

北部フォッサ・マグナのろう石鉱床(2)

長野県信陽鉱山のろう石鉱床 -出現した熱源岩体-

須藤 定久¹⁾

1. はじめに

長野県の北部から中央部にかけては、小規模なものが多いものの、多数のろう石鉱床、陶石鉱床が分布することは前報でお話しました(須藤, 2009)。小県郡真田町(現在は上田市真田町)にあった旧信陽鉱山は、これらの鉱床の中で最大の規模をもち、栃木県の大貫鉱床とともに、我が国の新第三紀ろう石鉱床の代表例とされています(第1図)。

この鉱床については、1960年代に藤井(1965, 1969, 1975)により詳しい調査がなされ、鉱床の産状や形成メカニズムが提案されていました。しかし、その後の開発の進展に伴い、状況は大きく変化していましたが、新しい報告はありませんでした。

このため、1985年に当時の状況を把握し、その後の探査、開発指針を得ること、また新第三紀ろう石鉱床の典型例として、その産状、形成メカニズム等をよ

り正確にとらえることを目的に調査・研究を実施しました。

調査は、1985年6月に地形課の斉藤・宮崎両氏により測量が行われ、1:1,000の地形図が作成されました。ついで須藤が同年10月にこの地形図を使って現地調査を行い、その後採取試料について検討を進め、結果の概要を報告しました(須藤ほか, 1986)。

そして5年程後に再び訪問したところ、さらに採掘が進み、鉱床下部に熱源と思われるヒン岩の岩体が出現していました。この熱源岩体の産状等についても学会で簡単に報告しました(須藤, 1993)。今回、当時の資試料を改めて見直し、鉱床と熱源の位置関係などを中心に鉱化の状況を推定してみたいと思います。

なお、調査・研究の実施にあたっては、当時の(株)中日鉱業および牧内吉之鉱山長をはじめとする信陽鉱山関係者の方々に野外調査に際し御協力いただき、また、当時地質調査所化学課の藤貫 正さんに

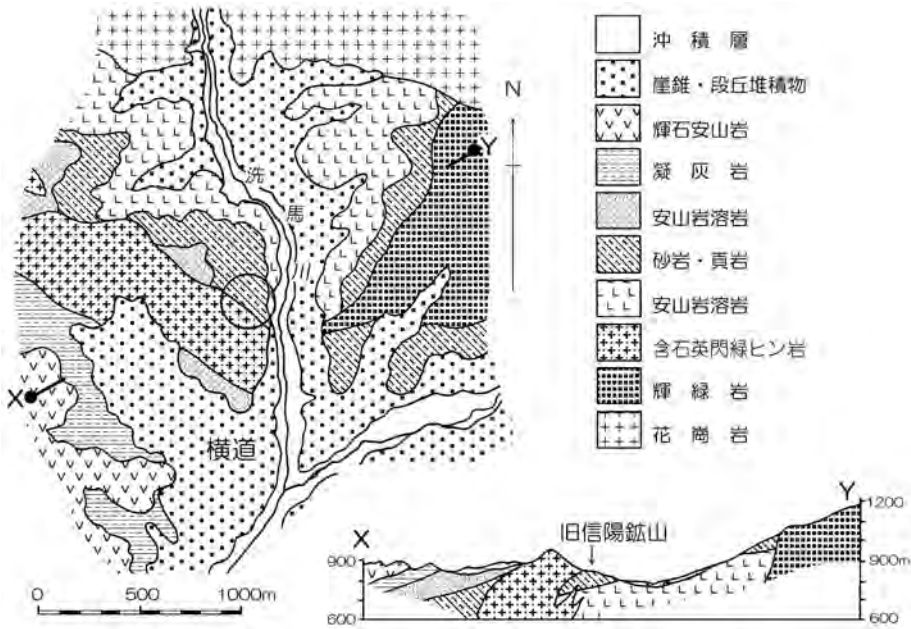
[位置図]



第1図 旧信陽鉱山の位置。1:25,000地形図「真田」の一部に加筆・修正。

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: ろう石, ろう石鉱床, 信陽鉱山, 熱源岩体, 北部フォッサ・マグナ



第2図 信陽鉱山周辺の地質図. 藤井(1969)の図を一部修正.

は化学分析を, さらに上に記したように地形課の齊藤英二・宮崎純一さんには地形図を作成していただきました. 以上の皆さんに謝意を表します.

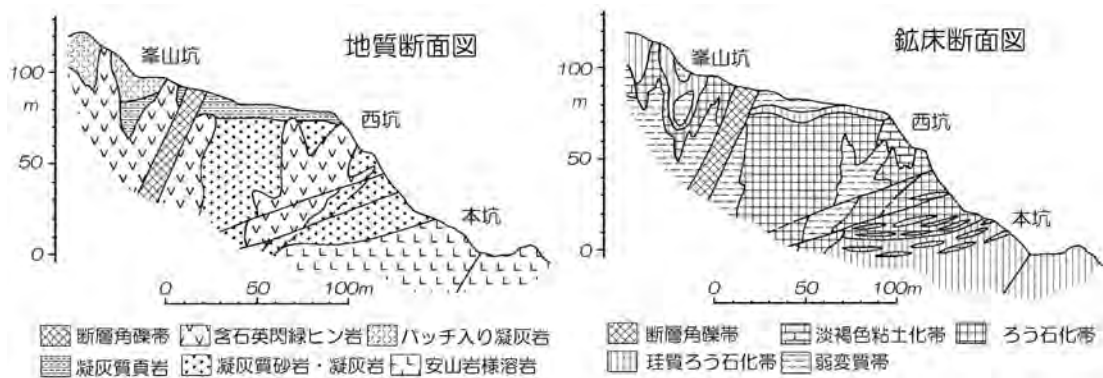
2. 鉱床開発の歴史

旧信陽^{そまひ}鉱山は, 長野県の東部, 上田市真田町傍陽字横道の北緯 $36^{\circ} 28' 20''$, 東経 $138^{\circ} 18' 12''$, 標高750~1,000mのところにあります(第1図). JR長野行き新幹線・上田駅の北北東10kmにあり, 鉱山下には県道が通じています.

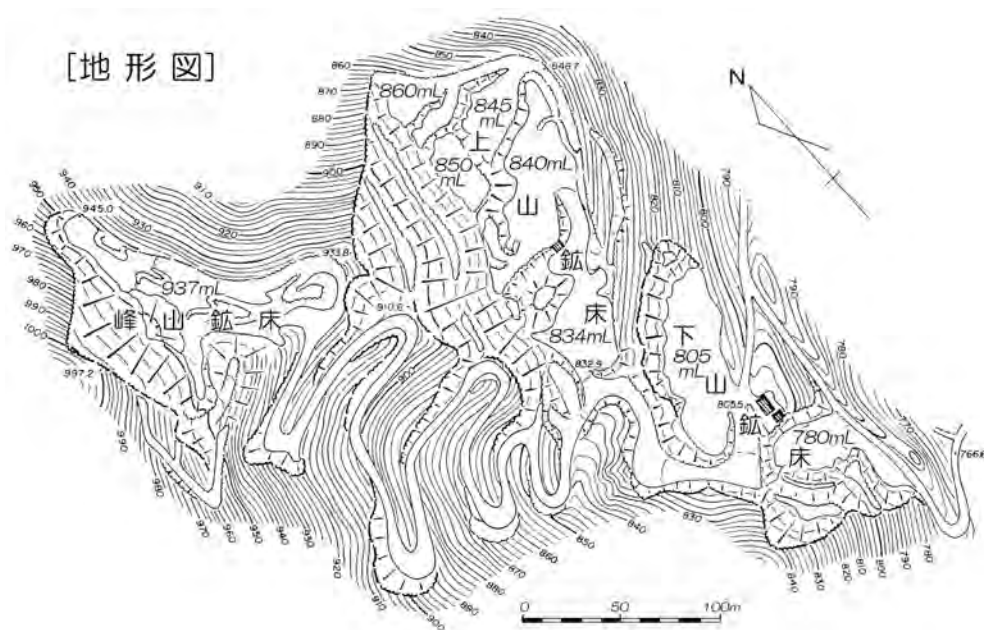
この鉱床は, 昭和13年に開発が開始され, 昭和15年には(株)東京窯業の直営原料鉱山として本格的に開発されるようになったようです. 終戦直後の混乱期を除き, 耐火物原料を中心に2,000~6,000t/月が生産されてきましたが, 昭和34年以降, 高珪酸質な鉱石が農薬用粉材原料として利用されるようになり, 生産は5,000~6,000t/月に増加したということです. 昭和49年には(株)中日鉱業の経営となりましたが, 昭和50年代に入り, 農薬や耐火物原料の需要が低下し, 調査当時は, セメント原料, 農薬原料, 耐火物原料として500~1,000t/月程度の生産にとどまっていた.

3. 研究小史

本鉱山のろう石鉱床については, 詳しい調査・研究がなされ, 鉱床の産状や形成メカニズムが明らかにされている数少ない鉱床の1つとなっていました. つまり, 1960年代, 藤井(1965, 1969, 1975)により, 詳しい地形・地質・鉱床調査が行われていました(第2図). それらによると母岩は新第三系中信層群内村累層に相当する緑色凝灰岩類とこれを貫く含石英閃緑ヒン岩であること, 緑色岩類は下位より安山岩溶岩, 凝灰岩・砂岩互層, 凝灰質頁岩, パッチ入り凝灰岩からなること, 鉱化帯は, 層状~塊状で, 中心からろう石帯, 珪質ろう石帯, 弱変質帯, 褐色粘土化帯に区分されること, 産出鉱物はパイロフィライト, 石英を主とし, セリサイト, カオリン, ダイアスポア, Mg-クロライトなどが伴われること, など本鉱床の全容が示されていました(第3図). さらに, この鉱床はヒン岩の貫入に伴って生じた鉱液によって形成されたものと考えられ, 北信地区のほかのろう石鉱床との比較検討から, 高温・深所熱水型に区分されました(藤井・井上, 1971). 本鉱床における鉱物共生を検討した渡辺・白居(1977)は, パイロフィライト濃集部を中心に, 中心帯, 中間帯, 外側帯(弱変質帯)を識別し, それぞれ



第3図 信陽鋳山の地質・鋳床断面図. 藤井(1969)の図を一部修正.



第4図 信陽鋳山地形図. 標高の基準は、1:25,000地形図上の独立標高点(787m). 原図は1:1,000で、等高線間隔1m. 各レベルの配置等が見やすいように簡略化して示しました.

の鋳物共生を検討し、本鋳床は中国地方の鋳床に比べてかなり低温の弱酸性交代作用により形成されたとし、中心部の最高温度を約450℃と推定しました。

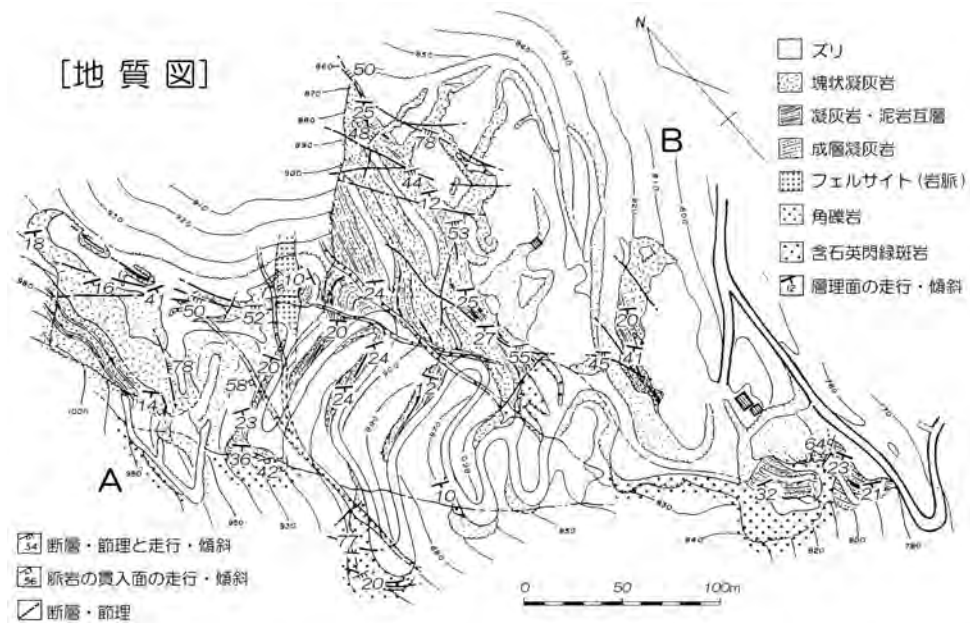
これらの研究以後、開発が進み、鋳床のより中心部が露出し、鋳床の産状をより正確に把握し得るようになってきていました。

4. 地形

本鋳山は、志賀高原-草津山塊から四阿山を経て

浅間山方面に延びる三国山脈南西端部の山地の、西側にひろがる菅平を中心とする標高1,000~1,500mの高原地帯の一角にあります。南側を北西に流れて、この高原地帯の南西側を画する千曲川の支流、洗馬川のつくる北から南へひらけた谷の右岸に位置しています。標高は、谷底で700m、山頂部で1,200~1,400mとなっています。鋳床は天狗岩(標高1,170m)から南東に延びる尾根の末端、傾斜30~50°の急斜面にありました(第1, 2図)。

1985年に作成された鋳床付近の地形図を簡略化



第5図 信陽鉱山地質図. 細かい岩相の変化を表現するために凝灰岩・泥岩類は岩相図としました. このため, 本文中の層序区分とは一部対応していません. A・Bは断面図(第12図)の位置.

し, 第4図に示しました. 上に述べた尾根末端の急斜面に, 780mL(以下レベルはLと表記します)(下山鉱床), 805m, 834m, 840m, 850mの各レベル(上山鉱床), そして937mL(峰山鉱床)が南東から北西方向へと設けられていました.

最も歴史の古い下山鉱床と最も新しい峰山鉱床では, 当時採掘は行われておらず, 上山鉱床の805m, 840m, 850mの各レベルにおいて採掘が進められていました.

5. 地質

鉱床周辺の地質層序は, 下位より安山岩溶岩, 凝灰質砂岩および頁岩, 緑色凝灰岩, 黒色頁岩, 輝石安山岩, 輝緑岩であり, これらを石英閃緑岩, 含石英閃緑ヒン岩が貫くとされていました(藤井, 1969).

1985年の調査では, 周辺の地質については, 当時つくられた林道などについての補足的調査を行い, 藤井(1969)の地質図を若干修正しました(第3図)が, 本地域の地質はすでに紹介した層序のとおりです.

鉱山の採掘場の地質図を第5図に示しました. この付近における層序は, 下位より塊状凝灰岩(厚さ40

m~), 凝灰岩・泥岩互層(~20m), 成層凝灰岩(50m), 凝灰質砂岩・泥岩互層(30m), 塊状凝灰岩(50m~), 凝灰岩・凝灰質泥岩互層(30m~)であり, これらを通じて, フェルサイト, 角礫岩, 含石英閃緑ヒン岩の岩脈・岩体が認められました. 以下, 各層の概要について述べておきましょう.

(1) 塊状凝灰岩

採掘場北東部の860m, 850m, 846m, 840mの各L付近に広く分布していました. 白色・多孔質で, 変質が強く, 詳細はわかりませんが, 上位の明らかな凝灰岩と連続すること, ごくまれに泥質部と思われる部分が認められることなどから, 凝灰岩と推定しました. 藤井(1969)の安山岩溶岩にほぼ相当すると考えられます.

(2) 凝灰岩・泥岩互層

南東部の下山鉱床(780mL)から805mL, 834mLに分布していました. 一般に10~50cmの白色凝灰岩と20cm以下の淡褐色凝灰質泥岩の互層であり, 強い変質を受けていますが, 原岩の構造は残存していました. 藤井(1969)の砂岩の一部に相当すると思わ



写真1 旧信陽鉦山の遠景. 調査を行った1985年当時の状況.



写真3 凝灰質の砂岩・頁岩互層. この部分を採取し、ろう石化の程度を検証しました(第11図参照).



写真2 凝灰岩の露出状況. 上山鉦床の最上部に露出し、厚さ10cm程度の凝灰岩層があります.



写真4 角礫岩の転石. 角礫が密に集まり、空隙は見られません.

れます.

(3) 成層凝灰岩

上山正面の高い崖の中部に露出し、厚さ1m以下の凝灰岩層からなり、薄い泥岩層を挟むこともありました。下部では変質が強く、上部では比較的弱くなっていました。藤井(1969)の砂岩と頁岩の一部に相当すると考えられます。

(4) 凝灰質砂岩・泥岩互層

上山鉦床正面の高い崖の上部に露出し、厚さ50cm以下、一般に20cm前後の白色のガラス凝灰岩、凝灰質砂岩と厚さ20cm以下、数cmの灰色～褐色の凝灰質泥岩とが互層していました。前三者に比べ変質は明らかに弱く、 moreover、径10cm以下に割れたり、剥離したりしていました。藤井(1969)の頁岩の一部に相当するようです。

(5) 塊状凝灰岩

峰山鉦床の937mLに広く分布する白～灰色、塊状の凝灰岩です。2～3mm以下の石英・長石斑晶が20%ほど含まれ、この間を白色化した石基が埋めていました。石基の一部には溶結構造(?)が認められることもあり、微粒のパイライトを多く含む部分は暗灰色を呈していました。藤井(1969)の凝灰岩に相当するようです。下位の凝灰質砂岩・頁岩互層との間は、角礫岩やフェルサイトの岩脈が介在し、層位関係は確定できませんでしたが、見かけ上本層が上位でした。

(6) 凝灰岩・凝灰質泥岩互層

峰山鉦床の高い崖の上半部に露出している厚さ3～5cm程の厚い軽石片を含み、やや空隙に富む凝灰岩や青灰色の凝灰質泥岩の互層からなっていました。藤井(1969)の緑色凝灰岩の基底部に相当するものと考えられます。

以上の各層は、N60°W～N70°Eというほぼ東西

の走向を有し、南へ10~40°、平均20°前後傾斜しており、例外的な構造を示すことはほとんどありませんでした。

これらの各層を貫く貫入岩としては、含石英閃緑ヒン岩、フェルサイト、角礫岩が認められました。それぞれについて略述します。

(7) 含石英閃緑ヒン岩

採掘場の南及び西側を画するように分布し、南東側では、母岩の構造を切って貫入する部分や分岐小岩脈、衛星状の脈などが見られました。北西側では、母岩の層理と調和的に貫入し、シート状を呈していました。緑灰色・中粒の閃緑ヒン岩で、径2~10mmの著しく融食され円礫状を呈する石英斑晶を含む特徴的な岩石でした。分布南東部では、ろう石化、緑泥石化、モンモリロナイト化など複雑な変質を受け、また中央部では局所的に強いろう石化を受ける以外は、変質の弱い部分が多く見られました。

(8) フェルサイト

峰山鉱床と上山鉱床の間にN30° E方向の幅約15mの岩脈として分布していました。淡黄褐色、細粒、均質な砥石のような外観を示していました。

(9) 角礫岩

採掘場中央部から北西部にかけて、N-S, N30° W, N30° Eの3方向の岩脈状の分布を示していました。脈幅は最大で3mで、径50cm以下の様々なサイズの角礫の密な集合体で、分級は認められませんでした。礫の種類は、流紋岩質凝灰岩、フェルサイトを主とし、局所的に多量の安山岩を含むところもありました。藤井(1969)は、本岩の一部を断層破碎帯と考えています。筆者の観察するかぎり破碎された組織は認められないので、一種の貫入角礫岩と考えました。

以上のような諸岩石が分布しますが、いくつかの方向の断層や節理が発達し、その分布をやや複雑にしています。峰山鉱床や上山鉱床の北部ではN30° Wで南へ50°傾斜した断層、節理が発達、これと斜交するN30° E, N-S方向のものも認められました。前述した角礫岩の貫入方向は、断層・節理の方向とほぼ一致しています。

6. 鉱床

本鉱床のより詳しい実態を把握するために、野外調査において肉眼による観察を行うとともに、約10m間隔で総数約150個におよぶサンプルを採取し、すべての試料についてX線回折試験を、約20のサンプルについて熱分析試験を行い、各サンプルの鉱物の組み合わせと量比とを半定量的に把握し、野外でのデータと合わせて、変質分帯図を作成しました(第6図)。

この結果、鉱床の中心から外側に向かって、純ろう石帯、ろう石帯、珪質ろう石帯、弱ろう石化帯、弱変質帯、微変質帯を識別し、これを第6図に示しました。また、ダイアスポアや紅柱石を含む試料が分布する領域についても併せて図示しました。以下各帯について略述します。

(1) 純ろう石帯

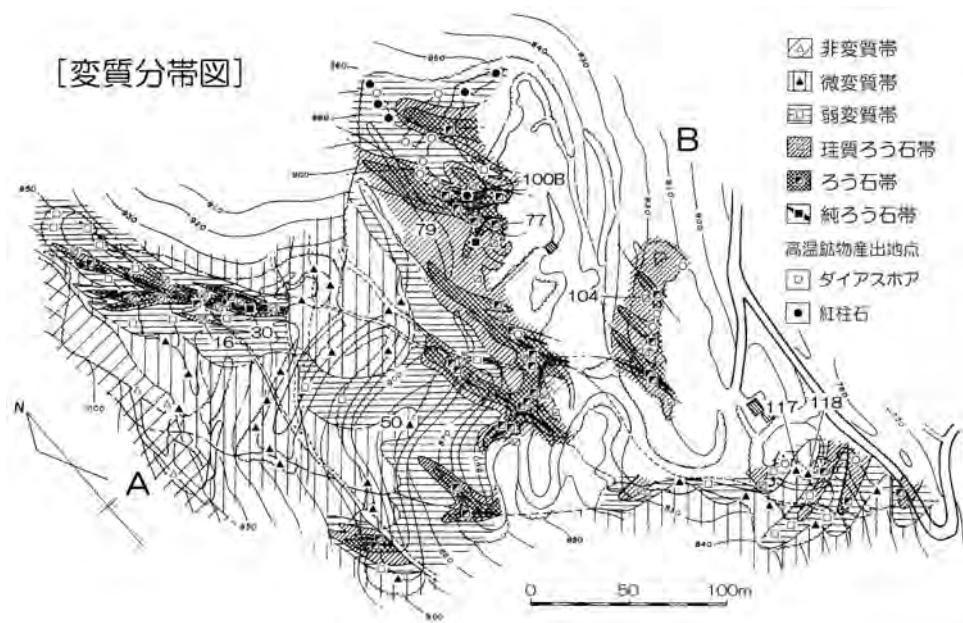
灰色~白色で、ほとんど純粋なパイロフィライトからなる鉱石で、幅~50cmの脈状を呈し、コブ状にふくらんだ部分でも2mを越えることはありません。峰山鉱床や上山鉱床の805m, 834m, 840mの各レベルで、N20° W方向の断層や割れ目に沿って分布していました。高品位鉱ですが産出量が少なく、鉱業的な採掘対象とはなっていませんでした。

(2) ろう石帯

パイロフィライト含有量が60~70%の高品位鉱の分布する帯で、純ろう石帯の周囲に10m以下の帯を形成していました。灰色でやや軟質、弱いろう感を示し、時に、紫色や褐色を帯びることもありました。峰山鉱床や上山鉱床の純ろう石帯の周囲に発達し、次の珪質ろう石帯とともに耐火物及びセメント原料として採掘されていました。

(3) 珪質ろう石帯

パイロフィライト含有率40~60%の中品位鉱の分布する帯で前2者の周囲にかなり幅の広い帯を形成し、特に上山鉱床の805m, 834m, 840mの各レベルに広く分布していました。一般に淡灰色・硬質・微密でほとんどろう感を感じられませんでした。上山鉱床の840mLでは多孔質でややもろい鉱石も認められ、農業用として採掘されていました。



第6図 信陽鉱山変質分帯図。図中のマークは試料採取地点に対応、主な試料の番号を示しました (表示の100Bは試料SYO-100Bの採取位置を示します)。A・Bは断面図(第12図)の位置。

(4) 弱ろう石化帯

パイロフィライト含有率40%以下の低品位鉱の分布する帯です。硬質で石英分が高く、前三者の周囲を取り巻いて広く分布していました。

(5) 弱変質帯

変質鉱物として、セリサイトやクロライトを含むが、パイロフィライトは検出されないサンプルの岩石の分布域を弱変質帯として区分しました。パイライトやMg-クロライト、混合層粘土鉱物に富む岩石も見られました。下山鉱床の南西部や峰山鉱床の周辺部に分布し、上山鉱床では高い崖の最上部がこの帯に属しています。

(6) 微変質帯

変質鉱物としてセリサイトやクロライトが含まれるが、長石が残存しているサンプルの分布域としてこの帯を区分しました。本鉱山の採掘場付近で認められる最も新鮮な岩石の分布域でもあります。峰山鉱床の西側上部にのみ分布し、この付近に分布する最上位層である凝灰岩、凝灰質泥岩互層の分布域とほぼ一致しているようでした。

以上述べた変質図を作成した結果、次のような点が明らかとなりました。

- ①今回新たに、N30°W方向の純ろう石脈が多数見いだされ、これにより、鉱化作用時の熱水の通路の形と位置とが明らかとなりました。
- ②本鉱山のろう石鉱床は上記純ろう石脈を中心とする脈状鉱床が集合したものであり、脈状～不規則塊状の鉱床であることが判明しました。
- ③藤井(1969)の指摘のように、上山鉱床の上部が凝灰質砂岩・泥岩互層により、また峰山鉱床の上部が凝灰岩・凝灰質泥岩互層により、それぞれ規制されているような形態を示すことが再確認されました。

(7) ダイアスポアと紅柱石

また、変質分帯図を作成する過程で、新たに紅柱石の存在が確認されるとともにダイアスポアの分布状況も判明しました。紅柱石は全試料中6試料から見いだされ、うち1例は、上山鉱床850mLで、淡いピンクを帯びた灰色脈状部から検出されました。熱水の通路の最高温部に相当するものと考えられ、鉱床の形成条件を知る上で興味深いことです。ほかの5例は、上山鉱床北東部の白色、多孔質の弱ろう石化帯に属

するパイロフィライト含有量のやや少ない鉱石から見いだされました。

ダイアスポアは、全試料中約20試料より検出されました。そのほとんどは上山鉱床の北部に集中していること、パイロフィライト含有量のやや少ない多孔質な鉱石から発見されることなどの特徴を明瞭に示しており、紅柱石の産状とともに鉱床の形成条件を知る上で興味深い分布でしょう。

7. 鉱石・鉱物

主要な鉱石や特徴的な鉱石、鉱物については、適宜、分離や水ひを行い、またX線回折、熱分析、化学分析などを実施し、その鉱物学的、化学的性質について検討を行いました。以下、その概要についてお話ししましょう。

(1) 主要な鉱石

採掘対象となっていた上山鉱床の典型的鉱石(SYO-77)、採掘対象ではないが、実際に前者とともに採掘され利用されている脈状に産する純ろう石(SYO-79)、そして、含紅柱石・ダイアスポア脈状部(SYO-100B)、さらに、現在採掘はされていないが、峰山鉱床の典型的鉱石として珪質ろう石(SYO-16)と純ろう石(SYO-30)については、主要な鉱石として、X線回折・熱分析・化学分析を行い、結果を第7図、第8図、第1表及び第14図に示した。

A. 峰山鉱床産珪質ろう石(SYO-16)

峰山鉱床の塊状凝灰岩を原岩とする典型的な珪質ろう石試料です。淡灰～白色、やや硬質・塊状で、径3mm以下の長石及び石英斑晶を15～20%含んでいました。長石斑晶の一部が空隙化し、自然硫黄の晶出が認められました。

X線回折試験から推定される構成鉱物は、パイロフィライト≒石英>カオリンで(第7図)、パイロフィライト含有量は51%でした(第8図)。化学分析に基づく粘土ノルム計算では、パイロフィライト48.89%、石英48.33%でした(第1表、第14図)。

B. 峰山鉱床産純ろう石(SYO-30)

塊状凝灰岩を原岩とし、淡いピンクを帯びた淡灰白色、均質・微密で、軟質です。ろう感に著しく富み、細かく剥離するように割れます。X線回折パターンから推定される鉱物組成はほとんどパイロフィライトで

あり、わずかにセリサイトが伴われていました。熱分析結果からは、セリサイトとパイロフィライトの総量が97.8%と推定されました(第8図)。化学分析値に基づくノルム計算では、パイロフィライト84.07%、セリサイト11.08%で、1.49%のダイアスポアも計算されました(第1表、第14図)。

C. 上山鉱床産珪質ろう石(SYO-77)

白色～淡灰色で、塊状・緻密ですが、0.5mm以下の空隙が点在します。X線回折パターンから推定される鉱物組成は、パイロフィライト≒石英(第7図)、熱分析結果から推定されるパイロフィライト含有量は53%でした(第8図)。化学分析結果に基づく粘土ノルム計算では、パイロフィライト52.06%、石英45.36%と計算されました(第14図、第1表)。

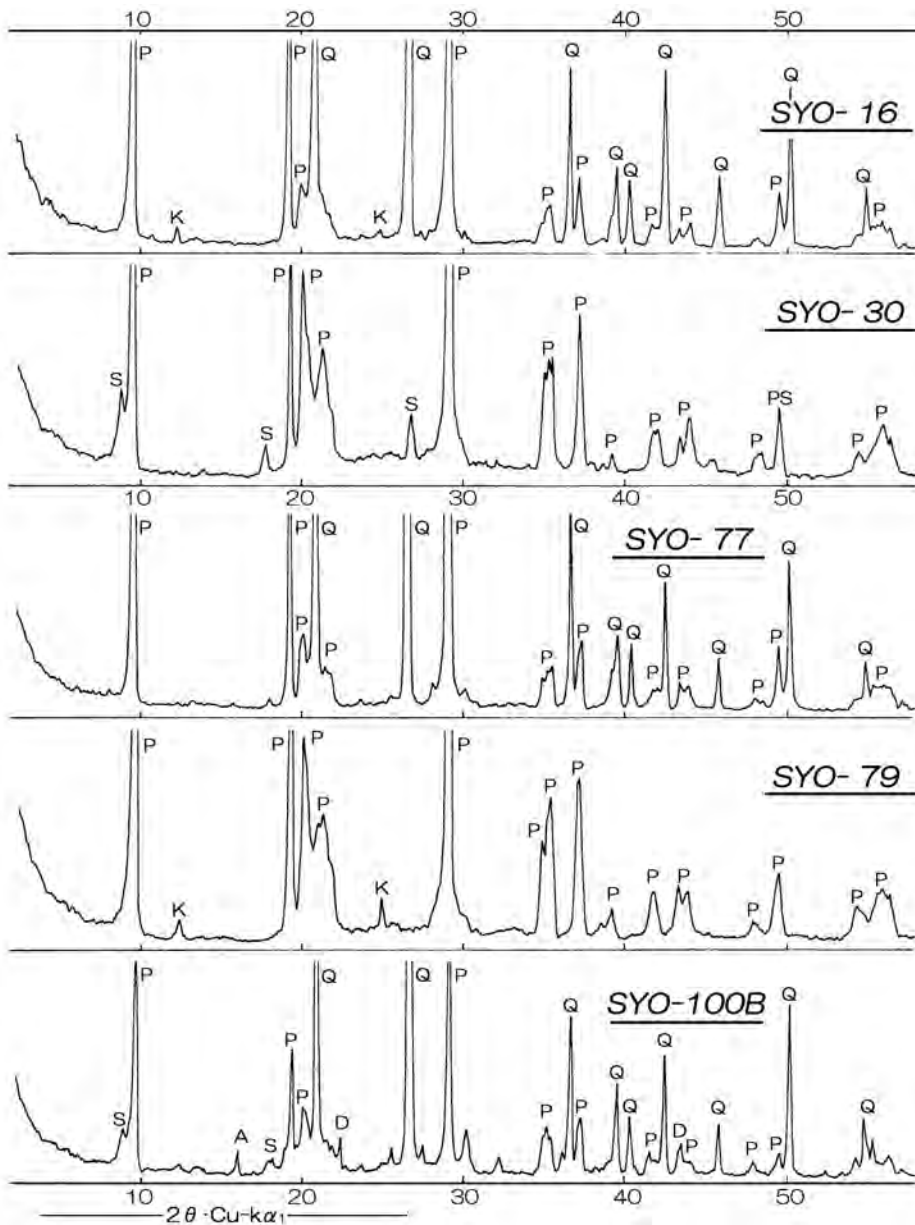
D. 凝灰岩起原の脈状純ろう石(SYO-79)

凝灰岩を原岩とする脈状の純ろう石。上山鉱床750mL産で、本鉱山から産出する最も純粋なパイロフィライト鉱の1つと思われます。灰色、軟質でろう感に富み、幅20cm程の脈として産出します。X線回折パターンからはパイロフィライトのほかにごく微量のカオリンが認められました(第7図)。熱分析結果からは、ほぼ純粋のパイロフィライトと推定され、化学分析結果に基づく粘土ノルム計算では、パイロフィライト92.67%、カオリン1.49%で、0.89%のダイアスポアも計算されました。

E. 上山鉱床産脈状鉱(SYO-100B)

淡いピンクを帯びた淡灰色の脈状鉱で上山鉱床850mLより産出したものです。X線回折パターンから推定される鉱物組成は、石英>パイロフィライト≒セリサイト>ダイアスポア>紅柱石でした(第7図)。熱分析試験の結果(第8図)から推定されるパイロフィライトとダイアスポアの含有量はそれぞれ、33%、9%でしたが、化学分析の結果に基づく粘土ノルム計算では、パイロフィライト:65.39%、石英:26.31%、セリサイト:3.04%で、ダイアスポアや紅柱石は計算されませんでした。

信陽鉱山のろう石鉱の一般的化学特性を見るために、藤井(1969)、渡辺・白居(1977)によって報告された分析値についてもノルム鉱物組成を五十嵐(1983)の方法で計算し、「ノルム石英-ノルム粘土鉱物-その他のノルム鉱物」の三角ダイアグラムに、今回の分析値に基づくものととともにプロットし、文末に示しました(第14図)。このダイアグラムには、55%前後の

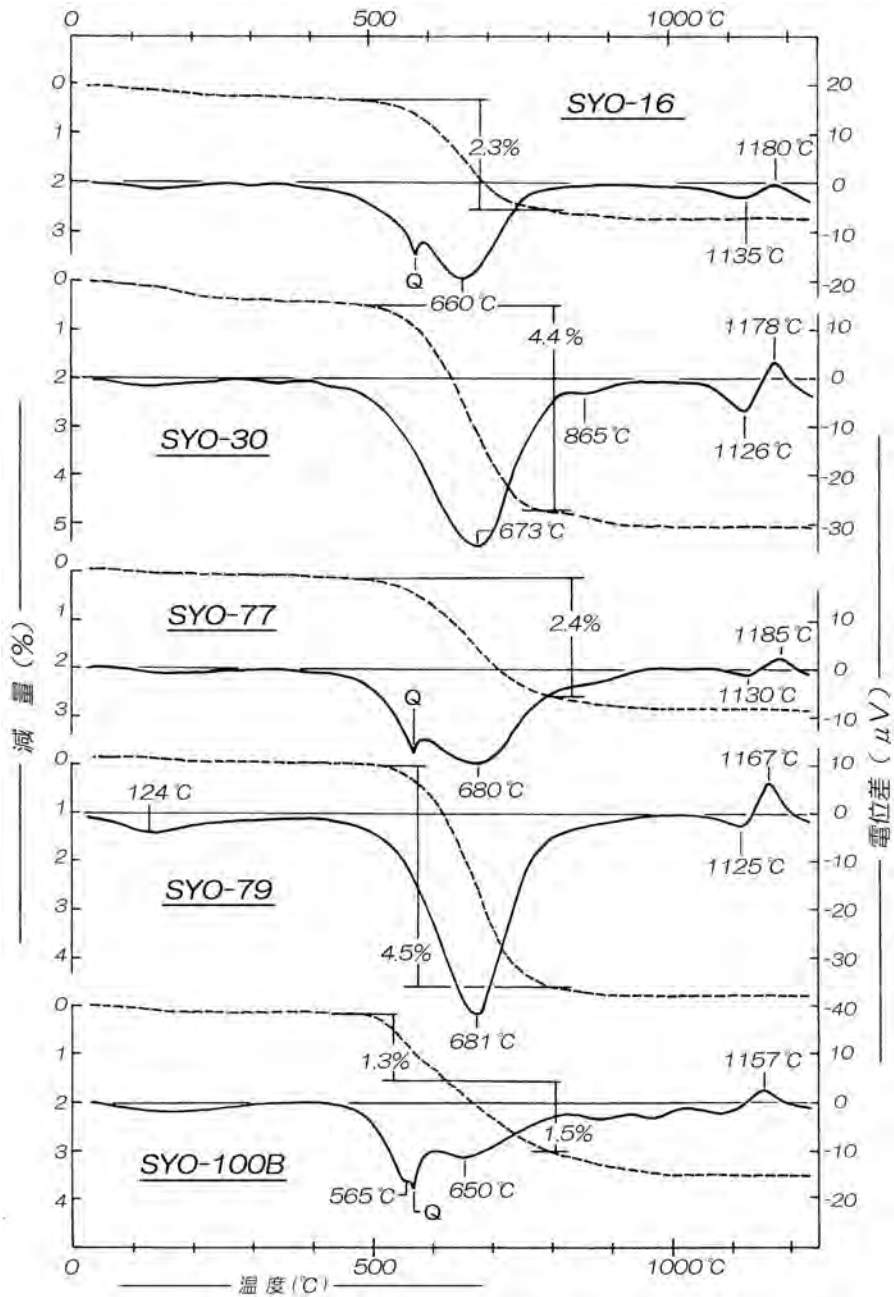


第7図 主要鉱物のX線回折パターン。X線回折条件：電流：150mA，電圧：40kV，ターゲット：Cu，スリット系：1°-1°-0.3mm，回折速度：16°/分，時定数：0.1秒，チャート速度：8 cm/分，フル・スケール：1,600cps。鉱物名の略号は，P：パイロフィライト，K：カオリン，Q：石英，S：セリサイト，A：紅柱石，D：ダイアスポア。アルミニウム製試料ホルダー使用。

石英を有していた原岩が変質の進行とともに、石英と粘土鉱物以外の鉱物が減少し、ついには、今回新たに報告された純ろう石にいたり、ほぼ純粋な粘土鉱物(主としてパイロフィライト)へと変質したことが良く示されています(第14図にこの変質作用の進行方

向を矢印で示しました)。

鉱物の組み合わせからすれば、ダイアスポアや紅柱石を含むSYO-100Bは、より鉱化作用の中心にあったと推定される試料ではありますが、変質作用の進行を示した矢印の先端ではなくその中間的なところに位



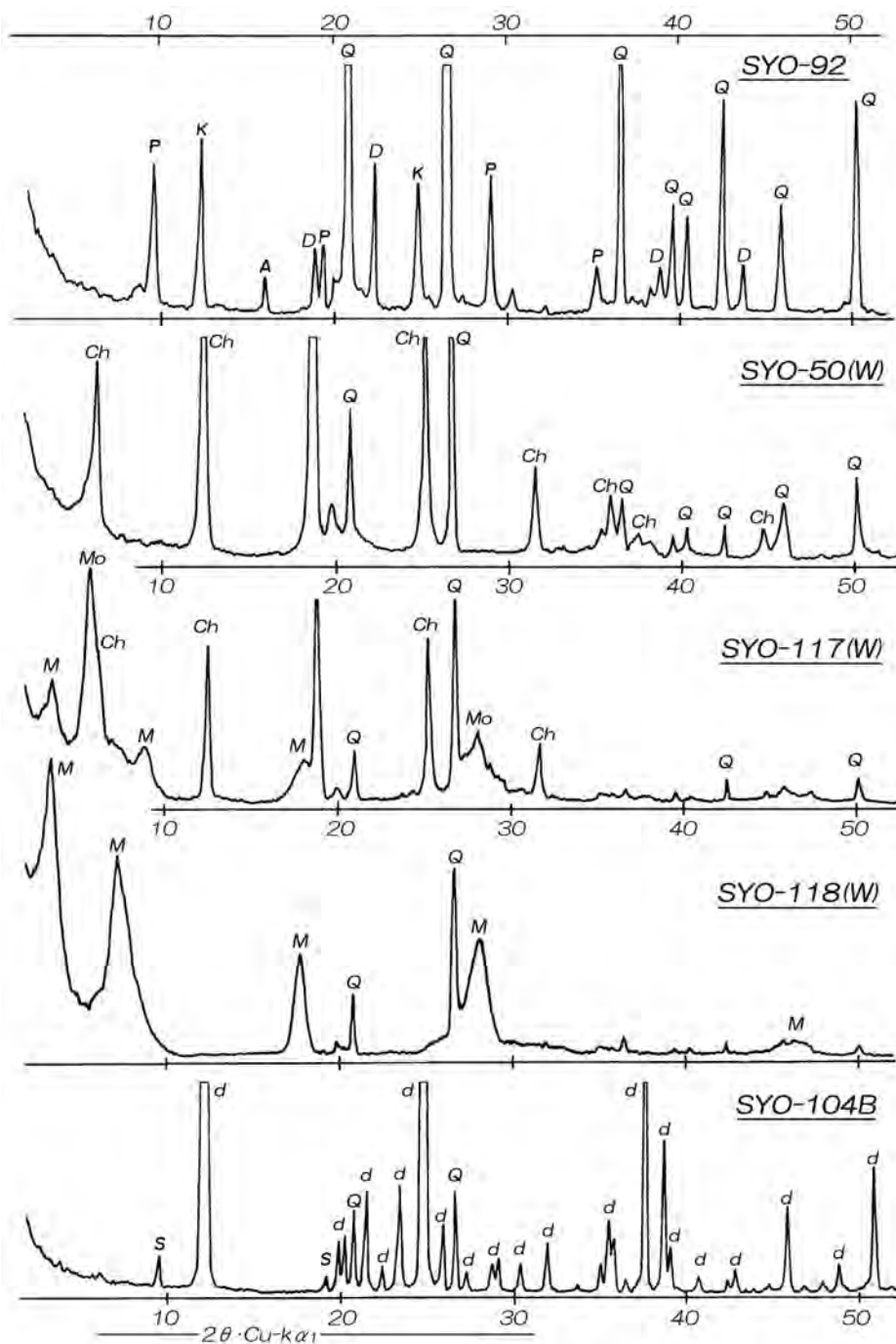
第8図 主要鉱石のT.G.-D.T.A.カーブ. 試料重量は200mg, 昇温速度20°C/分. 理学電気製熱分析装置9500型を使用. 鉱物名の略号はQ:石英.

置しています. かなりの量の石英とダイアスポア・紅柱石が, 同一試料中に産出することは, 鉱床の中心部における鉱化作用の物理, 化学的条件を考える上で, 示唆に富む事実です.

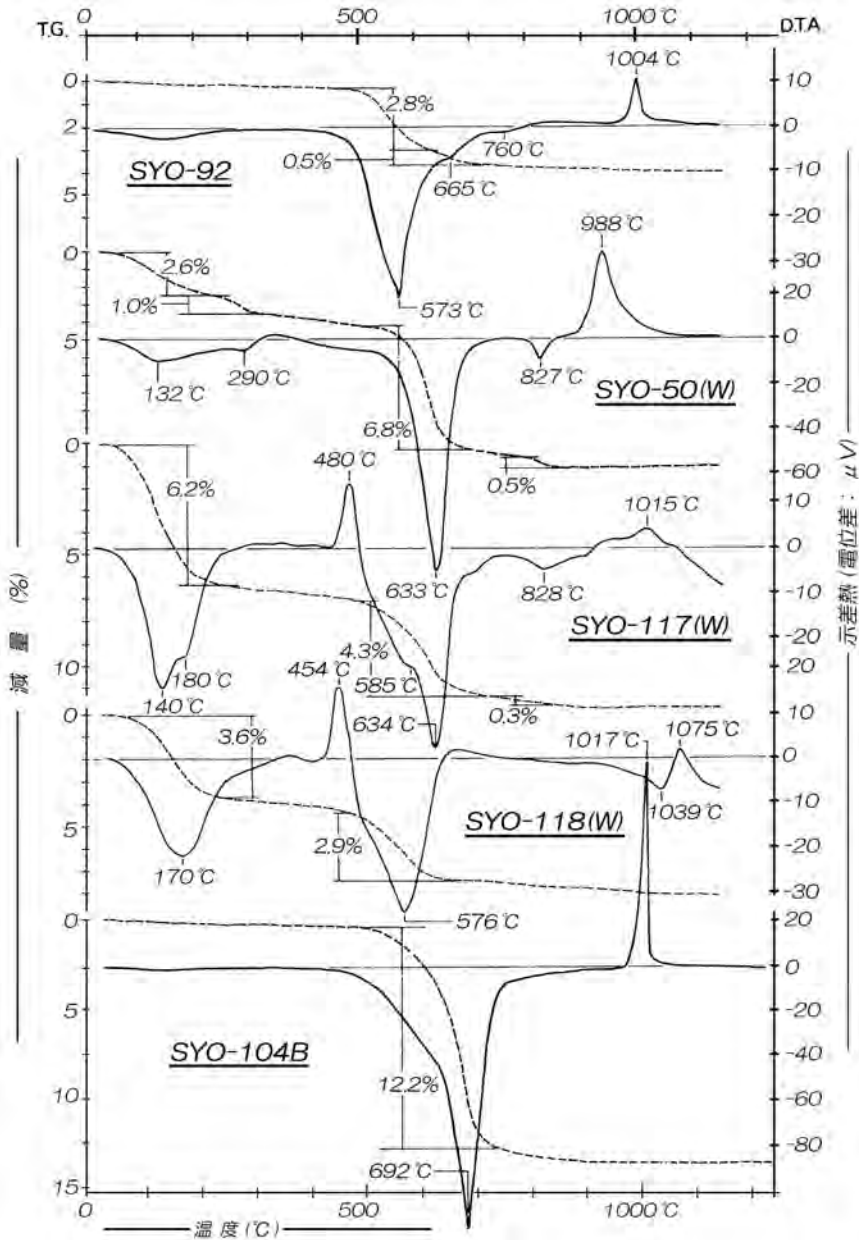
(2) 特殊な鉱石・鉱物

A. 含ダイアスポアろう石(SYO-92)

今回採取した試料の中で最も多量のダイアスポアを含むと推定されるSYO-92について, ダイアスポアの量比を検討しました. X線回折パターン(第9図)では,



第9図 特殊な鉱石・鉱物のX線回折パターン。SYO-92, 104Bはアルミニウム製試料ホルダーを使用，他は試料の細粒部をガラス板にはりつけた半方位試料。鉱物名の略号：Ch：クロライト，Mo：モンモリロナイト，M：混合層粘土鉱物，d：ディッカイト。回折条件は第7図と同じ。



第10図 特殊な鉱石・鉱物のT.G.-D.T.A.カーブ。実験条件などは第8図に同じ。試料番号の後の(W)は、簡単な水ひ処理を行った試料であることを示します。

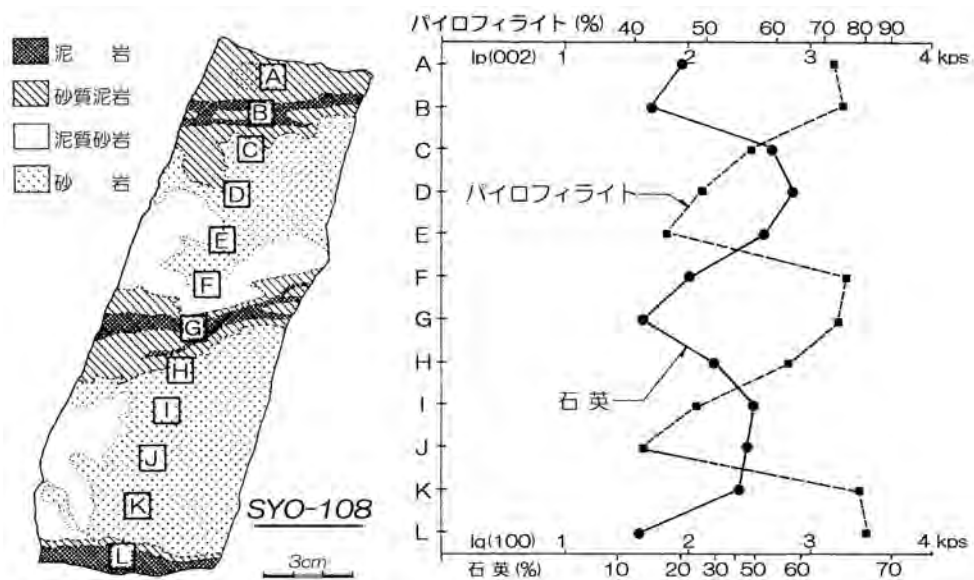
鉱物粗成は、石英≧ダイアスポア>カオリン≧パイロフィライト>紅柱石>セリサイトであり、そのダイアスポア含有量は熱分析の結果より、18~19%であると推定されました(第10図)。

SYO-100Bと同様、本試料中にも多量の石英が存

在しています。ダイアスポアが多量の石英とともに産出することは、本鉱床の大きな特徴の1つです。

B. Al-緑泥石

藤井(1969), Fujii *et al.* (1971)は、鉱床の周辺部にかなり普遍的に産出するとしていますが、今回の採



第11図 鉱化作用と原岩の関係。

左側は標本(SYO-108)の切断面のスケッチ。右側はスケッチのA~Lから切り出した試料の石英・パイロフィライトの推定含有量の変化。Ip(002), Iq(100)はパイロフィライト・石英の002, 100面からのX線回折強度(kcps)。原岩が泥岩の部分では、パイロフィライトが70~80%におよぶのに対し、砂質の部分では40~60%程度です。

取試料からAl-緑泥石が検出されたのは、極めて少数でした。最も含有量が多いと推定される試料SYO-50のX線回折パターンと熱分析結果を第9図、第10図に示しました。

C. 混合層粘土鉱物

本鉱山下山鉱床の一部において、含石英閃緑ヒン岩の分岐の一部に特異な変質岩が認められたので、試料(SYO-117, 118)を採取して検討したところ、モンモリロナイト、Al-緑泥石、混合層粘土鉱物などであることが判明しました。これら試料のX線回折パターンと熱分析の結果を第9図、第10図に示しました。

D. ディッカイト

少量のカオリンが鉱石中に存在することはすでに指摘されていましたが(渡辺・白居, 1977)、ディッカイトやナクライトの存在は確認されていませんでした。今回の調査において、上山鉱床805mLにおいて、幅10mm以下の白色網状脈が観察されました。この試料(SYO-104B)を検討した結果、ディッカイトであることが判明しました。本試料のX線回折パターンと熱分析結果を第9図、第10図に示しました。

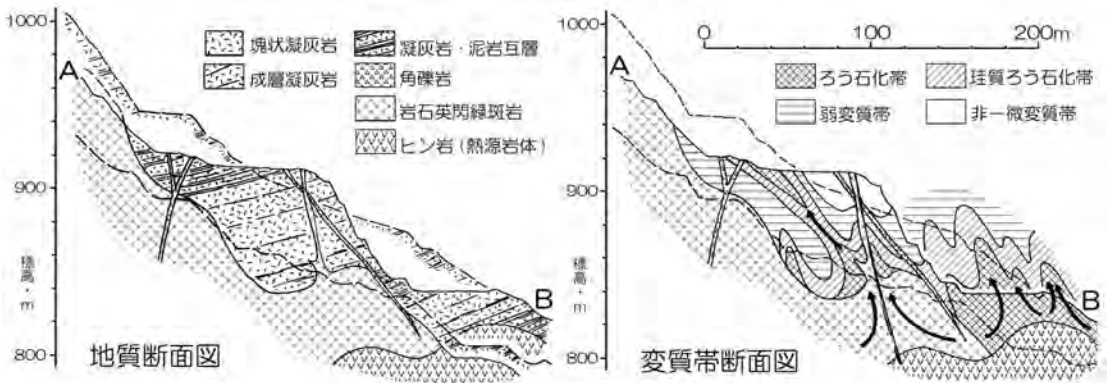
E. 泥質岩とろう石化作用

泥岩と砂岩の互層を原岩とするろう石の典型標本が、上山鉱床805mLで採取されました(写真3)。この試料(SYO-108)を層理面に直交する方向で薄板状に切断し、約2cm間隔に12個の試料(SYO-108A~108L)に切りわけ、X線回折と熱分析試験により、パイロフィライトの含有量を推定し、その結果を第11図に示しました。パイロフィライト含有量が砂岩を原岩とする部分では、40~60%であるのに対し、泥岩を原岩とする部分では、70~85%におよんでおり、藤井(1969)の「頁岩は、...変質を受け難い。」という見解とは逆の結果が得られました。

8. 熱源岩体の出現

1985年の調査によって、以下の3点が明らかとなりました。

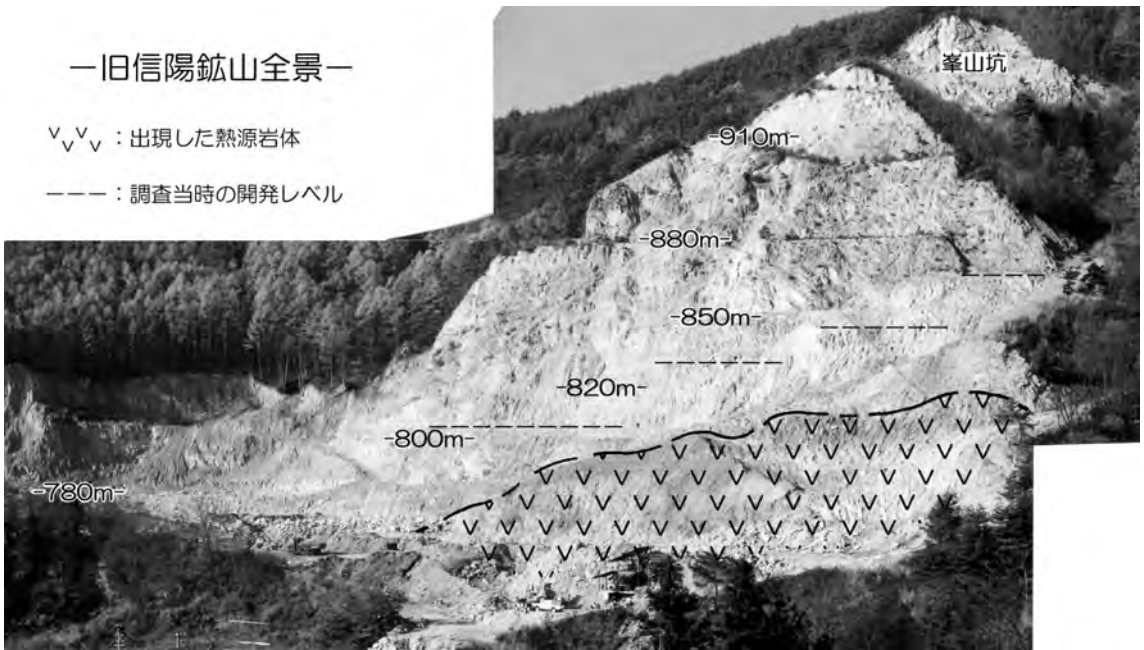
- ①かつての熱水の通路と考えられるN20°~30°W方向の多数の純ろう石脈とそれを取り巻く鉱物の累帯配列があること。
- ②本ろう石鉱床は、上記の熱水の通路を通じての鉱化作用の結果形成されたもので、脈状の鉱体が集合



第12図 旧信陽鉱山の地質・変質帯断面図. 変質帯断面図の矢印は想定されるかつての熱水の流れを模式的に示したものです. 断面図の位置は第5, 6図に示しました.

—旧信陽鉱山全景—

▽▽▽ : 出現した熱源岩体
 --- : 調査当時の開発レベル



第13図 旧信陽鉱山の全景. 閉山間近の2000年頃に東方より望遠撮影したものです.

した不規則塊状の鉱床であること.

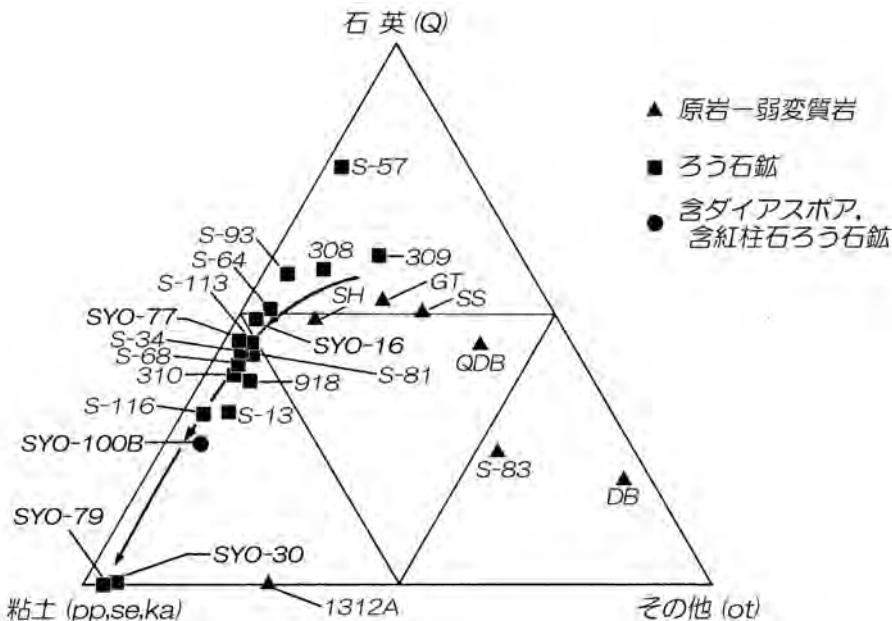
③本鉱床の北東部に、ダイアスポアや紅柱石を含む鉱石が分布しており、この付近で鉱化作用の温度が高温であったこと.

この時点で、熱源となった岩体が下方に存在するならば、鉱床の北東部の下方であることは容易に想像されました。しかし、どれほど下方に存在するかを知る手がかりはありませんでした。

この調査から約5年程たったころ、再びこの鉱山を

訪れたところ、採掘が進行し、かつての上山鉱床840-845mLの北東部が15m程掘り下げられ、その東西20m、南北50m程の馬の背状の部分が濃い褐色に染まっていました。

濃い褐色の部分は、ヒン岩の岩体のようで、多量の黄鉄鉱で汚染されていて、それが酸化して濃い褐色の岩石となっているようでした。「これが熱源の岩体に違いない。1985年当時、もっとよく調査をしていれば、この岩体が現れる兆候をつかめたのではない



第14図 旧信陽鉱山の鉱床母岩及び主要鉱石の粘土ノルム鉱物組成。
 ▲：原岩～弱変質岩，■：ろう石鉱，●：含ダイアスポア・紅柱石ろう石鉱。粘土はノルムパイロフィライト，ノルムセリサイト，ノルムカオリンの合計，また，その他は，前三者及びノルム石英以外のノルム鉱物の合計。粘土ノルムの計算は五十嵐(1983)の方法による。SYO-16, 30, 77, 79, 100Bは今回新たに化学分析を行ったもので(分析者は藤貫正技官)，第1表参照。SH(頁岩)，SS(砂岩)，GT(緑色凝灰岩)，QDP(含石英閃緑ヒン岩)，DB(輝緑岩)，S-13, 34, 57, 64, 81, 83, 93, 116は藤井(1969)の，また，308, 309, 310, 918, 1312Aは渡辺・白居(1977)の示した分析値に基づくもの。

か？」そんな思いで観察した記憶があります。

この岩体の頂部で、濃集した黄鉄鉱に熱水が反応し、強酸性の熱水が発生して、上昇し、この鉱床を形成したのでしょう。強酸性・高温の熱水は、周囲の岩石を激しく溶脱し、様々な成分を含んで上昇し、溶液中のアルミナ分は割れ目沿いの凝灰岩と反応してパイロフィライトをつくり、ろう石鉱床を成長させたのでしょう。

やがて、岩体の上昇とともに、熱水系も上昇し、鉱床付近はより高温の熱水にさらされるようになったに違いありません。そして、おそらくガス化した熱水により激しい溶脱を受け、割れ目沿いは多孔質なろう石となり、空隙にはダイアスポアや紅柱石が晶出したのではないのでしょうか？

ろう石鉱床のすぐ下で岩体の上昇が止まり、鉱床はかろうじて保存されたのでしょう。こんなイメージが湧いてくる熱源岩体の産状でした。

9. まとめと今後の研究課題

1985年の信陽鉱山のろう石鉱床の検討により、主として上に記述した①から③までの3点が明らかとなりました。さらに④従来、藤井(1969)によって提起されていた含石英閃緑ヒン岩と鉱化作用の関係はなかったこと、⑤頁岩はキャップ・ロックではなく良質なろう石の材料だったこと、なども確認できたようです。しかし、周辺の地質層序の確定や渡辺・白居(1977)の提起した2種類のパイロフィライトと鉱化作用などの課題については有効なデータは得られませんでした。

その後の採掘の進行により、鉱床の下方から黄鉄鉱に強く汚染されたヒン岩の岩体が出現し、熱水系を発生させたであろう貫入岩体頂部の状況をかいま見ることができました。また熱水系が上昇した割れ目沿いにろう石鉱床が存在したことが確認されました。

今後、本鉱床において認められた様々な現象を、

試料	SYO-16	SYO-30	SYO-77	SYO-79	SYO-100
タイプ	SR	PR	SR	PR	R
SiO ₂	81.39	62.60	80.80	64.42	73.19
TiO ₂	0.18	0.18	0.29	0.83	1.01
Al ₂ O ₃	14.04	29.82	15.01	28.29	20.21
Fe ₂ O ₃	0.03	0.04	0.04	0.08	0.12
MgO	0.01	0.03	0.10	0.03	0.02
CaO	0.05	0.04	0.06	0.06	0.12
Na ₂ O	0.05	0.21	0.09	0.18	0.32
K ₂ O	0.03	1.31	0.02	0.02	0.36
P ₂ O ₅	0.03	0.02	0.04	0.02	0.15
S	0.75	0.02	0.12	0.02	0.47
ZrO ₂	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02
H ₂ O ⁺	2.65	4.99	2.68	5.04	3.49
H ₂ O ⁻	0.23	0.40	0.17	0.32	0.21
Total	99.45	99.66	99.43	99.35	99.69
Q	48.33		45.36		26.31
ab	0.42	1.70	0.76	1.52	2.71
an	0.05	0.07	0.04	0.17	
ka		0.47		1.49	
se	0.25	11.08	0.17	0.17	3.04
ch	0.03	0.08	0.28	0.08	0.06
pp	48.89	84.07	52.06	93.67	65.39
dp		1.42		0.89	
Z	0.01	0.03	0.01	0.06	0.03
he/li	li 0.03	he 0.04	li 0.04	he 0.08	li 0.13
ru	0.18	0.18	0.29	0.83	1.01
ap	0.07	0.05	0.09	0.05	0.18
ot	1.17	0.40	0.32	0.34	0.82
total	99.43	99.59	99.42	99.35	99.68

第1表 主要鉱石の化学組成と粘土ノルム鉱物分析は藤貫 正氏, ノルム計算は五十嵐(1983)の方法によった. 鉱石タイプの略号はSR.珪質ろう石, PR.純ろう石, R.ろう石. ノルム鉱物の略号は, Q.石英, ab.曹長石, an.灰長石, ka.カオリナイト, se.セリサイト, ch.緑泥石, pp.パイロフィライト, dp.ダイアスポア, Z.ジルコン, he.赤鉄鉱, li.褐鉄鉱, ru.ルルチル, ap.アパタイト, ot.その他の鉱物.

実験データなどによって, 物理, 化学的により正確に説明し, 新第三紀ろう石鉱化作用の1つのモデルを作り上げていくことが, 本鉱床に関する今後の大きな研究テーマでしょう.

参考文献

- 藤井紀之(1965):信陽鉱山のろう石鉱床について. 地下資源調査報告書1964, p.17~30. 長野県商工部.
- 藤井紀之(1969):信陽鉱山のろう石鉱床について-第2報-. 地下資源調査報告, 1968, p.1~21. 長野県商工部.
- 藤井紀之(1975):長野県信陽鉱山のろう石鉱床, 耐火物, 27, p.7~18.
- 藤井紀之・井上秀雄(1971):北信地方のろう石鉱床の特徴と分類. 鉱山地質, 21, p.217~225.
- Fujii, N., Omori, T. and Fujinuki, T. (1971): Dioctahedral chlorite, originated from pyrophyllite, from the Shinyo mine, Central Japan. Proc. IMA-IAGOD Meet.'70, IMA Vol.p.183~190.
- 五十嵐俊雄(1983):マイクロコンピュータによる粘土ノルム計算について, 未開発陶磁器原料調査報告書(昭和57年度), p.97~117, 地質調査所.
- 須藤定久(1993):長野県信陽鉱山のろう石鉱床-熱源岩体の出現-(演旨). 資源地質, 43, 2 (no.238), 13-13. 資源地質学会.
- 須藤定久(2009):北部フォッサ・マグナのろう石鉱床(1)長野県梵天山ろう石鉱床-ろう感のないろう石産出の意味-, 地質ニュース, No.659, p.32-44.
- 須藤定久・斎藤英二・宮崎純一(1986):長野県信陽鉱山のろう石資源, 陶磁器原料資源調査報告書, 1985, p.87-116, 地質調査所.
- 渡辺晃二・白居 昭(1977):長野県信陽ろう石鉱山における鉱物共生. 鉱物学雑誌, 13, 特別号, p.217~225.

SUDO Sadahisa (2009): Roseki ore deposits in North Fossa Magna area (2) Roseki ore deposit of Shinyo mine -Appearance of heat source rock body.

<受付:2009年2月25日>