

8) 本鉱石の欠点を挙げれば、有害硫化物(特に黄鉄鉱)の混入がみられ、また品位の不同は激しくないが比較的の低品位である。ただし磷分が少なく、總体的に珪酸

に乏しく、石灰に富むので、フェロマンガン用として好適であろう。

(昭和26年6月調査)

546.284-31:545

粒度差による岩石粉中の遊離珪酸量測定の一例

—特に珪肺問題に関連して—

岩生周一*・高橋博**・河田清雄*

Résumé

An Example of Estimation of Amount of Free Silica in Rock Powder

— with Reference to the Problem of Silicosis

by

Shūichi Iwao, & Hiroshi Takahashi

Kiyoo Kawada

As a result of a tentative estimation of the amount of free silica in rock powders from drilling holes, it was revealed that the powders were generally much less in quartz content than the mother rocks from which the powders were derived. To presume the amount of free silica in powder from the modal value of quartz in the rock, therefore, is not so adequate a method.

まえがき

珪肺防止の対策の1つとし、脈石・鉄脈および母岩中で特に遊離珪酸に富む岩石の分布状態を個々の鉱山について調査して、これを珪酸区域とし、その区域の採掘作業に関して種々の防塵その他の対策を構じようとする目的をも含めて、新たに珪肺法の国会提出が問題とされるに至つた。そしてこのためには、当然遊離珪酸含有率の最低限をある数値で表わさざるを得ないであろう。例えば「遊離珪酸x%以上云々」と言う如くに。

ところで問題は、珪肺症に直接的に関係があるとされている粉塵(dust)の大きさは0.5~2 μ 程度であるから、このような細かさにおいても遊離珪酸の量比は、地山の原岩における場合と同じかどうかと言うことである。何んとなれば、もしこの量比が著しく異れば、岩石中の遊離珪酸の量を如何に正確に測定しても意味が薄いからである。

筆者等の行つた検討によると、岩石薄片の顕微鏡下の観察および化学分析によつて、その中の遊離珪酸の量はこれがある程度正確に測定することができるけれども、鑿岩機掘鑿によつて生じた岩石粉はその粒度の差に応じて、遊離珪酸の含有量をかなり異にすると考えることが妥当であることが明らかとなつた。従つて、岩石中の遊離珪酸の量と岩粉や粉塵中の遊離珪酸の量とを簡単に結び付けて、これを珪肺問題取扱いのある基準とすることは、粉塵中の遊離珪酸の外形や、鉱物的の存在状態等の問題を除外しても、よほど慎重を期することが強調されねばなるまい。もちろんとりあえず極めて大雑把に取扱う場合は、両者を直接結び付けることも止むを得ないかも知れない。

1. 粉塵中の遊離珪酸量測定 of 困難性

粉塵中の遊離珪酸の量を正確に測定するには、言うまでもなく岩石中における場合と同じように、化学分析とその他の方法を併用せねば不可能である。

化学分析以外の方法に関しては、河島千尋・山田久夫・江藤盛治・内田健治氏等による総合的な研究*がなされ、それによると位相差顕微鏡特にX-線による方法が定量的には最も有効で、普通の光学的顕微鏡観察および電子顕微鏡観察は、あまり有効でない結論されている。

化学分析に際して1番困難なことは、分析に必要な2~3grの試料を捕集することである。微量分析は0.1~0.2gr程度の試料で充分であるが、分析に特殊技能を要するので一般的でない。

示差熱分析も石英の曲線があまりに単純であるから、石英の存在を確認するには有効であろうが、他種鉱物との混合比を推定するには必ずしも効果的とは思えない。

そこで粉塵の源をなす岩石中の遊離珪酸量を測定し、この値から粉塵中の遊離珪酸の量をなんらかの方法で推定しうるならば、非常に簡単である。そこで地山岩石中の遊離珪酸と岩石粉中の遊離珪酸の量との関係を、足尾

* 地質部 ** 鉱床部

* 河島千尋・山田久夫・江藤盛治・内田健治: 珪肺症に関する粉塵の研究, 鉱業協会誌, 59巻, 昭26.

鉾山坑内より得た試料 (昭和 25 年 11 月現地で採取) について検討してみることにした。

2. 試料採取および作製

粉塵中の遊離珪酸を定量することには上記の理由で非常に困難が予想されたので、とりあえず湿式鑿岩によつて、穿孔から注水と伴に流出した岩石粉混りの泥水を篩と水簸とによつて 4 段階に分け、原岩およびそれぞれについて遊離珪酸の量を検討し、粒度差による含有珪酸量の変化の傾向を知る一手段とした。

テストケースとしての足尾鉾山における試料採取は、次の如く行つた。

鑿岩機: W7 型ドリフター, 理研型 détachable bit, 75 lb/cm²

穿孔箇所および採取岩石

穿孔箇所	岩石
No. 1 通洞地並連慶時第四立入東部カジカ西向立入	チャート
No. 2 通洞地並有越立入内六号鐘枝鐘西北向立入	粘板岩を主とし僅かに砂岩を混える
No. 3 横間歩上四南十井南立入二百尺鐘上鐘	石英粗面岩
No. 4 横間歩上四東十井南立入二百尺下鐘	銅石英脈

穿孔の長さ: 1 m

原岩の採取: 穿孔箇所と同じ切羽から代表的な岩石を採取

採取試料は大小の岩石粉を含んだ 1 種の泥水であるから、細かい部分の水簸と篩とによつて、また粗い部分は篩によつて、それぞれの試料を

20メッシュ以上	100~200メッシュ
20~50 "	200~300 "
50~100 "	300メッシュ以下

に分け、50~100, 100~200, 300メッシュ以下の 3 種を作製し、完全分析に供した。300メッシュ以下は水簸によつて細分することができたが、分析に供すべき量が不足した。

3. 原岩の鉱物組成と化学成分

原岩の鉱物組成および粒度を顕微鏡下に観察すると次の通りである(%)は容積比)。

No. 1 チャート 隠微晶質^{キチ}基地中に網状石英細脈

隠微晶質基地……90%	
{ 隠微晶質石英 d=0.001mm 以下 約88%	
{ 絹雲母片 l=0.003mm 以下 " 2%	
含絹雲母石英細脈	
{ 石英粒 d=0.1mm± " 7%	
{ 絹雲母片 l=0.1mm± " 3%	

No. 2 粘板岩 (千枚岩質)

絹雲母層	
絹雲母片 l=0.005mm以下 約40~30%	
基地 " 55~65%	
石英+絹雲母	
石英粒 d=0.1mm± " 5%	
炭酸塩鉱物, デルコン, 不透明鉱物	
砂岩 (アルコーズ質)	
石英粒 d=0.5~0.3mm " 50%	
長石→変質して { 絹雲母 l=0.1~0.05mm } " 20%	
{ 緑泥石 }	
黒雲母→緑泥石 l=0.5mm± " 3%	
基地 { 絹雲母+緑泥石+石英 0.01mm以下 } " 30%	
{ の集合体 }	

No. 3 石英粗面岩

斑晶石英 l=1~2mm " 15%	
{ 緑泥石 (l=0.02mm) および一部 }	
長石 { 絹雲母 (l=0.01mm) の細かい }	
{ 集合体に変る } " 20%	
石基…石英および絹雲母 (l=0.003mm) の集合体 " 65%	
その他…緑簾石, 黝簾石, デルコン, 鱗灰石, 不透明鉱物	

No. 4 石英銅鉾脈

石英 d=1mm± } " 70~80%	
硫化鉄 }	
絹雲母集合体(岩片の名残) 0.02mm以下の絹雲母および緑泥石 " 20~30%	

それぞれの化学成分は次表の通りである。

(地質調査所化学課分析)

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
SiO ₂	92.32	61.94	70.04	77.96
TiO ₂	0.18	0.68	0.29	0.20
Al ₂ O ₃	3.42	15.88	13.68	11.04
Fe ₂ O ₃	0.16	0.56	0.86	0.14
FeO	0.57	5.64	6.82	2.15
Fe	0.39	1.90	0.13	1.22
CaO	0.20	0.32	0.21	0.06
MgO	0.10	2.24	0.64	0.32
Na ₂ O	0.29	0.38	0.30	0.38
K ₂ O	0.60	3.10	2.67	2.58
P ₂ O ₅	0.09	0.13	0.07	0.05
S	0.45	2.18	0.15	1.40
+H ₂ O	0.90	3.97	3.51	2.04
-H ₂ O	0.14	0.70	0.56	0.32
Total	99.81	99.62	99.93	99.86

この値と顕微鏡観察の結果とから、原岩岩石中の遊離珪酸その他の組成物の量を算出すると次の如くなる (Wt %).

No. 1 チャート	石英	84.7 %	その他	1.8 %
	絹雲母	10.9 %		
	長石	2.6 %		
No. 2 粘板岩 砂岩	石英	29.6 %	その他	7.2 %
	絹雲母			
	緑泥石 黒雲母	59.2 %		
No. 3 石英粗面 岩	石英	36.1 %	その他	2.4 %
	雲母			
	長石 玻璃	61.5 %		
No. 4 銅石英脈およ び変質母岩 (石英粗面岩)	石英	58.4 %	その他	1.1 %
	絹雲母	34.8 %		
	長石	3.1 %		
	硫化物	2.6 %		

薄片を用いて実際に積分台で測定した遊離珪酸の量は次表の通りであつて、計算値との間に若干の差が認められる。岩石が全く均質であるならば、

	石英の量 (Vol.%)
No. 1	98 ~ 95
No. 2	32 ~ 34
No. 3	40
No. 4	67

一般に化学成分から両者の値はほとんど一致すべきであるが、この場合岩石はやや不均質であること、チャート・粘板岩等の粒度が非常に細かいこと、石英粗面岩の場合玻璃質部分の化学成分が明らかでないこと等の理由により、表記の程度の不一致は止むを得まいと思われ

4. 岩石粉の粒度差による 遊離珪酸量の差異

一般に岩石を粉碎した場合、粉の粒度に応じて鉱物組成の割合が多少異なることは常識的のことであつて、それ故に、粉塵中の遊離珪酸量を原岩岩石中の遊離珪酸量から求めようと試みることはかなり危険である。

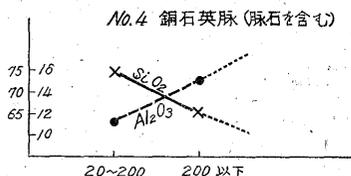
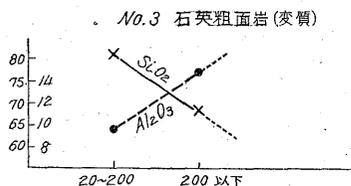
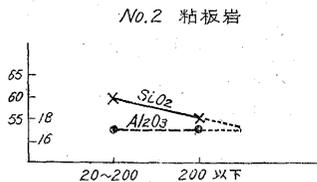
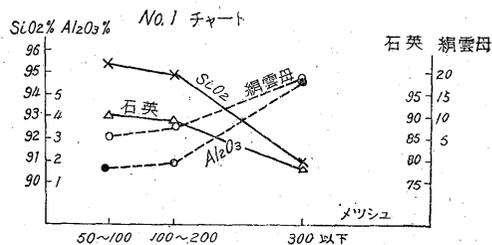
次に足尾の実例によつて、粒度差に応じて遊離珪酸量あるいは SiO₂ % にどの程度の差が認められるかの一端を窺つて見よう。

例として前記 No. 1 チャートの各粒度別化学成分を採つて比較してみる。

(地質調査所化学課分析)

	原 岩	メッシュ 50~100	メッシュ 100~200	メッシュ以下 300
SiO ₂	92.32	95.38	94.86	90.96
TiO ₂	0.18	0.11	0.12	0.27
Al ₂ O ₃	3.42	1.56	1.82	5.62
Fe ₂ O ₃	0.16	0.03	0.10	0.46
FeO	0.57	0.46	0.78	0.23
Fe	0.39	0.17	0.28	0.14
CaO	0.20	0.11	0.11	0.14
MgO	0.10	0.02	0.05	0.03
Na ₂ O	0.29	0.18	0.22	0.22
K ₂ O	0.60	0.07	0.11	0.32
P ₂ O ₅	0.09	0.07	0.09	0.15
S	0.45	0.19	0.32	0.16
+H ₂ O	0.90	1.37	0.85	1.09
-H ₂ O	0.14	0.12	0.16	0.18
Total	99.81	99.84	99.87	99.97
石 英	84.7%	91.0%	88.6%	78.5%
絹 雲 母	10.9	5.5	8.0	18.5
そ の 他	4.4	3.5	3.4	3.0

わなわち、300 メッシュまでくらの範囲では粒度差



第 1 図 岩石粉の粒度差による成分の変化図

粒度差による岩石粉中の遊離珪酸量測定の一例 (岩生周一・高橋 博・河田清雄)

に応じて、石英：絹雲母、あるいは SiO_2 ： Al_2O_3 の比が非常に規則正しく増加している。

粉塵として空中に浮遊し人体内に吸込まれるものはこれより遙かに微粒であるが、石英と絹雲母とは著しく形状を異にするから、時間の経過とともに空中で1種の風選作用を蒙り、遊離珪酸の量、あるいは $\text{SiO}_2\%$ の値はさらに次第に減少する傾向を示すであろうことが、予想される。外国の工場粉塵における1例(次表)はこの予想の1部を実証している。

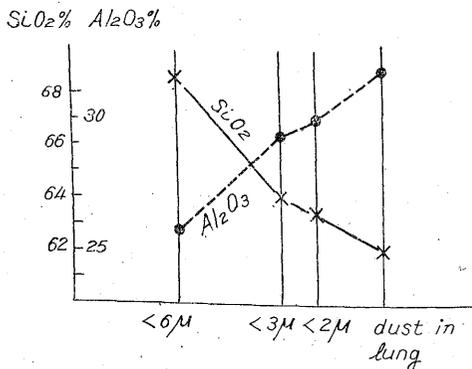
第1図および第2図はこの様子をグラフ化したものである。

ある工場における工場粉塵の粒子と化学成分との関係を示す表(外国例…工大河島教授講演より)

番号	岩石名	粒度	$\text{SiO}_2\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	$\text{K}_2\text{O}\%$
No. 2	粘板岩 (砂岩混り)	メッシュ 20~200	59.48	17.05	3.59
		メッシュ 200以下	55.35	16.79	2.58
No. 3	石英粗面岩	メッシュ 20~200	81.60	9.70	2.58
		メッシュ 200以下	68.58	14.94	3.71
No. 4	銅石英脈 (変質母岩 混り)	メッシュ 20~200	74.88	11.38	2.25
		メッシュ 200以下	65.08	15.98	2.91

成分	工場粉塵			珪肺中の 粉塵
	<6 μ	<3 μ	<2 μ	
SiO_2	68.61	64.14	63.50	62.11
TiO_2	0.57	0.65	0.66	0.76
Al_2O_3	25.71	29.37	29.97	31.65
Fe_2O_3	0.95	1.20	1.11	1.33
MgO	0.39	0.46	0.46	0.41
CaO	0.56	0.57	0.65	0.07
Na_2O	0.70	0.77	0.80	0.80
K_2O	2.37	2.70	2.71	2.65
P_2O_5	0.14	1.14	0.14	0.22
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

推定鉱物組成: Kaolinite, Flint, Quartz, Muscovite, Sericite, Feldspar, Rutite, MgSiO_3



第2図 粉塵の粒度差による成分の変化図(外国例)

チャート以外の他の採取試料についても石英と雲母様鉱物を主成分とする関係上、同じ傾向を示すことが次の分析値から明らかにされた。

しかし、石英と他の粒状珪酸鉱物(長石・橄欖石・輝石・榴石等)あるいは炭酸塩鉱物(方解石・菱鉄鉱・

菱マンガン鉄)・硫化物・酸化物等とが共存する岩石または脈石の場合それらの粉の、粒度差によつてどのような影響が現われるかは、個々の場合について検討を要するところである。

5. 遊離珪酸の型

珪肺症状が単に遊離珪酸の機械的の大きさと外形だけで引起されるものならば、遊離珪酸の型は考慮する必要がない。しかしもし化学的要素が関連性を持つならば、この型如何によつて結果が異なるはずである。

一般に天然の岩石・脈石等の中における遊離珪酸の型には、次の6種が存在する。

1. 石英
2. トリヂマイト
3. クリストバル石
4. 玉隨
5. 蛋白石
6. 石英ガラス

これらのそれぞれについて産状や化学性を述べる煩は避けるが、例えば試薬に対する染色度、熱処理に対する溶解の難易、同じく転移の様式遅速等にかかなりの差のある事は事実である。

石英粗面岩中には玻璃や玉隨質石英が、また、安山岩中にはクリストバル石やトリヂマイトがしばしば含まれること、ある種の脈石英や珪石には玉隨質石英を主体とするものがあること、またほとんど蛋白石だけから成る鉱床があること等は、充分に注意されねばならない。

6. むすび

筆者らは足尾鉛山における実例から、少なくとも石英と雲母・緑泥石とを主とする岩石や脈石の粉では、300メッシュ内外までの範囲では粒度の細かいものほど石英に対して絹雲母の量を増してあり、恐らくこの傾向はさらに粒度の細かい部分についても成立つてであろうことを明らかにした。

また、遊離珪酸の岩石や脈石中における存在状態に6種があり、それらがそれぞれ珪肺症状にどのような影響を与えるかを明らかにする必要があることを注意した。

