黄鉄-黒鉄の順に生成したとの成因説に基づいて、それらの間の Cu-Pb-Zn 3成分比の進化について論じた。今回の資料でも、各種鉄石の Cu-Pb-Zn 3成分比の変化範囲は堀越のそれとよく一致している。ただし、堀越の資料における鉄石種の区分は、必ずしも現在のそ

H-細倉, M-三川, N-日光, Od-大土森, Og-尾小屋, Os-尾去沢, T-土煙。

黒鉄および半黒鉄鉱石につけた線は、方鉛鉱含量を示す、資料-第4,7表

第2図 黒鉄鉄床・層状含銅硫化鉄鉄床・鉄脈産鉄石の(黄銅鉄+四面銅鉄+エンプレクト鉄)-黄鉄鉄-(閃亜鉛鉄+方鉛鉄)組成比

第8表 小坂および花岡鉾山黒鉾鉾床産鉾石の化学組成の変化範囲およびその平均値

成 分	BO (7)*				SBO, BO+YO (5)*				YO, YO-PyO (20)*				PyO (3)*				SO (7)*			
	範	間	平 均	再 計 値	範	間	平 均	再 計 値	範	間	平 均	再 計 値	範	間	平 均	再 計 値	範	間	平 均	再 計 値
Au g/t	8.2-	0.7	5.0	-	1.5-	0.3	0.9	-	1.5-	0.3	0.8	-	0.7-	0.3	0.6	-	0.3	0.3	-	-
Ag wt. %	0.153-	0.019	0.031	0.03	0.020-	0.003	0.009	0.01	0.009-	0.001	0.004	-	0.001-	0.001	0.001	-	0.003-	0.001	0.001	-
Cu	4.18-	1.32	2.18	2.3	7.03-	3.39	4.60	4.6	16.71-	1.35	7.03	7.2	0.93-	0.16	0.44	0.4	4.20-	0.50	1.87	1.9
Pb	27.30-	5.02	16.03	16.8	1.35-	0.06	0.57	0.6	1.02-	0.03	0.18	0.2	0.08-	0.06	0.07	0.1	0.12-	0.04	0.07	0.1
Zn	40.72-	12.29	22.55	23.5	9.43-	5.61	7.03	7.1	16.99-	0.05	1.14	1.2	0.47-	0.05	0.22	0.2	0.37-	0.05	0.15	0.2
Cd	0.330-	0.050	0.127	0.13	0.026-	tr	0.02	0.02	0.131-	tr	0.006	0.01	tr	tr	tr	tr	0.018-	tr	tr	tr
Fe	20.62-	1.27	5.34	5.6	27.37-	12.13	19.93	20.0	44.80-	27.86	38.66	39.7	44.32-	39.67	42.41	42.6	28.52-	13.52	17.92	17.8
As	0.433-	0.003	0.103	0.11	0.053-	0.018	0.029	0.03	0.231-	0.003	0.038	0.04	0.037-	0.025	0.032	0.03	0.035-	0.001	0.014	0.01
Sb	0.121-	0.001	0.029	0.03	0.022-	0.002	0.006	0.01	0.052-	0.001	0.022	0.02	0.052-	0.016	0.032	0.03	0.027-	tr	0.008	0.01
Bi	0.017-	0.001	0.002	-	0.025-	0.008	0.017	0.02	0.035-	0.003	0.017	0.02	0.010-	0.004	0.008	0.01	0.032-	0.003	0.018	0.02
S	30.84-	10.85	23.19	24.3	34.92-	18.21	27.05	27.2	50.34-	33.61	45.45	46.7	50.58-	44.89	48.06	48.2	31.87-	15.11	21.94	21.8
SiO ₂	5.18-	0.17	2.18	2.3	5.66-	1.90	2.49	2.5	28.66-	0.27	2.28	2.4	12.52-	0.51	6.18	6.2	67.36-	32.17	56.74	56.2
BaSO ₄	58.30-	0.03	23.14	24.1	49.04-	17.52	36.4	36.5	2.74-	tr	0.34	0.4	tr	tr	tr	tr	3.81-	0.02	0.15	0.2
Oths	2.08-	0.15	0.76	0.8	7.34-	0.49	1.43	1.4	7.39-	0.17	2.03	2.1	2.70-	1.46	2.18	2.2	3.89-	0.27	1.76	1.8
Total			95.66	100.0			99.57	100.0			97.20	100.0			99.63	100.0			100.64	100.0

* 標本個数を示す。

第9表 小坂および花岡鉾山黒鉾鉾床産鉾石の化学組成上の特長

	BO	SBO, BO+YO	Y,O YO+PyO	PyO	SO
Cu, Pb, Zn	Pb, Zn に富み, Cu に比較的乏しい。	Zn, Cu に富み, Pb に著るしく乏しい。	Cu に富み, Pb, Zn に乏しい。	何れにも極めて乏しい。	Cu にやや富む。
これらの3成分比を考えると。 a. BO-SBO, BO+YO 間の差は Pb 含量の差の大きいこと, b. YO, PyO, SO 間では、一部の Zn に富む場合を除き、一般に大きな差はない。					
Fe	変化が著るしい。		前者に比し、ほぼ一定している。		
SiO ₂ , BaSO ₄	Ba に富み, Si に乏しい。		Ba に著るしく乏しく, Si にやや富む。		Si に著るしく富む。
Au, Ag	共に富む。		Ag にやや富む。	共に乏しい。	
As, Sb	As に富む。		これら3者の間に変化が少ない。		
Bi	他に比し著るしく乏しい。		これら4者の間に変化が少ない。		
Cd	富む		少量含まれている。		著るしく乏しい。

れとは一致しない部分もある(例えば半黒鉾)ように見えるので, 特に黄鉾の変化範囲における差はかなり著しい。

今回の資料は, 各種鉾石の地質学的産状のかなりはつきり判っている小坂鉾山内の岱鉾床および花岡鉾山松峯鉾床から鉾体別に採集されたものではあるが, 各鉾体内の性質の変化を詳しく論ずるにはまだ資料不足で, 成因論上の議論を細かく行なうためには, 残念ながらきわめて不十分である。しかし, 黒鉾鉾床の成因論として同成的立場を加え, 少なくとも黄鉾鉾石の相当部分・半黒鉾鉾石・黒鉾鉾石より成る各鉾体は, それぞれ地質学単位としての別個の鉾体を作っていると考えても, その生成順序として黄鉾鉾体・半黒鉾鉾体・黒鉾鉾体の順が認められる点では, 堀越(1952)の場合と同様な鉾化作用の性質の進化が認められる。

Ms—峯の沢, S—白滝, T—田老, OS—尾去沢, MN—三川, OG—尾小屋, F—Flin Flon, BC—Buchans, BR6—Brunswick No. 6, BR12—Brunswick No. 12.

第3図 黒鉾鉾床・層状含銅硫化鉄鉾床・鉾脈産鉾石の Cu-Pb- (Zn+Co) 比 wt. %

第10表 小坂鉱山内の岱東西両鉛床の鉛物別鉛床量比および平均品位

	黒鉛鉱体				半黒鉛鉱体				黄鉛鉱体				珪鉛鉱体				合計			
	OR*1	Cu*2	Pb*2	Zn*2	OR	Cu	Pb	Zn	OR	Cu	Pb	Zn	OR	Cu	Pb	Zn	OR*3	Cu	Pb	Zn
東鉛床	24.5	2.2 10.0	5.7 25.6	14.3 64.4	13.7	2.7 33.4	0.5 6.1	4.9 60.5	9.8	3.9 86.7	0.1 2.2	0.5 11.1	52.0	1.4 77.8	0.1 5.5	0.3 16.7	43.3	2.1 26.2	1.5 18.8	4.4 51.0
西鉛床	21.4	2.7 13.5	4.1 20.5	13.2 66.0	17.6	4.1 44.6	0.5 5.4	4.6 50.0	24.8	3.9 75.0	0.2 3.8	1.1 21.2	36.2	1.7 77.3	0.1 4.5	0.4 18.2	56.7	2.9 36.2	1.1 13.8	4.0 50.0
合計	22.7	2.5 11.8	4.8 22.9	13.7 65.2	15.9	3.6 40.9	0.5 5.7	4.7 53.4	18.4	3.9 78.0	0.2 4.0	0.9 18.0	43.0	1.5 75.0	0.1 5.0	0.4 20.0	100.0	2.5 31.3	1.3 16.2	4.2 52.5

*1 東西両鉛床のそれぞれの鉛床量に対する重量パーセントを示す。

*2 第1行はそれぞれの平均品位 (wt. %), 第2行は各鉛物ごとの Cu-Pb-Zn 3 成分比を示す。

*3 東西両鉛床の合計鉛床量に対する重量パーセントを示す。

資料：同和鉱業秋田鉱業所小坂鉱山部 (1964)

第10表は、同和鉱業秋田鉱業所小坂鉱山部 (1964) の資料に基づいた内の岱東・西両鉛床についての、各種鉛物別鉛床量比と Cu・Pb・Zn 平均品位およびそれら 3 成分比を示したものである。この資料は、これら両鉛床が坑外からの数多くの試錐によって探鉱された当時に得られたものであって、そのおおよその性質を示すものと考えてよいであろう。この結果を図示したのが第4図であって、なおそれに、地殻中の Cu・Pb・Zn 平均存在量比 (Ahrens & Taylor, 1961) および隕石中の同様の値 (Mason, 1962) とが加えられている。

第4図からすれば、内の岱東西両鉛床を作った一番源をなす鉛化流体中での Cu-Pb-Zn 3 成分比は、源の鉛化流体生成後黒鉛鉱床形成に至る間にここに考えている各成分の全てが現在の位置に固定されたとの仮定の下では、一応U点 (両者を合した場合) またはE点およびW点 (東西両鉛床を別々に考えた場合) で表わされる。さらに、E点またはW点で示される比を持った鉛化流体か

ら、それぞれ黄鉛鉱体・半黒鉛鉱体・黒鉛鉱体の成分比を持つものに分け、形成時の物理化学的条件の変化に応じて、現実の各単位鉛物が示すような、さらに細かな変化を示したと考えてよいであろう。もつと議論を飛躍させれば、M-Ec-U (またはEあるいはW) 各点間の関係 (進化の過程) がどうであつたかが最後の問題となる。

3.2 他種鉛床との比較

すでに第3図および第4図に示したように、黒鉛鉱体一鉛・亜鉛鉱脈一カナダ塊状硫化物 (Pb・Zn) 鉛床、半黒鉛鉱体一銅・鉛・亜鉛鉱脈一含亜鉛層状含銅硫化鉄鉛鉱床一カナダ塊状硫化物 (Cu・Zn) 鉛床、黄鉛鉱体一珪鉛鉱体一銅鉛脈一層状含銅硫化鉄鉛鉱床などの間には、その黄銅鉱一黄鉄鉱一 (閃亜鉛鉛+方鉛鉱) 比、または Cu-Pb-Zn 3 成分比においてそれぞれ類似性がある。この事実は、金属鉛化作用あるいはその源となる鉛化流体ないしはマグマの性質に、鉛床の型式あるいは生成時代の差を超えて何らかの規則性の存在することを示していると考えてよいであろう。さらにこれに量的関係が入れれば、鉛化作用の規模の問題に発展してくる。

鉛床学上の議論は、ここでは以上に止め、また別の機会を得て詳しく論じることになしたい。

文 献

- Ahrens, L. H. & Taylor, S. R. (1961) Spectrochemical Analysis, Addison-Wesley.
- 堀越義一 (1952) 花岡鉱山を中心とする黒鉛鉱床の基礎的研究 (その3). 鉱山地質, 2, 1-16.
- 加茂野寿・石川洋平 (1965) 小坂鉱山内の岱鉛床における試錐探査の結果と開坑後の実績との関係および出鉱品位の調整について 日本鉱業会編: 鉱山および炭鉱における試料採取と出鉱品位管理 (昭40年春季大会分科研究会資料), 30-37.
- 兼平慶一郎 (1966) カナダ東部の塊状硫化物鉛床. 鉱山地質, 16 (79), 289-300.
- Mason, B. (1962) Meteorites. Willey.
- 日本鉱業会選鉱専門委員会 (1950) 硫化鉄鉛の浮遊選鉱. 日本鉱業会技術叢書, 第3集.
- 鈴木善照 (1964) 黒鉛鉱床の開発の現状—その将来の指針として—. 日鉱誌, 80, 964-968.
- 高橋清 (1962) 硫化鉱物の微量成分について—とくに東北日本内帯鉛床区の鉛床について—. 日鉱誌, 78, 81-91.
- 高橋清 (1963) 硫化鉱物の微量成分の地球化学的研究—とくに東北日本内帯鉛床区の鉛床について—. 地調報告, no. 199, 1-67.
- 同和鉱業秋田鉱業所小坂鉱山部 (1964) 内の岱鉛床の地質鉛床の概要. 社内資料

第4図 小坂内の岱東西両鉛床産鉛石の Cu-Pb-Zn 3 成分比の変化