

北部フォッサ・マグナのろう石鉱床(3)

群馬県四万ろう石鉱山 -高温熱水鉱床の極限状況を考える-

須藤 定久¹⁾

1. はじめに

群馬県の北西部, 四万温泉の周辺には, 小規模なろう石鉱床が分布することは古くから知られていました(中村・上野, 1955; 湊ほか, 1968). 筆者は北関東-北信地区のろう石鉱床の研究をすすめるなかで, 昭和61年6月26~27日に, (株)四万鉱山(当時)の協力の下に調査を行いました.

そして, この地区の鉱床は, 「比較的ろう石化の弱い珪酸分の多いろう石を産出する」という従来の報告とは異なり, 鉱床の規模は小さいものの, コランダム, ダイアスポア, 紅柱石などの高温型鉱物や気相晶出と思われる粗粒の雲母粘土鉱物を多産するなど, 極めて高温な条件下で形成されたろう石鉱床であるとの結論に達し, その概要は既に報告しました(須藤, 1987).

しかし, この報告は地質調査所の出版物として印刷され, 関係機関等にもみ配布されたため多くの皆

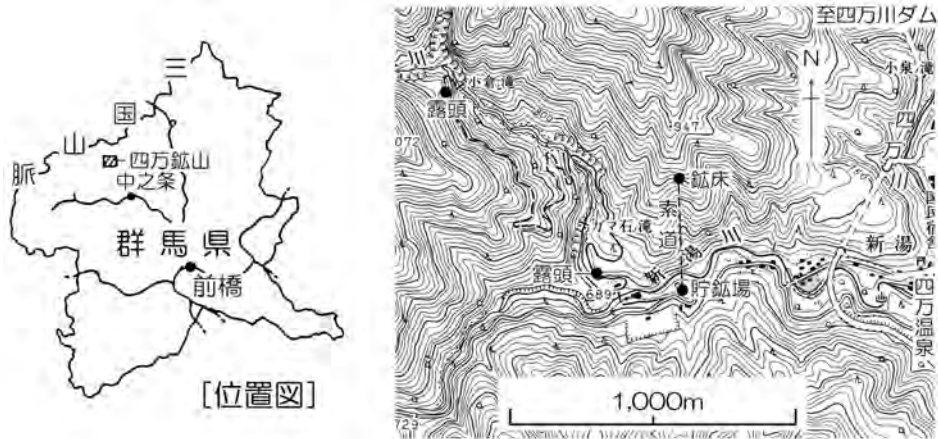
さんにご覧いただいていないものと思います. そこで, 今回, 改めてその概要を紹介し, 形成環境について考えてみたいと思います.

2. 四万鉱山の位置・地形・沿革

四万鉱山は, JR吾妻線中之条駅の北西約18kmにある四万温泉の北西約1.5kmの群馬県吾妻郡中之条町四万にあります(北緯 $36^{\circ}41'27''$, 東経 $138^{\circ}45'51''$).

この付近は, 三国山脈の一角にあり, 標高1,500m前後の山々が連なる地形急峻な地域です. この山地を利根川の支流四万川の水系が開析し, 深い谷をつくっています.

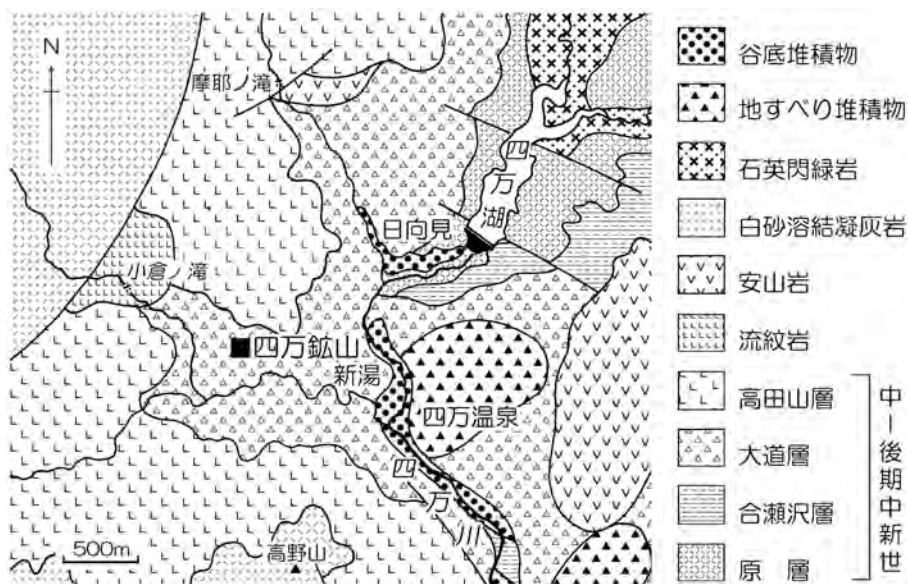
四万鉱山は四万川支流新湯川の北岸, 四万温泉の北西2.5kmの新行山(標高1,171m)から南西に延びる尾根の末端部(通称「ろう石山」)の中腹, 標高850m付近にありました(第1図).



第1図 四万鉱山位置図. 25,000分の1地形図「四万」の一部を修正・加筆.

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: ろう石, 四万鉱山, コランダム, 堇青石, 高温熱水作用



第2図 四万鉱山周辺の地質。(中村ほか(2006)を簡略化)。

この鉱山は、第二次世界大戦中に四万鉱山として開発され、昭和27年頃まで断続的に稼働されたようですが、詳細は不明です。昭和28～29年、小池物産により再開されたものの、以後休止しました。昭和29年9月に地質調査所(中村・上野, 1955)が、昭和37年10月には群馬県の依頼により東京通産局(忠内ほか, 1963)が、それぞれ四万温泉周辺のろう石鉱床について、また、昭和42年11月には、湊ほか(1968)が北東1.4km付近の日向見地区の鉱床について調査を行い、開発や探査、鉱石の用途などについて指針を示したものの再開にはあたりませんでした。昭和54年に四万鉱山により再開され、以後年間500t～1,000t程度が生産されていました。

3. 地質・鉱床概説

群馬県北西部の三国山脈一帯には、広くグリーン・タフ、新第三系が分布しています。石英閃緑岩、ヒン岩、安山岩など多数の小岩体が貫入し、複雑な地質を呈しています。最近の表層地質図(中村ほか, 2006)によれば、四万鉱山周辺では新第三紀中新世の中期から後期にかけて形成された凝灰岩を主体とする原層・合瀬沢層・大道層・高田山層が重なり、これを流紋岩・安山岩・石英閃緑岩が貫き、さらに鮮新世の白

砂溶結凝灰岩が覆っているようです。鉱床は礫岩・凝灰質砂岩・凝灰角礫岩などからなる大道層中に形成されているようです(第2図)。

四万温泉の周辺には、2ヶ所、つまり温泉の北方の日向見地区と西方の新湯地区にろう石鉱床が知られており、後者が四万鉱山によって稼働されていました。

それまでの調査によると、この地区の鉱床は、①ろう石化帯中にレンズ状、脈状、不規則塊状などの小鉱体が散在し、周囲に貧鉄帯やセリサイト化帯を伴うこと、②個々の鉱体の規模は数千t程度、最大でも数万t程度であり、大規模な鉱床は期待できないこと、③鉱石は一般に珪質なものが多く、良質のろう石は少ないが、局所的には紅柱石を多く含む高品位鉱も産出すること、④産出鉱物はパイロフィライト、石英のほか、紅柱石、金紅石、屑石、緑泥石、絹雲母、ヂュモルチライトなどが産出すること、などの特徴が指摘されていました。

4. 地質

この時の調査は、短時間でしたので、周囲の地質についての調査を行うことはできませんでしたが、鉱床調査に関連して2、3の知見が得られました。

鉱床内では変質が強く、原岩の組織はほとんど失われ、原岩の推定は不可能でしたが、鉱床の周辺では、長石斑晶の点在する斑状組織がよく残されており、原岩がデイサイト～安山岩であることが推定されました。一方、新湯から小倉ノ滝へいたる林道では成層した凝灰岩が認められました。

鉱床とその周辺にはかなり多くの節理・小断層が認められましたが、その方向性は優勢な順にN50～90°W, N30～40°E, N10～30°Wであり、いずれも70度以上の急傾斜でした。

5. 鉱床

本鉱床は上信越高原国立公園内に位置することから、もっぱら坑内採掘による開発がすすめられていました。「ろう石山」の南斜面、標高850m付近に、2つのレベルに坑道が展開され、採掘された鉱石は坑口より、新湯川沿いの道路まで、長さ約300mの索道で運搬され、そこからトラックで、京浜方面へ耐火物原料として出荷されていました。

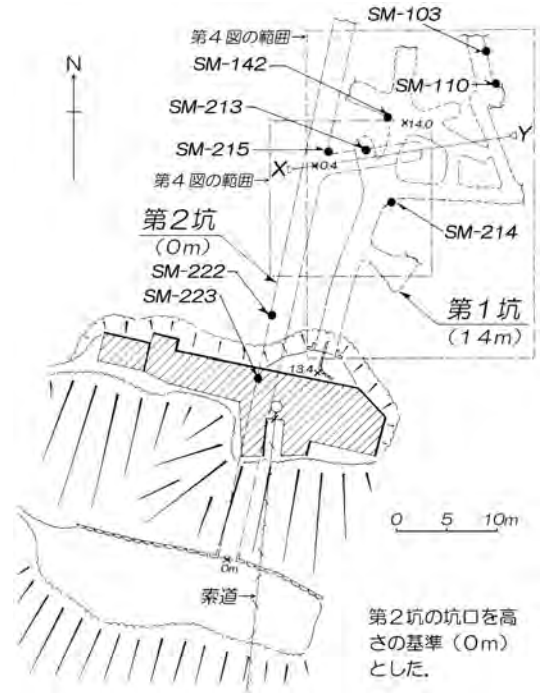
今回の調査では、まず、平板、クリノメータ、巻尺を使用し、1:1:300の坑内図を作成しました。この結果、高所側に設けられた坑道と低所側のそれとの相対的位置関係、それぞれの展開状況が第3図のように判明しました。

次にこれを使用し、坑内の地質・鉱床調査を行い、鉱床図(変質分帯図)を作成すると共に、高所側の第1坑で約60個、低所側の第2坑で約30個、貯鉱中より約10個、計約100個の試料を採取しました。

採取試料については、X線粉末回折試験(全試料)、熱分析試験(約20試料)、化学分析(5試料)を行い、これをもとに解析・考察をすすめました。

まず、各試料の鉱物組成を検討した結果、コランダム、ダイアスポア、堇青石、紅柱石、パイロフィライト、石英、カオリン、雲母鉱物、緑泥石、数種の混合層粘土鉱物、金紅石、屑石、黄鉄鉱、水酸化鉄など、多彩な鉱物が検出されました。各試料の鉱物の組合せと量比、野外調査結果から、鉱床の中心から外側に、高アルミナろう石帯、ろう石帯、珪質ろう石帯、弱変質帯、微変質帯を識別・区分し、雲母鉱物と鉄鉱物の濃集部もあわせて、第4図に示しました。

以下、各帯の産状、分布、特徴など概説してみましよう。



第3図 四万鉱山の坑道の概略。主要な試料の採取地点も合わせて示しました。

(1) 高アルミナろう石帯

コランダム、ダイアスポア、紅柱石などの高アルミナ鉱物を含む鉱石の分布する帯。一般に鉱石は白～褐色、軟質でもろく、コークス状や砂状を呈することもありました。

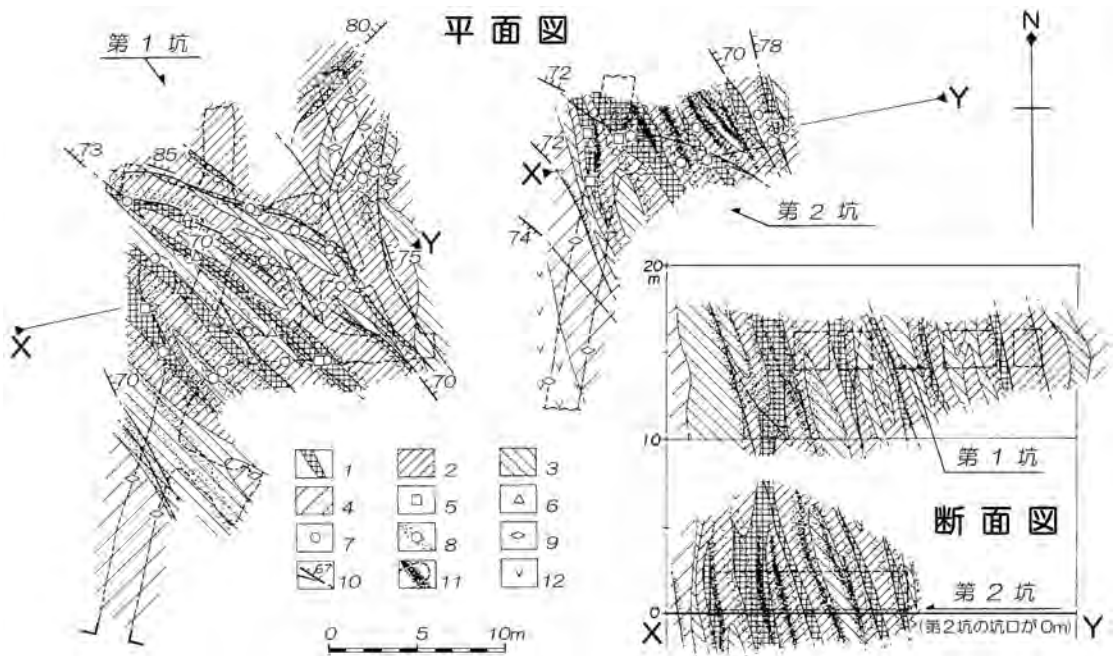
N30°～80°W方向の断層に沿って、幅最大3mの脈状を呈して分布しています。第1坑及び第2坑の中央部ではこの脈状の帯5～7本が幅15mほどの間に並走し、本鉱床の骨格を形成していました。

(2) ろう石帯

パイロフィライトを主とし、石英、雲母鉱物、カオリンなどを伴う白色～灰色、軟質で弱いろう感をもつろう石鉱からなる部分です。高アルミナろう石帯の周囲に幅10m以下の帯として分布していました。本鉱床の中心部では高アルミナろう石帯と並走するように発達し、鉱床の主体をなしていました。

(3) 珪質ろう石帯

石英、パイロフィライトを主とし、雲母鉱物、カオリ



第4図 四万鉱山の地質・鉱床図。1.高アルミナろう石帯, 2.ろう石帯, 3.珪質ろう石帯, 4.弱変質帯, 5~9は各鉱物を多く含む試料の採取地点, 5.コランダム, 6.紅柱石, 7.ダイアスポア, 8.雲母鉱物, 9.緑泥石, 10.断層・節理とその走行・傾斜, 11.水酸化鉄の濃集部, 12.微変質安山岩。X-Yは右下断面図の位置。

ンなどを伴うやや硬質な珪質ろう石からなる帯で、前二帯の外側に幅10m以下の帯をつくって鉱床の外殻として発達しているようでした。本鉱床の中央部では、細脈状の帯をつくり前二帯と並走するように分布していました。

(4) 弱変質帯

鉱床の周辺に広く分布する緑灰色～灰白色で安山岩の組織の残った弱変質岩の分布する帯。変質鉱物は雲母粘土鉱物(セリサイト)や緑泥石を主とし、カオリンや混合層粘土鉱物などが伴われ、長石はほとんど残存していません。第1坑入口付近、同北東端部、第2坑中央部付近にやや広く発達していました。

(5) 微変質帯

第2坑入口付近に発達する緑色安山岩の分布する帯で、本鉱床付近で最も変質の弱い部分です。一般に安山岩の長石類は残存し、変質鉱物としては、少量の緑泥石や雲母粘土鉱物(セリサイト)がわずかに認められるのみです。

(6) 雲母鉱物濃集部

本鉱床では、高アルミナ鉱物やパイロフィライトのほかに、鱗片状で著しい絹糸光沢をもった雲母鉱物はかなり多量に認められました。この雲母鉱物の産出する部分も、変質分帯図上に合わせて示しました(第4図)。第1坑の北東部にやや幅の広い(幅約2.5m)帯をつくって分布するほか、高アルミナろう石帯と並走する割れ目に沿って、幅数cmから1mの規模で分布しているのが多くの場所で観察されました。

(7) 鉄鉱物濃集部

本鉱床内においては、鉄鉱物(主としてゲーサイト)によって強く汚染された部分も多く認められます。この部分の分布も、第4図に合わせて示しました。雲母鉱物と同様に、高アルミナろう石帯と並走する割れ目に沿って分布していましたが、鉱床の南西側でより強く発達し、鉱床の中心部ではやや弱い傾向が見られました。



写真1 「世界一」鉱石。試料の左右が約10cm。コークス状で、表面は銀灰色。

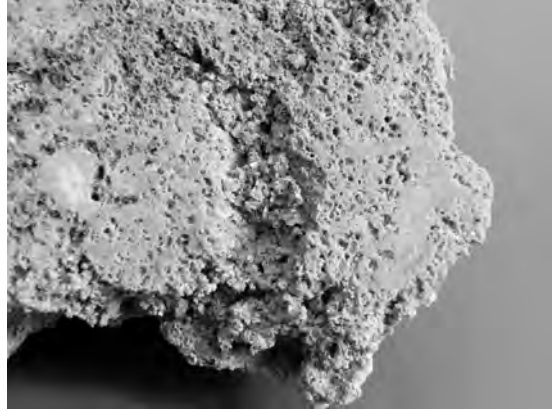


写真3 「世界一」鉱石(切断面の拡大)。内部の空隙にも雲母鉱物が付き銀灰色。



写真2 「世界一」鉱石(切断面)。鉱石内部まで多孔質です。切断面は藤色。



写真4 コランダム鉱石A(左側)と同B(右側)。5mmの篩で、篩い分けられたものです。

6. 鉱石・鉱物

(1) 一般鉱石

上述したように、本鉱床は各変質帯が細かく複雑に入り組んでおり、鉱石の品位変化が激しいこと、鉱体の規模がやや小さく、坑内採掘であること、などの理由から、品位別の選別採掘は行われていませんでした。採掘された鉱石は、一般に砂礫状で、大きな塊鉱は極めてまれでした。砂礫状の鉱石から、径20～30mmを超えるものが選り分けられますが、この礫状のものは、コークス状の高アルミナ鉱石で、「世界一」というニックネームで貯鉱されていました。次に篩分によりおおむね5mmを境に2分され、5mmアンダーのものが「コランダムA」として出荷され、5～20mmの

ものは「コランダムB」として貯鉱されていました。

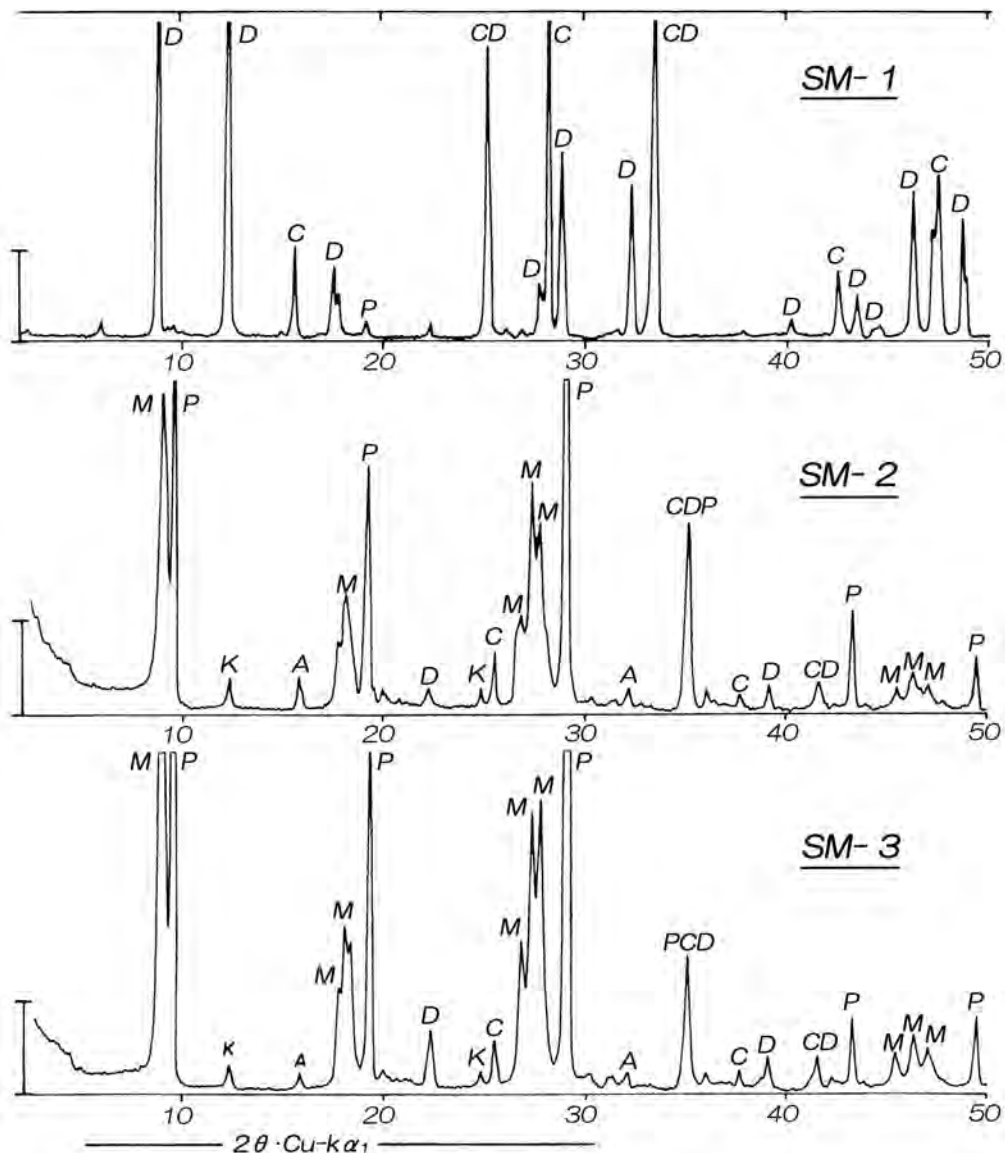
一般鉱石の粉末X線回折パターンを第5図に、T.G.-D.T.A.カーブを第6図に、化学分析値とそれに基づいて計算された粘土ノルム組成を文末の第2表に示し、各鉱石について紹介してみましよう。

A. 高アルミナ鉱石「世界一」(写真1～3)

本鉱石は、淡灰色コークス状の鉱石で、高アルミナろう石帯の中心部に脈状、レンズ状あるいはこぶ状の塊として産出します。試料SM-1のデータを図表に示しました。これらのデータから、本鉱石は、ほとんどダイアスポアとコランダムからなり、その Al_2O_3 含有量は85%近くに達する極めて品位の高いものでした。

B. コランダムA(写真4)

本鉱床の中-高品位部が採掘され混合されたもの



第5図 主要鉱石のX線回折パターン。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，K：カオリン，M：雲母粘土鉱物，A：紅柱石，D：ダイアスポア，C：コランダム。

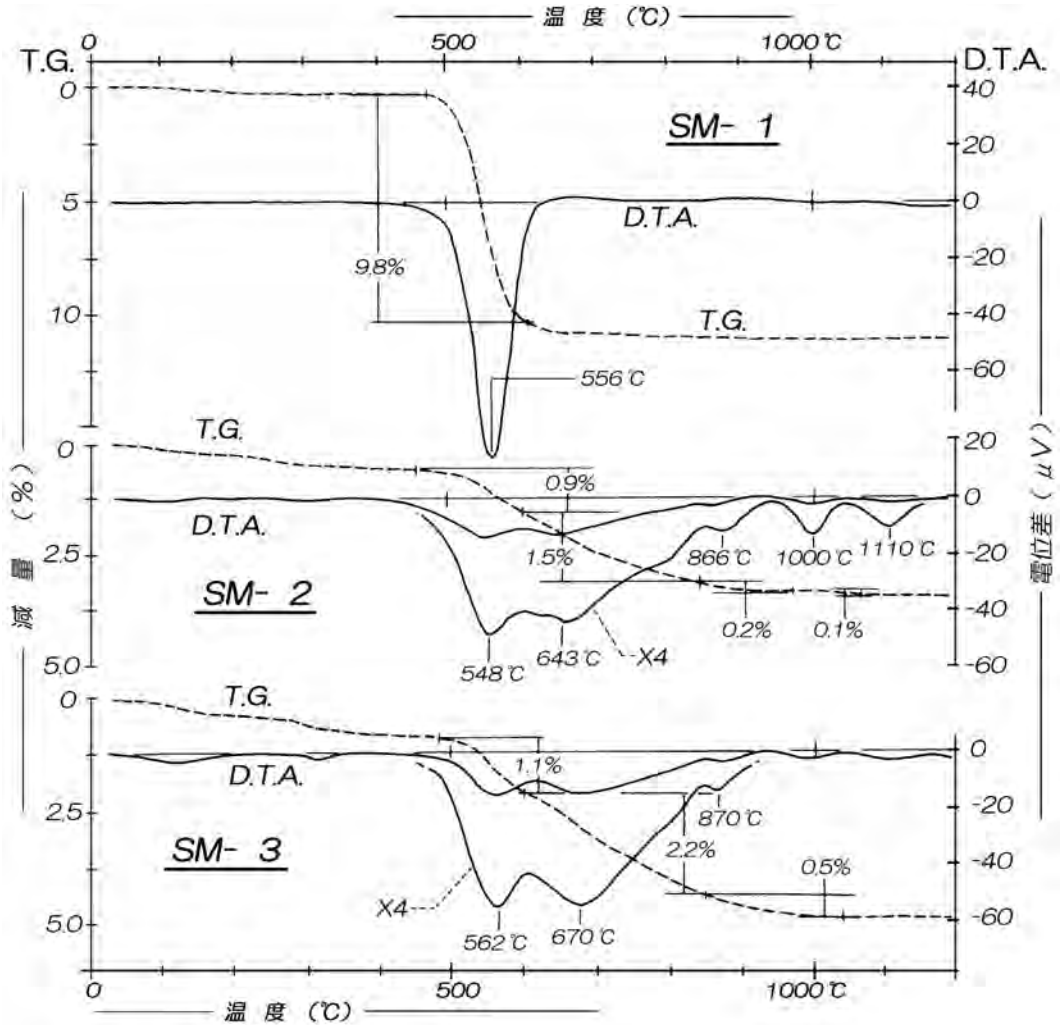
で、ダイアスポア鉱やろう石鉱の破片，砂状のコランダム，粉状の雲母鉱物などの混合物で鉄分に汚染された雲母鉱物がまぶされ，黄褐色で絹糸光沢をもつ砂礫状を呈します。

典型的試料SM-2のデータを図表に示しました。これらのデータからわかるように，鉱物組成はおおむね多い順にパイロフィライト，雲母鉱物，コランダム，紅柱

石，カオリン，ダイアスポアです。化学分析ではAl₂O₃含有率が64%に及ぶ高品位です。

ノルムコランダムは45%近いですが，雲母鉱物中に含まれると思われるNa₂Oが曹長石として計算されていることなどの理由で実際より高い値になっている可能性が高いと思われます。

C. コランダムB (写真4)



第6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. 理学電機製熱分析装置9500型を使用. SM-2, SM-3についてはD.T.A.カーブの一部を4倍に拡大して表示しました.

コランダムAの粗粒部分なので、それとほとんど変わりません。粗粒部なので岩片の比率がやや高く、粗粒部に多いダイアスポアやコランダムの比率がやや高くなっています。鉱物組成は多い順にパイロフィライト、雲母鉱物、ダイアスポア、コランダム、カオリン、紅柱石でした。

(2) 特殊な鉱石・鉱物

上記の一般鉱石として一括採掘されているものの、鉱石の単位で見ると様々な特殊な鉱石・鉱物が産出しました。この項ではこれらについて説明します。なお、これらについての粉末X線回折パターンを第7図、

T.G.-D.T.A.パターンを第8図に示しました。

A. コランダム鉱

高アルミナろう石帯中には、レンズ状、団塊状あるいは脈状にほとんどコランダムのみからなる鉱石が認められました。調査時点では、第2坑の中央部に幅2～3mのコランダム脈が認められました。このコランダム鉱は、径0.5mm前後の粗砂状で、鉄に汚染され、暗褐色を呈します。極めてよろしく、定形試料をとることはできません。このコランダム鉱(SM-215)の粉末X線回折パターンを第7図に、化学分析値を第2表に示しました。構成鉱物はほとんどがコランダムで、わずかにダイアスポア、雲母鉱物、パイロフィライトを伴い

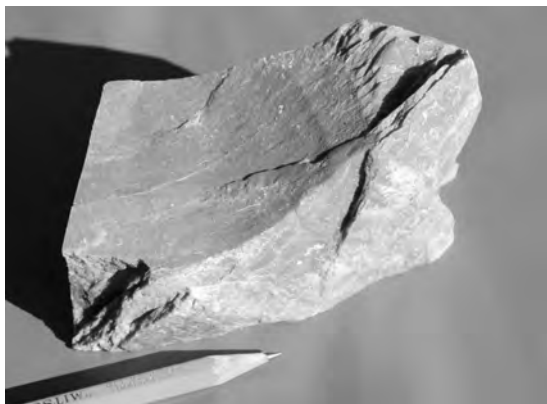


写真5 緻密な純ろう石鉍. 淡いあずき色で, 緻密で軟質です.



写真7 ろう石鉍(切断面). 雲母粘土鉍物は鉍石の内部にまで形成されています.



写真6 ろう石鉍, 割目沿いに雲母鉍物が形成され, 白色化しています.



写真8 堇青石を含む鉍石. 淡褐色のコークス状で, 切断すると堇青石が現れます.

ます. 化学分析でも Al_2O_3 含有率が90.39%と極めて高く, ノルム・コランダムは86.75%にも達しました.

B. 雲母鉍物

白色ないし淡黄緑色, 極めて軟質でもろい, 鱗片状の雲母鉍物で, 著しい絹糸光沢を示します. 多くの場合, 鉄分に汚染され, 淡褐色～赤褐色を呈していました. 板状結晶の大きさは0.1～0.5mm前後で, 2mmを越えることもしばしばです. 今回, 粉末X線回折(第5図のSM-213(W)), 熱分析(第8図のSM-124(W)), 化学分析(第1表のSM-110)などにより検討を行いました, X線回折の底面回折が3重線であること, 多量の Na_2O を含有することなど, 木崎(1976)が本ろう石の西北西約1kmの小倉ノ滝付近より報告した雲母粘土鉍物とよく一致しており, 木崎(1976)が示

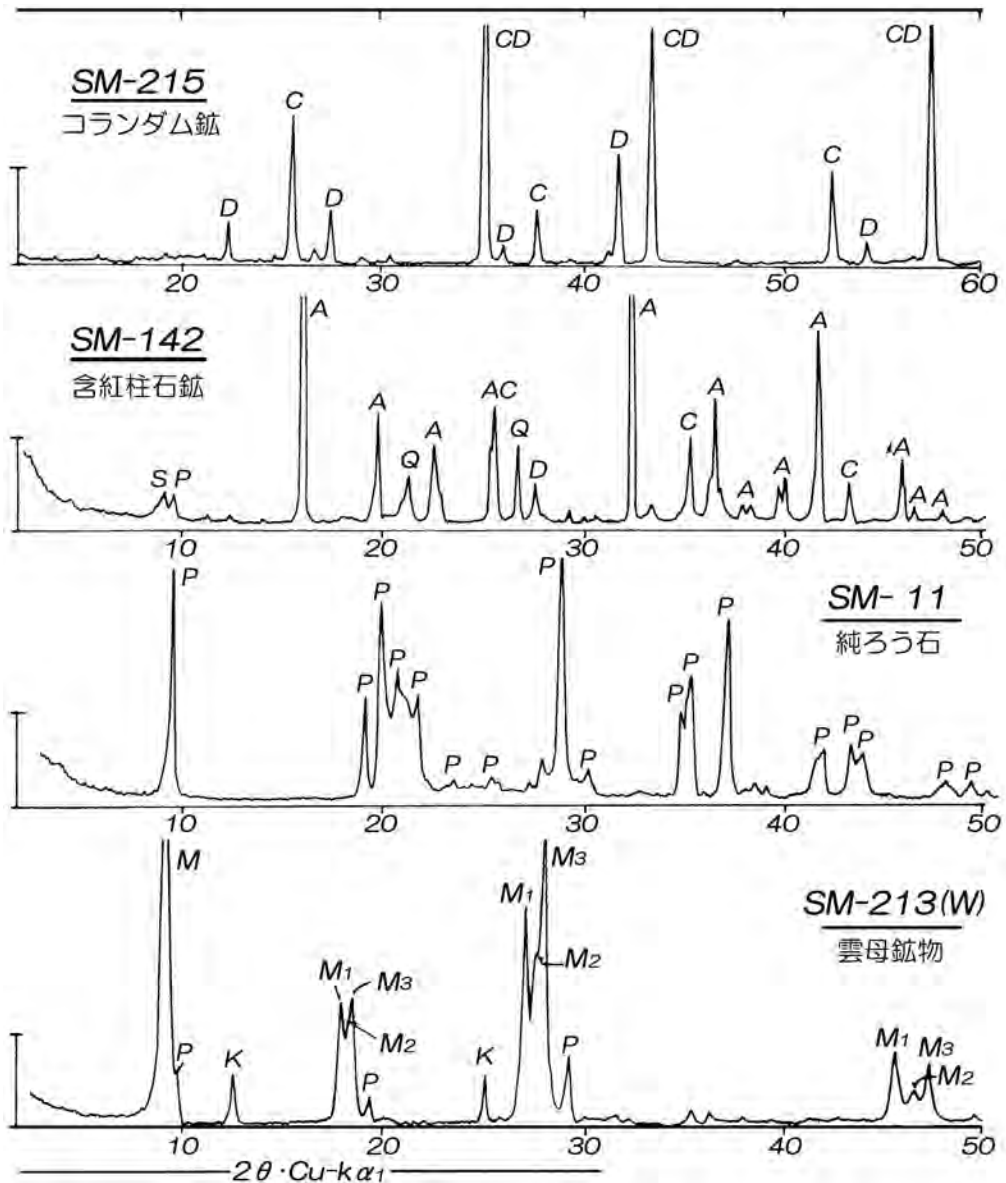
したように, この鉍物がイライトと産出のまれなソーダ雲母(プラマライト)及びその両者の固溶体の3者の混合物であることは間違いないようです.

C. 純ろう石(写真5～7)

淡いあずき色～うぐいす色, 軟質でろう感に富んでいます. 多かれ少なかれ, スポット状, レンズ状, 脈状に白色～淡緑灰色の雲母粘土鉍物が生成していました.

純ろう石試料SM-11のノルムパイロフィライトは95%に達しており, ほぼ純粋なパイロフィライトからなっていますが, このようなパイロフィライトの含有率の高い鉍石は, 今回の調査結果では, 多量に産出する可能性は少ないものと考えられます.

D. 紅柱石



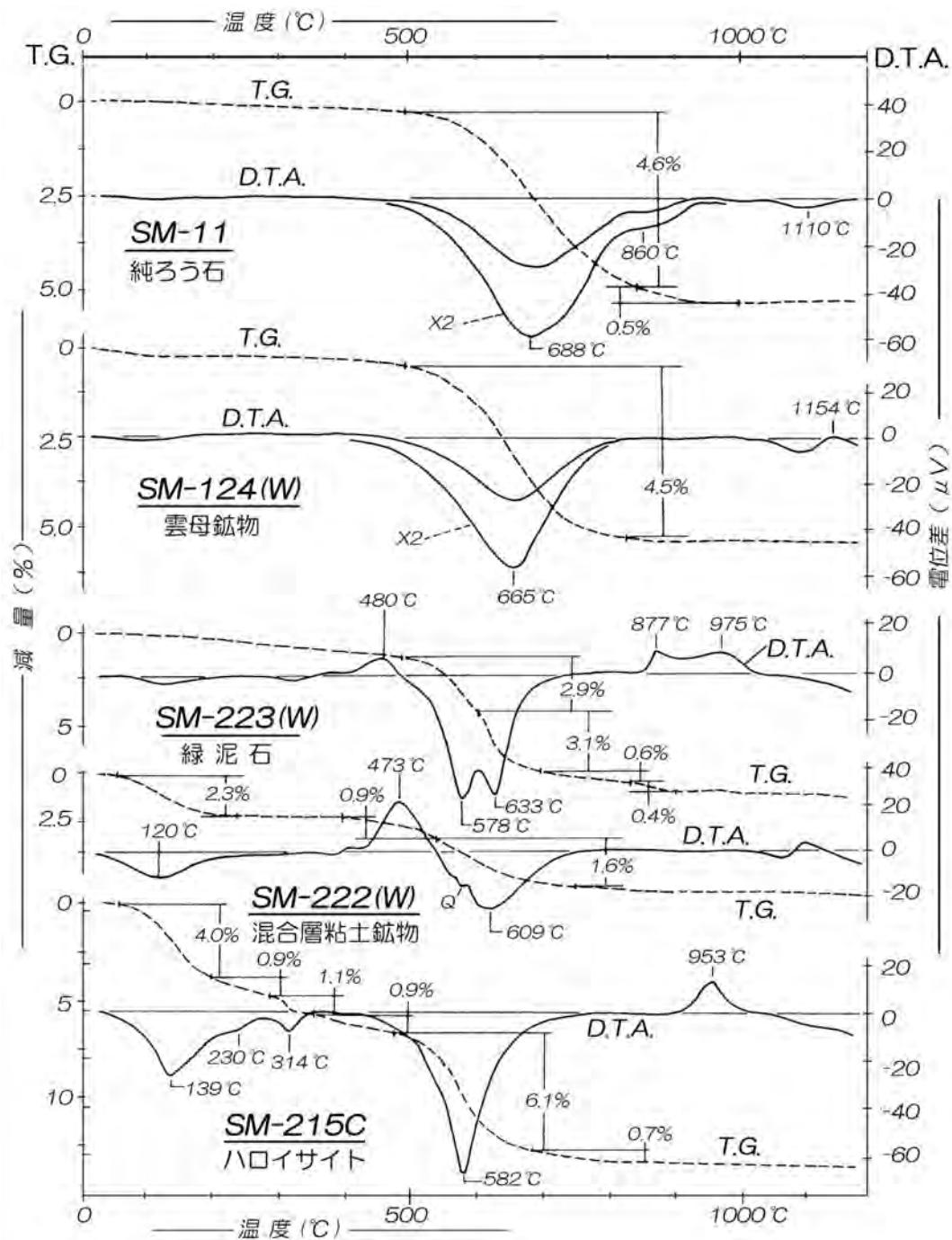
第7図 特殊鉱物のX線回折パターン。試験条件は第5図に同じ。鉱物名の略号は、Q.石英、P.パイロフィライト、K.カオリン、M.雲母粘土鉱物、A.紅柱石、D.ダイアスポア、C.コランダム。雲母粘土鉱物はわずかに面間隔の異なる3種(M1, M2, M3)の混合物であることがわかります。

紅柱石(アンダリュースサイト)を含む試料も、高アルミナろう石帯中に、点々と認められました。紅柱石を多量を含む試料SM-142のX線回折パターンを第7図に示しましたが、一般には、ダイアスポアやコランダムを含む高アルミナろう石中に少量伴われて産出する場合があります。鉄で汚染されている場合が多いこともあり、肉眼的に紅柱石の多い試料を識別する

ことは難しい状況でした。

E. 堇青石(写真8～10)

堇青石(コーディエライト)を含む試料も、高アルミナろう石帯中に、点々と認められました。一般には、ダイアスポアやコランダムを含む高アルミナろう石中に少量伴われて産出する場合があります。鉄で汚



第8図 特殊鈇石のT.G.-D.T.A.カーブ. 試験条件は第6図に同じ. SM-11, SM-124(W)についてはD.T.A.カーブの一部を垂直方向に2倍に拡大して表示しました.

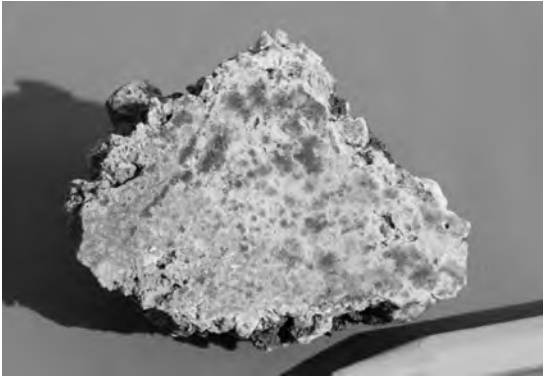


写真9 堇青石を含む鉍石(拡大). 試料の左右が約4 cm. 断面の暗色部が堇青石.

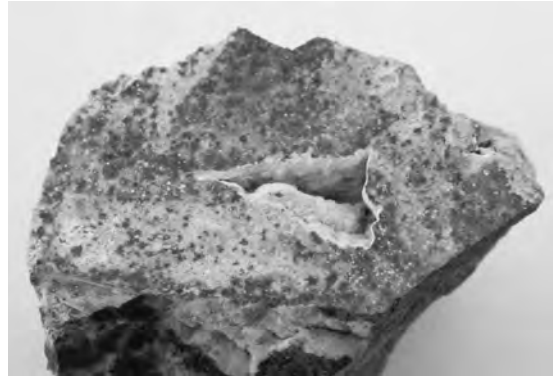
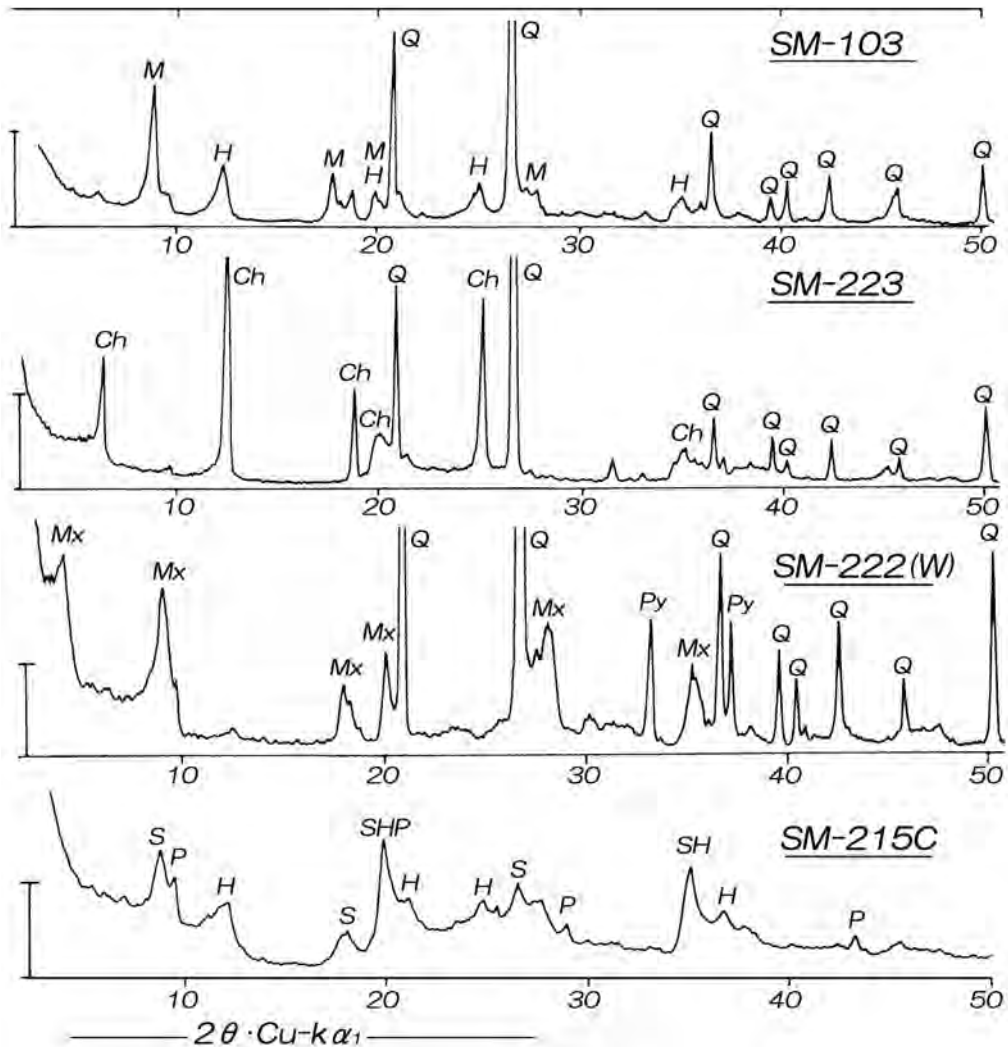
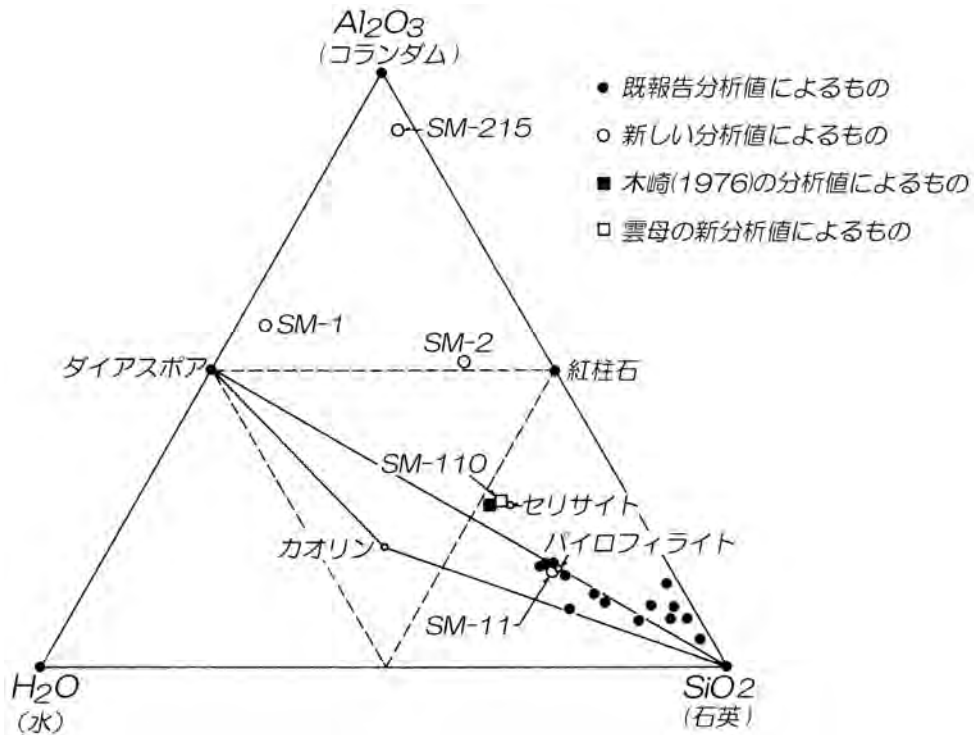


写真10 堇青石を含む鉍石(拡大). 試料の左右が約5 cm. 断面の暗色部が堇青石.



第9図 弱変質岩のX線回折パターン. 試験条件は第5図に同じ. 鉱物名の略号は, Q.石英, S.セリサイト, P.パイロフィライト, H.ハロイサイト, Mx.混合層粘土鉱物, A.紅柱石, D.ダイアスポア, Ch.緑泥石, Py.黄鉄鉱.



第10図 四方地区産ろう石のSiO₂-Al₂O₃-H₂O図へのプロット. 各成分のモル比でプロット.

染されて、褐色の瓦礫として産しますが、切断すると断面に青い堇青石が含まれる部分が確認されました。

F. その他の鉱石鉱物

ここでは詳しく触れませんが、弱変質帯の鉱石 (SM-103)、緑泥石 (SM-223)・混合層粘土鉱物 (SM-222)・セリサイトやハロイサイト (SM-215C) を含む変質岩のX線回折パターンや熱分析データを第8図・第9図に参考までに示しておきます。

7. 鉱床の形成過程

以上概要を述べたように、本鉱床は多量のコランダム、ダイアスポア、ソーダ雲母鉱物などを含む特殊なろう石鉱床です。一体どんな条件下で、どのように形成されたのか？ など、極めて興味深い問題を数多く含んでいます。

従来、本地区産のろう石の化学組成は、中村・上野 (1955) や湊ほか (1968) によって報告されています

が、これらの多くは、珪酸分の多い珪質ろう石であり、Al₂O₃含有率も10～25%程度であり、本地区からは高品位のろう石は産出しないと考えられてきました。

しかし、今回の調査の結果、Al₂O₃含有率の極めて高い、おそらく我が国で最もAl₂O₃含有率の高い鉱石を産出する鉱床であることが判明しました。

従来報告されている化学分析値と今回のそれを水 (H₂O) - アルミナ (Al₂O₃) - シリカ (SiO₂) を端成分とする三角ダイアグラム (モル比) にプロットしました (第10図)。従来報告されたものが、シリカの多い領域にプロットされるのと今回の分析値がアルミナの多い領域にプロットされるのが極めて対照的です。

このような高温で安定な高アルミナろう石を多産する鉱床の研究例はなく、その形成については、まだまだ謎ですが、今回の野外観察結果と最近の実験研究の結果から考察すると、次のような形成プロセス、形成条件が想定されるのではないのでしょうか？

①NW方向の節理に沿って熱水が侵入し、まずセリサイト、緑泥石を形成、次第に高温になるにつれて、鉱床中心部にパイロフィライト帯が発達しました。

第1表 北部フォッサ・マグナ地区のろう石鉱床と産出鉱物(藤井・井上(1971)の表に加筆)。

鉱床名	P	D	Zu	K	B	C	S	Q	その他
金 倉	○	○	△	△				△	Py, Tm, Gy, Fl, H(?)
穂 波	○						×	△	Ch, Mo, Mix, Tm, Py
佐 野	○	×		×			×	△	Py, Mo, Mix, Ep
仁 礼	○	△		×				△	Py, H, Sd
米 子	○	△	△	△	×	×		△	Tm, Ac, Ep, Py
八 幡	△			△			○	△	Py, Ch
冠 着	○	×		×			○	○	Py, An, Al, Mo, Ti
梵天山A	○	△						○	Al, Ti, He, Ru
梵天山B	×							○	Mo, H, Py
信 陽A	○	×		×			△	△	Py
信 陽B				×			○	△	Py, Ch
四 万	○	○				○	○	△	Py, Co, An, Ch
国土余地	○	×	△				×	○	Py, H

鉱物名・量の略号：P.パイロフィライト, D.ダイアスポア, Zu.ズニイト, K.カオリン鉱物, B.ペーマイト, C.コランダム, S.セリサイト, Q.石英, Py.黄鉄鉱, Tm.電気石, Gy.石膏, Fl.ホタル石, Ch.緑泥石, H.ハロイサイト, Sd.シデライト, Al.アルーナイト, Co.堇青石, Mo.モンモリロナイト, Mix.混合層粘土鉱物, Ep.緑レン石, Ac.陽起石, An.紅柱石, Al.明礬石, Ti.屑石, He.赤鉄鉱, Ru.金紅石, ○:多量, △:中量, ×:少量

②変質作用の進行に伴い、鉱床中央部にはダイアスポアも形成されるようになり、熱水の主要な通路となった部分には、ほとんどダイアスポアからなる幅数mの脈が形成されるにいたりました。

③熱水の温度が上昇し、400℃以上にも達し、熱水はガス化し、パイロフィライトは不安定となり、溶脱されて多孔質な鉱石が形成されたでしょう。ダイアスポアは脱水反応を起こし、一部はコランダムや紅柱石・堇青石へと変化し、コークス状の鉱石となったでしょう。

④温度がやや低下した時点で、Na₂OとK₂Oに富むガス-熱水が上昇し、その通路や鉱石の空隙にカリ及びソーダ雲母が形成されたでしょう。

⑤温度がさらに低下し、熱水の通路に沿って鉄分が沈着、熱水の活動は弱まり、終息しました。

本鉱床はこのような熱水変質作用の極限状態といえる高温条件、熱変成ともいふべき状況で形成されたと考えられるのではないのでしょうか？

さて、このような高温条件は四万鉱山だけの特徴なのでしょう？ 北部フォッサ・マグナのろう石鉱床群の各鉱床の産出鉱物を第1表に示しました。これを見ますと、高温環境で形成されたことを示すコランダム、紅柱石、堇青石、高温のガスから晶出することが多い

電気石、ズニイトなどが多くの鉱床で産出しています。

戦後かなりの量のダイアスポアを産出したとされる長野県東北部の米子、仁礼などでは、かつて仁礼鉱床を開発した(株)勝光山鉱業所の関係者によれば、コークス状のダイアスポアの産出など本鉱床と同様の産状が見られたようです。

このような高温環境下で形成された鉱床は、北部フォッサ・マグナ地域ではめずらしくはないようです。この地域には新第三紀花崗岩類も点在分布しており、おそらく、鉱床形成の原動力となった安山岩や新第三紀花崗岩類が地下浅所へ急激に上昇し、各所に熱水系を発生させ、その温度を急激に上昇させたのではないのでしょうか？

高温環境下で形成されたろう石鉱床は、北部フォッサ・マグナを特徴づけるろう石鉱床といえるのかもしれませんが。

第2表 四万ろう石の化学組成と粘土ノルム鉱物組成。
 化学分析は岡井貴司さん，粘土ノルムは五十嵐(1983)の方法で計算。Fe₂O₃はトータル鉄。ノルム鉱物の略号は，c.コランダム，ab.曹長石，se.セリサイト，pp.パイロフィライト，dp.ダイアスポア，he.赤鉄鉱，il.チタン鉄鉱，ru.ルチル，ap.アパタイト，ot.その他のノルム鉱物。

成分	SM-1	SM-2	SM-11	SM-110	SM-215
SiO ₂	3.14	26.59	65.00	44.47	4.04
TiO ₂	1.15	2.08	0.91	1.87	2.97
Al ₂ O ₃	84.69	64.18	28.07	37.63	90.39
Fe ₂ O ₃	0.24	0.96	0.09	2.24	0.43
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.18	0.11	0.01	0.07	0.22
CaO	0.03	0.06	0.05	0.04	0.03
Na ₂ O	0.10	1.13	0.15	2.36	0.09
K ₂ O	0.03	0.88	0.05	5.43	0.04
P ₂ O ₅	0.04	0.21	0.24	0.22	0.12
H ₂ O ⁺	10.37	2.95	5.07	4.79	0.61
H ₂ O ⁻	0.07	0.21	0.24	0.22	0.12
Total	100.04	99.32	99.74	99.27	99.03
c	25.76	44.67	—	0.74	86.75
ab	0.85	9.56	1.27	19.97	0.76
se	0.25	7.44	0.42	45.92	0.34
pp	3.66	24.96	94.19	14.93	5.04
dp	67.81	9.10	0.08	13.11	2.28
he	0.21	0.93	0.08	2.16	0.40
il	0.06	0.06	0.02	0.15	0.06
ru	1.12	2.05	0.90	1.79	2.94
ap	0.05	0.11	0.09	0.07	0.05
ot	0.27	0.44	0.31	0.41	0.41

参 考 文 献

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。
 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。
 木崎喜雄(1976)：群馬県四万温泉小倉の滝産の雲母粘土鉱物。竹内常彦教授退官記念論文集，53-61。
 湊 秀雄・鈴木俊夫・加藤和夫(1968)：ろう石(群馬県四万地区)。国内鉄鋼原料調査報告書，第6報，213-216。
 中村久由・上野三義(1955)：群馬県四万温泉および四万蝸石鉱床調査報告書。地調月報，6，351-358。
 中村庄八・久保誠二・矢島祐介・高野智由・伊藤 収・戸谷敬一郎(2006)：5万分の1表層地質図「岩菅山・四万」，群馬県。
 須藤定久(1987)：群馬県四万鉱山のろう石鉱床，陶磁器原料資源調査報告書，101-118，地質調査所。
 忠内龍男・原嶋昭三・大木博道(1963)：吾妻群中之条町四万周辺のろう石鉱床調査。有用鉱物賦存調査報告書，第1号，1-17。群馬県(タイプ印刷)。

SUDO Sadahisa (2009) : Shima roseki ore deposit, Gunma prefecture, Central Japan - On the extreme high temperature-condition of hydrothermal system -.

< 受付：2009年2月25日 >