HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	顕微鏡解析の精度
Author(s)	牛沢, 信人
Citation	北海道大學工學部研究報告, 24, 33-37
Issue Date	1961-02-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40674
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_33-38.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

顕微鏡解析の精度

牛沢信人

(昭和35年9月6日受理)

Accuracy of the Microscopical Analysis

Nobuto USHIZAWA

Abstract

The relation between the accuracy and the number of grains for the measurement of the grade of mineral constituents and the degree of liberation of the powdery ore by the microscopic method is stated in this paper.

As sample he used floatation feed of the Shimokawa mine. It consists of large quantity of pyrite, moderate quantity of gangue mineral and small quantity of chalcopyrite, sphalerite and pyrrhotite etc.

目　　次

1. 緒　　論 …… 33
2. 測定値について …… 34
3. 結　　論 …… 36

1. 緒　　論

鉱物粒粉末試料から，組成鉱物の構成比を，化学分析によつて出すことは，組成のごく単純な場合のほかは，きわめて困難なことである。

それは，異種鉱物でも，共通元素を含むことが多いからにほかならない。たとえば，給鉱試料から，モード計算で，硫化鉱物のみの比率を出す場合でも，酸によつて珪酸塩中の鉄等の一部がとけ出すために，出来ないことも多い。まして，粒子の組織をみたり，単体分離率を測定したりするには，どうしても，顕微鏡観察をおこなう以外に方法がない。古くから，Dellese の方法を用いた顕微鏡測定法が，一般に行われているゆえんである。

測定粒子数と，精度との関連については，統計学は，精度は，測定粒子数の平方根に比例すると教えている。たとえば，測定粒子数が 400 からと 6,400 と 16 倍増加しても，精度の上昇は 4 倍にすぎないということである。

また，Gaudin[1] は精鉱で 500 粒，尾鉱で数千粒程度，Edward[2] は大低のものは 1,200 ないし 1,500 粒で間に合うといい，また，竹内[3] は，1,000 粒程度の測定を行なえば安全で，すくなくとも，800 粒程度の測定がのぞましいと述べている。

以上は，いずれも経験にもとずいた目安のようである。

上述の統計の法則にしろ，また諸家の意見にしろ，どの程度の粒子数で，どの程度の精度があるかという絶対値については，何も教えていない。しかも，異種試料で，含有率の異なる場合についても，また同一試料内でも多量組成と少量組成とでは，その測定値の精度に大巾な差があると推定されるのである。本文では，下川鉱山浮選給鉱 (250～300 メッシュ) を用いて測定粒子数と，鉱物組成比および各構成鉱物の単体分離率の両者の測定値の精度との間の関連について考察したものである。ちなみに，このものは顕微鏡測定によれば，黄鉄鉱 (py)，黄銅鉱 (cp)，内亜鉛鉱 (sl)，磁硫鉄鉱 (po)，脈石 (g) 等の構成比が重量%で，それぞれ，およそ 64.5，8.5，2.1，3.1，21.68 であることを示している。測定方法は従来通りの方法にしたがつた。

2. 測定値について

試料数は 12 個，各試料の粒子数は，第 1 表下段に示すように最少で 729，最大で 4,588，多くは 2,000 粒台であり総計で 28,676 粒である。

py，cp，g，sl，po 等 5 つの組成鉱物の含有率と，単体分離率の総平均値，および 12 試料による標準偏差，標準誤差等は右方の欄に示してある。また母集団平均値の範囲を一括したものが第 2 表である。測定値からつぎのようなことが指てき出来る。

1. 組成比，単体分離率ともに，多量組成ほど，偏差ないし誤差が小さいという，かなりはつきりした傾向がある。この傾向からのずれ，たとえば組成でいえば，磁硫鉄鉱の偏差が著しく大きく，脈石のそれも幾分大きい。また単体分離率でいえば，黄銅鉱の単体分離率は，閃亜鉛鉱，磁硫鉄鉱のそれに比して大きいこと等等は測定上の個人誤差というよりも，むしろ，大部分試料の本質に根ざすかたよりであると推察される。

2. 組成と，単体分離率の偏差を比較すると，一般に，またある組成においては特に，前者より後者の偏差ないし誤差が小さい。

3. 最低 729 粒から，最高 4,588 粒という 12 個の標本において，組成比にしても，また，単体分離率にしても，各標本の測定値の偏差に大きなちがいはない。あるいは，この程度の粒子数の範囲内では，測定粒子数の大小に対応する偏差ないし誤差の大小に，明瞭な傾向がみとめられないと云つてもよい。このような点で，諸家の主張する 1,000 粒程度の測定粒子数には，実際上だ当性があるかもしれない。しかし，この場合でも著者の測定例では，たとえば cp の標準誤差が単体分離率で 4.55%，組成で 6.35% なることを認めねばならない。測定表の累算の部分にしめすように，この標準偏差を 0.5～0.6% にちぢめるには，15,000 粒ないしそれ以上の粒子数をとらねばならない。

4. 標準誤差については，各種構成鉱物について，組成比，単体分離率ともに第 1 表の最右欄に示してある。これから推察されることは，たとえば，硫化鉄精鉱中，また尾鉱中の黄銅鉱含有率のような極めて低品位のものにあつては，単体分離率を測定する場合は別として，組成比

第1表　測　定　値　表

	測定項目 \ サンプル		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	標準偏差 (%)	標準誤差 (%)
単体分離率 (%)	黄鉄鉱	測定値	93.0	94.3	93.0	93.5	95.4	95.8	94.9	94.8	94.8	95.6	95.6	94.6	94.6	0.96	1.01
		偏差	−1.5	−0.3	−1.6	−1.1	+0.8	+1.2	+0.3	+0.2	+0.2	+1.0	+1.0	0			
		累算	93.0	93.6	93.5	93.6	94.2	94.3	94.6	94.9	94.9	94.9	95.1	95.1			
		偏差	−1.6	−1.0	−1.1	−1.0	−0.5	−0.3	−0.3	+0.2	+0.2	+0.2	+0.5	+0.5			
	黄銅鉱	測定値	69.3	72.8	64.7	68.1	74.3	82.5	72.2	70.0	73.8	68.8	75.3	74.4	71.1	3.25	4.55
		偏差	−1.8	+1.7	−3.8	−3.0	+3.2	+6.6	+1.1	−1.1	+2.7	−2.3	+4.2	+3.3			
		累算	69.3	71.1	70.0	69.1	70.1	71.8	71.9	71.7	71.8	71.7	71.9	72.3			
		偏差	−1.8	0	−1.1	−2.0	−1.0	−0.7	+0.8	+0.6	+0.7	+0.6	+0.8	+1.2			
	脈石	測定値	82.7	82.3	83.2	81.9	83.4	86.8	83.4	84.2	83.2	87.4	84.0	83.8	83.8	1.66	1.96
		偏差	−1.1	−1.5	−0.6	−1.9	−0.4	+3.0	−0.4	+0.4	−0.6	+3.6	+0.2	0			
		累算	82.7	82.3	82.4	82.7	82.9	83.5	83.4	83.0	83.4	83.7	83.7	83.8			
		偏差	−1.1	−1.5	−1.5	−1.1	−0.9	−0.3	−0.4	−0.8	−0.5	−0.1	−0.1	0			
	閃亜鉛鉱	測定値	80.3	76.0	77.5	77.7	76.5	86.5	86.6	81.8	82.1	78.4	84.1	82.9	80.8	3.72	4.60
		偏差	−0.5	−4.8	−3.3	−3.1	−4.3	+5.7	+5.8	+1.0	+1.3	−2.4	+3.3	+2.1			
		累算	80.3	78.5	78.4	78.5	78.1	78.9	80.1	80.7	80.8	80.5	88.4	80.4			
		偏差	−0.5	−2.3	−2.4	−2.3	−2.7	−0.9	−0.7	−0.1	0	−0.3	−0.4	−0.4			
	磁硫鉄鉱	測定値	84.3	85.4	87.8	88.3	81.4	89.1	83.8	82.8	86.9	80.2	85.4	80.3	84.6	3.04	3.60
		偏差	−0.3	+0.8	+3.2	+3.7	−3.2	+4.5	−0.8	−1.8	+2.3	−4.4	+0.8	−4.3			
		累算	84.3	85.0	85.1	85.6	85.1	85.3	85.3	85.0	85.1	84.6	84.9	84.2			
		偏差	−0.3	+0.4	+0.5	+1.0	+0.5	+0.7	+0.7	+0.4	+0.9	0	+0.3	−0.4			
含有率（重量）(%)	黄鉄鉱	測定値	64.8	64.6	65.3	65.7	68.1	69.6	65.7	65.5	63.3	65.2	68.3	61.9	65.6	2.06	3.14
		偏差	−0.8	−1.0	−0.3	+0.1	+2.5	+4.0	+0.1	+0.1	−2.4	−0.4	+2.7	−3.7			
		累算	64.8	63.6	64.7	64.1	65.0	65.5	65.5	65.5	65.2	65.3	65.8	65.2			
		偏差	−0.8	−2.0	−0.9	−1.5	−0.6	−0.1	−0.1	−0.1	−0.4	−0.3	+0.2	−0.4			
	黄銅鉱	測定値	8.10	9.25	7.83	7.53	8.31	8.53	8.55	8.61	8.95	7.78	7.62	8.83	8.36	0.53	6.35
		偏差	−0.26	+0.89	−0.53	−0.83	−0.05	+0.17	+0.19	+0.25	+0.59	−0.58	−0.74	+0.47			
		累算	8.10	8.57	8.56	8.26	8.27	8.30	8.38	8.42	8.43	8.38	8.37	8.40			
		偏差	−0.26	+0.21	+0.20	−0.1	−0.09	−0.06	+0.02	+0.06	+0.07	+0.02	+0.01	+0.04			
	脈石	測定値	22.9	20.1	22.6	22.4	19.9	18.9	21.2	20.4	22.3	21.1	17.9	22.9	21.1	1.5	7.1
		偏差	+0.85	−0.95	+1.55	+1.35	−1.15	−2.15	+0.15	−0.65	+1.25	+0.05	−3.15	+1.85			
		累算	22.9	21.9	22.3	22.1	21.6	21.2	2.13	21.2	21.3	21.3	21.0	20.4			
		偏差	+1.85	+0.85	+1.25	+1.02	+0.6	+0.15	+0.25	+0.15	+0.25	+0.25	−0.05	−0.65			
	閃亜鉛鉱	測定値	2.07	2.07	2.12	1.85	1.75	1.55	2.03	2.04	2.64	2.38	2.58	2.00	2.09	0.1	4.8
		偏差	−0.02	−0.02	+0.03	−0.24	−0.34	−0.44	−0.06	−0.05	+0.55	+0.29	+0.49	−0.09			
		累算	2.07	2.13	2.16	2.06	2.01	1.95	1.97	1.97	2.03	2.07	2.03	2.04			
		偏差	−0.02	+0.04	+0.07	−0.03	−0.08	−0.14	−0.12	−0.12	−0.06	−0.02	0	−0.05			
	磁硫鉄鉱	測定値	3.74	4.02	2.25	2.46	2.13	1.34	2.46	3.43	2.87	3.74	3.48	4.36	3.02	0.87	28.8
		偏差	+0.72	+1.00	−0.77	−0.56	−0.89	−1.68	−0.56	+0.41	−0.15	+0.72	+0.46	+1.34			
		累算	3.74	3.86	3.66	3.39	3.13	2.88	2.84	2.91	2.90	2.98	3.02	3.13			
		偏差	+0.72	+0.84	+0.64	+0.37	+0.11	−0.14	−0.18	−0.11	−0.12	−0.04	0	+0.11			
測定粒数			4,588	3,086	1,431	729	2,876	2,208	2,161	2,674	2,273	2,503	1,819	2,328			
同上（累算）			4,588	7,674	9,105	9,834	12,710	14,918	17,079	19,753	22,026	24,529	26,348	28,676			

第2表 母集団平均値の範囲

測定項目		信頼係数 95%	信頼係数 99%	測定項目		信頼係数 95%	信頼係数 99%
単体分離率(%)	py	94.6±0.60	94.6±0.85	含有率(重量)(%)	py	64.5±3.03	64.5±4.27
	cp	71.1±2.07	71.1±2.97		cp	8.55±0.55	8.55±0.78
	g	83.8±1.04	83.8±1.47		g	21.7±1.99	21.7±2.8
	sl	80.8±2.34	80.8±3.31		sl	2.16±0.23	2.16±0.34
	po	84.6±1.91	84.6±2.68		po	3.13±0.66	3.13±0.94

を出すためには，顕微鏡測定は，とうてい化学分析の代用には耐ええないであろうということである。

5. 組成比は別として，特定鉱物（たとえば黄銅鉱なら黄銅鉱）の単位分離率を重点的に，より正確に知ろうと慾する場合（たとえば特に現場操業で，かかる要求が多いであろう）には，含黄銅鉱粒子のみをひろつて単体分離率の測定を行なうことがのぞましい。

この場合，比較的少ない粒子数で格段に高い精度の単体分離率の測定値を得ることができよう。さらに，もし組成比（含有率）を知る必要があれば簡易分析法――を併用する方が得策であろう。筆者の測定例で含黄銅鉱粒子数の，全粒子数に対する関係を示せば次表のようになる。

上表によれば，含黄銅鉱粒子のみ1,000粒測定することは全粒子をおよそ10,000粒測定す

第3表 試料中の含黄銅鉱粒子数

サンプル		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
含黄銅鉱粒子数	単体	262	213	70	33	176	145	161	158	141	131	106	157
	片刃	222	160	74	34	115	68	116	137	106	125	74	102
	小計	484	373	144	67	291	213	277	295	247	256	180	259
累計		484	857	1,001	1,068	1,359	1,572	1,849	2,144	2,391	2,647	2,827	3,086
試料全粒子数		4,588	7,674	9,105	9,834	12,710	14,918	17,079	19,753	22,026	24,529	26,348	28,676

ることに相当する。

3. 結　　論

多量の黄鉄鉱，中程度の量の脈石，少量の黄銅鉱，閃亜鉛鉱，磁硫鉄鉱等を含む，下川鉱山の浮選給鉱（250～300 mesh）を用いて，測定粒子数と，単体分離率，組成比（含有率）等の測定値の精度との関連を考察した。実際上，主として労力の点で，また，それを考慮に入れたうえで理論的に云つて従来いわれて来たように，測定粒子数は，浮選給鉱等にあつては1試料1,000粒程度にとどめるのが妥当であろう。しかし，その場合，少なくとも，著者の測定例では，第1表の最右欄にしめすような誤差はまぬがれない。この測定例では，特に組成比（含有率）の測定においては，たとえば黄鉄鉱精鉱中，または尾鉱中銅分のような極少量組成の顕微鏡分析

は精度の上から考えて化学分析の代用にはなりがたいといえよう。

文　　献

1) Gaudin (衛藤・久保訳): 選鉱学 85 p.
2) Edwards: Textures of the ore minerals 177 p.
3) 竹内常彰: 浮選 2. 44 p.