

B. a. II.

地質調査所報告第129號

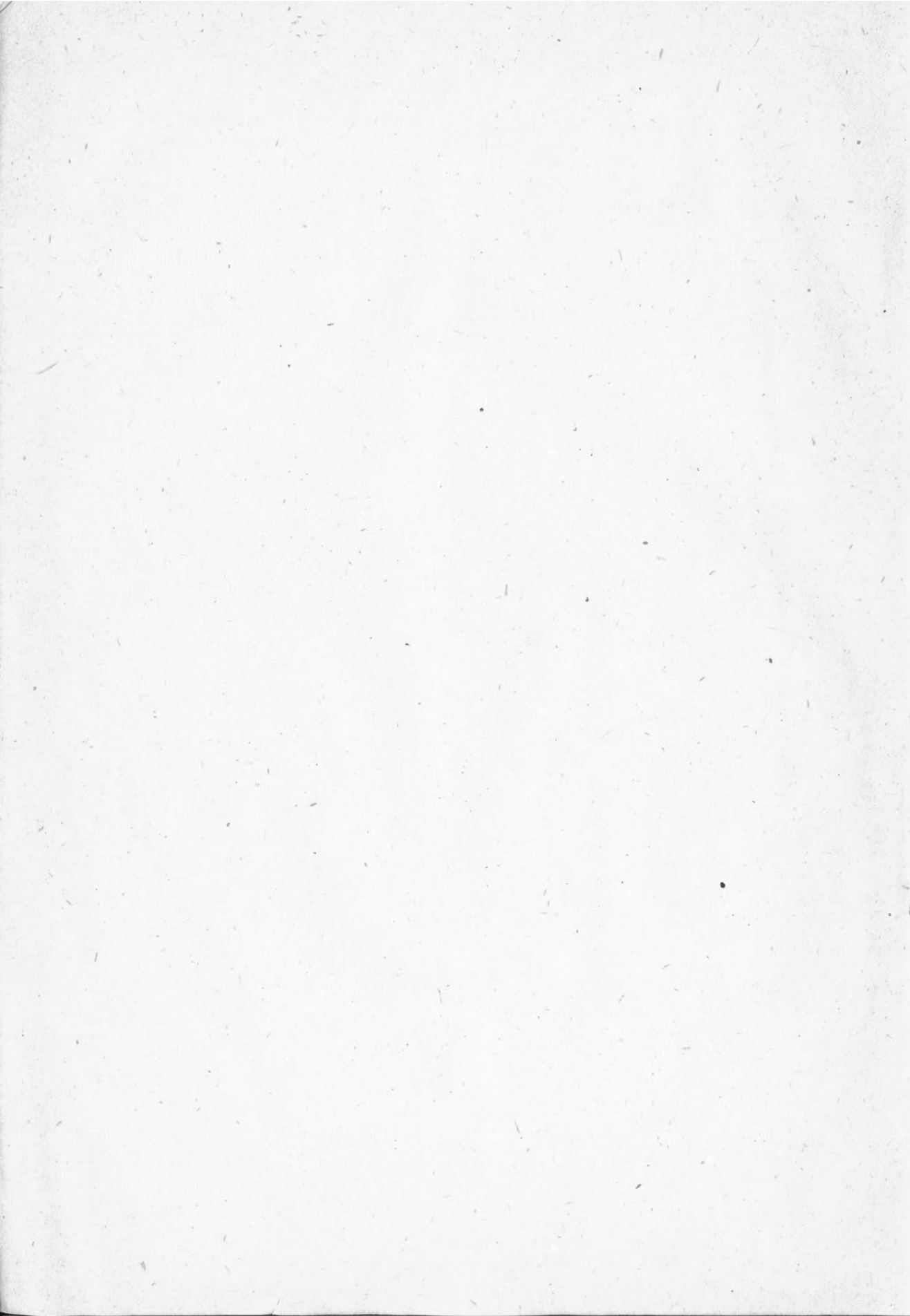
群馬鑛山の鐵明礬石褐鐵鑛
鑛床調査報告

齋藤正次

物理探鑛技術協會

地質調査所

昭和24年5月



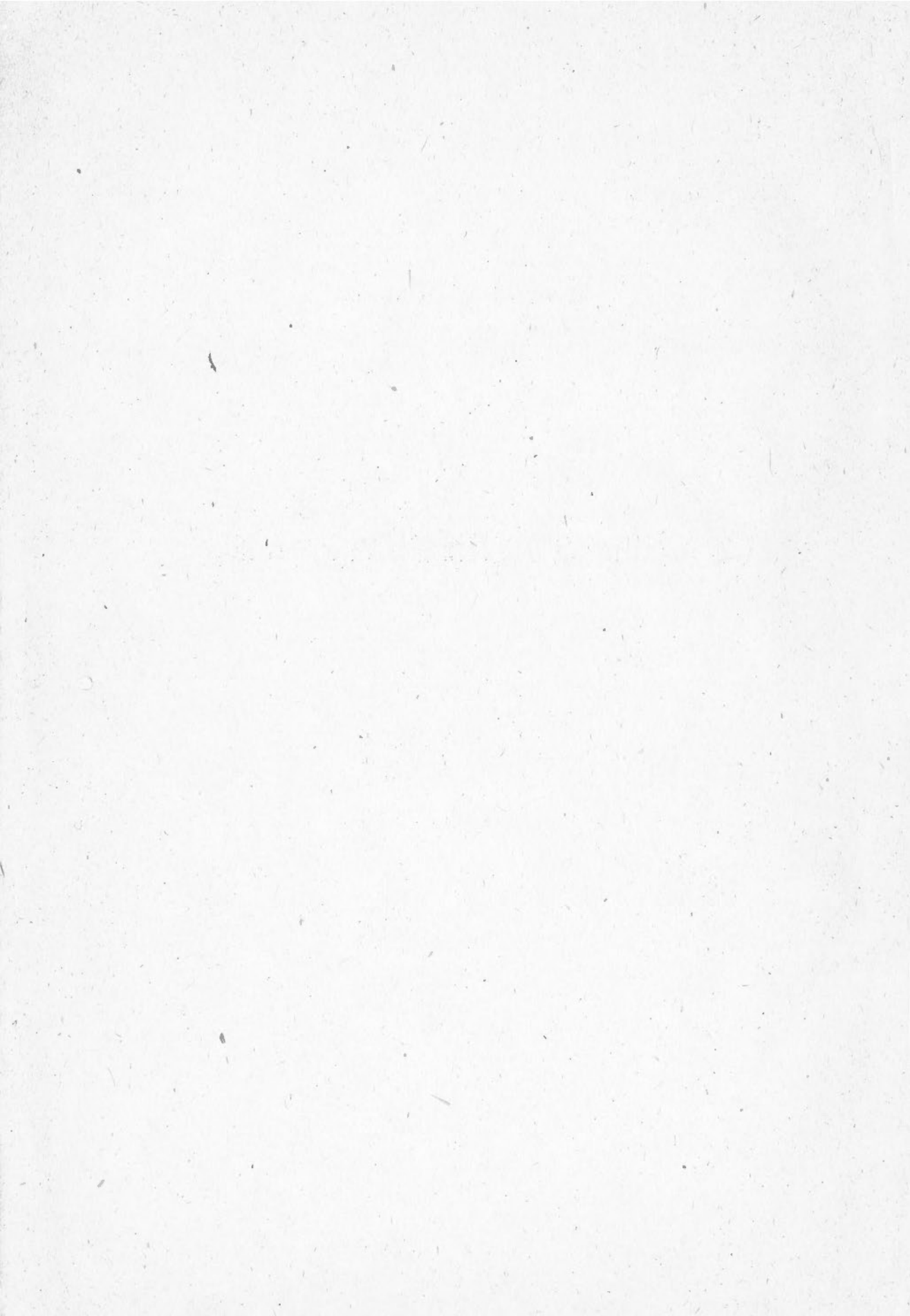
(1 : 75,000 地質圖幅草津の内)

地質調査所報告

所長 三 土 知 芳

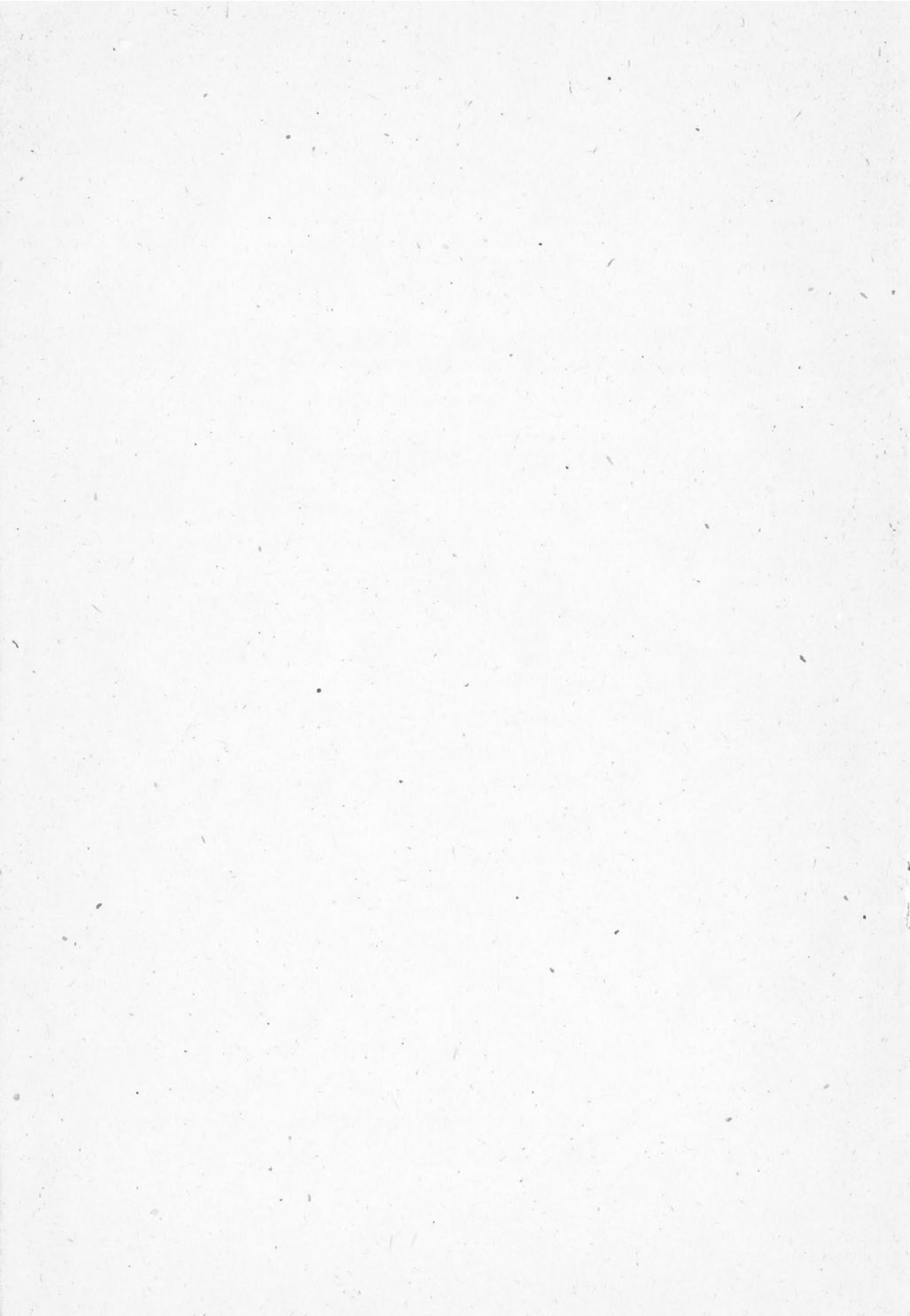
群馬鐵山の鐵明礬石褐鐵鑛鑛床調査報告

商工技官 齋 藤 正 次



目 次

要 約	.....
I 緒 言	.....	1
II 位置及び交通	.....	2
III 沿革及び現況	.....	2
IV 地形及び氣象	.....	4
V 地 質	.....	5
VI 鑛 床	.....	6
VII 鑛 石	.....	8
VIII 鑛床の成因	.....	13
IX 品位及び鑛量	.....	16
X 試錐の作業記録	.....	21
XI 結論及び意見	.....	22
Résumé	.....	1
附圖 7 葉		
第 1 群馬鐵山地質鑛床圖		
第 2 群馬鐵山鑛床上流部及び中流部平面圖		
第 3 (A) 群馬鐵山試錐柱狀圖及び鐵明礬石鑛の K_2O 品位圖		
第 3 (B) 群馬鐵山斷面見取圖及び鐵明礬石鑛の K_2O 品位圖		
第 4 群馬鐵山鑛床斷面圖		
第 5 群馬鐵山探鑛井柱狀圖		
第 6 鑛量及び平均品位算定表		



群馬鐵山の鐵明礬石褐鐵鑛鑛床調査報告

商工技官 齋藤正次

要約

群馬鐵山は群馬縣草津温泉の北方に在つて、草津白根火山の東麓に位置する。褐鐵鑛を産出し、日本鋼管鑛業株式會社によつて採行されている。鑛床中に褐鐵鑛に伴つて多産する黄色の鑛石は、從來本邦では知られていなかった鐵明礬石 jarosite であることが判明し、之に對し組織的に試錐を用いて精査が行われた。

鑛床は角礫凝灰岩及び之を被う安山岩を基盤とし、溪谷を埋めた形をもつて狭長に發達し、延長 2,200 m 幅數 10 m 乃至 100 數 10 m である。鑛床の中軸部に於ける厚さは 10 數 m 以上に達する事が少くない。褐鐵鑛と鐵明礬石とは層狀に堆積し屢々縞狀に累重している。鑛床中鐵明礬石の大部分は谷の上流に當る部分に埋存し、中流に當る部分以下では稍々急に減少し褐鐵鑛が極めて優勢である。

鑛床は火山活動に關連して湧出した酸性硫酸鐵泉から生成された鑛層であり、而して鐵明礬石は未だ酸性が強い状態の下で定着され、褐鐵鑛は酸性度が減じて溶液の加水分解が進んだ際に沈澱したものと考えられる。

K₂O 4.5%以上を含むものを鐵明礬石鑛とした場合の鑛量(昭和 22 年 5 月現在)は

鐵明礬石 (平均品位 K₂O 6%)

確定鑛量 36 萬吨, 推定鑛量 20 萬吨

褐鐵鑛 (平均品位 Fe 50%以上)

確定鑛量 120 萬吨, 推定鑛量 70 萬吨

である。本鐵山は目下本邦有数の鐵山として活潑に採行されていて、將來鐵明礬石をカリ原鑛として採掘するにあたり既存施設を利用し得る利便を備えている。

I 緒言

昭和 16 年、筆者は當時未開發の群馬鐵山の褐鐵鑛鑛床を調査したことがあり、其際鑛床中に褐鐵鑛に伴つて、黄色を呈し、且つ硫黄を硫酸根の形で多量に含有する鑛石があることに氣付いた。當時は之を單に硫酸鐵を主成分とするものとのみ考えたが、其後偶々外國産の鐵明礬石を實見する機會を得、之が群馬鐵山産の黄色の鑛石と外觀及び成分上類似することを知つた。昭和 21 年末、更めて此の黄色鑛を吟味した結果、先に速報したように、從來本邦では知られていなかった鐵明礬石であることが確められた。本鑛石は從來單に鐵鑛に含めて取扱われて

1) 齋藤正次：群馬鐵山の鐵明礬石，地下資源調査所速報，第 4 號(昭 22)。

來たが、鐵分 40 % 内外で、且製鐵上有害な硫黄 10 % 内外を含む貧鐵であり、而も鑛床中に本鑛石が介在することにより、褐鐵鑛の採掘に不利を與え、寧ろ厄介視されて來たものである。しかるに鐵明礬石であることが判明した結果、本鑛石は適當な處理法を以てすれば高品質な鐵鑛として活用されると同時に、特に本邦に於ける新しいカリ原鑛として寧ろ有用な鑛石と成り得ることが豫想されるに至つた。

本鑛床に對する筆者の野外調査の經過は次の如くである。

第 1 次：昭和 16 年 5 月約 20 日間、同行者、芦澤文男、杉崎七郎、大島敬義。

第 2 次：同年 8 月數日間、同行者、加々美時寛。

第 3 次：自昭和 21 年 11 月 27 日、至 12 月 1 日、同行者、富田光孝。

第 4 次：自昭和 22 年 4 月 24 日、至 7 月 7 日、同行者、徳藏勝治、小林竹雄。本次調査では、特に鐵明礬石を目的とする精査を行い、これの多量な埋存が豫想された鑛床の西半部に組織的に 31 本の試錐を實施した。

尙採取試料の化學分析は本調査所の分析試験課に於いて實施された。

今回の調査は日本鋼管鑛業會社の本社及び群馬鐵山の職員の協力により極めて順調に行われた。第四高等學校市川渡教授は本鑛山産の珪藻の鑑定の勞をとられた。之等の方々に對し深謝の意を表する。

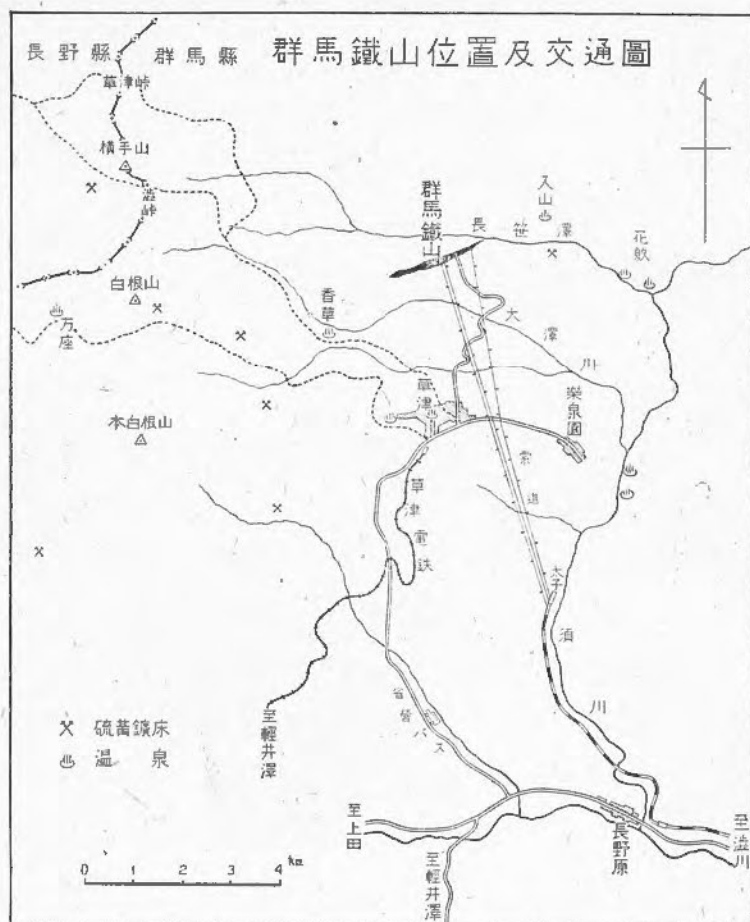
II 位置及び交通

群馬鐵山は群馬縣吾妻郡六合村入山に在つて草津温泉の北方に當り、この間には自動車道路約 5 km が通じている。同温泉に至るには、信越線輕井澤から草津電鐵による徑路と、上越線澁川より分岐する省線長野原線の終點長野原から、省營バスによるものがある。

鑛石は山元から東南方須川河畔の太子までの約 8 km は索道により、更に長野原驛まで専用鐵道引込線により搬出されていて、往年の不便は解消されている(第 1 圖參照)。

III 沿革及び現況

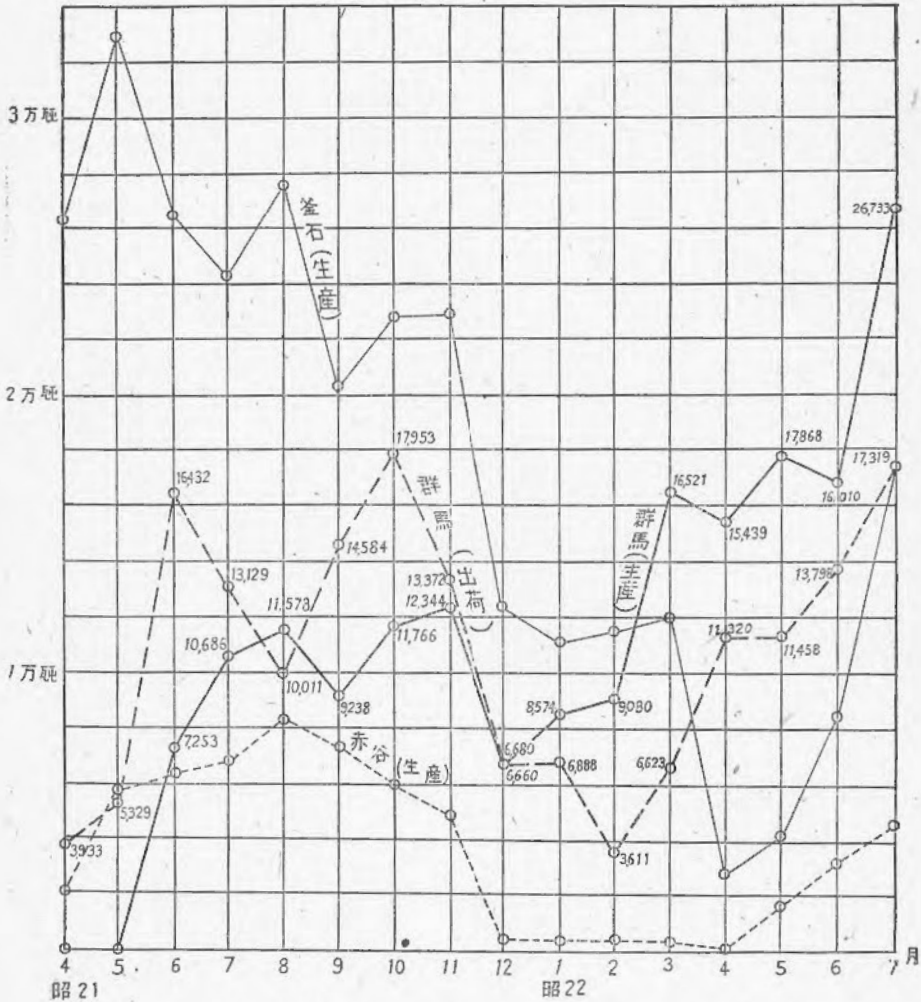
本鑛床が廣く世に知られ始めたのは昭和 15~16 年頃である。當時の鑛業權者による坑井及び試錐による探鑛並びに當時入山した日本鋼管會社、日本製鐵會社の調査者及び筆者等の調査の結果本鑛床は鐵鑛 200~400 萬噸を有し、當時本邦の鐵鑛床としては、かなり大規模のものであることが判明した。しかるに草津電鐵は輸送力に乏しく、且當時は鐵道から數 10 km 離



れて位置し、鑛石搬出上不便なために、開發されるに至らなかつた。

戰時に入つて鐵鑛石が甚しく不足を告げたので、遂に本鑛床の開發が必要となり、昭和18年、日本鋼管會社が鑛業權を買收して諸施設を建設する一方、新たに長野原線が敷設され、多量の出鑛を目指して諸作業が早急に行われた。昭和19年4月、日本鋼管鑛業會社が事業を繼承し、同年9月採鑛に着手、20年1月より送鑛を開始したが、出鑛いくばくも無くして終戦となつた。この間の産額は、鋼管川崎工場及び日鐵八幡向送鑛分が合計4.5萬吨で、別に山元及び太子貨車積込場に貯鑛分が計約25萬吨であつたと言われる。終戦後は昭和21年3月貯鑛の發送により復活し、其の後の産額は第2圖に示した如くであつて、鑛石は主に八幡に送られている。復興以來急激に産額を増加し、現在本邦鐵鑛山中、赤谷、其の他の鐵山を引きはなして、本鑛山と釜石鑛山とが兩雄となつている。現在では鑛床の中央部で露天掘が行われている。索道

は鑛床の中央部から2線、東部から1線設けられているが、現在前2線のみが運轉可能であつて、晝間のみ運轉し1日1線約300廻を輸送している。而も之等の索道は1線の公稱能力60廻/時間のものであつて、現在の鐵鑛出鑛量に對し、輸送力には相當餘裕があると思われる。



第2圖 自昭和21年4月至同22年7月鐵鑛生産量及び出荷量(鐵鑛山懇話會調による)

鐵明礬石は從來貧鐵鑛として褐鐵鑛に混じて採掘されるか、又は切羽に掘り残され、之の獨特の利用は未だ實施されていない。

IV 地形及び氣象

本鑛山は草津白根火山の東麓の海拔1,050~1,250mの位置に在る。附近は全體として東方

へ傾斜する高原状を呈する。鑛床はこの高原上を流れる「ぬる」湯澤と呼ぶ浅い谷を占めている。安山岩熔岩の分布する上流部では兩岸が稍と急傾斜であるが、角礫凝灰岩より成る下流部では廣潤緩傾斜の地形が發達している。本鑛山の北には長笹澤、南には大澤川があり、兩河川とも兩岸が殆んど絶壁に近い峡谷を成す。而して、鑛床の末端に於て「ぬる」湯澤は高さ數10mの瀧をなして長笹澤に注ぐ。

此の地方は上信越國境に近い山地に在るので、例年12月下旬から4月までは寒冷で、數尺以上の積雪を見、天候も不良勝である。しかしながらこれによつて鑛山作業が中絶されるようなことは殆んど無い。

V 地 質

草津白根火山は平時火口中で弱い噴氣作用及び硫氣作用を續ける活火山で、又最近に至るまで時々爆發を行つている¹⁾。本地方には草津、入山、花敷、香草、萬座等の温泉が多數分布し、泉質は種々であるが、就中硫酸々性泉が多い³⁾。又此地方、殊に草津白根火山の山體には硫黃鑛床の稼行されたものが少くない(第1圖參照)。本地方の地質及び岩石に就ては、大橋良一⁵⁾、津屋弘達⁶⁾等の報告がある。

鑛床附近の地質は古いものから順次に、凝灰岩層、角礫凝灰岩層、兩輝石安山岩、ガラス質含石英兩輝石安山岩より成る(附圖第1參照)。

(イ) 凝灰岩層

本層は暗灰色、塊狀の安山岩質凝灰岩より成り、少量の拳大の安山岩塊を點々と含有する。屢と柱狀節理が發達し、長笹澤岸の之が露出する所は絶壁を成すことが多い。

(ロ) 角礫凝灰岩層

本層は安山岩の大小の岩塊を多量含む、概して淡灰色の角礫凝灰岩より成る。最下部は集塊岩状をなすことがある。

(ハ) 兩輝石安山岩

- 1) 津屋弘達：昭和7年10月草津白根の爆發(英文)，震研彙報，第11號，第1册(昭8)。
- 2) 水上武：最近の草津白根火山の活動，地震，第11卷，第5號(昭14)。
- 3) 日本鑛泉分析表：衛生試驗所彙報，第34號(昭4)，64~70頁。
- 4) 日本鑛泉分析表：衛生試驗所彙報，第54號(昭15)，66~71頁。
- 5) 大橋良一：草津白根火山地質調査報告，震災豫防調査會報告，第78號(大正3)。
- 6) 津屋弘達：草津白根火山の二三の熔岩に就いて(英文)，震研彙報，第12號，第1册(昭9)。

長笹澤以北には角礫凝灰岩層を被覆して熔岩が廣く分布する。その最下部は集塊岩状を呈することがある。岩石は暗色を呈し、緻密な石基中に斜長石及び輝石の斑晶を多量に有する。往々流状構造を示す。鏡下では褐色のガラス質物、曹灰長石及び單斜輝石より成るハイアロピリティックの石基中に、曹灰長石、紫蘇輝石及び普通輝石の斑晶が認められる。

鑛床の東部、自動車道路附近で、角礫凝灰岩中に岩脈として露われる安山岩は、流状構造を持ち板状節理を呈し、岩質は長笹澤河岸のものと似ている。

(=) ガラス質含石英兩輝石安山岩

本岩は草津白根火山體の一部を構成する熔岩で、鑛床の西部以西の山丘に分布する。山丘上には爆裂火口と思われる平兵衛池及び大池の凹地が存在する。岩石は淡灰色で、孔隙に富み、斜長石及び輝石の斑晶を多量に含有する。鏡下では斑晶として曹灰長石、紫蘇輝石、少量の普通輝石、時に石英が認められる。石基は無色のガラス質物より成り、褐色の球顆に富む。

以上の他、地質圖には省略したが、鑛山附近は到る處に火山灰及び浮石に薄く被われている。

VI 鑛 床

鑛床は褐鐵鑛約 8 割、鐵明礬石約 2 割より成る鑛層であつて、地表に湧出した鑛泉から沈澱生成されたものであり、舊溪谷を埋めて細長く分布する。

鑛床の断面は層状を呈し、屢々褐鐵鑛層と鐵明礬石層とが多數重つて縞状を呈する。稀に火山灰又は浮石の厚さ 20~30 cm のレンズ状の夾が存在し、又時に珪藻土の薄層が挟み込まれる。概して鐵明礬石は鑛床の下盤側に、褐鐵鑛は地表側に發達している傾向はあるが、實際の累重状態は頗る複雑である（附圖第 3 (A) (B) 参照）。僅か 20~30 m の距離で相隣る試錐の柱状圖に就いても既に差異が著しく相互の連絡、對比の困難なことが多い。之は鑛石の沈積に従い表面に於ける鑛液の流路が盛んに轉變したのに因ると思われる。

鑛床上の表土としては厚さ數 10 cm の火山灰又は腐植土があつたのみで、而も現在それは排土作業で殆んど除去されている。鑛床の表面は一般には平滑緩傾斜であるが、2, 8 個所で急斜面を以て階段状を呈する。(1) 試錐結果等に徴するに、鑛床表面に於ける前記の急斜面は浸蝕作用によつたものではなく、熔岩流の末端を代表する等基盤に於ける既存の急斜部に支配されて生じたこと、(2) 鑛床の表面は中軸部に於て却つて盛り上り、地表の水流は鑛床兩側の邊縁部を辿り、従つて扇状地地貌の觀を呈すること、(3) 鑛床表面の傾斜と、表面近くの鑛石層の傾斜とが一致する場合が多いこと等から見て、鑛床は堆積時の表面をよく保持して、極

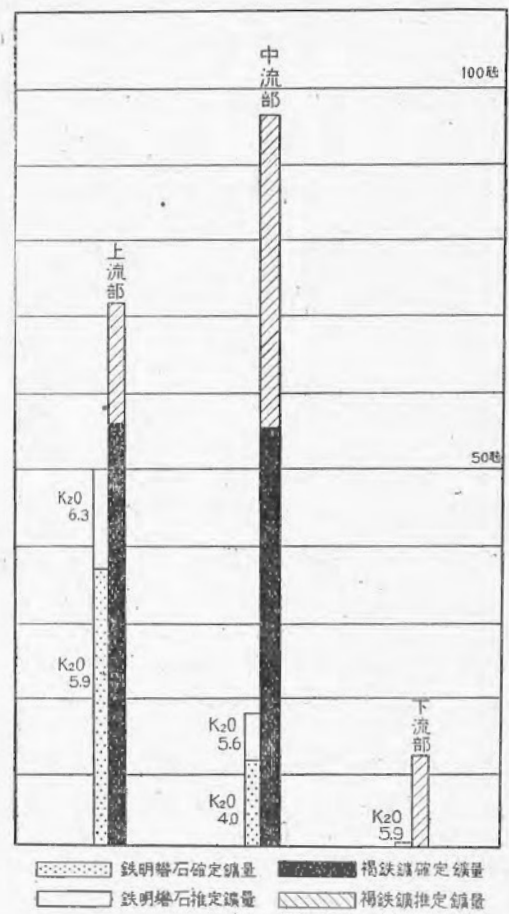
めて新しい堆積によるものと判断される。鑛床に對する浸蝕は現在の流水部に於て漸く始まつた程度である。

鑛床の延長は約 2,200 m であり、之を略 3 等分する所に偶々急斜面があり、自ら鑛床は上、中及び下流部に三分して考えられる。

上流部は安山岩熔岩が分布する地域内に位置し、其の内の上流半部は安山岩を、下流半部は古溪谷底に露われていた角礫凝灰岩を直接

に基盤とする。此部は幅 100 m 以下であまり廣くないが、最も厚くて中軸附近で通常 20 m 内外に達し、横斷面に觀る如く、現在の長笹澤又は大澤川に於けると同様な V 乃至 U 字型の峡谷を鑛石で充したものである。中流部及び下流部は角礫凝灰岩を基盤としており、南側は急傾斜面で割され、北側は極めて緩かな斜面を持つ全體として廣潤扁平な舊溪谷に堆積している。中流部は幅最も廣く、鑛床の北縁で厚さが薄い部分を除いた採掘上の有效部のみでも幅 100 數 10 m に達し、且厚さ 10 數 m に達する部分がかかりの範圍に發達し、多量の鑛石を埋藏する。下流部は幅數 10 m 以内、厚さ數 m 以内であり、鑛液の殘餘から猶堆積された觀がある。

次に鐵明礬石と褐鐵鑛との分布は、上流部と中、下流部とでかなりの相違がある。鐵明礬石は上流部に特に發達していて、本鑛床の鐵明礬石總量の 7~8 割は此の部に存在し、往々一層のみでも厚さ數 m に達する。然るに中流部に至れば鐵明礬石層は急に薄くなり、且褐鐵鑛を綿狀に挟み或は密に混じて品位をも低下する。而も附圖第 2 に示すように、鑛床の中央附近だけに帶狀に分布するのみである。下流部に於ては鐵明礬石は更に弱勢となる。褐鐵鑛は上流部にもかなり埋存されるが、鐵明礬石の



第 3 圖 鑛床上、中、下流部毎の鑛量分布圖

減少する中流部で最優勢となる。第3圖は各部に於ける兩鑛石の分布上の差異を、後述の算定による鑛量を以て示したものである。本圖に於ては K_2O 3.0%以上を鐵明礬石鑛としたが、若し其の品位を更に高く、例えば K_2O 4.5%以上に限る場合には分布上の差異は更に顯著となる。

鑛床の最上流端には本鑛床を生成した鑛泉の湧出口の跡と考えられる穴地獄と呼ばれる凹陷地がある。其側壁の一部から現在もなお弱勢な鑛泉が泌み出ている。この鑛泉は湧出口に於ける温度 $20^{\circ}C$ 内外、透明で硫化水素臭を有し、酸性を呈する。鑛泉は澤の清水と混じて流下し、凹陷地底から鑛床下に伏流となる。澤水と混じたものの部分分析の結果は次の如くである。

採取日：昭和21年11月30日 晴天數日後

pH=3.2 (採取試料に就き實驗室の測定)

鑛水 1 l 中の含有量 (分析者本所, 山田貞子)

Fe	0.0107 gm	K_2O	0.0208 gm
SO_4	0.4177 gm	Na_2O	0.1192 gm

伏流は鑛床の下を辿つて流下し(試錐 B_1 は下底附近でこの伏流に當つた)、穴地獄から約 600 m 下流の鑛床中に、水勢を稍と加えて再湧出し、その後は地表を「ぬる」湯澤となつて流下する。穴地獄では鑛泉から含鐵鑛物の沈澱は全く認められないが、再湧出口より下流では水流に接する苔の根に褐鐵鑛が附着し、或は澤中に轉倒した枯木と河床の礫とが褐鐵鑛で膠結されているのが目撃された。湧出口から距つた下流に至つて初めて褐鐵鑛が沈澱することは、後述する鑛床生成當時の褐鐵鑛の沈澱機構に一示唆を與えている。

鑛床上流部内で、(1) 鐵明礬石と褐鐵鑛との量比が、試錐線 G 及び H 附近に至つて小くなるが、その下流 I 及び P で再び大きいこと、(2) 上流部の基盤岩は鑛液の作用で常に多少白色粘土質に變質しているが、試錐 H_3 のものは、その附近の試錐のものよりも特に劇しく變質していること、(3) 伏流の再湧出は鑛床中の既存の弱所を選ぶのが考え易く、 H_3 は再湧出口に近接すること等によつて、鑛床を生成した鑛泉の管の湧出口を、穴地獄以外に H_3 附近にも想像され得る。

VII 鑛 石

鑛石の構成物としては、褐鐵鑛及び鐵明礬石の他、多少の岩石質物及び珪藻土が認められるのみである。

褐鐵鑛

褐鐵鑛は多くは多孔質で赤褐色乃至黒褐色、時に帯緑褐色、紫褐色を呈する。鑛床の上流部では概して均質のものが多く、又往々黒褐色で頗る緻密質、堅硬なものがある。中流部及び特に下流部では多孔質で比重の小さいものが多く、又所々に草木の印痕を止めるものを産する。以上の塊鑛の他に、粉鑛も産するが量は少い。中流部以下のもものでは色及び組織を異にする部分が重り合つて縞状を呈するものが多く、このことは、沈積が母液の性質の變化に敏感に感應しつつ行われたことを示している。

鐵明礬石

鐵明礬石は通常鮮黄色、帯褐黄色、帯白黄色を呈し、褐鐵鑛とは色によつて容易に識別される。上流部の深所には時に帯黄黒褐色、小豆色等を呈するものがあるが、之等も條痕又は粉末に於ては常に鮮黄色である。塊鑛を主とし、粉鑛は少い。塊鑛は緻密質若くは多少孔隙を有し、土狀、素燒土器狀乃至海綿狀の組織を呈する。孔隙、空洞等に面する部分は皮殼狀又は水滴様の粒狀をなし、小豆色等を呈する褐鐵鑛で表面が薄く被われていることが多い。多くは均質の塊を成し、時に色及び組織の異なるものが斑に集合することはあるが、縞状をなすことはむしろ少い。鐵明礬石の沈積は、褐鐵鑛の場合よりも、母液の條件の細かい變化に關係が少かつたと考えられる。鐵明礬石鑛には植物印痕が殆んど認められない。之は沈積が迅速に行われた結果、植物の混入する機會が少かつたに因つてと思われる。

硬度は小さく、粉末を指頭で揉んだ場合、褐鐵鑛よりも軟く、少しく脂感を感じる。鑛物の眞比重は約3.0であり、從來の外國産鐵明礬石の記載の3.1~3.2に比べて稍々小である。褐鐵鑛に比べて孔隙が一般に少いので、見掛の比重は却つて大きい。

顯微鏡下では、辛うじて識別し得る程度の徑數ミクロンの極微品より成る。其形狀は微細な明礬石と同様に、短纖維狀、微犬齒狀又は、輪廓不規則な鱗片狀を呈する。鱗片面以外では強い複屈折を示し、延長方向正の直消光をする。色は淡黄色で、多色性は著しくない。屈折率は $\omega = 1.791$, $\varepsilon = 1.705^1$ (第1表の3-3試料)であり、一軸性負の光學性を有する。外國産の記載 $\omega = 1.82 \sim 1.80$, $\varepsilon = 1.73 \sim 1.71$ と比べて少しく低い。純粹試料の分析結果は第1表の如くで、鐵明礬石の組成 $(K, Na)_2O \cdot 3Fe_2O_3 \cdot 4SO_3 \cdot 6H_2O$ によく一致する。表中 diff. は SiO_2 , P_2O_5 其他を微量に含んでいるであろうが、分子比の算定には之を全く H_2O とした。

本表及び後掲の第3表の分析結果から見てアルカリ中ソーダは概ね10%以下であつて、本

1) 東京大學地質學教室：久野久助教授測定。

比 重	3~3 塊 鑛 (第三號井)		5~3 塊 鑛 (第五號井)		T 粉鑛 (採掘場附近)	
	2.99		3.02		3.02	
	%	分子比	%	分子比	%	分子比
K ₂ O	8.52	0.90	8.33	0.88	8.80	0.93
Na ₂ O	0.89	0.14	0.84	0.13	0.78	0.13
Fe ₂ O ₃	48.34	3.02	48.34	3.02	47.35	2.96
SO ₃	31.43	3.93	32.45	4.06	31.46	3.94
diff (H ₂ O)	10.82	6.01	10.04	5.58	11.61	6.45
	分析者 關根節郎		分析者 關根節郎		分析者 加藤甲王	

第1表 鐵明礬石純粹試料分析値

鑛山産の鐵明礬石はソーダ鐵明礬石(Natrojarosite)分子の少いカリ鐵明礬石(Potashjarosite)に屬する。而してこの範圍内ではカリとソーダとの間に一定の關係はなく、兩者は任意に置換している。

鐵明礬石は明礬石の Al₂O₃ を Fe₂O₃ で置き換えた形のもので、兩鑛物は同族に屬する。本鑛山産鐵明礬石でアルミナの分析されているものに次の一種がある。

塊 鑛 (鑛末中流部採掘場産)¹⁾

K ₂ O	7.76	CaO	0.12
Na ₂ O	0.52	MgO	0.12
Fe ₂ O ₃	48.86	Al ₂ O ₃	0.76
SO ₃	30.01	MnO	0.21
SiO ₂	0.12	-H ₂ O	0.40

この結果からも又 Al₂O₃ が分析されていない他の分析結果からの間接的の推察からも、本鑛山産鐵明礬石に關し明礬石との混晶は殆んど考える必要がない。

外觀黒褐色乃至黄褐色を呈するものの分析結果は次の如くである。

	F _I ^{II}	F _I ^{IV}	
K ₂ O	7.14	5.01	
Na ₂ O	0.34	0.41	
Fe ₂ O ₃	59.03	52.75	
SO ₃	24.43	24.71	
Insol.	0.60	2.64	(分析者 加藤甲王 望月常一)

1) 竹田榮藏, 金子博祐: 鐵明礬石の熱分解に就て, 地下資源調査所連報, 第37號(昭23).

鐵分が過剰で褐鐵鑛を混じていることが推定される以外、成分上何の特徴も未だ認められない。

鐵明礬石は水には全く溶解しない。風化作用にも安定であり、數年間風雨に曝された表面も殆んど新鮮に保たれている。鹽酸、硫酸等の酸には容易に溶解する。酸に可溶なことは、カリの焰色反應又は鹽化バリウムによる硫酸根の檢出を可能ならしめ、簡便な鑑定方法を提供する。硫酸に對する溶解性は褐鐵鑛に比較して少い。鐵明礬石は之を強熱すれば分解し、赤色に變すると共に水分の他 SO_3 及び SO_2 瓦斯を顯著に發散する。本鑛物を適當に焙焼すれば、硫酸根の $\frac{3}{4}$ 量即ち鐵と結合していた分は瓦斯として發散し、 $\frac{1}{4}$ 量はカリと結合したまゝ残留し、結局硫酸カリと酸化鐵との混合物を得ることができ、そしてこの硫酸カリは完全に水溶性である。

現在考えられている鐵明礬石の處理方法には、この熱分解の性質を利用するものが多い^{1), 2)}。

鐵明礬石と褐鐵鑛とは縞狀に或は密に、時に角礫狀、網目狀に混交することもあるが、一般には兩鑛物は分別されて、夫々相當の厚さの層に堆積している。鑛床の中流部に於て、鐵明礬石が急に減少して褐鐵鑛が優勢となる所では、兩鑛物を混じた中間的品質の移化鑛が發達しているが、鑛床全般から觀れば少量である。

岩石質物

鑛石は水溶液から沈積したものであつて、交代作用等で生成される、例えば明礬石鑛床の場合等と異り、母岩其他の岩石質を含むことは少い。鑛床の下盤で基盤岩中又は舊河床の砂礫中に褐鐵鑛又は鐵明礬石が多量に沁み込んで鑛石とみなし得るものを形成した部分と、鑛石の沈積當時、外部から加わつた火山灰、浮石、流水によつて運ばれて來た土砂、鑛泉餘土、鑛床の兩側から崩落した岩屑等を偶々含有する部分とが局部的に存在するに過ぎない。岩粒を多量に含む部分は、之が鑛石鑛物で膠結されて「栗おこし」狀を呈する。

珪藻土

穴地獄及び鑛床中流部の末端附近に開掘されたトレンチに於ては、珪藻土が極めて薄い層をなして、鐵明礬石層に含まれると共に褐鐵鑛の粉鑛層中にも挾有されている。然しながら本鑛床で珪藻土は褐鐵鑛に伴うことはむしろ稀であつて、通常は特に鐵明礬石層に隨伴して發達している。之が最もよく觀察されるのは採掘場である。そこでは粉鑛及び塊鑛より成る鐵明礬石層中の所々に、珪藻土が厚さ 10 cm に達する略水平なレンズ、或は拳大の斑點をなして含まれ、

- 1) 片山信夫：鐵明礬石からカリ肥料を製造する中間工業試驗概報，地下資源調査所速報，第 40 號(昭 23)。
- 2) 竹田榮藏，金子博祐：前出(昭 23)。

又一部は鑛石と混濁している。2, 3の試錐からも珪藻土が常に鐵明礬石鑛に伴つて得られた。然し珪藻土はコアには採取され難いので、上流部に極めて多い鐵明礬石にどの程度に随伴しているかは現在不明である。

珪藻土は純粹、純白であつて鐵明礬石との境の部分だけが黄色に汚れている。水分を多量に含み易くクリーム状を呈し、乾燥すれば極めて軽い繊細な白色粉末となる。顯微鏡下では殆んど珪藻殻のみからなる。市川渡の鑑定によれば、本珪藻土は大部分

Pinnularia Brauni var. *amphicephala* (A. Mayer) Hustedt

之に極微量の

Eumotia sp.

を混じた遺骸のみからなり、他の種のものを含まない。この兩種については、根來建一郎により生物學的研究の結果が發表¹⁾されている。之に據れば *Pinnularia Brauni* var. *amphicephala* (A. Mayer) Hustedt は本邦の無機酸性水域に最も指準的なフオームとして廣汎に且つ屢々夥しく生育している。同氏の擧げた多數の産地で水域の酸性度は pH 1.7~7.3 に亘り、本種は酸度に對して廣汎な適應性を有すると考えられている。しかしながら之等の内夥産地とされているものは pH 1.7~4.0 程度の水域であつて、相當強酸性の場合に最も繁榮することが顯著に認められる。又この夥産地の多くは硫氣作用か或は硫酸々性の溫泉又は鑛泉かに關係する。水域の温度に就いては、最高 48°C まで知られているが本種の發達に好都合なのは 35°C 以下であると云う。*Eumotia* sp. は本邦に於ては pH 夫々 2.8 及び 3.5 の 2 個所の無機酸性水域から報告されている。その内 1 個所の水温は 24°C である。

以上の兩種はともに他物に附着して生育するもので、浮遊性ではなく、従つて鑛床中の珪藻土はある時期に水中から沈下したものではない。又厚く堆積している珪藻土が鐵明礬石、岩石質物等を混えずに純粹に保たれていることより見て、他の生育場所から流れて來て堆積したとも考えられない。即ち珪藻の大部分は鑛床中の現在の位置に元來附着して發達したのであつ

1) 根來健一郎：強酸性瀉沼の湖底泥中に産する珪藻、植物及び動物、第 6 卷、第 10 號(1938)。

根來健一郎：秋田縣玉川の強酸性水中に生育する植物に就いて、植物及び動物、第 8 卷、第 2 號(1940)。

根來健一郎：國後國一菱内湖の珪藻、植物學雜誌、第 54 卷、第 639 號(昭 15)。

K. Negoro: Über die allgemeine Verbreitung und das massenhafte Vorkommen von *Pinnularia Brauni* var. *amphicephala* (A. Mayer) Hustedt in den mineralogen-azidotrophen Gewässern Japans. Proc. Imp. Acad., XVII, 9, (1941), Tokyo.

根來 健一郎：磯部鑛泉の珪藻植生、植物學雜誌、第 56 卷、第 668 號(昭 17)。

て、其の棲息と之を直接随伴する鑛石の沈積とは同一環境にあつたと思われる。但し褐鐵鑛の塊鑛の孔隙内面に附着して珪藻がみられることがあるが、之は鑛石の生成後の循環水中に棲息していたものである。採掘場産の白色塊の分析値は

Ig. Loss	6.05 %
SiO ₂	93.44 %
Al ₂ O ₃	0.05 %
Fe ₂ O ₃	0.16 %
CaO	0.01 %
MgO	0.22 %
	99.93 %

(分析者 本所 石田與之助)

である。SiO₂ と Ig. Loss との和は 99.49 % であつて、而も顯微鏡觀察よりみて岩石質物を殆んど含まず、従つて SiO₂ は全く珪藻に由るもので、本白色塊は純良な珪藻土である。而も *Pinnulara*, *Funotia* 等は細長い形のものであつて、このやうな形状のものから成る珪藻土は特に吸着劑又は濾過劑として優秀であるとされている¹⁾。現在露出するものは少量ではあるが、優秀珪藻土として特殊用途に向け得ることが考えられる。

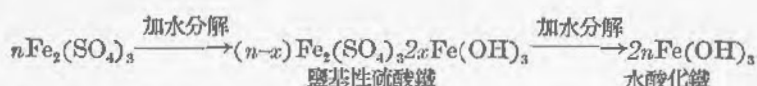
VIII 鑛床の成因

鑛床は本地方の火山活動を根源として地表に湧出した鑛泉から化學的沈澱作用によつて出來た所謂沼鐵鑛型の鑛層に屬する。之の生成は鑛山附近に分布する角礫凝灰岩及び安山岩が總て噴出し、相當期間剝削作用を受け、現在みられるやうな地形が略出來上つた後のものであり、而も鑛床が未だあまり浸蝕を受けていないことからみて、極めて新しいものである。

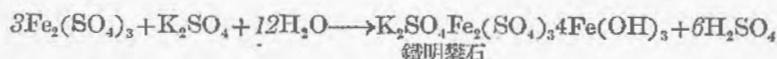
鑛泉の溫度は、鑛床中に存在する珪藻土からみて、あまり高温でなく恐らく 30°~40°C 以下であつたと推察される。

沼鐵鑛型褐鐵鑛を沈澱し得るものとしては、炭酸鐵溶液と硫黃鐵溶液とが考えられているが、本鑛床に關しては、鐵明礬石の存在から、後者が採り上げられる。又、草津白根火山には硫氣作用がみられ、附近には硫黃鑛床が存在し、この地方の温泉には硫酸々性泉が多い等からも硫酸鐵泉が最も考えられ易い。一般に酸性の硫酸鐵溶液が徐々に加水分解を受けると、種々の鹽基性硫酸鐵の段階を経て、結局水酸化鐵を沈澱し褐鐵鑛を生じる。

1) 市川渡：珪藻と珪藻土，地球の科學，第1卷，第1號(昭21)。



中間生成物である鹽基性硫酸鐵は、不安定であつて、且つ多くは可溶性である。一方鐵明礬石は、その組成を $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ と書くことも出来、即ち鹽基性硫酸鐵のある段階に於て K_2SO_4 が結合したものと看做される。従つて今原溶液中にカリが存在し、適當な條件の下でこの結合が起れば鐵明礬石を生じ、之は溶解度が低く且つ安定であるので沈澱として定着される。



この反應が起り得ることの實證としては、嘗て行われている Mitcherlich¹⁾ 又は Fairchild²⁾ の鐵明礬石の合成實驗がある。

加水分解は當然溶液の酸性度の減少に應じて進展する。硫酸鐵溶液で多少のカリを含有するものも溶液の濃度及び酸性度が充分低い場合には、急速な加水分解の結果、鹽基性硫酸鐵の定着をみることなく、直に水酸化鐵を沈澱する。従つて鐵明礬石は母液が酸性を保つ環境下での加水分解の中途の生成物であり褐鐵鑛は酸性度が低く加水分解が完全な場合の終局の沈澱物と結論される。

鑛泉の酸性度及び濃度が當初から充分低い際には、鑛泉の湧出直後から褐鐵鑛が沈積する。之に對しては當初充分酸性を呈する場合には湧出口附近では先ず鐵明礬石のみが沈積し、この際過剰の硫酸鐵があつても、褐鐵鑛の沈澱は生じない。次いで鑛水が地表を流下するに従つて、或は清水を混じ、或は大氣の作用を受け、或は有機物の影響を蒙る等によつて、酸性度及び濃度が適當に減少して加水分解が進めば、褐鐵鑛の沈澱が開始される。本鑛床に於て鐵明礬石は上流部に特に多く中流部以下で少くなり、褐鐵鑛は上流部にもかなり存在するが、湧出口から距つた中流部以下に於て優勢となることは、概ね斯くして説明される。鑛床中で特に鐵明礬石層に隨伴して前述の特徴ある珪藻土が著しく發達するのは、本鑛物の沈積時の母液がかなり酸性(pH 1.7~4.0程度)であつたことを證據立てるものである。そして珪藻の發達に都合のよい酸性の環境では褐鐵鑛の沈澱は概ね阻止されていた事が考えられる。

鐵明礬石と褐鐵鑛とは溶液のある酸性度を境として概して選擇的に沈積したことは、鑛床中で兩鑛物が屢々薄層に至るまで分別していることによつて示される。兩鑛物の沈積環境の移り

1) Doelter: Handbuch der Mineralchemie, Bd. IV, Teil II, (1929) Jarosit

2) J. G. Fairchild: Artificial Jarosite etc. Amer. Min. 18, (1933)

變る際には両者が細かな互層、密な混合物として堆積することが考えられ、鑛床の中流部では之等のことが特に多く行われた結果、鐵明礬石鑛と褐鐵鑛鑛石との移化鑛の發達を招來したのである。鑛床の下底部分に鐵明礬石が、地表近くに褐鐵鑛が多く分布する傾向があるのは、鑛泉の酸性が時と共に大體に於て弱まつたからであろう。兩鑛物の多數の層が重り合つてゐることは、鑛液の性質の變化が繰り返されたとに因るのであるが、その各層に就いて必ずしも溶液成分の本質的な相違を必要とはしなく、只酸性度及び濃度の變化だけでも十分に説明される。又此の變化を齎す原因は、必ずしも深所の火山作用の消長に結びつくものでなくて、鑛泉に混入する地下水若くは地表水の量、從つて之を左右する氣象状態、又は地表に於ける鑛液の流路の轉變等の表生的原因の變化だけでも充分である。

Hillebrand & Penfield¹⁾は鐵明礬石は硫氣作用の產物であつて、熱と壓力との組合わさつた作用で出來ると考えた。Mitcherlich²⁾は硫酸鐵と硫酸アルカリとの混合溶液を焙接された管中で、230°C に熱し、又 Fairchild³⁾は硫酸鐵 1.6 gm と硫酸カリ 0.17 gm とを 0.75 N の硫酸 20 cc と共に密閉耐熱ガラス管中で 110°C に 24 時間以上熱して、鐵明礬石を合成した。こゝに注意すべきは、壓力の加わつた状態で相當高温に長時間處理すれば、かなり強酸性な且濃厚な溶液に於ても、硫酸鐵の加水分解とアルカリの結合とを起し、鐵明礬石を生成し得ることである。一方天然の鑛泉は、例えば Fairchild が準備したような溶液に比べて酸性度、濃度共に低く、加水分解を受け易いものであり、而も火山地方に在つては之が湧出する前の地下では、相當高温で且つ蒸氣壓が加わつていて、前述の實驗と類似な環境に置かれることがあり得るだろう。從つて鐵明礬石が既に地下に於て形成されることも考えられる。若しそうだとすれば鐵明礬石は懸濁された粒子の形で鑛泉によつて運ばれ、地表に湧出すれば粒子は機械的に從つて恐らく急速に沈積するであろう。鐵明礬石が均質な塊を成すことが多く、又植物の印痕を殆んど止めないのは、斯かる沈澱様式を考える上に稍々好都合のようである。此の場合には、珪藻によつて示された鑛液の溫度及酸性度の限界は、單に鐵明礬石の既品出粒子が地表で堆積した當時の一環境を示すにすぎない。但しこの酸性度に於ては褐鐵鑛の沈澱は阻止されて、この意味で兩鑛物が選擇的に沈積するに至つたことに意義がある。鑛床の中流部等で兩鑛物が密に混合してゐるものは、鐵明礬石粒子が全部沈下し終らないのに、懸濁媒たる鑛液の酸性度が

- 1) W. F. Hillebrand & S. L. Penfield: Some additions to the alunite-jarosite group, Amer. Jour. Sci., (4), (1920).
- 2) Doelter: 前出 (1929).
- 3) J. G. Fairchild: 前出 (1933).

充分低下にして褐鐵鑛の沈澱が始つたのに因ると説明される。こゝに述べた鐵明礬石が懸濁した粒子として地表に現われると云う事は、主に實驗の結果から導かれた考えであつて、鑛床及び鑛石に認められる實際の事實の裏付けは未だ必ずしも充分ではなく、従つて差當りは一假説として取扱わるべきである。

鑛泉の酸性度及び濃度が初めから充分低い際には、褐鐵鑛も同様に懸濁した粒子として地表に現われることも考えられる。筆者はかつて宮崎縣眞幸褐鐵鑛山に於て安山岩の裂隙から湧出する冷泉について之に似た實例を目撃したことがある。群馬鐵山については、鑛床の上流部に分布する均質な褐鐵鑛はこのような生成機構のものとも考えられる。しかしながら鑛床の中流部以下で褐鐵鑛が優勢となる事實からみて、鑛泉の湧出後、地表に於ける化學作用によつて初めて徐々に生成された褐鐵鑛が多量にあるのは認めなければならない。又鑛床の中流部以下に分布する褐鐵鑛に縞狀構造が發達し、又植物の印痕を有するものが多いことは、このような生成様式を示すものである。

IX 品位及び鑛量

1. 鑛石の區分

品位及び鑛量は鐵明礬石鑛及び褐鐵鑛の兩者に就いて算定される。鐵明礬石鑛の平均試料の分析値は鑛床を通じて多くは K_2O 4.5% 以上を示す。但し鑛床中流部には之と褐鐵鑛との中間品位、即ち K_2O 4.5~8.0% 程度のものがかなり存在する。よつて計算上假りにこの範圍のものを以て中間鑛とし之を何れの鑛石に編入するかによつて品位及び鑛量を二様に算定する。なお鐵明礬石鑛の厚層中に挟まれる褐鐵鑛の薄層で、鐵明礬石の採掘鑛石の品位を多少低下させることが許される場合、一括して採鑛すべき部分は、中間鑛と同様に取扱う。

2. 鑛量算定の基準

中流部の採掘場より上流の部分の鑛量は、採掘切羽斷面の状態及び今回行つた試錐の結果に基き算定する。之等の材料によつて鑛床に多數の横斷面を考え、かくて胴切されて生じる鑛體區劃毎に計算する。この部の鑛量は概ね確定鑛量とされるが、斷面 A より上流の區劃、斷面 I J 間 (P を含む) の區劃及び L, S 間の下底の一部では算定基礎數値又は鑛床性質の連続性の不足によつて推定鑛量とする。

採鑛場より下流の鑛量は諸工事跡の實在斷面により、又之に昭和 16 年當時の鑛業權者によつて實施された試錐及び採鑛井の結果を參考として査定し、之を推定鑛量とする。

試錐のコアの褐鐵鑛及び鐵明礬石の各 40 數種に就き實測した鑛石の見掛の比重は、前者に於ては 1.1~2.5 多くは 1.7~2.1 を示し、後者に於ては 1.8~2.6、多くは 2.0~2.4 を示した。鑛床中には、試錐で知り難い粉鑛、極めて多孔質で破碎され易い塊鑛等輕量なもの、又火山灰等の夾み、空洞等の存在が考えられる。従つて鑛體 1 立方米當りの鑛石の賦存量は前記の見掛比重による算出値よりも稍よ少いものと考え、之を鐵明礬石 2.0 廻、褐鐵鑛 1.7 廻、中間鑛 1.7 廻とする。但し採掘場より下流では、鐵明礬石は粉鑛を増すこと、褐鐵鑛は多孔質のものが多いことによつて、各鑛石とも 1.5 廻とする。

其他の基準に就ては附圖第 6 に記述する。

試料番號	Fe	SiO ₂	P	S	其 の 他		
A-1	46.12	1.74	1.27	1.96			
1-2	51.54	1.66	0.48	1.01	TiO ₂ =0.03	Mn=0.05	Ig. L.=18.63
1-3	48.77	4.23	1.19	1.82	TiO ₂ =0.64	Mn=0.07	Ig. L.=16.00
5-1	47.56	9.23	0.22	1.96			
7-1	52.20	4.46	0.32	0.98	TiO ₂ =0.47	Mn=0.07	Ig. L.=15.78
7-2	43.24	19.26	0.37	0.68			
7-3	47.85	8.70	0.80	1.40	TiO ₂ =0.27	Mn=0.05	Ig. L.=14.32
7-4	52.17	1.34	1.14	1.63			
7-5	50.25	1.20	1.38	1.81			
11-1	44.10	9.44	0.80	1.34			
11-2	53.04	1.94	0.30	0.79	TiO ₂ =0.09	Mn=0.05	Ig. L.=17.46
14-1	51.88	1.17	0.86	0.70			
14-3	51.30	0.84	1.01	1.13			
14-4	43.71	0.48	1.29	3.09			
14-5	52.17	3.62	0.50	1.17			
14-6	45.54	17.02	0.19	0.85			
15-1	50.44	2.84	0.45	0.77			
15-2	51.60	0.70	1.01	1.37			
15-4	52.74	1.06	1.09	1.64			
17-1	52.23	1.58	0.47	0.90	TiO ₂ =0.04	Mn=0.14	Ig. L.=18.32
17-2	50.73	2.10	0.66	1.77			
19-1	53.90	2.10	0.36	0.87			
19-2	53.70	1.18	0.64	0.83			
21-1	53.90	2.70	0.17	0.90			

備 考 試料は探鑛井にて採取(附圖第 5 参照)但し A-1 は穴地獄にて採取

第 2 表 褐鐵鑛分析値 (昭和 16 年地質調査所分析室分析)

3. 平均品位算定の基準

褐鐵鑛の分析は、第一次調査の際探鑛井より採取した試料(附圖第 5)に關してのみ行われている(第 2 表)。差當り之によつて褐鐵鑛の品位の概略を判定する。

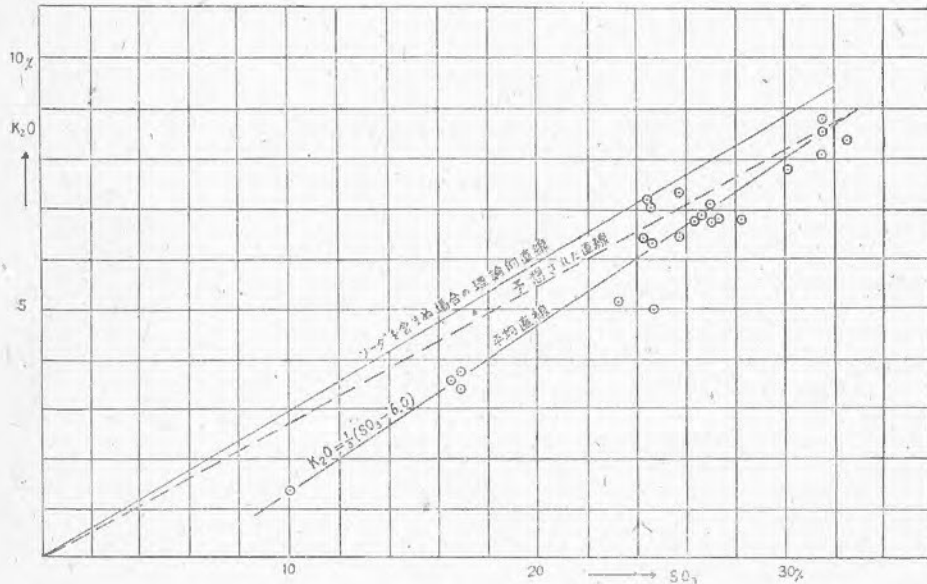
試料 番號	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	不溶 殘渣	分析者	試料 番號	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	不溶 殘渣	分析者
A ₁ ²				24.31	0.10	加藤甲壬	H ₂ ¹²				22.58		加藤甲壬
A ₁ ³				14.85		望月常一	H ₃ ³				18.30		望月常一
A ₁ ⁴				12.67		"	I ₀ ^{3.5}				18.93		"
A ₂ ²				21.71		"	I ₀ ⁷				18.94		"
A ₂ ⁴				23.38		"	I ₁ ²				22.63	0.23	"
A ₃ ²				23.73		"	I ₁ ³				15.57	0.08	"
B ₁ ²	6.76	0.23	46.14	27.06	0.02	"	I ₂ ²				21.23	0.09	"
B ₁ ⁴	6.79	0.18	45.29	27.36	0.04	"	I ₂ ⁴				30.40		"
B ₂ ⁴				23.62	0.04	"	I ₂ ⁵				16.26		"
B ₃ ⁴				15.60		"	I ₂ ⁶				21.40	0.02	"
B ₃ ⁶				25.89		"	I ₂ ⁸				20.57		"
B ₃ ⁸				14.36		"	I ₃ ²				23.72	0.06	"
B ₄ ²				15.60		"	I ₃ ⁴				23.61		"
B ₄ ⁴				15.00		"	I ₃ ⁸				24.61	0.03	"
C ₁ ⁴				28.98		加藤甲壬	P ²	6.33	0.13	49.53	24.30	0.05	"
C ₁ ⁸				23.08		金子博祐	P ⁴	6.43	0.31	48.85	48.85	0.03	"
C ₁ ⁹	3.58	0.45	61.66	16.46	1.00	"	P ⁶	8.07	0.93	46.82	31.40	0.03	"
C ₁ ¹¹				20.65		"	J ₁ ²	7.11	0.23	48.48	26.99	1.36	加藤甲壬
C ₁ ¹⁶				21.71		"	J ₁ ^{4.6}				24.09	5.73	比留川貴
C ₂ ²				15.14		"	J ₂ ^{4.6}				22.73		"
C ₂ ⁴				24.80		"	J ₂ ⁸				22.27		"
C ₂ ⁶				15.76		"	J ₂ ¹				19.50	17.37	"
C ₂ ⁸				20.05		"	J ₃ ^{2.4}				19.08	5.57	"
D ⁹				15.81		"	J ₃ ^{6.8}				25.18		"
D ¹¹	5.18	0.58	52.42	23.22	1.75	"	K ₇ ²				19.00		"
D ¹²				24.20	1.65	"	K ₇ ⁴				14.70		"
E ²				29.12		加藤甲壬	K ₁ ⁶				14.81		"
E ⁴	6.85	0.59	44.95	26.63	4.24	望月常一	K ₂ ²	3.44	0.39	60.48	16.83	2.88	"
F ₁ ²				21.23	3.82	"	L ₁ ²				15.23		"
F ₁ ⁴				20.72		"	L ₁ ⁴				18.83		"
F ₁ ⁶				26.19		"	L ₁ ⁶				17.85		"
F ₁ ⁸				23.57	1.00	"	L ₁ ⁸				18.31	17.50	"
F ₂ ^{3.5}				23.54		"	L ₁ ¹¹				14.04	35.59	"
F ₂ ⁷				25.97	6.86	"	L ₂ ²				12.01		"
F ₂ ¹¹	7.32	0.72	45.97	25.66	0.38	"	L ₂ ^{4.6}				15.68	11.76	"
G ₁ ²				24.35		"	L ₂ ⁹				19.92	5.37	"
G ₁ ⁴				24.65		"	L ₂ ^{2.4}				20.45		竹田榮藏
G ₁ ⁶				27.01		"	S ₁ ^{2.4}	1.39	0.21	56.66	9.98	8.67	比留川貴
G ₁ ⁸				22.99		"	S ₂ ^{2.4}				20.05		加藤甲壬
G ₂ ²				27.59		"	S ₃ ^{2.4}	7.09	0.21	48.68	24.51		比留川貴
G ₂ ⁴				20.09		"	S ₄ ^{2.3, 5.7}				18.55		竹田榮藏
G ₂ ⁷				18.08		"	S ₄ ^{2.3, 5.7}	3.75	0.29	52.89	16.81	5.37	比留川貴
G ₂ ¹¹				25.73	0.01	"	S ₅ ²				20.32		加藤甲壬
G ₂ ¹⁵				27.99		"	T ₁ ²				26.32		比留川貴
H ₁ ^{4.6}				25.63		"	T ₂ ²				14.85		"
H ₂ ⁵				20.24		"	T ₃ ²				23.6		"
H ₂ ¹⁰				22.89		"	T ₃ ⁴				23.6		"
							T ₅ ²	6.79	0.58	55.71	28.20		"
							T ₆ ²	6.79	0.28	51.91	29.38	1.07	加藤甲壬
							T ₆ ⁶						比留川貴

備考 試料位置は附圖第1, 第2, 第3(A) (B)参照

第3表 鐵明礬石鑛分析値

鐵明礬石の品位は試錐コアー及び工事跡断面より採取した試料の分析(第3表及び附圖第3)を基として判定する。平均品位は鑛量計算の各段階に並行して計算し、常に其の重率を加味する。

鐵明礬石の品位の高低は、特に褐鐵鏡、岩石質物等の他物の混在量の多寡によるものであり、従つて品位中のアルカリと硫酸根とは理論上直線的の關係を以て變化する筈である。長野縣諏訪鐵山の鑛石では、 K_2O と SO_3 との間に實際上この關係が成立した¹⁾。群馬鐵山産鑛石



第4圖 鐵明礬石鑛に於ける K_2O と SO_3 との關係

の K_2O と SO_3 との關係を圖示すれば第4圖の如くであつて、稍と豫想を裏切りかなり分散している。 SO_3 の値から豫想される K_2O の値よりも、實際の K_2O の量は一般に少く、鐵明礬石中のアルカリの一部がソーダで占められていることだけでは納得出来る程大い偏倚を示すものがある。之の原因は未だ不明である。分析上の誤差はないものとして、鑛石中に鐵明礬石以外に硫酸根を有するもの又は硫化物が混在する等原因となり得る種々の場合が考えられ、特に本鑛山では鑛末の地表水及び伏流水には多量の硫酸を含み、之から硫酸が二次的に附加される場合が差當り最も考えられる。以上の偏倚はあるが今回の調査では SO_3 のみを定量して、第4圖の平均直線に基いて K_2O の量を判定し、多數のアルカリ定量の煩をはぶいた。試料個々に就いての判定値は實際とは相違があつても、取扱つた數が略と80個の多數であるので、

1) 片山信夫：長野縣諏訪鐵山の鐵明礬石鑛床調査報告，地下資源調査所速報，第21號(昭22)。

之等を平均する場合には誤差は消去されるものと認めたからである。

別に試料のあるものでは、全く分析を経ずに、近隣の品位既知のものと同様に對照して、其品位を判定した。

以上の方法によつて判定した K_2O の値は附圖第3(A)(B)に附記してある。

4. 鑛量及び品位の數値

鑛量及び品位の計算は附圖第6に記述してある。數値は昭和22年5月現在に於けるもので、總鑛量及び平均品位を再録すれば次の如くである。

(a) K_2O 4.5%以上のものを鐵明礬石鑛とする場合

鐵明礬石鑛	{	確定鑛量	36 萬噸	(平均品位 K_2O 6%)
		推定鑛量	20 萬噸	(平均品位 K_2O 6%)
褐鐵鑛	{	確定鑛量	120 萬噸	(平均品位 Fe 50%を越す)
		推定鑛量	70 萬噸	(平均品位 Fe 50%を越す)

(b) K_2O 3%以上のものを鐵明礬石鑛とする場合

鐵明礬石鑛	{	確定鑛量	48 萬噸	(平均品位 K_2O 5.5%)
		推定鑛量	20 萬噸	(平均品位 K_2O 6%)
褐鐵鑛	{	確定鑛量	110 萬噸	(平均品位 Fe 50%を越す)
		推定鑛量	70 萬噸	(平均品位 Fe 50%を越す)

別に記録によれば昭和22年4月迄に本鑛山から採掘された鐵鑛は約40萬噸である。

第2表の褐鐵鑛の分析試料は勉めて種類を網羅するように選ばれており、量的にはあまり考慮されていない。今量を考慮すれば、Fe 50%以下のものは少く、褐鐵鑛の平均品位は略よ次の如くと判定する。

Fe 50%を少しく超す, S 1~3%

P 1%内外, SiO_2 數%, H_2O 10數%

鑛山側資料による昭和21年6月の採掘鐵鑛石の品位は

Fe 52%, S 1.7%, P 0.7%, H_2O 20%内外

を平均としていた。磷及び硫黄を含むことは鐵鑛として注意すべきである。但し本褐鐵鑛を装爐前豫め焼結する際には、硫黄の大半は放逐されるであろう。

第1次調査で探鑛井から得た黄色鑛(即ち鐵明礬石鑛)と褐鐵鑛との分析結果、即ち第4表と第2表との磷分を比較するに、黄色鑛で0.6~1.2%褐鐵鑛で0.17~1.38%であり、兩鑛石間

試料番號	Fe	SiO ₂	P	S	其 の 他	
1-4	40.34	1.48	0.92	7.70		
4-2	45.25	3.42	0.71	4.68		
5-2	43.12	10.42	0.60	3.19		
5-3	34.82	1.06	0.60	10.61	TiO ₂ =0.09	Mn=0.07
14-2	42.08	0.72	1.00	6.22		
15-3	46.69	2.70	1.08	4.22		
15-5	46.41	0.86	1.21	4.71		
21-2	34.88	33.32	0.11	1.06		

備 考 試料は探鑛井にて採取(附圖第5参照)

第4表 黄色鑛分析値 (昭和16年地質調査所分析室分析)

に著しい差はない。又兩鑛石とも分析上の構成の多寡と、鑛石の外観とには關係が認められない。

鐵明礬石鑛の平均品位は、分析値を通覽して

K₂O 6%, Na₂O 0.5%内外, Fe₂O₃ 55%内外, SO₃ 25%内外, P₂O₅ 1~3%,
SiO₂ 數%, H₂O+ 10數%

と考えられる。SiO₂の數値は鐵明礬石鑛を處理して得られる鐵鑛石の品位の高いことを豫想せしめている。本鑛山の鐵明礬石鑛を處理する場合には原鑛1吨より

硫酸カリ (極めて高品質) 100 吨内外

鐵 鑛 石 (Fe 60%を越す) 600 吨内外

の製品が又若し焙燒鑛そのままをカリ肥料とする場合には

カリ肥料 (水溶性 K₂O 8%内外) 600~700 吨

が得られるであろう。

X 試錐の作業記録

今回の試錐作業は筆者等の監督の下に、川崎製作所、日本探鑛會社及び大和ボーリング會社の請負工事として各1臺の機械を以て行われた。鐵山を稼行する日本鋼管鑛業會社は勞務者、機械運轉用電力の供給其他種々協力し、且請負費の一部を負担した。作業記録の概要は第5表の如くである。機械はロータリー式で、全深度に對してコア採取を行つた。天候は稍々不順勝で、降雨により作業が妨げられた日が少くない。コアの採取率は鐵明礬石の方が褐鐵鑛よりも略10%良好であるが、之は鑛石中の孔隙の多寡による脆弱性の相違に因るものである。

請負會社		川崎製作所	日本探鑛	大和ボーリング	計又は平均	
機 械		ロータリー R300型	ロータリー B150型	ロータリー ヤマト B.R.S.型		
掘進開始日—終了日 (日 數)		5月19日—6月29日 (42日)	5月9日—6月8日 (31日)	5月28日—6月30日 (34日)	(107日)	
孔數(擔當範圍) 掘進延米數		11孔 (A—E) 216m	11孔 (F—I) 216.5m	9孔 (P—L) 163.5m	31孔 596m	
一孔方り平均深さ 所要日數		19.7m 3.8日	19.7m 2.8日	18.2m 3.8日	19.2m 3.5日	
鑛石 コア 採取 率	鐵石 明鑛	延層厚 コア—延米數 探取率	71.70m 36.45m 51%	58.20m 37.00m 64%	19.70m 9.40m 48%	149.60m 82.85m 55%
	褐 鐵 鑛	延層厚 コア—延米數 探取率	101.30m 39.80m 39%	122.20m 570.15m 58%	119.60m 41.75m 35%	343.10m 152.50m 44%
	平均	延層厚 コア—延米數 探取率	173.00m 76.25m 44%	180.40m 107.15m 60%	139.30m 51.15m 37%	492.70m 235.35m 48%
	備 考	日數中には、場所の移動及び雨天休業の日をも含む。本日數の他に準備及び撤收に夫々數日を要している。				

第5表 試錐記録表

XI 結論及び意見

本調査によつて得られた主要なる事項及び之に基き意見を列挙すれば次の如くである。

(イ) 群馬鐵山に於て褐鐵鑛に伴つて産出する黄色の鑛石は、化學成分共の他の鑛物學的性質より鐵明礬石であることが判明し、従つて本邦の新しいカリ資源として注目されるに至つた。又之によつて本邦に廣く分布する同型の褐鐵鑛鑛床にも鐵明礬石の存在が期待されるに至つた。

(ロ) 本鑛山は草津白根火山の東麓に位置し、鑛山附近の地質は安山岩質の熔岩及び岩脈並に同質の凝灰岩及び角礫凝灰岩より成る。

(ハ) 鑛床は火山源の鑛泉より化學的沈澱作用によつて地表に於て生成された鑛層であり、此の型式の鐵明礬石の産出は從來外國でも正式に報告されたことがない。

(ニ) 鑛床の最西端には嘗ての鑛泉の湧出口と思われる凹陷地がある。鑛床は之から始まつて舊溪谷を填めて堆積した形狀を呈する。鑛床は延長2,200m、幅數10m乃至100數10mであり、厚さは鑛床の中軸部で10數m以上に達することが少くない。

(ホ) 鑛床は極めて新しい堆積物である。表土は薄く露天掘が可能である。鑛床は褐鐵鑛約8割、鐵明礬石約2割から成り、兩鑛物は夫々層狀に重り合つている。従つて鑛山作業に當つては、兩鑛物の探鑛を並行して行うべきである。兩鑛物は相互混合しないで、充分に厚い別々の層に堆積していることが多いので、兩鑛石の採掘は探鑛切羽に於て色によつて區別して行え

ば充分であり、特殊の選鑛工程を必要としない。

(ト) 鑛床の内、鐵明礬石は上流の部分に特に多く分布し、中流以下では稍急に減少する。之に對して褐鐵鑛は上流部にもかなりの量賦存するが、中流部以下に於て特に多量である。鑛床の上流部は未だ採鑛作業が及んでいないので、鐵明礬石の多量の出鑛は將來に期待される。

(チ) 鑛床を生成した鑛泉は多量の硫酸鐵及び多少の硫酸アルカリを有する硫酸々性泉であり、之からその酸性度及び濃度の變化に應じて、鐵明礬石又は褐鐵鑛が選擇的に沈積した。即ち鐵明礬石は溶液がかなり酸性を保つ條件の下で加水分解の中途に於て定着されたものであり、褐鐵鑛は酸性度が低く加水分解が完全な場合の沈澱物である。鑛液の酸性度及び濃度の變化は、鑛泉の深所からの本質的のもののみでなく、地表に於ける清水の混入、大氣の作用等の表成的現象によつて大いに影響されたと考えられる。

(リ) 鑛床中には本邦の無機酸性水域に現存する種より成る特徴ある珪藻土が存在する。之が特に鐵明礬石層に隨伴している事、並びにこの珪藻の生態から見て、鐵明礬石の沈積は pH 4.0 程度よりも酸性な環境の下で行われ、褐鐵鑛の沈澱は大體に於て之より弱い酸性度で行われたことが窺われる。又この珪藻土の存在により鑛泉の溫度は 30~40°C 以下の低温であつたことも示される。

(ヌ) 鑛床中鐵明礬石が多數に分布する鑛床の上流部及び中流部に對して今回組織的に 31 本の試錐が實施された。其の結果算定された鑛量は、 K_2O 4.5% 以上のものを鐵明礬石鑛とする場合次の如くである。

鐵明礬石鑛	$\left\{ \begin{array}{l} \text{確定鑛量} \\ \text{推定鑛量} \end{array} \right.$	36 萬噸 (平均品位 K_2O 6%)
		20 萬噸 (平均品位 K_2O 6%)
褐鐵鑛	$\left\{ \begin{array}{l} \text{確定鑛量} \\ \text{推定鑛量} \end{array} \right.$	120 萬噸 (平均品位 Fe 50% を超す)
		70 萬噸 (平均品位 Fe 50% を超す)

即ち本鑛床は鐵鑛床として本邦有數のものであるのみでなく、鐵明礬石鑛床としては本邦で他に比類のない大規模のものであることが確認された。

(ル) 褐鐵鑛の平均品位は略々次の如くである。

Fe 50% を少しく超す, S 1~3%, P 1% 内外, SiO_2 數%, H_2O 10 數%

(ヲ) 鐵明礬石の平均品位は略々次の如くである。

K_2O 6%, Na_2O 0.5% 内外, Fe_2O_3 55% 内外, SO_3 25% 内外, P_2O_5 1~3%

SiO_2 數%, H_2O + 10 數%

鐵明礬石鑛の品位は現在考えられている處理方法に充分適する。

(フ) 鑛石中の不純物の主なものは岩石質物であるが、前述の平均品位中の SiO_2 の數値で窺われるように鑛石全般に大なる影響を興えていない。

(カ) 本鑛山の鐵明礬石は、現地で薪等を燃料とする小規模な處理では到底處分が不可能であるから、大量處理の本格的な工場が要望される。工場を鑛山以外の立地上有利な場所に設ける場合、索道其他の搬出力には、鐵鑛の出鑛量を略現況程度に維持してなお餘裕が認められるので、鐵明礬石鑛をかなりの量出荷し得るであろう。

要するに本鑛山の鐵明礬石は本邦他産地のものに比べて、量的に最重要であるのみならず、採鑛、搬出等の諸條件が既に備わる稼行鑛山に存在し、新な利用に多大の利便を附與されている。鐵明礬石は現在の本邦カリ原鑛中實質的に最も有利であることを認識して、本鑛山の鐵明礬石鑛の積極的な利用を計ることが望ましい。

(昭和 23 年 5 月稿)

The Jarosite-Limonite Deposit of the Gumma Iron-Mine

by Masatsugu SAITO

Résumé

I INTRODUCTION

The presence of jarosite never known in Japan was newly ascertained in the limonite-deposit of the Gumma Iron-Mine, and the study of the deposit in detail with the aid of core borings has been carried out. The jarosite in the mine occurs in a considerable amount and in fair qualities enough to call economical attention especially for a potassium resource.¹⁾ And this discovery suggests us the possible existence of the mineral also in other limonite-deposits of the similar type in Japan.²⁾

II GEOLOGY AND ORE-DEPOSIT

The Gumma Iron-Mine is situated at the eastern foot of Volcano Kusatsu Shirane in Central Japan which is an active volcano with fumaroles and solfataras in its crater, and with records of occasional explosions even in recent years.³⁾ Around the volcano a large number of spas are distributed, among which Kusatsu Hot-spring located to the south of the mine is the most famous. Chemical properties of mineral waters in the spas are various, but those characterized with sulphuric acid radical are the most remarkable. Several native sulphur-deposits of solfataric origin have been worked in this district, particularly in Kusatsu Shirane volcanic body.

In the environs of the mine the land generally shows gentle slopes inclining eastward as a whole. Geology is constituted wholly of recent andesitic materials in the forms of lava-flows, dikes and pyroclastic sediments.

There are widely distributed, in volcanic regions in Japan, characteristic bog-iron beds which have been precipitated on the surface from ferruginous solutions issued from mineral springs of volcanic origin. The ore-deposit in this mine belongs to a special type of this group in concerning with the association of jarosite.

- 1) On ignition jarosite decomposes, evolving sulphur trioxide and dioxide in addition to water, and turns to a mixture of potassium sulphate and ferric oxide. Potassium sulphate is completely soluble in water and suitable for fertilizer. The residues after the extraction of the sulphate are composed essentially of ferric oxide and may be used as high grade iron-ores or abrasive. The tests of the industrial treatments of the mineral are now in progress.
- 2) By the research activities after this discovery, jarosite-deposits have been actually found in certain other places in Japan.
- 3) H. TSUYA: Explosive activity of Volcano Kusatsu Shirane in October 1932. Bull. Earthquake Research Institute, Vol. XI, Pt. 1, (1933), Tokyo.

Kettle-like depressions which probably mean the vestiges of the outlets of the ore-forming springs are present at the top of the ore-deposit. The ore-body develops downward from there in the form of filling up an ancient gully, and occupies an area, 2,200metres in length and 30-200 metres in width. In the upper course of the gully, where lava-flow forms the bed rock, transversal profiles of the ore-body show V- or U-shapes, nearly 20 metres thick in their central parts. In the middle and lower course, where the basement consists of tuff-breccia, the gully is fairly wide open. In the major area of the middle course the thickness of the ore-deposit attains 10 to 20 metres, while in the lower course it is only a few metres.

The surface feature of the ore-deposit is generally flat and maintains some characteristic gradient as seen in an alluvial fan, having been scarcely dissected by erosion. The overburdens are thin layers of volcanic ash, pumice, etc. In short, the ores are of extremely recent deposition.

The ore-body consists dominantly of limonite and less amount of jarosite. Bedded structures prevail: in general these two minerals separately cluster in different layers in considerable thickness, frequently showing repeated alternations, though small amounts of the two minerals mix with each other in the forms of thin lamellae, brecciated specks or intimate admixtures. Cross beddings are not uncommon.

Jarosite is extremely abundant in the upper course where it accumulates in layers of pure masses, some of them reaching several metres in thickness, and the amount in this part corresponds nearly to 80 % of the total reserves of the mineral. While, in the middle course layers of the mineral decrease rather suddenly in thickness and the quality goes down being mixed with limonite and revealing a transition between jarosite-and limonite- ores. On the other hand limonite itself becomes predominant and comes to the climax of deposition in this part, though the mineral appears in a considerable quantity also in the upper course. In the lower course, too, limonite takes high preponderance over jarosite.

III CONSTITUENTS OF ORES

Constituents of the ores are simple: excepting limonite and jarosite, a small amount of rock-fragments and occasionally diatomaceous earth are observed.

Limonite is of a bog-iron type. It is dark to reddish brown in color and shows cellular to massive texture, being hard or crumble and has an ochrous appearance. Laminated bands caused by different colors and textures commonly develop. In some layers of limonite, abundant casts of leaves, stems or roots of living forms of plants are contained. Limonite is worked as iron-ores in this mine.

Jarosite is generally fresh yellow, clove-brown or, in some cases, dark yellowish

brown. Streak is always shining yellow. It occurs in a dense or somewhat porous mass showing homogeneous or patchwork structure, or in a pulverous form. Laminations and plant-remains often seen in the limonite-ores are rare. Under the microscope it appears as fibrous or irregularly scaly, minute crystals of microns in size, discernible only with high power. The color is light yellow; pleochroism not conspicuous. Analyses of the pure samples free from any remarkable impurities such as limonite are represented below.

	3-3 massive		T pulverous	
S. G.	2.99		3.02	
Indices of refraction	$n = 1.791$ $\epsilon = 1.705$		—	
	wt. %	mol. ratio	wt. %	mol. ratio
K ₂ O	8.52	0.90}	8.80	0.93}
Na ₂ O	0.89	0.14}	0.78	0.13}
Fe ₂ O ₃	48.34	3.02	47.35	2.96
SO ₃	31.43	3.93	31.46	3.94
Diff. (H ₂ O)	10.82	6.01	11.61	6.45
Analyst	S. SEKINE		K. KATO	

The mineral belongs to potashjarosite containing a few amounts of natrojarosite molecules.

Rock-fragments included in the ores comprise those of basement-rocks, volcanic ash, pumice, river sands and clays, etc. Rarely thin lenses of volcanic ash and pumice appear in the ore-deposit. All of them are, however, of accidental origin and are generally not conspicuous in common ores.

Creamy white masses of diatomaceous earth appear in the forms of thin layers or small patches in the ore-deposit, and they occur regularly in association with jarosite and exceptionally with limonite. Under the microscope these masses consist exclusively of diatom-shells. According to the determination by WATARU ICHIKAWA they consist almost wholly of *Pinnularia Brauni* var. *amphicephala* (A. MAYER) HUSTEDT and a bit of *Eumotia* sp. without any other forms.

These two are living forms in present waters in Japan. According to the biological investigations by NEGORO,¹⁾ *Pinnularia Brauni* var. *amphicephala* (A. MAYER) HUSTEDT is widely distributed and occurs in abundance as a characteristic leading form in mineral-acid waters of volcanic regions in Japan. A lot of localities of occurrence are given in his reports. The pH-values of waters in those localities

1) K. NEGORO: Über die allgemeine Verbreitung und das massenhafte Vorkommen von *Pinnularia Brauni* var. *amphicephala* (A. MAYER) HUSTEDT in den mineralogen-azidotrophen Gewässern Japans. Proc. Imp. Acad., Vol. XVII, No. 9, (1941), Tokyo and his several other biological reports in Japanese.

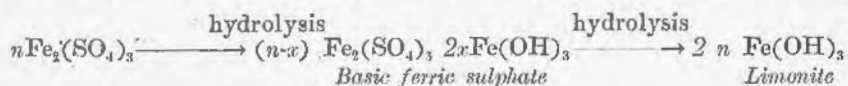
range from 1.7 to 7.3, yet the luxuriant growth is regularly found in acidic environments (pH 1.7 to nearly 4.0)¹. The uppermost limit of temperatures of the cited waters is 48°C, but the favorable range for the existence of this form seems, he considers, to lie below 35°C. *Eumotia* sp. has been reported, so far as in Japan, in mineral-acid waters, 24°C in temperature at one locality and 2.8 or 3.5 in pH-value.

Both of these forms are of secondary nature and in the present ore-deposit the diatoms frequently form pure masses without mingling with ore-minerals or clastic materials. Therefore it may be assumed that the accumulations of the diatom-tests took place *in situ*, not allochthonously derived from any other growing places, and that the ecological knowledge can explain the conditions of the sedimentation of the ore-minerals. The special association of the diatoms with jarosite, not with limonite is noteworthy in this consideration.

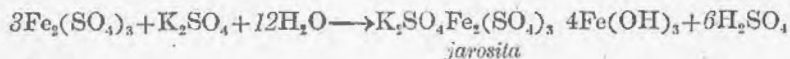
IV GENESIS OF ORE-DEPOSIT

Low temperatures of the mineral-springs, are inferable, say below 30°-40°C, from the presence of the diatomaceous earth in the ore-deposit.

Either from the mineralogical compositions of the ore-deposit or from the sulphurous characters of the recent volcanic exhalations in this region, it may be decided that the ore forming solutions are acidic ones dominantly containing iron-sulphates with some amount of alkalis. From these solutions jarosite or limonite precipitates differentially in response to varying conditions. Generally speaking, in the course of hydrolysis ferric sulphate goes through various stages of basic ferric sulphates. On further hydrolysis these basic sulphates gradually, due to their unstable nature, transform and finally ferric hydroxide, namely limonite, begins to precipitate.



However when alkalis are present in the solution and can combine with the basic sulphate of a certain stage, alkali bearing complex basic sulphate, i. e. jarosite, may be formed and fixed as precipitates, owing to its fair stability and insolubleness.



That this reaction can take place under suitable conditions has been warranted with the synthetic experiments of jarosite by MITCHERLICH² and also by FAIRCHILD³. Hydrolysis of the solution, no doubt, advances with the decrease

1) Assumed values by the present writer from the list of localities in NEGORO's report (loc. cit. 1941, 426-427).

2) DOELTER's Handbuch der Mineralchemie, Bd. IV, Teil II, (1929), 590.

3) J. G. FAIRCHILD: Amer. Min. 18, (1933).

of acidity and the increase of dilution, thus it may be concluded that jarosite is generated in still acidic conditions, while limonite begins to precipitate only in less acidic to alkaline environments. The fact that the characteristic diatoms, of which luxuriant growth is found in acid waters (pH 1.7 to nearly 4.0 for *Pinnularia Brauni* var. *amphicephala* (A. MAYER) HUSTEDT), are associated particularly with the deposition of jarosite, and not with that of limonite, proves this idea on the differential precipitation of these two minerals.

When the mineral-springs are adequately acidic in the beginning, precipitates are only jarosite in the vicinity of the vent and in the upper course, while in the lower course an excess of iron-sulphates gradually suffers from advancing hydrolysis by decreasing acidity due to such surface agencies as reaction of atmosphere, mixing of fresh surface- or ground-waters, special influence of organisms, etc. Finally limonite begins to precipitate with or without jarosite. In this way vigorous precipitation of limonite is performed in the middle course.

With regards to the alternating depositions of jarosite and limonite, fluctuational changes of the characters of the solutions are conceivable, but it is not always necessary to consider the essential variations directly related to volcanic activity; the changes merely in acidity or dilution are sufficient and these changes may arise even by superficial causes, such as variations in the amount of joining meteoric waters or topographical transitions of the ore-depositing stream-courses.

MITSCHELI¹⁾ obtained jarosite by heating a mixture of ferric and potassium sulphate in a welded tube at 230°C. FAIRCHILD²⁾ synthesized potash-jarosite from the solution of 0.17 gm of K_2SO_4 and 1.6 gm of $Fe_2(SO_4)_3$ in 20 cc of 0.75N- H_2SO_4 sealed in a pyrex glass tube by heating for 24 hrs at 110°C. From these experiments it is noticeable that by continued heating at favorable temperature, under some pressure, hydrolysis of ferric sulphate can take place and then jarosite can crystallize even in rather concentrated and strong acidic solutions. HILLEBRAND & PENFIELD³⁾ consider that jarosites are solfataric products having been formed under the combined action of heat and pressure.

Natural mineral-spring waters are usually less acidic and more dilute, namely more susceptible to hydrolysis, than such solutions as prepared by FAIRCHILD. And conditions in underground passages of springs in volcanic regions may happen to be of considerably high temperature and under vapour pressure, comparable to those of the cited experiments. Thus, it seems rather reasonable to suppose that jarosite crystallizes early in the underground passages. Assuming this hypothesis to be the case, jarosite will be transported in suspension, and shortly after the out-flow

1) DOELTER's Handbuch der Mineralchemie, loc. cit., (1929).

2) J. G. FAIRCHILD: loc. cit., (1931).

3) W. H. HILLEBRAND & S. L. PENFIELD: Amer. J. Sci., (4), (1902).

on the surface, the rapid settling of the pre-existing particles will take place mechanically. The massive features of the jarosite-ores without marked laminations or plant-remains seem to be favorable to this conception. On these lines of considerations environments inferable from the presence of the diatomaceous earth, namely below 30°-40°C in temperature and pH 1.7-4.0 in acidity, do not mean the conditions for the formation of jarosite, but merely indicate those at the sedimentation of the pre-existing particles; the fact that in such range of acidity limonite is generally not yet released to precipitate is more expressive.

When the original acidities and dilutions of the spring-waters are adequate, limonite instead of jarosite may be formed from the outset (even in the underground passages, if the alternative hypothesis, just mentioned, is the case). Yet actual preponderance of limonite in the middle- and lower-course indicates that a large part of limonite must have been gradually formed only after the influence on the land-surface. This conception is favored also by the frequent presence of the plant-remains in the limonite-ores especially in the lower-course and by the prevailing laminations of the ores which presumably mean the sensitiveness to the change of solution-characters in the mode of precipitation.

V. RESERVES AND QUALITIES OF ORES

The reserves and the mean grades of the ores, when the jarosite-ores are restricted to those containing over 4.5% K_2O , are shown below.

Jarosite-ores	(mean grade, 6% K_2O)
Proved ore-reserve	360,000 ton
Probable ore-reserve	200,000 ton
Limonite-ores	(mean grade, slightly over 50% Fe)
Proved ore-reserve	1,200,000 ton
Probable ore-reserve	700,000 ton

Chemical compositions of the jarosite-ores average as follows.

6% K_2O ,	0.5%± Na_2O ,	55%± Fe_2O_3 ,
25%± SO_3 ,	1.3% P_2O_5 ,	a few% SiO_2

These grades seem to be suitable for the present scope of the ore-treatment. If the jarosite-ores of these grades are supplied to a plant the following products may be obtained from one ton of the raw-ores.

Potassium sulphate (of extremely high quality) — about 100 kg

Iron-ores and abrasives (of over 60% in Fe) — about 600 kg

And when the roasted ores are directly used as fertilizers,

Potassium fertilizers (nearly 8% in soluble K_2O) — about 700 kg
 may be utilized.

The Geological Survey of Japan has published in the past several kinds of reports such as the Memoirs, the Bulletin, and the Reports of the Geological Survey.

Hereafter all reports will be published exclusively in the Reports of the Geological Survey of Japan. The currently published Report will be consecutive with the numbers of the Report of the Imperial Geological Survey of Japan hitherto published. As a general rule each issue of the Report will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated on each Report.

- | | | |
|------------------------------|---|--|
| A. Geology & allied sciences | } | a. Geology.
b. Petrology and Mineralogy.
c. Palaeontology.
d. Volcanology and Hotspring.
e. Geophysics.
f. Geochemistry. |
| B. Applied geology | } | a. Ore deposits.
b. Coal.
c. Petroleum and Natural Gas.
d. Underground water.
e. Agricultural geology.
Engineering geology.
f. Physical prospecting.
Chemical prospecting & Boring. |
| C. Miscellaneous | | |
| D. Annual Report of Progress | | |

Note: Besides the regularly printed Reports, the Geological Survey is circulating mimeographed copies of Preliminary Reports for the present time.

本所刊行の報文類の種目には従来地質要報、地質調査所報告等があつたが今後はすべて刊行する報文は地質調査所報告に収めることとし、その番號は従来地質調査所報告を追つて附けることにする、そして報告は一報文につき報告1冊を原則とし、その分類の便宜の爲に次の如くアルファベットによる略號を附けることにする。

- | | | |
|------------------------|---|------------------|
| A 地質及びその基礎科學
に關するもの | } | a. 地質 |
| | | b. 岩石、鑛物 |
| | | c. 古生物 |
| | | d. 火山、溫泉 |
| | | e. 地球物理 |
| | | f. 地球化學 |
| B 應用地質に關するもの | } | a. 鑛床 |
| | | b. 石炭 |
| | | c. 石油、天然瓦斯 |
| | | d. 地下水 |
| | | e. 農林地質、土木地質 |
| | | f. 物理探鑛、化學探鑛及び試錐 |
| C 其他 | | |
| D 事業報告 | | |

尙刊行する報文以外に當分の間報文を謄寫して配布したものに地下資源調査所速報があつたが此後は地質調査所速報として爾來の番號を追うことにする。

正 誤 表

位 置	誤	正
表紙、表題	群馬鐵山	群馬鐵山
附圖、封筒、表題	群馬鐵山	群馬鐵山
邦文 12頁10行目	根来建一郎	根来健一郎
13×13	Pinnulara	Pinnularid
英文 2・26	jarosite-and limonite-ores	jarosite- and limonite-ores
4・13	derived form	derived from
4・F118	jarosita	jarosite
附圖 1 凡例	Andesita	Andesite
2 "	旧探鉱井位置	旧探鉱井位置
2 图中	素道	素道
3(A)左の説明	試錐番号	試錐コアの番号
3(B)左の説明	試錐番号	試錐料番号
3(D) "	試錐コア-毎の平均試料の-----	平均試料の-----
5 凡例	軽石を多量に混するもの	軽石を多量に混するもの
6	(表中K ₂ O品位に於て4.5, 5.9, 6.3等とあるのは、いずれも夫々4.5, 5.9, 6.3等である。)	

昭和 24 年 5 月 25 日印刷

昭和 24 年 5 月 31 日發行

工業技術廳
地質調査所

著作権所有

印刷者 向 喜 久 雄
印刷所 一ツ橋印刷株式會社
東京都品川區上大崎3ノ300
圖版印刷 株式會社 光成社

REPORT No. 129

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN
Tomofusa Mitsuchi, Director

THE JAROSITE-LIMONITE DEPOSIT
OF
THE GUMMA IRON MINE

BY

MASATSUGU SAITO

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN
Hisamoto-cho, Kawasaki-shi, Japan

1949