

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 -

須藤 定久¹⁾

1. はじめに

長野県中北東部から群馬県西北部, いわゆる「北信地区」には, 多くの熱水性のろう石・陶石鉱床が分布しており(第1図), 熱水性粘土鉱床の産状や成因を理解する上で興味深い地区です。筆者は1980年頃から1985年頃にかけて, 「北信ろう石鉱床区の研究」を行ったことがあり, その中で, 多くの個性的な鉱床に出会い, いくつかの鉱床については納得のいく理解を得られなかった記憶があります。その後積み重ねた他地域での研究結果を踏まえて, 残された試料を見直しながらこの地区のいくつかの鉱床について思いをめぐらせてみました。若い研究者の参考になればと思い, 特異な鉱石や産状などを紹介し, その成因を考えてみましょう。

長野県の(株)勝光山鉱業所・長野鉱山の梵天山ろう石鉱床は, 1965年頃に, 藤井(1964, 1966, 1967)

によって詳しく検討され, 土状のろう石や顆粒状珪石の産状など多くの特異性が明らかになり, 地下浅所において強酸性熱水により形成された珪石・ろう石鉱床の典型例と考えられています。

筆者は, 北信ろう石鉱床区の研究の一環として1986年6月にこの鉱床の調査を行い, 結果の概要はすでに報告しました(須藤・宮崎, 1987)。

ここでは, 特異なろう石や珪石の産状を紹介し, ろう感のない土状のろう石が産出する意味について考えてみましょう。

2. 鉱床の位置

旧(株)勝光山鉱業所・長野鉱山は, 長野県更埴市(現 千曲市)八幡町中原部落の南方, 北緯36°30'32", 東経138°04'30"に位置しています(第2図)。南方約4kmに位置する三峯火山から北へ延びる尾根



主要な鉱床

1. 四万
2. 金倉
3. 穂波
4. 佐野
5. 米子
6. 仁礼
7. 信陽
8. 美山
9. 矢崎山
10. 梵天山
11. 冠着
12. 村上
13. 余地

第1図
北信地区のろう石・陶石鉱床。須藤(1995)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, 熱水系, 珪石, 北部フォッサ・マグナ, 梵天山



第2図 梵天山ろう石鉱床の位置. 1:50,000地形図「長野」・「坂城」の一部に加筆・修正. Bは梵天山鉱床の位置.

の標高700m付近に突出した小ピークの西面側にあります。この標高720mの小ピークは通称「梵天山」と呼ばれることから鉱床は「梵天山ろう石鉱床」と呼ばれています(第2図のB, 写真1, 2)。

この付近には、現在稼働していませんが矢崎山、長野探鉱所、二重坂などのろう石・陶石鉱床が集中分布しており(第1図)、いわゆる「北信ろう石鉱床区」の西端部を形成しています。

3. 鉱山の沿革と開発

本鉱床は、昭和17年頃に開発され、終戦時(1945年)までに約1万tの耐火物原料が採掘されたといわれています。昭和27年、製紙用クレー原鉱の採掘が再開され、その後、経営は(株)勝光山鉱業所に引き継がれ、昭和36年から製紙用コーティング・クレー原鉱を生産してきました。しかし製紙用コーティング・クレーの生産は漸減し、調査当時は耐火物原料として年間数100t程度、また珪石が農薬用クレー原料として利用されていました。

4. 研究史

昭和30年代の末から40年代初めにかけ、長野県は県下の地下資源調査を広く行いました。本鉱床については、県の依頼により地質調査所の藤井(1964, 1966)によって詳しい調査がなされ、最終的には藤井

(1967)によって総括されています。

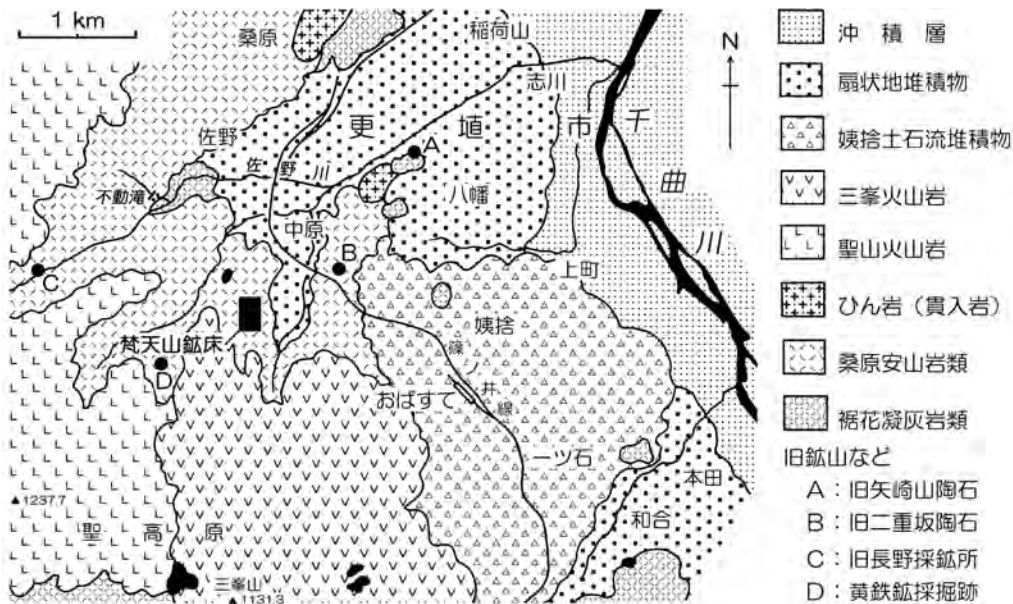
藤井(1967)の調査結果によれば、地質は下位の下部安山岩類とこれを不整合におおう上位の塩基性安山岩類に区分されること、前者は広く粘土化作用を受けているのに対し、後者はごく一部のみに強い珪化を受け、ろう石化を伴っているということです。梵天山鉱床は上位の安山岩に関連した鉱床の代表例であり、珪化岩は一般に顆粒状、ろう石は土状という特異な外観を示すということです。この鉱床は、地下浅所における強酸性熱水またはガスによる変質作用によって形成されたもので、珪化帯を中心とし周囲にろう石鉱床を伴うのが特徴のようです。

藤井(1964, 1966, 1967)の研究とほぼ同時期に宮崎(1965)によって、探鉱坑道の状況が報告されていますが、それ以後、本鉱床に関する研究は行われていなかったようです。

5. 地質

藤井の調査以後、本鉱床周辺地区の地質の研究がすすみ、5万分の1地質図「坂城」(加藤, 1980)、「長野」(加藤, 赤羽, 1986)が刊行され、従来よりかなり詳しくこの地区の地質状況が把握されるようになってきました。

これらのデータをもとに本地区の地質を簡略化して、第3図に示しました。下位より流紋岩質火山岩および火砕岩からなる中新世後期の「裾花凝灰岩層」、



第3図 梵天山鉱床付近の地質図。加藤(1980), 加藤・赤羽(1986)の図を一部修正・簡略化。



写真1 北西側から見た梵天山鉱床。白色部がろう石鉱床、上下は珪化岩。



写真2 南東側から見た梵天山鉱床。一本の木がある高所付近が梵天山の山頂。

著しく変質した安山岩類, 同火砕岩類よりなる中新世末期あるいは鮮新世の「桑原火山岩類」で, これらを鮮新世の三峯火山の噴出物がおおっています。

旧矢崎鉱山は, 「裾花凝灰岩層」を, 他の鉱床は「桑原火山岩類」を交代して形成されたと考えられています。

藤井(1967)の下部安山岩類はほぼ桑原火山岩類に, 上位の塩基性安山岩類は三峯および聖山火山岩類に相当すると考えられます。藤井(1967)は本鉱床の母岩を塩基性安山岩としましたが, 新しい地質学的データと矛盾しているようです。

この点を周辺地区の概査によって検討しましたが, 下部安山岩類が広くパイロフィライト変質を受けているのに対し, 塩基性安山岩類は新鮮で変質作用は認められませんでした。本鉱床の原岩は下部安山岩類とするのが妥当のようです。

6. 鉱床

本鉱床の地形図と鉱床を第4図に示しました。すでに藤井(1967)によって詳しく報告されているように, 本鉱山の鉱床は, 大規模な珪化帯中に北, 中央,



第4図 梵天山鉱床の地形図・鉱床図. 須藤・宮崎(1987)の図に加筆・一部修正.



写真3 ろう石鉱. 白色, 土状で軟らかく, ナイフで容易に削ることができます.



写真5 緻密な珪化岩. 梵天山頂上付近に産出する緻密で硬質な珪化岩.



写真4 ろう石鉱の産状. 円錐状に盛り上がった部分があちこちに見られます.

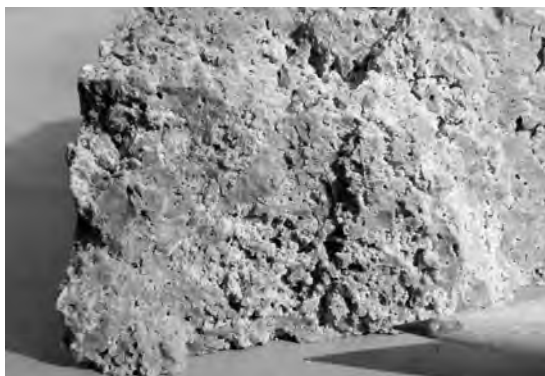


写真6 やや多孔質な珪化岩. 梵天山の中腹, ろう石鉱床に近い部分に産出します.

南の3つのろう石鉱床があり, 藤井(1967)の調査時以降の採掘量があまり多くないこともあり, 大きな変化は認められませんでした. ここでは, 藤井(1967)によってすでに報告された一般的産状の記述は省略し, 特に注目される現象を中心にお話することにしませう.

(1) ろう石帯

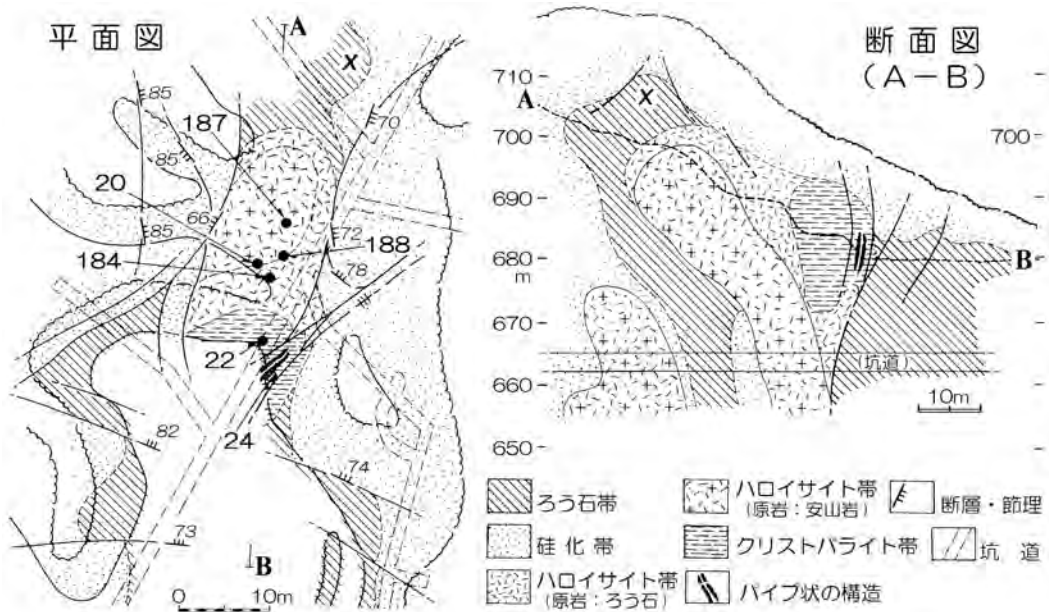
白色, 土状で, ろう感のまったくない, 特異なろう石(写真3, 4)の分布する部分, すなわち「ろう石鉱床」で, 本鉱山の露天採掘場の北部, 西部, 南部に分布し, それぞれ, 北, 中央, 南鉱床と呼ばれていました. 南鉱床は, 長径80m, 短径40mではぼ南北方向に延びた楕円形で, 深さも30m以上深部まで確認された塊状の大型鉱床のようです. 一方, 北鉱床と中央鉱床は, 大局的には層状~レンズ状で, 部分的

には脈状, 塊状, アメーバ状を示すなど, 極めて不規則な形を示しているようです.

特に注目される形態的特徴の1つに, 円錐状の盛り上がりがあります. 第4図に矢印Xで示したように, 北および中央鉱床の一部や南鉱床の北端部で認められました. 底部の径は15~20m程度で, 高さ10~20m程度の盛り上がりは上方へ突き上げています(写真4). 上部岩石による差別的荷重を調整・解消するために鉱体が変形し, 一部が上方へ突き上げる形となった荷重変形構造(一種のload cast)ではないでしょうか?

また北鉱床の東部では, 鉱床本体から小断層に沿ってしぼり出されたと思われる小規模な衛星鉱体が見られました(第4図の矢印Yで示した).

このろう石鉱床で注目される現象の1つに低品位ろう石が殆ど産出しないことが挙げられます. 鉱石のパ



第5図 梵天山鉱床ハロイサイト帯の地質・鉱床図. 須藤・宮崎(1987)の図に加筆・一部修正.

イロフィライト含有率は一般に40%以上あり、それ以下の鉱石が殆ど認められません。パイロフィライト含有率が40~50%程度の鉱石では、殆どパイロフィライトのみからなる白色部に、灰色の珪質部が網状、珠数状、雲状に分布しており、石英とパイロフィライトが密に混じった低品位ろう石鉱は殆ど認められません。

(2) 珪化帯

梵天山山頂部では、暗灰色で硬質・緻密な珪化岩(写真5)が見られますが、それより下方では、珪化岩は灰色~黒色で多孔質、さらにコークス状、砂礫状を示すようになります(写真6)。特に、ろう石鉱に接する珪化岩では、境界部付近で幅10~30cmにわたって、極めて空隙に富んでいます。

鉱床上部には付加型の珪化作用によって形成された硬質・緻密な珪石が分布するのに対し、下部には溶脱型の珪化作用を受けた多孔質珪石が分布しているようです。特にろう石鉱と接する部分は、高温熱水、おそらくガスが多量に通過し、特に激しく溶脱が起こったことを示しているものと考えました。

(3) ハロイサイト帯

藤井(1967)もすでにハロイサイトやアルーナイトを含んだ鉱石の存在を示していますが、これら鉱物を伴

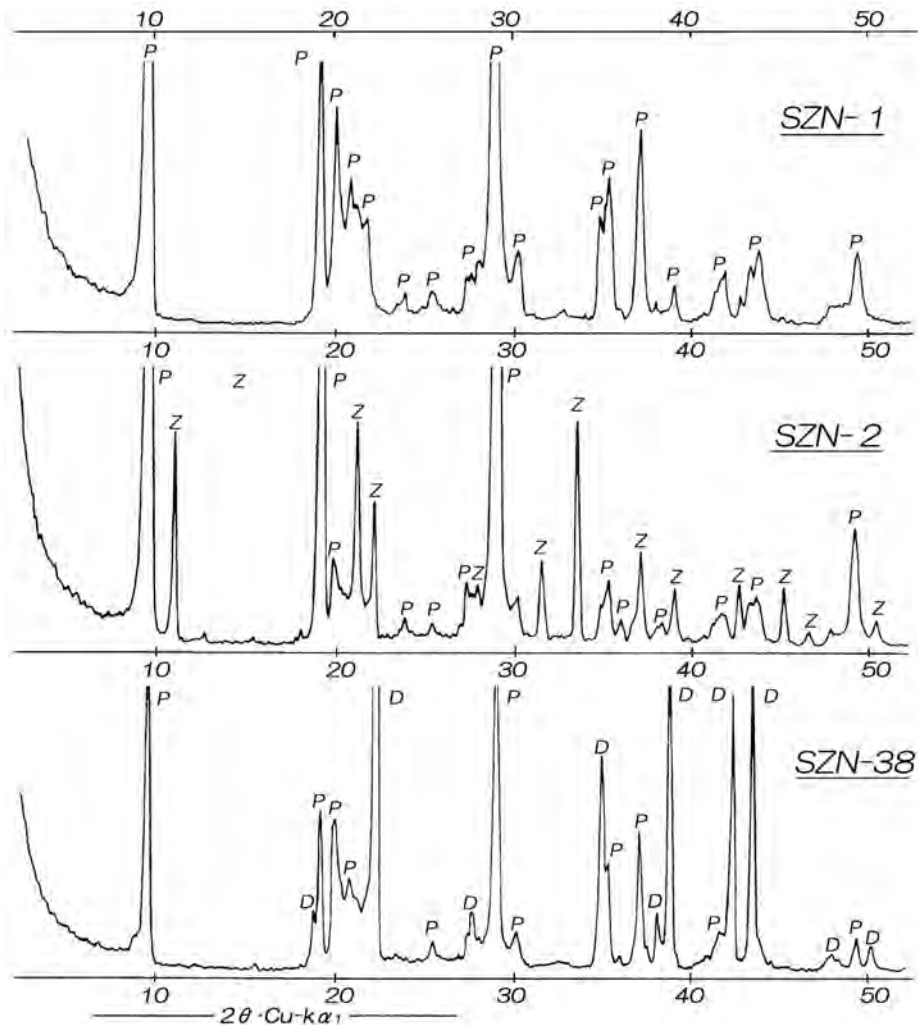
う鉱石の分布域は、当時3ヶ所認められました。中央鉱床の南側、南鉱床の北側と南西方です。前者は坑内(調査当時、すでに入坑不能)で、中者は坑内と地表で、後者は地表のみで観察されました。この帯の状況が最もよくわかるのは、南鉱床の北側に位置するもので、この部分の地質・鉱床図を第5図に示しました。

この部分では、小規模な安山岩の貫入が認められ、その岩体とその周囲にハロイサイトや混合層粘土鉱物で特徴づけられる変質帯が発達、これに接してクリストバライトによって特徴づけられる変質帯の分布が認められ、さらにその一画に砂礫状の岩片が鉄の水酸化物によって何重にも膠着された、内径約5cm、外径20~30cmのパイプ状部分も観察されました(写真7, 8)。

明瞭な組織を残した貫入岩が認められること、地質学的には容易に石英へ変わってしまうとされるクリストバライトが残っていること、熱水の通路と思われるパイプまでが残っていることなどから、この変質は、より新しい時期の小規模な熱水の作用によって形成されたものと考えられるべきでしょう。

7. 鉱石・鉱物

(1) ろう石鉱

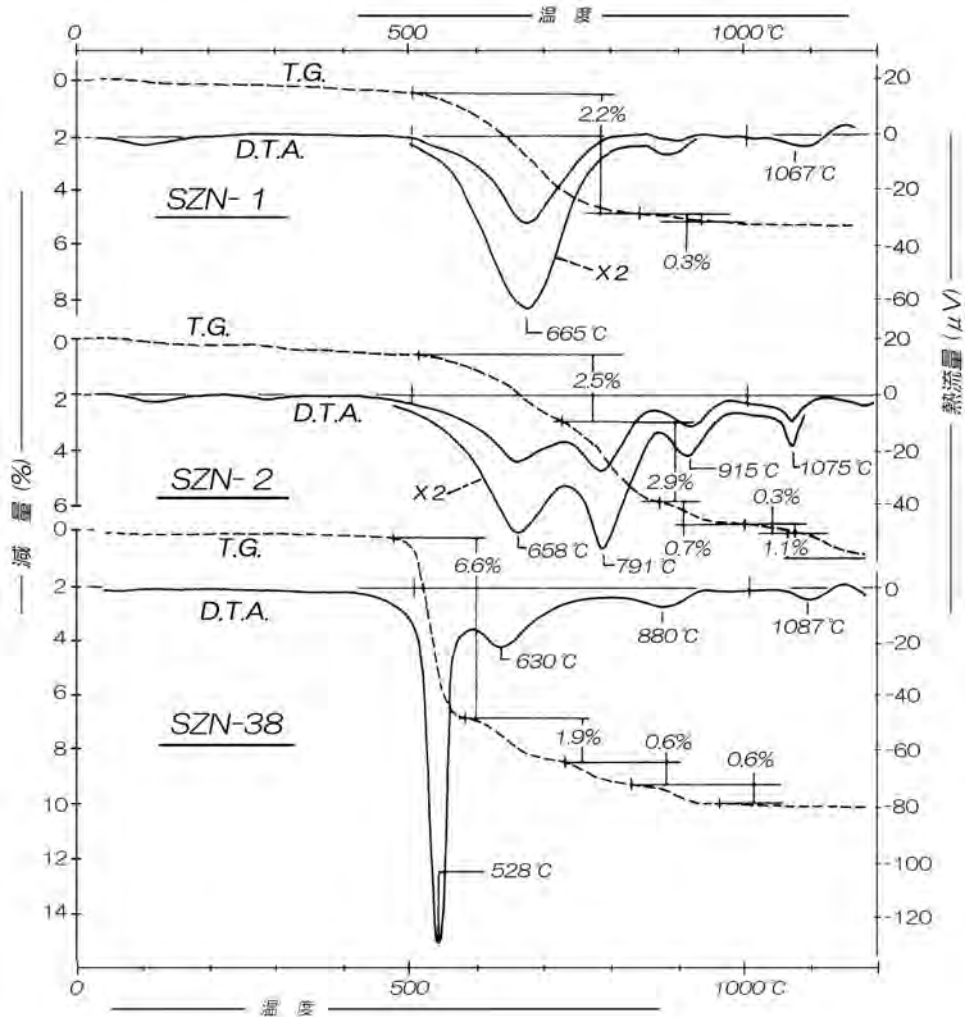


第6図 ろう石のX線回折パターン。X線回折条件：電流：150mA，電圧：40kV，ターゲット：Cu，スリット系：1°-1°-0.3mm，回折速度：16°/分，時定数：0.1秒，チャート速度：8cm/分，フル・スケール：1,600cps。アルミニウム製試料ホルダー使用。鉱物名の略号は，P，パイロフィライト，D，ダイアスポア，Z，ズニアイト。

本鉱山産ろう石の粉末X線回折パターンを第6図に，T.G.-D.T.A.カーブを第7図に示しました。一般に白色，土状で，パイロフィライト含有率は高く，殆どパイロフィライトのみからなるもの(SZN-1)も少なくありません。また，ズニアイトを伴うもの(SZN-2)やかなりの量のダイアスポアを伴うもの(SZN-38)も認められました。熱分析結果を見るとズニアイトを含むSZN-2では，ズニアイトの分解に伴う吸熱ピークが791℃に認められるほか，915℃，1,075℃にも吸熱ピークがあり，1,300℃以上まで減量が続いています。また，ダイア

スポアを伴うSZN-38では，ダイアスポアの分解に伴う大きな吸熱ピークが528℃に見られ，それに伴う6.6%にも及ぶ減量はダイアスポアの含有量が40%を超えることを示しています。さらに，減量は950℃付近まで続いています。本鉱床産のズニアイトやダイアスポアを含むろう石は，熱的には通常のろう石とは異なった性質を持っているようです。

本鉱床産パイロフィライトの走査電顕写真を写真9に示しました。本鉱床産のパイロフィライトは，径1~3μ前後の葉片状を呈しており，結晶の間に空隙が多



第7図 主要鉛石の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。図中のX2は、D.T.A.カーブを垂直方向に2倍に拡大表示していることを示す。

く見られます。このような結晶の形態的な特徴が、本鉛床産の鉛石には、ろう感がなく、白色を呈し、ほぐれやすく、製紙用クレーとしても使用可能であることなど、産状や利用上の特徴に反映しているようです。

(2) 珪石

珪石は、粉末X線回折による鉱物組成の検討においても、殆ど石英のみからなり、わずかにルチルやパイロフィライトが含まれているにすぎず、SiO₂含有率も96%に及んでいます。多孔質珪石の走査電子顕微鏡写真を写真10に示しました。径10～30μ程度の柱状石英の美晶の集合からなっており、空隙に富んでい

ることがわかります。

(3) クリストバライト

クリストバライトを多量に含む試料は一般に灰白色ないし淡い褐色、塊状、細粒で、軟らかくナイフで容易に削ることができます。粉末X線回折によって鉱物組成を検討すると、石英をかなり含むものから、殆ど含まないものまで、試料にかなり差があることが判明しました(第8図のSZN-22, 24)。

(4) ハロイサイト帯の粘土類

ハロイサイト帯からは上に述べたクリストバライトの



写真7 ハロイサイト帯、第5図の南端部から中央部を望んだ写真、正面にハロイサイトが産出します。

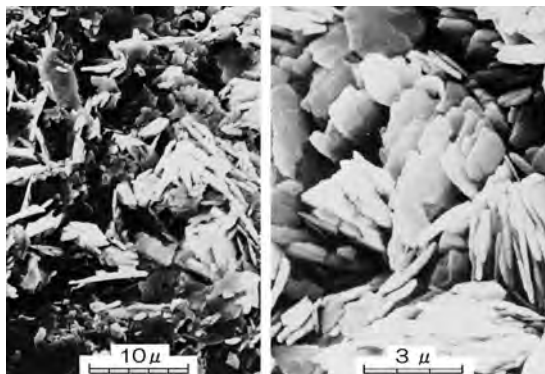


写真9 土状ろう石の走査型電子顕微鏡写真(鉱山側より提供されたもの)。



写真8 パイプ構造の壁の断面、クリストバライトや細礫が、水酸化鉄で膠着されています。

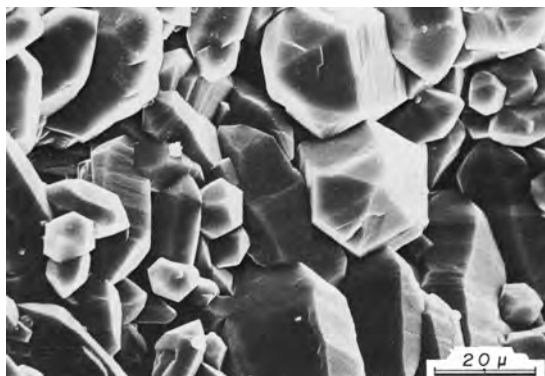


写真10 多孔質珪石の走査型電子顕微鏡写真(鉱山側より提供されたもの)。

ほか、多くの粘土鉱物類が産出しました。今回はこれらの鉱物についてその概略のみを紹介しておきましょう。

主な試料の粉末X線回折パターンを第8, 9図, T.G.-D.T.A.パターンを第10図に示しました。

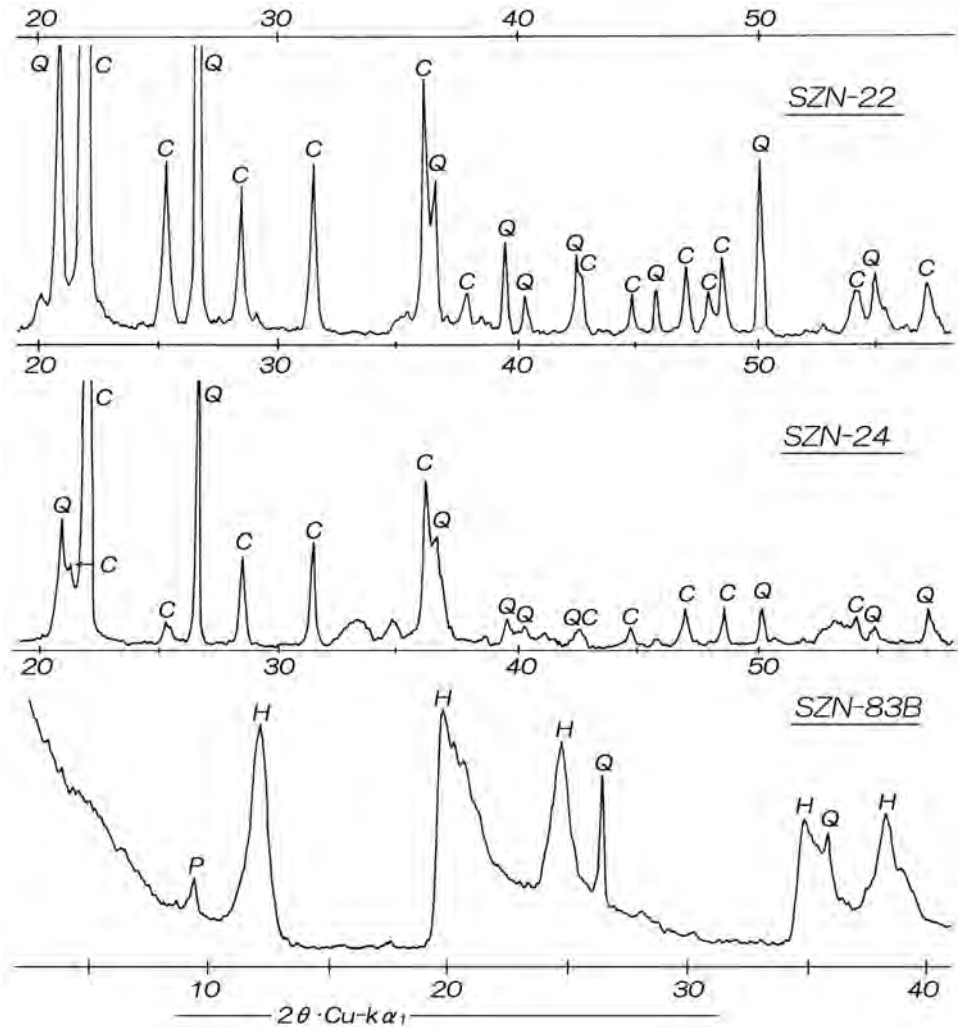
まず, SZN-82Bは、南鉱床南西方から産出するもので、典型的なハロイサイトからなっていました。

SZN-20Bは、結晶度の著しく不良なパイロフィライトと雲母-モンモリロナイト混合層粘土鉱物の混合物と推定されます。SZN-188B-1はハロイサイト(7Åおよび10Å)に混合層粘土鉱物、クリストバライト、石英が伴われています。SZN-188B-2は、パイロフィライトとアルーナイトを主とし、クリストバライトと少量の石英が伴われています。SZN-184Bは、モンモリロナイトと雲母鉱物の混合層粘土鉱物とクリストバライトからなると推定されます。

これらの試料では、クリストバライトと粘土鉱物とが共存していることが多く、粘土鉱物の形成にクリストバライトが密接に関係していることを示唆しているでしょう。

8. 考 察

すでに藤井(1964, 1966, 1967)によって、本鉱床の特異な産状を説明するためにさまざまな可能性が議論されており、筆者の今回の短時間の調査・研究結果から、藤井(1967)の「地表近くでの強酸性の変質作用により、中心に珪化帯が、周囲にろう石帯が形成された」とする成因説を、実証的に肯定することも否定することも困難でした。しかし、本鉱床の特異な産状を説明するには、藤井の説は十分とは思われません。



第8図 クリストバライト・ハロイサイトのX線回折パターン。X線回折条件は第6図に同じ。アルミニウム製試料ホルダーを使用。鉱物名の略号：C.クリストバライト, Q.石英, P.パイロフィライト, H.ハロイサイト。

ここでは、今回の調査・研究によって得られた結果に基づいて、今後の検討のためのたたき台として、藤井(1967)とはやや異なる観点から本鉱床の形成過程について示し、まとめとしましょう。

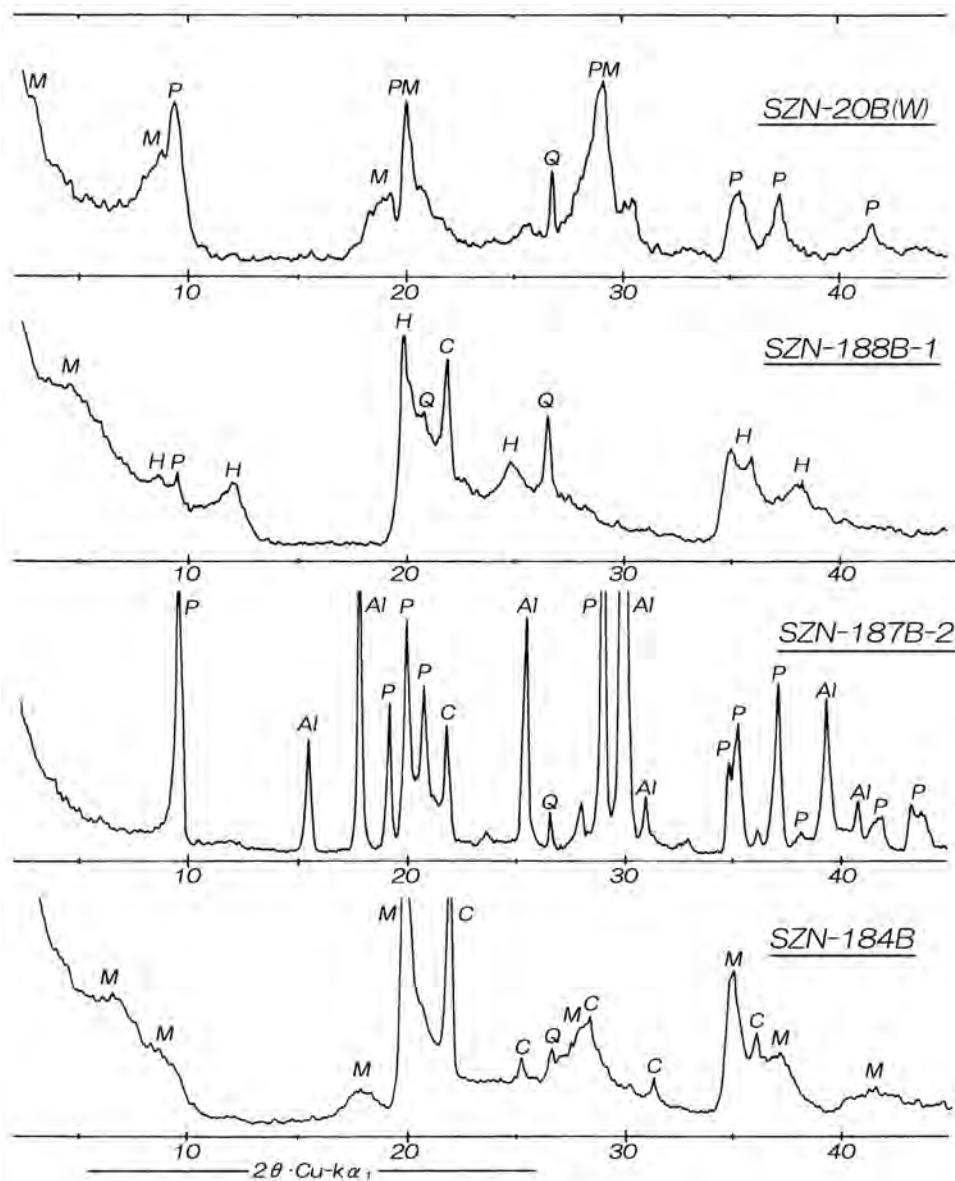
(1) 強酸性熱水系のイメージ

私が考える強酸性熱水系のイメージを第11図に示しました。おそらく地下深部に貫入したマグマの頂部では、マグマから吐き出される硫黄分と酸素を含んだ地下水が加熱されて反応し高温・強酸性の熱水が発生することでしょう。

熱水系の下部では、高温・強酸性条件下で岩石中の多くの成分が溶脱され、最も多量に存在する珪酸の一部のみが残り、多孔質な溶脱型珪化岩が形成されると考えられます。

各種成分を溶かし込んだ熱水は上昇し、中高温・酸性条件下で、原岩のアルカリ、アルカリ土類を溶脱し、アルミナと水を付加してろう石鉱床を形成するでしょう。

ろう石鉱床を形成した熱水はさらに上昇して、中温・弱酸性条件下で、多量の珪酸分を付加して、緻密・硬質な付加型珪化岩を形成するでしょう。

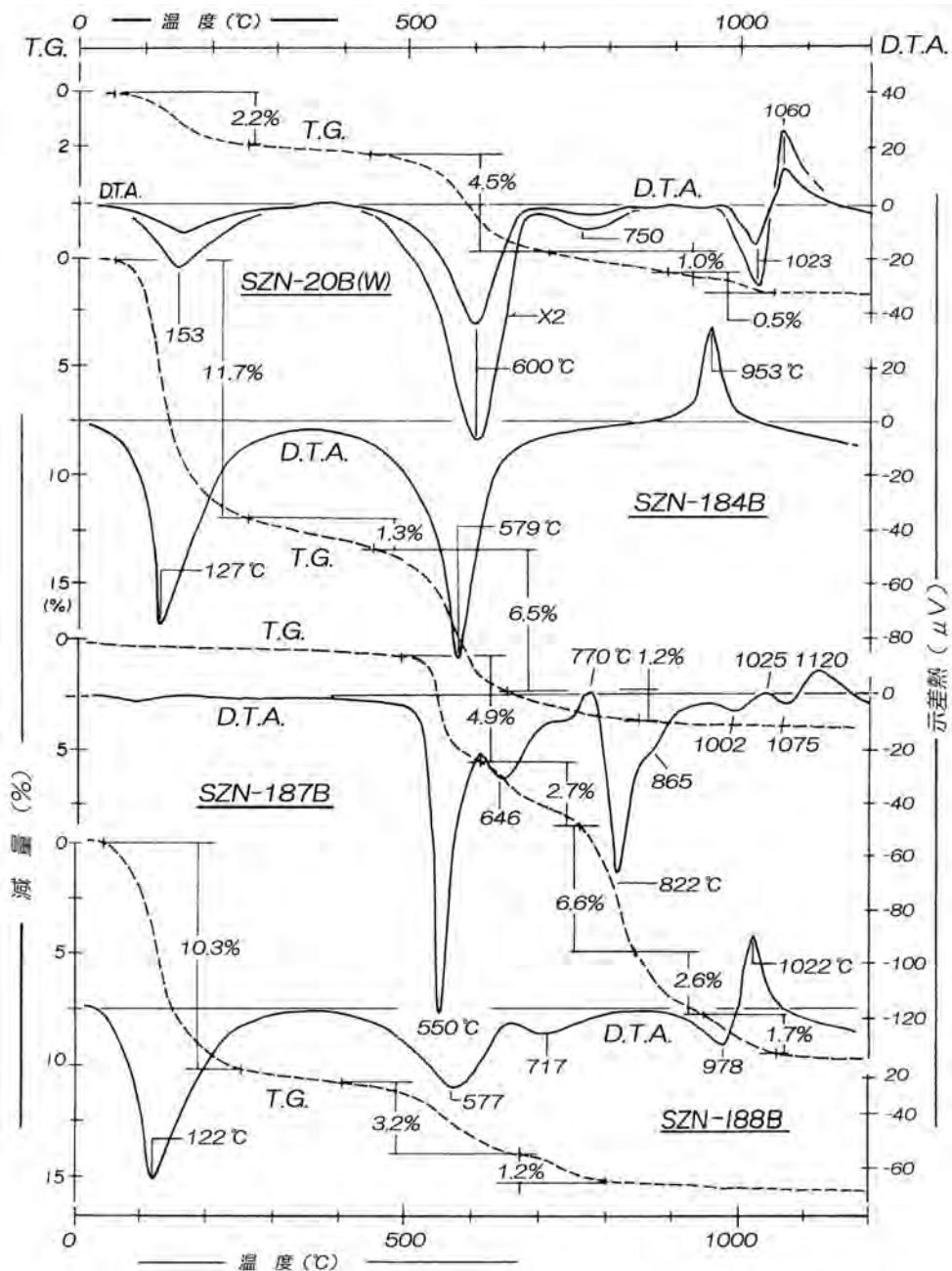


第9図 各種粘土のX線回折パターン。X線回折条件は第6図に同じ。アルミニウム製試料ホルダーを使用。鉱物名の略号：M.混合層粘土鉱物，C.クリストバライト，Q.石英，P.パイロフィライト，H.ハロイサイト，Al.アルーナイト。

つまり、深部で発生した強酸性熱水は、上昇しながら、温度を徐々に低下させ、岩石と反応し徐々に中性化することでしょう。この過程で、地下深部には溶脱型珪化岩が、その上部にろう石が、さらにその上部に付加型珪化岩が形成されることになるでしょう。これらは反応が徐々に進行すれば、深所から浅所へ漸移的に配列することになるでしょう。

(2) 強酸性熱水系と梵天山鉱床

本鉱床においては、上部に硬質・緻密な付加型珪化岩が、下部にはろう感のないろう石や多孔質な溶脱型珪化岩が見られ、それらは、急激に変化し、境界も複雑です。このことは、単純な強酸性熱水系によって形成されたのではないことを示していると考えべきでしょう。

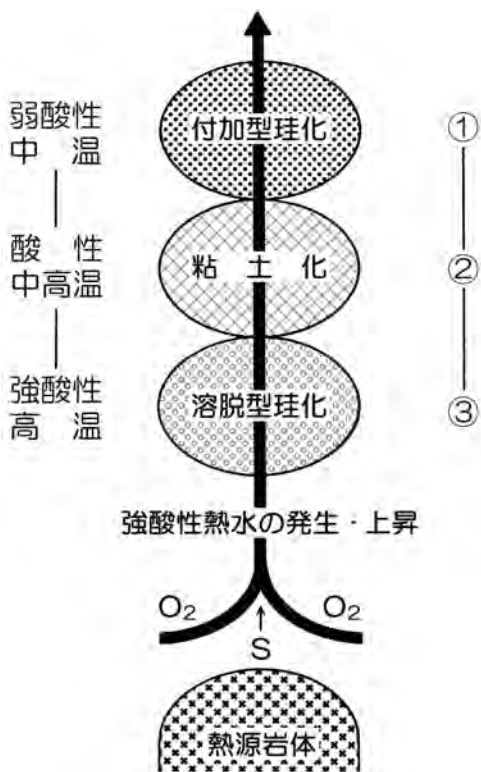


第10図 各種粘土のT.G.-D.T.A.カーブ. 実験条件などは第7図に同じ. (W)は水簸して粘土分を濃集させた試料であることを示す.

では、どのような形成プロセスを考えたらいいのでしょうか？ 私が考える、いや想像するプロセスをお話ししましょう。

梵天山鉱床の下方にマグマが上昇し、これを熱源として高温・強酸性の熱水系が形成されたことでし

う。この熱水の上昇により、深部に溶脱型珪化帯、その上部、現在の鉱床付近にはろう石帯が形成されたことでしょう。おそらく、この鉱床の中心には、ダイアスポアを伴いろう感に富むごく普通のろう石があり、その周囲は珪質ろう石、弱変質帯が広がるごく普通の



第11図 高温・酸性熱水系のイメージ。鉱床のおかれた位置は①②③と変化した。

ろう石鉱床であったでしょう。

マグマがさらに上昇し、熱水系もその位置を上方へ移すこととなったでしょう。その結果、ろう石鉱床付近は温度が上昇し、溶脱型珪化作用の場におかれることとなったでしょう。ろう石鉱床付近は、周囲から溶脱・珪化され、ついにその中心部のパイロフィライト含有量の比較的高い部分のみが溶脱型珪化岩中にとり残されることとなったのではないのでしょうか、この溶脱作用をもたらした熱水あるいはガスの激しい流れのあとが、鉱体に接する部分に発達する特に空隙の多い部分として残されているのでしょう。

この間ろう石鉱自身は、より高い温度下で、パイロフィライトの再結晶化が起こり、ろう感を失い土状のパイロフィライトの集合へと変化したのでしょう。また、こ

れらの作用に伴う岩石の体積変化、珪化岩とろう石という物性を大きく異にする岩石の接触による荷重バランスのくずれを調整・解消するために、変形が生じ、特に北および中央鉱床は著しい変形を受け、著しく不規則な形を呈することとなり、それをふちどるすべり面の方向は、藤井(1967)が指摘したように、南鉱床とはかなり異なることとなったのでしょう。

つまり、梵天山鉱床の特異な産状は、高温・強酸性熱水系の上昇により、その低温から高温に至る部分で想定される付加型珪化作用・ろう石化作用・溶脱型珪化作用がこの鉱床付近で次々と起こったために形成されたのではないのでしょうか？

最後に、本鉱床付近へ小規模なマグマが貫入しその周囲にクリストバライトやハロイサイト、アルーナイトで特徴づけられる小規模なろう石鉱床に比べると、かなり低温型の変質帯が形成されたのでしょう。この変質作用は、多量のクリストバライトの残存などから、かなり若い時期のものと思われるので、ろう石化、珪化とは、異なる火成活動に伴うものでしょう。

参 考 文 献

藤井紀之(1964)：長野県梵天山ろう石鉱床について。長野県地下資源調査報告, p.28-37.
 藤井紀之(1966)：梵天山ろう石鉱床について(第2報)。長野県地下資源調査報告, p.1-25.
 藤井紀之(1967)：長野県梵天山ろう石鉱床の産状とその形成過程に関する研究。鉱山地質, 17, p.261-271.
 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。
 加藤碩一(1980)：地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)「坂城」, 地質調査所。
 加藤碩一・赤羽貞幸(1986)：地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)「長野」, 地質調査所。
 宮崎正明(1965)：勝光山長野鉱山。国内鉄鋼原料調査第4報, p.286。
 須藤定久(1995)：長野県東部のろう石鉱化作用と深成岩(演旨), 三鉱学会連合学術講演会講演要旨集1995, p.12-12。
 須藤定久・宮崎純一(1987)：長野県勝光山長野鉱山のろう石鉱床, 昭和61年度陶磁器原料資源調査報告書, p.119-140。

SUDO Sadahisa (2009) : Roseki ore deposits in North Fossa Maguna area (1) Bonten-yama roseki ore deposit - Occurrence of clayey roseki and it's meanings.

< 受付：2009年2月25日 >