

北海道檜山郡今井石崎鉱山マンガン鉱床調査報告

齊 藤 正 雄*

Résumé

On the Manganese Ore Deposit of the
Imai Ishizaki Mine, Hiyama County,
Hokkaido

by

Masao Saitō

The Manganese ores of this mine occur in the altered porphyrite of Tertiary and slate of Palaeozoic. The vein lies along a fault plane or a fissur, striking N 75° to 85° W, dipping 60° to 75° southward, elongating over 4 km. Only the Motoyama part was investigated in the past. This is about 250m long, 1-3m wide, attaining 50m below the surface. Alterations of the country rocks are chloritization, sericitization carbonatization, pyritization etc.

The ores have the banded, brecciated and drusy structures, which are constituted of rhodochrosite, pyrite, sphalerite, galena, chalcopyrite, calcite, barite, quartz and other minerals. Metallic content of the ore is 34 to 41% Mn and its oxidized one shows 50 to 57% of Mn. This mine has been worked reasonably in 1939 to 1951, and large amount of remaining ore reserves may be calculated.

1. 緒 言

今井石崎鉱山は昭和12年露頭発見以来急激に擡頭し、附近の上国鉱山とともに、わが国有数のマンガン鉱山として開発されてきた。最近では菱マンガン鉱とともにその上部の二酸化マンガンの探鉱に力を注いでいるが、これらの相互関係、母岩との関係および鉱石・鉱物の共生、鉱床生成の時期を知ることは、今後の探鉱・開発上極めて主要な問題である。従来本鉱山は吉村・原田両博士、伊藤学士等によつてかなりの範囲にまで調査研究さ

れている。筆者は以上の問題に関連して最近の鉱床の概況を知るために、昭和26年6月中旬の5日間、主として坑内を対象とする現地調査を行った。短期間であつたため調査も坑道全般に亘り得なかつたが、その後の室内研究により導き得た結果を以下に報告する。

調査に際し種々御便宜を与えられた石崎鉱山職員各位、特に杉本氏に対し謝意を表する。

2. 位置および交通

鉱区は渡島国檜山郡上ノ国村で石崎川の支流なる小砂子川上流に設定されており、元山鉱床は江差線上ノ国駅の南南西直距離ほぼ、18kmに存在する。鉱山事務所に至るには上ノ国駅で下車、これよりバスを利用し日本海岸沿いにはほぼ15km南西下して石崎部落に達する。さらにトラックに便乗して石崎川およびその支流小砂子川を逆ることほぼ6kmで鉱山専用馬車軌道に乗り換え、それより2kmで到達する。この間約4時間を要する。事務所より採掘現場まではほぼ2kmの間、小砂子川支流沿いに小径が通じている。鉱石搬出は現場より2kmの選鉱場まで索道を以つてなし、さらに手選上鉱と塊精鉱とを馬車軌道によつて出し、これよりトラックで上ノ国駅に運んでいる。

3. 沿革

本鉱山は昭和12年の露頭発見に始まり、昭和14年に現権者今井作次氏の手に移つて探鉱に着手、同15年11月には運搬道路が開通した。昭和16年2月に始めて石崎より舟搬にて送鉱され、同年夏より事務所一石崎間に馬車軌道がつけられた。昭和17年には現場一選鉱場間に索道を敷設してそれまでの土籠運搬を廃止し、同18年8月より電気設備が定成した。この間吉村・原田両博士等の調査があつて、附近の地質鉱床および鉱石の全貌が明らかとなつてきた。その後昭和24年10月に1日2~3t処理の焼釜1基、同25年8月および10月には12~13t処理の釜各1基を築いて現在に至つた。この間2万tに余る鉱石を出している。

4. 地形および地質

本地区は海拔100~500mの間にあつて、鉱床は300~400m附近に胚胎している。区域の中央を小砂子川がその支流を集めて北流し、これを取り巻いてほぼ400~600mの山陵が連続している。河川はかなり刻まれてV字谷をなし、これに沿つてほとんど平坦地を認め得ず、僅か

* 北海道支所

に選鉱場より事務所にかけて狭長な平坦地がある程度で、壮年期の地貌を呈している。

附近の地質は古生層を基盤とし、これを新第三紀層が被覆し、火成岩には輝緑岩・玢岩・安山岩が見られる。古生層は区域の大半を占めるもので暗灰色粘板岩を主とし、この中にしばしば珪質部を伴い、また灰白色珪岩乃至チャート・細粒砂岩および石灰岩の薄層を挟んでいる。本層はほぼ NNE の走向で NW に $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ の傾斜を有する単斜構造をなしている。新第三紀層は訓縫層群に属するもので、地域の東部にみられて緑色凝灰岩および火山岩層よりなっている(第1図参照)。

輝緑岩は古生層中に岩床として進入しており、元山附近のものでは塊状をなし、西二号坑坑口附近では一見閃緑岩状を呈している。濃緑色堅緻で斜長石および緑泥石よりなり、これに炭酸塩鉱物の細條と黄鉄鉱の鉱染がみられる。斜長石は $0.3\times 1.0\text{mm}$ 程度の短冊状をなすが、

一般に汚濁していることが多く、緑泥石は他形をなして斜長石の間隙を埋めている。

玢岩は古生層および新第三紀層を貫いて岩株状をなして賦存し、鉾床生成に関係すると思われるもので、坑内においては特に鉾床の下盤側に多くみられる。緑色緻密で斜長石および緑泥石よりなり、鏡下では完晶質を示して斜長石斑晶が多く、この間を緑泥石および黄鉄鉱・石英等が埋めて填間石理を呈している。斜長石は自形乃至半自形で $0.2\times 0.8\text{mm}$ 程度の短冊状をなすものが多く、An 42~46 成分である。鉾床に近接する処ではかなりの範囲まで変質しており、甚しく汚染され、斜長石もその輪廓は残してもほとんど絹雲母化、緑泥石化し、また總体的に炭酸化作用を受けるものが多く、最後に方解石脈に貫かれている。

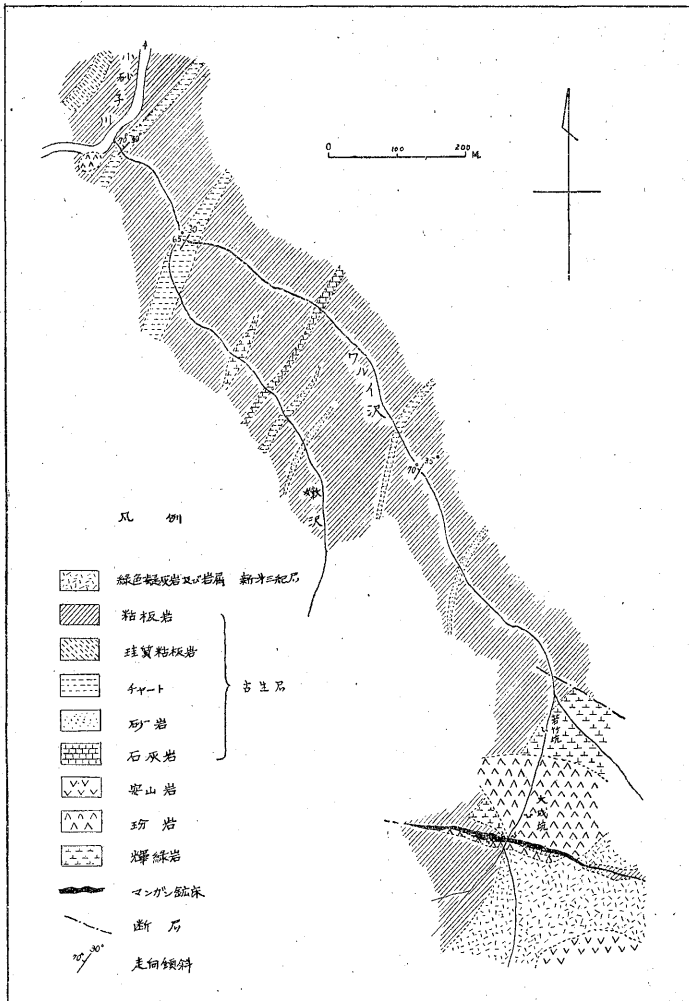
安山岩は地域の南東山嶺にみられて、新第三紀を被覆する。輝石安山岩と思われるもので斜長石は自形を示す

が一部方解石化するものあり、輝石は緑泥石化・ウラル石化作用進み、石基は玻璃質乃至隠微晶質で含鉄鉱物を多量に含んでいる。

5. 鉾床および鉾石

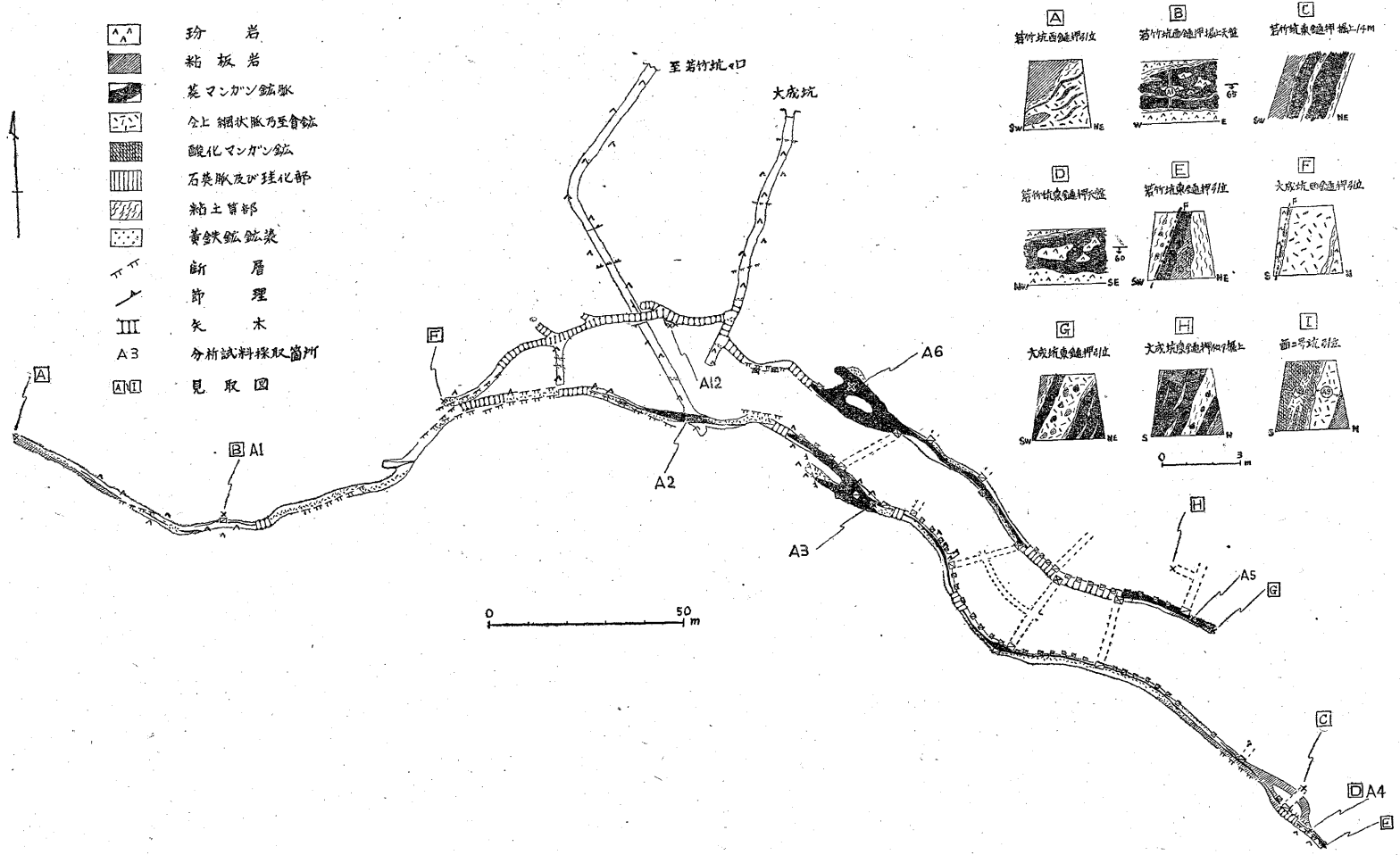
a) 鉾床概説

マンガングル床は玢岩および粘板岩中に鉾脈をなして胚胎するが、特に主要なものは元山地区の玢岩、もしくは玢岩-粘板岩境界にみられる大断層あるいは裂隙を充した浅熱水性のもので、中新世末の訓縫期に生成されたものと考えられる。菱マンガングルおよびこれの酸化による二酸化マンガングルを鉾石としているが、菱マンガングルは元来閃亜鉛鉱・黄鉄鉱等の脈石として極めて多量に生じたものである。大断層はほぼ $N 80^{\circ}W$ に走り、 $60^{\circ}\sim 75^{\circ}SW$ に傾斜して西方の嫩沢を横ぎる 4km の延長を有するもので、元山附近では主として玢岩を、以西では粘板岩を切つている。元山鉾床の富鉄体は東と西に2箇所に見られるが、その落しは東南方および東方 $\sim 30^{\circ}$ 程度で、東部のものではその *stope length*、*pitch length* とともに 100m を越え脈幅平均 2.5m で時に 8m に達することがある。また西部のものではその *stope length* ならびに *pitch length* は 50m が確認され、脈幅は $1\sim 1.5\text{m}$ を普通とする(第2図・



第1図 今井石崎鉾山附近地質図

8-1 (538)

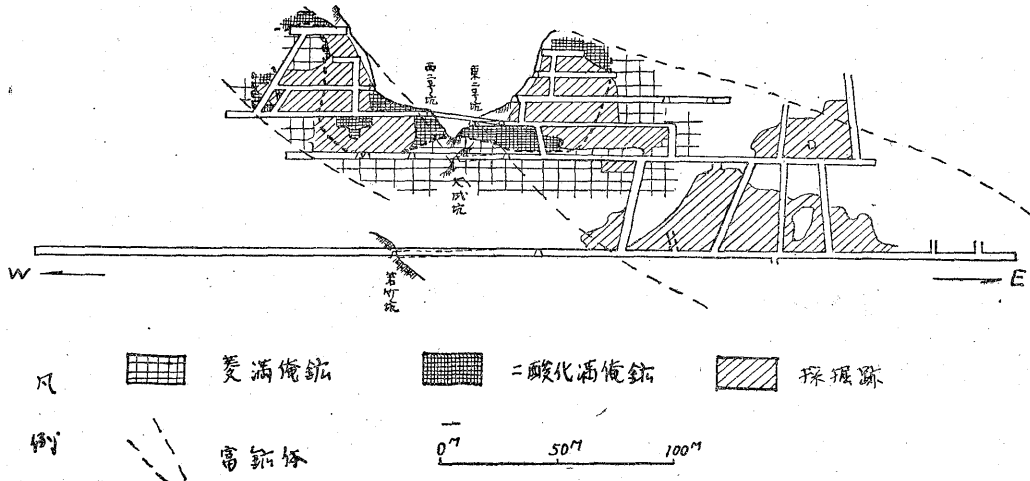


第2図 今井石崎鉱山坑内地質鉱床図

第3図参照)。

元山附近が特に脈幅も広く大鉍床を形成しているのは、これが玢岩中もしくは玢岩と粘板岩との境界附近に生成されているからで、母岩である玢岩と粘板岩との物理性の相違によると考えられる。すなわち元山以西のもの

本鉍山の鉍石構造として普通のもは縞状構造であり、これに次いで角礫構造および僅かに晶洞構造が見られる。縞状構造をなすものでは菱マンガン鉍・黄鉄鉍および閃亜鉛鉍が明らかに平行縞状をなし、鏡下では方鉛鉍・黄銅鉍の微品の1部も平行に配列している。また本



第3図 今井石崎鉍山坑道断面図

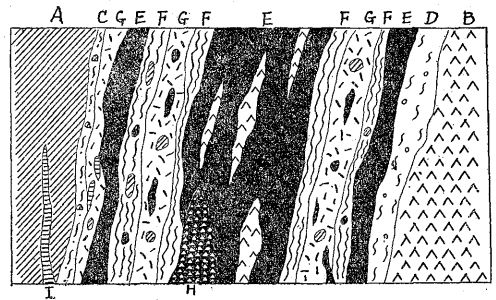
のが脈幅の狭いのは、これが古生層の粘板岩中にあつて粘板岩自体が著しい裂罅の生じ難いことによると思われる。鉍石構造に縞状が発達しているのは、鉍石鉍物の晶出が緩慢に行われたことを示している。鉍床の上部は下降水の酸化作用によつて二酸化マンガン鉍を生じているが、特に元山附近ではこの現象が顕著である。

b) 鉍化作用

鉍床生成には前後2回の鉍化期が考えられ、前期に属する組成鉍物としては菱マンガン鉍を主とし、黄鉄鉍・方鉛鉍・閃亜鉛鉍・黄銅鉍・重晶石等、後期のものでは黄鉄鉍を主とし、閃亜鉛鉍・方鉛鉍・菱マンガン鉍等がみられる。菱マンガン鉍を主とする鉍脈の硫化鉍物としては黄鉄鉍が最も多く、閃亜鉛鉍これに次ぎ、方鉛鉍・黄銅鉍は極めて少ない。

母岩の変質に粘土化がみられ、破壊作用を伴っているが、これは鉍床生成の2時期によつて異り、後期のものに著しいようである。前期鉍化作用による粘板岩の変質は極少部分で僅かに淡緑褐色を呈するが、玢岩の変質はかなり広く、斜長石は白色斑晶として残り、全体として淡緑色乃至緑色を示す。後期の変質では淡褐色乃至暗灰色となり、黄鉄鉍を散点せしめ、さらに粘板岩・菱マンガン鉍の角礫を取り込んでいる(第4図参照)。この他の変質作用としては緑泥石化・炭酸塩化・絹雲母化がかなりの範囲まで見られ、時に珪化作用を伴っている。

c) 鉍石



第4図 今井石崎鉍山鉍化作用概念図

- A: 粘板岩
- B: 玢岩
- C: 緑色粘土 (角礫母岩を含む)
- D: 緑色粘土 (斜長石粒を残す)
- E: 菱マンガン鉍を主とする硫化鉍 (時に中石を含む)
- F: 淡褐色乃至暗灰色粘土 (角礫母岩・鉍石を含む)
- G: 細状鉍あるいは貧鉍 (角礫母岩・パツケ状菱マンガン鉍を含む)
- H: 角礫鉍
- I: 石英脈

構造には累被をなすものが多く、これに縞状・皮殻状(腎臓状あるいは乳房状の表面を有する)が見られ、しばしば輪状鉍もあつていわゆる膠質沈澱の構造を呈する。角礫構造では粘板岩・玢岩あるいは早期晶出の菱マンガン鉍の角礫を含有しており、時には鉍脈の大部が菱マンガン鉍角礫によつて占められる。本構造は肉眼的なものとしては局所的であるが、鏡下ではかなりの範囲にみられる。晶洞構造は極めて局部的に存在するが、その内面には菱マンガン鉍・黄鉄鉍時に方解石・石英の小晶

が発達する。

鉱脈を構成する組成鉱物には菱マンガン鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄銅鉱・四面銅鉱・重晶石・方解石・石英・石膏等があるが、これら諸鉱物の共生関係はかなり複雑である。鉱脈の肉眼観察と顕微鏡観察とによれば、その晶出順序は大略第1表の如くなる。すなわち

	前 期	後 期
菱マンガン鉱	■	■
閃亜鉛鉱	■	■
方鉛鉱	■	■
黄鉄鉱	■	■
黄銅鉱	■	■
四面銅鉱	■	■
方解石	■	■
石英	■	■
重晶石	■	■
石膏	■	■

第1表 今井石崎鉱山鉱物晶出順序

前述のとおり鉱床の生成には前期および後期の2時期に大別せられ、前期は菱マンガン鉱鉱化期で後期は硫化鉱物の鉱化期ともいえる。

以上の組成鉱物の主なものについてその特徴を略述すれば、次の如くである。

菱マンガン鉱は一般に細粒乃至微粒であるが、しばしば0.5~1cmに達する桃紅色美麗結晶の集合として産して彎曲性を有することが多く、また同心構造の鐘乳石状として見られることもある。菱マンガン鉱の鉱化は後期硫化鉱物時代にも若干作用されているが、この時代のものとは前期菱マンガン鉱晶出時代のものに比して、石灰の含有が著しく多くなつた灰白色緻密の炭酸マンガン鉱で、時にはマンガン方解石に類する。なお本鉱の地表水よりの酸化作用により生じたと思われる二酸化マンガン鉱は、黒色乃至暗灰色膠質性である。縞状構造の間に小柱状結晶が見られること、 MnO_2 が80%を越える高品位鉱でありながら電池用として不向きであること等により、ポリアン石ではないかと考えられる。

黄鉄鉱は菱マンガン鉱と縞状配列をなすか、あるいは菱マンガン鉱中に散在するが、他形をなすものが多く、石英脈に附随するものでは自形乃至半自形を示す傾向がある。ただしいずれも3mm以下の小粒である。

閃亜鉛鉱は菱マンガン鉱の縞状構造をなす中に、無数の微粒結晶の集合として配列しており、他形で方鉛鉱と密接していることも少なくない。

黄銅鉱および四面銅鉱は他形微小で閃亜鉛鉱・方鉛鉱と密接に伴つて出るのが極めて少ない。時に閃亜鉛鉱中に滴状の黄銅鉱を含むことがある。

時に重晶石を交代した菱マンガン鉱の仮像がある。

方解石は細脈としてすべての鉱石鉱物を貫くか、あるいは晶洞中に小結晶の集合として存するが、時に二酸化マンガン鉱の被膜として産することがある。

d) 各 説

本鉱山の主要鉱脈は1本であり、元山附近の坑道は若竹坑・大成坑・東二号坑・西二号坑・東一号坑・西一号坑・東栄坑・興亜坑等8に余るが、この中後4坑の富鉱部はほとんど採掘し盡され、当時入坑可能な坑道は若竹坑・大成坑・東二号坑および西二号坑の4であつた。

若竹坑鑛押坑道の中東鑛押はほぼ、200mで、菱マンガン鉱としての鉱脈はかなりの連続性を有し、ほぼ、NW-SE方向に伸びている。鉱脈の傾斜は70°SWで、その上部は大成坑地並に至るまで過半が採掘されている。本坑の西鑛押においては坑道延長がほぼ、EW方向に180mあるが、鉱体も切れ切れで断層に富み、脈幅も狭く、1、2を除いては稼行の対象とはなり得ない。なお本坑中の鉱石は酸化の影響を受けてなく、すべて菱マンガン鉱もしくはマンガン方解石よりなり、また本鉱脈中には比較的大きな晶洞の見られることがあり、角礫構造も多い。

大成坑の鑛押坑道延長はほぼ、210mで、鉱脈の方向および傾斜は若竹坑のものに準ずる。その東鑛押の上下大半が採掘され、西鑛押の上部もかなり採掘されている。いずれも現にその上部の残鉱を稼行中であるが、西鑛押では大部が二酸化マンガン鉱、東鑛押の上部ではしばしば二酸化を交えた菱マンガン鉱を対象としている。東鑛押の菱マンガン鉱中には時に重晶石を交代した菱マンガン鉱仮像を含み、また僅かに石膏の結晶がみられることがある。

東二号坑・西二号坑およびその上部の坑道では主として二酸化マンガンを目的に稼行され、現に西二号坑の西翼において採鉱しているが、この附近では比較的珪酸分の多いのが特徴である。

6. 品位および鉱量

本鉱山元山鉱床の鉱石品位に関し現在までに採掘されたものについて、鉱山分析係でなした結果を概記すれば次の如くなる。

菱マンガン鉱: Mn 34~41% SiO_2 0.5~7%
Fe 3~6%

二酸化マンガン鉱: Mn 50~57% MnO_2 80~87%
 SiO_2 0.3~3%

主要坑道で採取した試料の分析結果を挙げると次の通りである(伊藤聰・稻田武分析)。

次記試料採取箇所は第2・第3図に入れたが、極めて散発的で鉱脈の平均を表わすものとはいえない。しかし

試料採取箇所	試料番号	試料採取幅 m	Mn %	SiO ₂ %	Fe %	MnO ₂ %	備考
若竹坑 西鍾押	(A 1)	1.40	35.41	1.14			菱マンガン鉱
“ 着脈点	(A 2)	2.40	34.58	1.38			“
“ 東鍾押	(A 3)	2.10	33.90	2.00			“
“ 東切立附近	(A 4)	1.30	40.03	0.56			“
大成坑 東切立附近	(A 5)	1.75	34.22	0.82			“
“ 西鍾押	(A12)	0.40	51.18	4.00	5.54	80.86	二酸化マンガン鉱
西二号坑	(A 7)	1.10	50.76	1.46		80.33	“
“ 引立附近(上部)	(A 8)	1.17	37.17	18.98			貧鉄の酸化部
“ 引立附近(下部)	(A 9)	1.00	17.97	19.50			貧鉄
東二号坑 中段	(A10)	1.10	55.08	0.34		87.17	二酸化マンガン鉱
“ “	(A11)	0.70	40.53	0.54		64.13	やや酸化した菱マンガン鉱

特に参考のために貧鉄部を分析した以外は鉄品位の趨勢を知るに足るように採取したもので、たまたま過去において鉱山側でなされた分析品位にほぼ、準じているようである。

鉄量については全坑道を調査し得なかつたので何ともいえないが、みられる範囲内においては東鍾・西鍾とも鉄体の主要部は探掘されているが、なお残存鉄量は相当に確認される。鉄脈全体がかなり膨縮に富みかつ彎曲性があつて断層も多いことにより、今後の探鉄次第ではまだかなりの鉄量増加の期待が持てる。

7. 現 況

現在主として大成坑東鍾押中段および西二号坑・東二号坑上向きに残鉄を稼行中で、二酸化マンガン鉄の出鉄は菱マンガン鉄にやや匹敵している。併せて若竹坑東鍾上向きと大成坑の東鍾および露頭探鉄をも行つていますが、その後の情報によれば若竹坑東鍾引立附近の上部で優秀な鉄体に出会い、菱マンガン鉄の生産を挙げているとのことである。

探掘鉄石は手選後索道にて選鉱場に送り、二酸化マンガン鉄で80%を越えるものは、そのまま化学薬品用として日東化学・東京黒鉛へ送鉄し、菱マンガン鉄は粗鉄 Mn 26%（時にはそれ以下でも可能）以上のものを焙焼

出鉄年月	粗 鉄		精 鉄		出 鉄		備考
	鉄量t	品位%	鉄量t	品位%	鉄量t	品位%	
昭和25年 7月	927	28	621	38	570	38	炭酸 二酸化
	369	60	318	70	330	72	
“ 11月	980	26	772	40	600	40.5	炭酸 二酸化
	252	50	116	75	115	75	
昭和26年 10月	1,007	25	644	45	715	45	炭酸 二酸化
	341	60	155	75	205	75	

釜で38~40%に上げて、二酸化マンガン70%前後のものとともにフェロマンガン用として日本鋼管・富士製鉄等へ送つている。現に選鉱場より3kmは馬車軌道で、それより上ノ国駅迄はトラック輸送をなしている。

最近の月別生産状況を示した。

8. 結 言

1) 本鉄床は玢岩に関係し、玢岩および粘板岩中の浅熱水性裂隙充填鉄脈であつて、生成時期は第三紀訓練期末と思われる。

2) 元山鉄床でみられる鉄脈の走向延長は250mで、富鉄部は東西2カ所に胚胎し、おのおのの stope length および pitch length はそれぞれ東南および東方に30°程度の傾斜で100mおよび50mを越えている。脈幅の平均は1.5~3.5mで、時に8mに達することがあるが、かなりの範囲にまで探掘されている。

3) 鉄石の大部は菱マンガン鉄よりなり、鉄体の上部は降水の影響により大酸化帯を形成している。

4) 菱マンガン鉄は縞状構造を呈し、しばしば黄鉄鉱・閃亜鉛鉱が平行縞状に配列する。また菱マンガン鉄中には重晶石を交代した菱マンガン鉄仮像の存することがある。

5) 鉄石品位は菱マンガン鉄として Mn 34~41%、二酸化マンガン鉄として MnO₂ 70~87% であり、Mn 25% 程度の貧鉄も焙焼によつて利用できる。

6) 現在大成坑中段および東・西二号坑中段（これより上部は過半が探掘された）の数カ所において探掘され、その他に若竹坑の探鉄もなしているが、特に若竹坑西鍾地並あるいは同坑上下部の鉄況を見定める必要がある。

7) 本鉄床の鉄業上の特徴としては、鉄脈自体が水平および上下方向に延長する一本できほどの分岐がなく、探鉄・探掘もほとんど迷わずに計画され、鉄量にもかなりの正確さを期することができる。

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.