

兵庫県北部地域 2, 3 のカオリン質ろう石鉱床について

上野 三義*

On Some Kaolin-Roseki Deposits in Northern Part of Hyogo Prefecture

by

Mitsuyoshi Ueno

Abstract

So-called kaolin-roseki deposits of the Ehara mine, Kiyotake mine, Sampo mine and Yuri mine occur in acidic pyroclastic rocks which belong to the Hokutan formation derived from the volcanism in the Miocene period.

These deposits are massive and irregular in shape in the zone of country rocks kaolinized or silicified by hydrothermal alteration.

At the first three mines the dominant minerals of the deposits are dickite, kaolinite associated with nacrite, quartz, diaspore, boehmite, halloysite and pyrite. And sometimes the writer has found veinlet and aggregation composed of dickite, fluorite and barite in the kaolin-roseki deposits as well as in the kaolinized zone around the ore bodies. The kaolin-roseki deposit of the Yuri mine is composed mainly of kaolinite, quartz and halloysite, and occasionally roseki ore of the mine contains a small amount of dickite(?), plagioclase and glass.

Generally, the kaolin-roseki ore of these deposits is within the degree of SK 33~36 in refractoriness and is used for making refractories and powder clay of high quality.

要 旨

兵庫県北部北但地域の主要カオリン質ろう石鉱床のうち城崎郡日高町頃垣地内のろう石鉱床および同郡竹野町百合谷のろう石鉱床について研究した。これらの鉱床は第三紀中新世の北但層群に属する酸性凝灰岩、酸性角礫凝灰岩中に胚胎され、カオリン鉱物を主成分鉱物とする塊状の熱水交代鉱床である。

頃垣地区のろう石鉱床は珪化帯およびカオリン化帯中に発達し大小数多くの鉱床および鉱体群が密集し、分布密度はわが国におけるこの種鉱床のうち最大である。各鉱床ともカオリナイト・デッカイトが共存し主要鉱床中にはナクライト・ディアスポール・ベーム石・デッカイト脈が含まれ、鉱床生成に関連してハロイサイト・絹雲母・螢石・重晶石・パイロフィライト・方解石などが鉱床または熱水変質母岩に生成されている。百合鉱山のろう石鉱床は比較的地下浅所で低温状態で生成されたものと考えられ結晶度の低いカオリナイト・ハロイサイト・石英からなり黄鉄鉱以外にほとんど共生鉱物を認めない。また鉱床生成後の透水分解によつて軟弱角礫状になつた鉱石が多く、品質に斑があるため耐火度による品位選別が必要である。

* 鉱床部

1. 緒 言

兵庫県のろう石鉱床生成区は中国地方ろう石鉱床胚胎地域の東端部にあたり、わが国主要ろう石産地の1つである。兵庫県下にはろう石鉱床が多くパイロフィライト質ろう石とカオリン質ろう石を産し、県中央の越知谷地区および大沢鉱山付近のパイロフィライト鉱床群を除くと県南西部、県北部のものがカオリン質ろう石鉱床に属している。

筆者は継続研究業務の一環として昭和35年11月に約20日間にわたつて県北の鉱床のうち城崎郡日高町の品川三方・清滝および江原鉱山が稼行する鉱床と城崎郡竹野町地内の百合鉱山の鉱床について研究を行なつた。これらはいずれも主要なカオリン質ろう石鉱床に属し熱水変質作用の過程、鉱石の組成鉱物などについていくつかの新しい事実が明らかにされた。鉱床の現地調査、鉱石の処理に関して品川白煉瓦K.K.、大阪窯業耐火煉瓦K.K.、川崎炉材商事K.K.、関西モルタル鉱業所の各位から諸便宜が与えられたことに対し記して深謝の意を表する次第である。

2. 品川三方・清滝・江原鉱山のカ

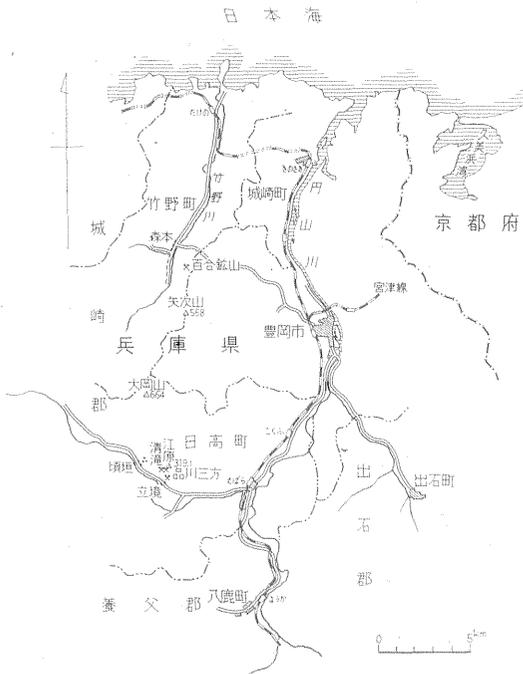
オリソ質ろう石鉱床

2.1 位置および交通

品川三方・清滝および江原の3鉱山はろう石鉱床が密集する地域内で近接して稼行しているもので、兵庫県城崎郡日高町大字頃垣地内および庄境地内にある。

大阪から播但線和田山經由または山陰本線で江原駅に下車し、これより栗栖野行全但バスで庄境に至れば徒歩約15~25分で各山元に達する。鉱石の搬出は江原鉱山が頃垣回りで江原駅まで約8km、品川三方鉱山および清滝鉱山の貯鉱場からは約6kmをトラックによる。

当地域は冬期に約1mの積雪をみるが坑内採掘が主で鉱石の出鉱、運搬に支障はない。



第1図 ろう石鉱山位置交通図

2.2 地質概要

当地域は兵庫県北部円山川の中流西部山地を占め、第三紀火山活動期の噴出岩類が広く発達する地域である。円山川の支流稲葉川流域には標高700m以下の緩い山地が起伏し、鉱床付近は標高約200m程度の小山が多く、当地域最高の蘇武嶽(1074.7m)は鉱床の西方直距約8kmにあたる。

鉱床付近の地質は第2図に示されるように第三紀の噴出岩類はろう石鉱床付近において下部から輝石安山岩の熔岩・安山岩質集塊岩・石英安山岩質凝灰岩の順序で累積し最上部に流紋岩がこれらを覆っている。稲葉川流域の低地帯には含橄欖石玄武岩が露出している。

輝石安山岩および安山岩質集塊岩は斜長石と輝石の斑

晶がみられ暗灰色または灰緑色を呈する。輝石安山岩は稲葉川沿いの北側斜面に露出し灰曹長石($Ab_{45}An_{55}$)と普通輝石・紫蘇輝石を斑晶とする複輝石安山岩で輝石類の緑泥石化が著しく磁鉄鉱・燐灰石・榴石が石基中に含まれる。当地区の石英安山岩質凝灰岩は熱水変質作用の影響を受けカオリン鉱物、絹雲母で置換され原岩の組織を認め難いものが多いが、未変質地域では淡緑灰色を呈しN約60°E、約20°NWの走向、傾斜を示す層理が発達し角礫凝灰岩を伴っている。

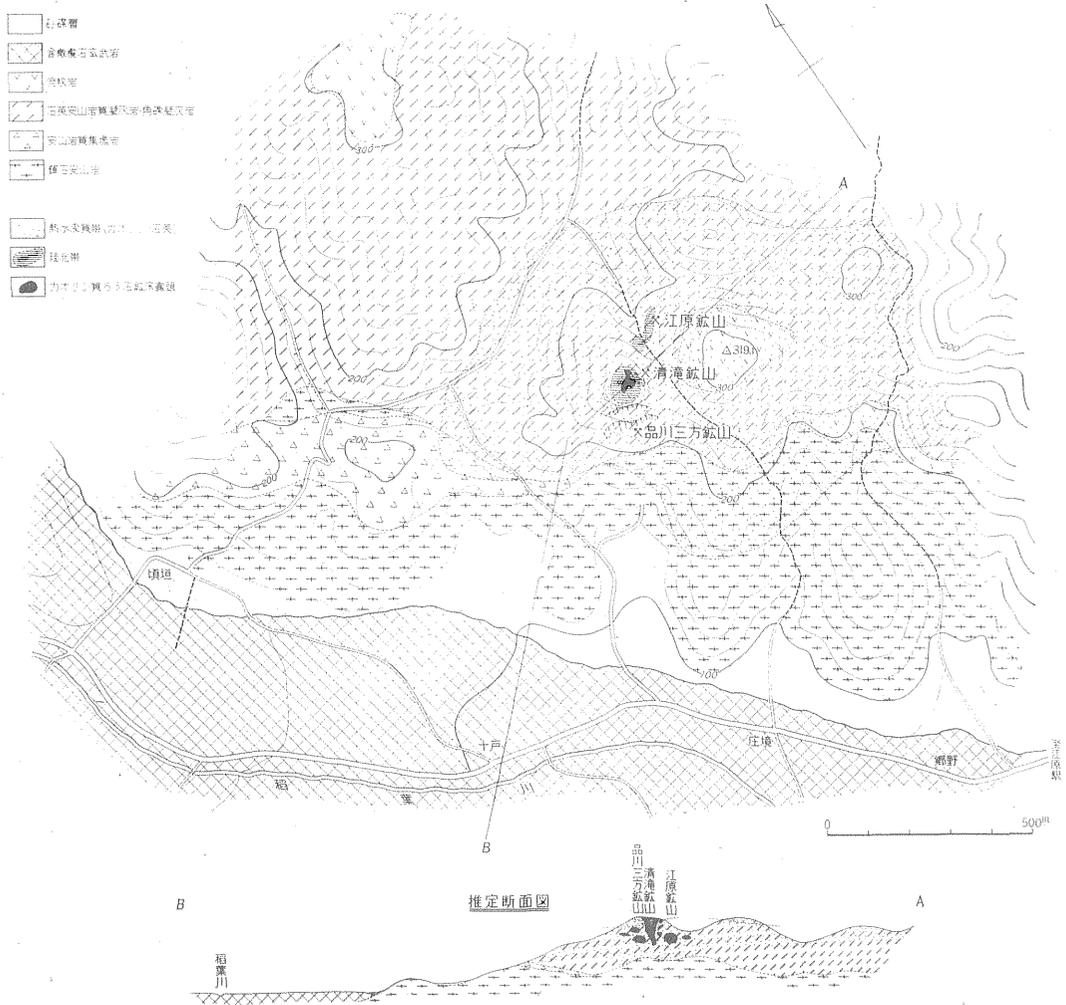
流紋岩は独立標高点319.1m、清滝鉱山旧露天採掘跡などの山地頂上付近に露出し、また石英安山岩質凝灰岩中にも岩床状に流紋岩岩脈が狭まれている。顕微鏡下では径0.5~2mmの融食形石英および曹灰長石($Ab_{70}An_{30}$)の斑晶と微珪長質石基からなり、鉱床賦存地域の上部ではカオリン質ろう石鉱床母岩の一部をなしている。

含橄欖石玄武岩は板状節理が発達し暗灰色緻密質のもの、黒色多孔質粗鬆のものなどの外観を示す。曹灰長石・橄欖石と少量の普通輝石が斑晶をなし粗面岩組織の石基中には磁鉄鉱・橄欖石が多い。

当地域の第三紀噴出岩類の火成活動期に関する最近の研究¹⁾²⁾によると、鉱床付近の安山岩および安山岩質集塊岩は八鹿類層に、またこれを覆う石英安山岩質凝灰岩を主とする碎屑岩類を豊岡累層に含め中新世初期のものと考えられている。したがって当地区カオリン質ろう石鉱床の生成は中新世初期の火成活動に伴う後火成作用によるものか、あるいはこれ以後の熱水作用によつたものと推考される。

2.3 カオリン質ろう石鉱床

当地域のカオリン質ろう石鉱床は三角点319.1m山地に連なる西側の丘陵性小山地を中心として酸性凝灰岩・流紋岩・角礫凝灰岩・安山岩などを交代した熱水変質帯の中に胚胎され、カオリン鉱物を主要構成物とした塊状の交代鉱床である。鉱床の母岩はおもに石英安山岩質凝灰岩および角礫凝灰岩であるが、鉱化作用は火山碎屑岩類を覆う流紋岩および下部の安山岩に及び、鉱床の生成範囲は探鉱、開発の状況から丘陵性山地を主要な鉱床群生地区として東西約200m、南北約180mが推定され、わが国では最も鉱床賦存密度の高い地域をなしている。鉱床分布範囲が広いこと、露天採掘による地表部分の荒廃等によりこれらの全貌を明らかにしえないが現在稼行中の坑内から総合した鉱床の分布状態は第3図に示されるとおりであり、鉱化帯の最上部に発達する珪化帯に囲まれた長径約50mに達する清滝鉱山稼行の主要鉱床は露頭下約70mが確認されている。この主要鉱床の周辺には大小幾多の鉱床があり、鉱床密集地域の南半部を品川三方鉱山が、また北東部を清滝鉱山および江原鉱山がそれぞれ坑内採掘を行なっている。



第2図 江原・清滝・三方鉱山付近の地質図

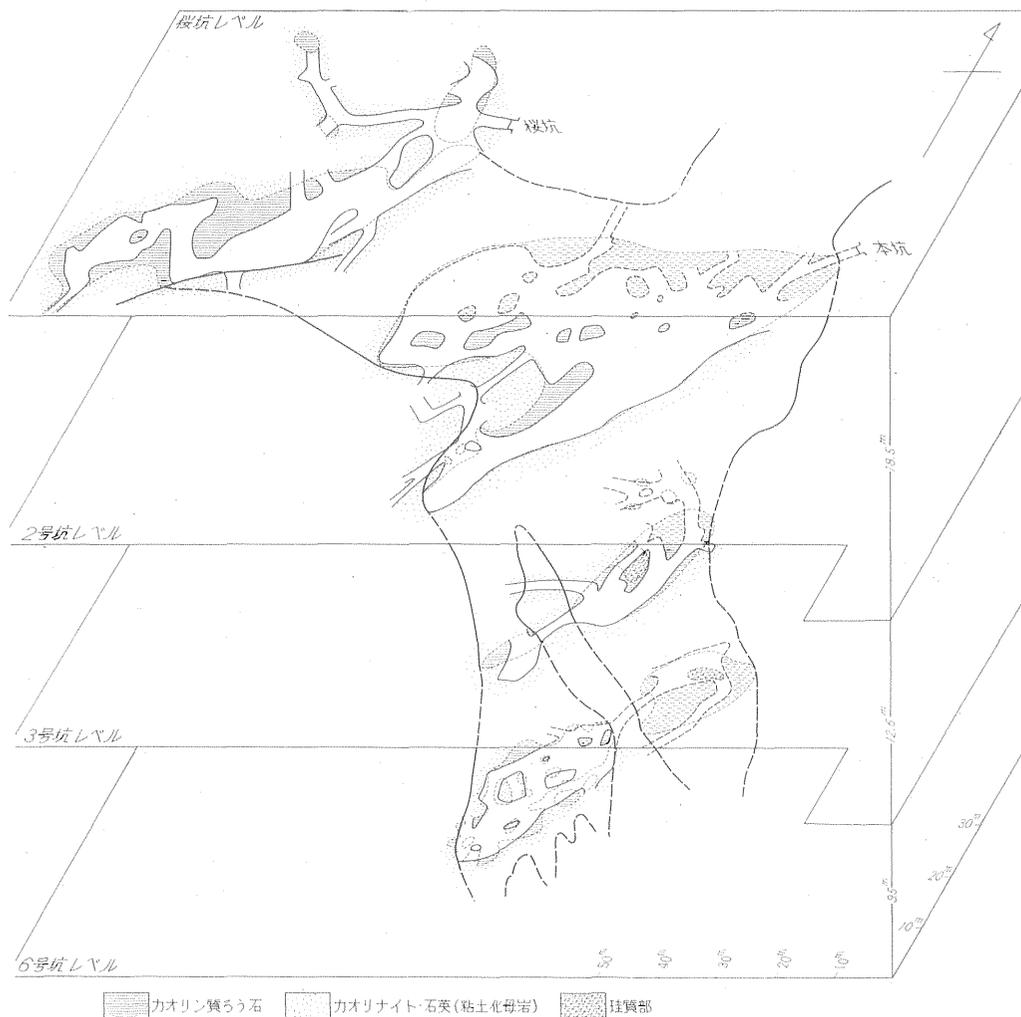
一般に鉱化帯の中心部には下部に長い塊状鉱体が多く、周辺に近い小規模の鉱床には扁平で地質構造に支配されて緩く北へ傾斜するもの、石英安山岩質凝灰岩と安山岩との境界に沿って発達するものなどがある。

鉱床の形状は一般に不規則塊状をなすが円筒形状のもの、扁平レンズ状または芋状のもの、緩斜する脈状のもの、球状のものなどきわめて雑多な形状を示し、その規模は径1m前後のものから最大長径約70mに達するものまでである。この中でも比較的大規模な鉱床の中には塊状の珪質部が伴われ鉱床下部は数条の支脈に分かれて尖

滅する傾向がある。当地域最大の鉱床である清滝鉱山の主要鉱床は地表下約15mまでが堅硬な珪化帯に囲まれ深部はカオリナイト・ハロイサイトおよび石英からなる粘土帯中に胚胎されるが鉱床のほぼ中央部で長径約70m、短径約50mの富鉱体を形成し、その上下がそれぞれ2つの鉱体に分岐して地表ではアミーバ状の分布を示している。また鉱床の下部ほど珪質または粘土化母岩を挟有することが多く、中石と称する磨石の量に富んでくる。坑内調査によつて鉱床の形状の1例を示したのが第4図である。



第 3 图 江原・清滝・品川三方鉱山の境内鉱床分布概念図



第4図 清滝鉱山主要鉱床形態模式図

各鉱床ともカオリナイトまたはデッカイトが主要鉱物をなす緻密塊状鉱石からなり、両鉱物が混在している鉱石も少なくない。鉱床中には3~5%程度の石英を含むのが普通であつて、比較的大きな鉱床には鉱染状または網脈状に細粒のペーム石およびディアスポールが生成され、全般的に黄鉄鉱・水酸化鉄に乏しく「ダイアス鉱」と称するペーム石またはディアスポールの集合体付近にはやや黄鉄鉱の含有量が多い。本地域のカオリン質ろう石鉱床は鉱物組成が単純かつ品位変化に乏しくほとんど明礬石の生成をみないのが特徴であつてパイロフィライト鉱床中から産する「目玉ダイアス」、「塊状ダイアス」などのような鉱石を認めず鉱床を貫くカオリン脈、密集する鉱床付近の熱水変質（カオリン化・モンモリロン石化）母岩の中に細脈状または小塊状をなすカオリン脈はデッカイトであり、鉱床と母岩中に螢石の晶出をみるの

はこの種ろう石鉱床でめずらしい産状を示している。デッカイト脈は特に江原鉱山の主要鉱床ならびに周辺の母岩にみられ、清滝鉱山の各鉱床に観察され、乳白色ないし淡緑色を呈し厚さ1~30mm、長さ1~20m程度の細脈が多い。これらの細脈のうち10種類の試料をX線回折試験した結果すべての回折像がデッカイトに同定されたので代表的なデッカイトのX線粉末回折線を第1表に示す（図版1および図版5参照）。

明らかに鉱床生成後に貫いたと考えられるデッカイト脈は鉱床を造る構成鉱物のデッカイトより結晶粒が大きく結晶度も高く鉱床生成の末期にアルミナ成分に富んだ温度の高い残液によつて晶出されたものと推考される。

江原鉱山の鉱床：江原鉱山の鉱区内には石英片を伴う酸性凝灰岩・安山岩および安山岩質角礫凝灰岩中に塊状鉱床が胚胎され、おもに珪化された酸性凝灰岩の下部

第1表 デッカイト脈のX線粉末回折線

清滝鉱山6号坑産						江原鉱山5号坑下り産					
I	d	I	d	I	d	I	d	I	d	I	d
5	7.907	5	2.939	15	1.789	4	7.90	8	2.94	20	1.79
100	7.134	3	2.844			100	7.13	4	2.84	2	1.71Br
5	5.726	9	2.796			5	5.71Br	10	2.79	25	1.67
20	4.440	12	2.558	28	1.651	19	4.44	12	2.56	16	1.65
15	4.375	24	2.507			16	4.37	20	2.50	2	1.61Br
10	4.266	27	2.386			12	4.27	36	2.38	2	1.58
30	4.129	46	2.323	12	1.556	31	4.12	44	2.32	16	1.55
10	3.965	6	2.209Br	11	1.487	10	3.96Br	7	2.21	10	1.48
27	3.795	3	2.107			26	3.79	5	2.10Br	2	1.46Br
88	3.570	25	1.974	2	1.456Br	92	3.57	25	1.97	2	1.45Br
16	3.432					17	3.43	4	1.93Br		
4	3.282	3	1.893Br			4	3.27	6	1.89		
								8	1.86		
6	3.099	6	1.823			5	3.10				

南側にあたるカオリン化変質帯中に長径3~10m, 厚さ1~3m前後の鉱床が生成されている。各鉱床は北東または北へ緩傾する偏平レンズ状ないしアミーバ状を示すが本鉱山の南端鉱区には最大長径約30mに達する芋状の主要鉱床は酸性凝灰岩および角礫凝灰岩を交代し安山岩に接し, その境界に沿って発達している。各鉱床はデッカイトまたはカオリナイトの集合体からなるSK34~35+程度の鉱石で構成され, 特に主要鉱床ではほぼ中心部にディアスポール, またはベーム石の微晶を含む「ダイアス鉱」があり, 鉱床の周辺部には黄鉄鉱が鉱染し珪質部が発達する。また主要鉱床と粘土化安山岩との接触部に細脈状または空洞を填した重晶石の存在を川崎炉材KK花岡完が報告している。

清滝鉱山の鉱床: 清滝鉱山の鉱区のうち三角点 (標高319.1m) から南西に約250m隔てた山地 (標高284.6m) の山頂一帯には薄い珪化帯が発達し, 鉱床は珪化帯とその下部にあるカオリン化粘土帯中に胚胎され, 当地域最大の清滝鉱山主要鉱床を中心として周辺に小規模の不規則塊状鉱床が散在する。また地表近くの鉱区北側にはやや石英含有量が多く東西延長約40mの偏平帯状鉱床があり主要鉱床までの間の珪化帯中にきわめて多くのカオリン質ろう石小鉱体が密集している。当鉱区の地表に近い部分の大半が採掘され現在主要鉱床の桜坑・本坑・2号坑・3号坑および6号坑で坑内採掘が行なわれている。主要鉱床はカオリナイト, またはデッカイトからなり, 少量の石英・ディアスポール・ベーム石を含む緻密質のろう石によって構成され地表下約20mまでの間は水酸化鉄の浸透した淡褐色の鉱石が多い。また鉱床内には石英に富む塊状部“ギシ”を伴ないこの珪質部と黄鉄鉱の含

有は鉱床の深部に向かって増加する。一般に主要鉱床とカオリン化母岩とは断層またはすべり面をもつて接し, 鉱床内にはE-W性の小断層およびNNW-SSE方向の平行亀裂が発達する。厚さ0.3~7cmのデッカイト脈は亀裂中に発達し, 他の鉱床よりもデッカイト脈の生成が著しい。

品川三方鉱山の鉱床: 品川三方鉱山は鉱化帯南部を開発し延長20~70m, 厚さ5~20mの中~大規模鉱床が密集する地域で1号坑から6号坑までの坑道による採掘が行なわれている。鉱床は主として石英安山岩質碎屑岩類を母岩とした偏平塊状, 膨縮の著しいアミーバ状のものが多く鉱化帯の下部には安山岩を交代した径10m前後の小鉱体が散点する。各鉱床間を取りまく変質母岩は石英・カオリナイト・絹雲母などからなる粘土化帯で小塊状のカオリナイト集合体が角礫状に生成されたものおよび数t~数10tの小鉱体が点在する。

当鉱山の各鉱床には珪質の部分, カオリン化原岩の含有が少なく大規模鉱床のなかにはディアスポールを伴なう耐火度SK35+~37+の部分が認められる。

2.4 母岩の変質と鉱化作用

江原・清滝・品川三方の3鉱山を含む熱水変質粘土化帯は東西約1.5km, 南北約0.5kmの範囲にわたり, カオリン化作用・絹雲母化作用・モンモリロン石化作用などの影響を受けている。このうち鉱床密集地域では清滝鉱山と江原鉱山の一部に跨つて熱水変質帯の最上部に珪酸に富み多孔質の珪化帯が形成され, その周辺ならびに下部に発達するカオリン化帯が鉱床生成の中心地を占めている。熱水変質帯の深部における母岩の変質状態は明らかでないが地表下約70mの鉱床周辺はカオリナイト・

兵庫県北部地域2, 3のカオリン質ろう石鉱床について (上野三義)

ハロイサイト・石英を主とし未変質長石・絹雲母を含む粘土帯であり、上部より珪化帯-カオリン化帯の累帯配列を認める。

鉱床周辺のカオリン化帯は一般に乳白色塊状のものが多く径0.006~0.02 mmの石英、径0.001~0.007 mmのカオリナイトからなり、絹雲母・ハロイサイトが含まれる。また品川三方鉱山1号坑で採取したカオリン化帯のX線回折像には石英・カオリナイトとともに12.50Å, 1.48Åに反射線が現われる加水絹雲母および9.24Å, 4.60Å, 3.06Åの反射線によりパイロフィライトの存在が認められる。

カオリン化帯と未変質安山岩との遷移関係が明瞭に観察されるのは品川三方鉱山の4号、5号および6号坑の立入坑道内だけであるがカオリン化帯の外側に幅10~20 mの範囲に石英・絹雲母および少量のカオリナイトからなる絹雲母化帯があり、この中で乳白色粘土状のものと鉱床に近い母岩のX線粉末回折線図を第5図に示した。熱水変質帯の外縁部は絹雲母化帯を経て漸次脱色が弱まり緑色味を増して未変質安山岩に移化するが、熱水変質作用の影響のきわめて軽微な安山岩および角礫凝灰岩中には微細な菱鉄鉱の生成が顕著でまたしばしば割れ目または小孔を満たす方解石が認められる。これらの性状から鉱床を中心とした外方への熱水変質程度はカオリン化帯-絹雲母化帯-炭酸塩鉱物、絹雲母を含む微変質帯の累帯配列が形成されているものと推定され、上昇熱水が行なった交代作用の程度と温度変化の相違に基いた生成鉱物の組合せと考えられる。

また鉱床胚胎地域には鉱床の生成に関連してハロイサイト・螢石・重晶石・方解石脈などが生成されているが、これらの鉱物は産状ならびに共生関係からみてカオリン質ろう石鉱床生成末期の鉱化作用によるものと考えられる。特に螢石は鉱床内部および江原鉱山立入探鉱坑道の絹雲母化凝灰岩中で結晶度の高いデッカイト粘土に包ま

第2表 随伴鉱物のX線粉末回折線

江原鉱山 産 螢 石		江原鉱山絹雲母化帯 中のデッカイト粘土				品川三方鉱山絹雲母 化安山岩中の方解石			
I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
8	3.49	5	7.96	12	2.56	2	3.85	13	1.81
100	3.14	100	7.14	12	2.52	50	3.39	7	1.74
2	2.76	6	5.70	24	2.50	27	3.28	4	1.72
1	2.53	24	4.43	45	2.38	100	3.02	3	1.62
5	2.50	30	4.36	52	2.32	7	2.73	3	1.60
1	2.34	20	4.27	8	2.21	17	2.70	4	1.55
2	2.13	39	4.11	6	2.10	36	2.48	2	1.52
85	1.92	17	3.96	26	1.97	10	2.41		
40	1.64	35	3.79	3	1.89	11	2.38		
2	1.57	95	3.58	7	1.86	36	2.34		
1	1.53	24	3.42	25	1.79	10	2.27		
			6	3.27	37	1.65	11	2.19	
			4	3.14	17	1.55	40	2.10	
			4	3.10	12	1.48	5	2.08	
			10	2.94			55	1.97	
			6	2.84			7	1.90	
			12	2.80			26	1.88	

れて産することは注目に値する (第2表参照)。

2.5 鉱石の性状と組成鉱物

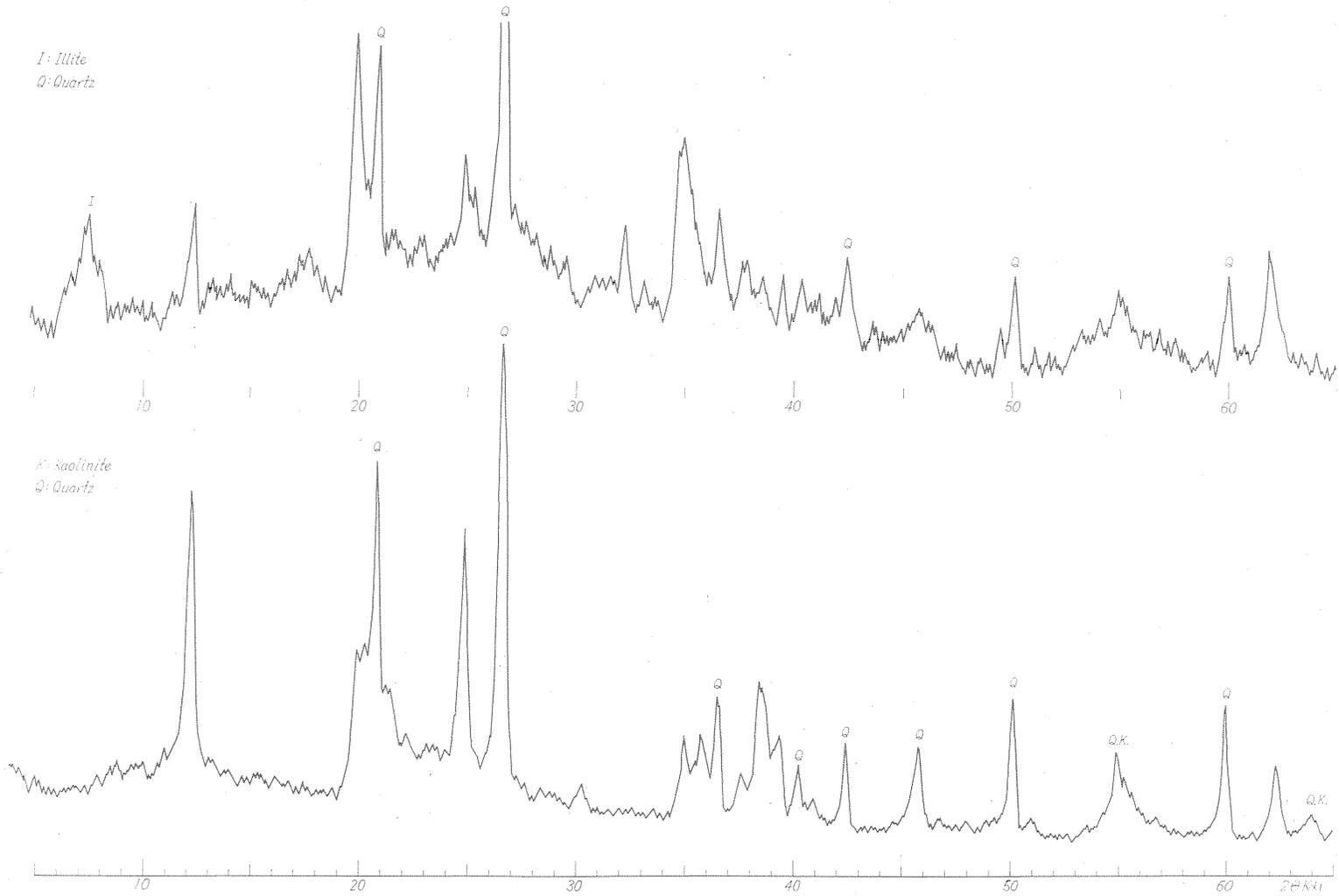
当地域のカオリン質ろう石鉱床から産する鉱石は一般に外観、鉱物組成、耐火度に類似性が強く、乳白色、透明感のある白色、淡灰色を呈するものが多い。色調には淡黄色、淡緑色、淡紅色などもあり、水酸化鉄が浸透した場合は淡褐色ないし淡紫灰色また微晶黄鉄鉱の多いものほど暗灰色を呈する。これらの鉱石は緻密質塊状で脂肪感またはろう感に富み破面に貝殻状断口を示すものがあり外観からろう石と呼んだものと思われる。鉱石の耐火度は一般にSK34~36程度であるが石英含有量の多い

第 3 表

江原 鉱山 主要 鉱床		清 滝 鉱山 主要 鉱床	
鉱石試料の性状、位置	耐火度 SK	鉱石の性状、位置	耐火度 SK
1号坑1号下、淡緑色軟質、採掘ずみ鉱床	35+	本坑2号坑、淡灰色ろう感強し	36-
5号坑下、乳白色脆軟塊、小鉱床	33+	3号坑、淡黄褐色光沢なし	36
1号坑5号下、光沢なし、ディアスポールを含む	36-	3号坑、灰紫色やや風化	34-
1号坑4号上、珪質、灰色部を伴なう	33+	6号坑、淡褐色味、やや硬い	34
3号坑上、ディアス鉱	36	6号坑、乳白色緻密軟質	36
3号坑、灰白色緻密、土質鉱	36		
3号坑上、淡褐色ろう感強く貝殻状断口あり	36+		
4号坑下、灰色透明感あり	35+		
5号坑下、淡灰色割れ目に褐色縞模様あり	36-		

(川崎村K.K. 研究所測定)

(大阪窯耐K.K. 日生工場 原料研究係測定)



第5图 品川三方鉱山6号坑内の絹雲母化粘土

兵庫県北部地域2, 3のカオリン質ろう石鉱床について (上野三義)

ものおよびFe₂O₃ 1%以上のものはSK33~34を示し、
ディアスポールおよびベーム石を含むろう石でもSK36
~37+であつて当地域でダイアス鉱として出荷する特殊
ろう石でもSK37以上の鉱石は少ない。

採取試料のうち若干の鉱石について耐火度試験を行な

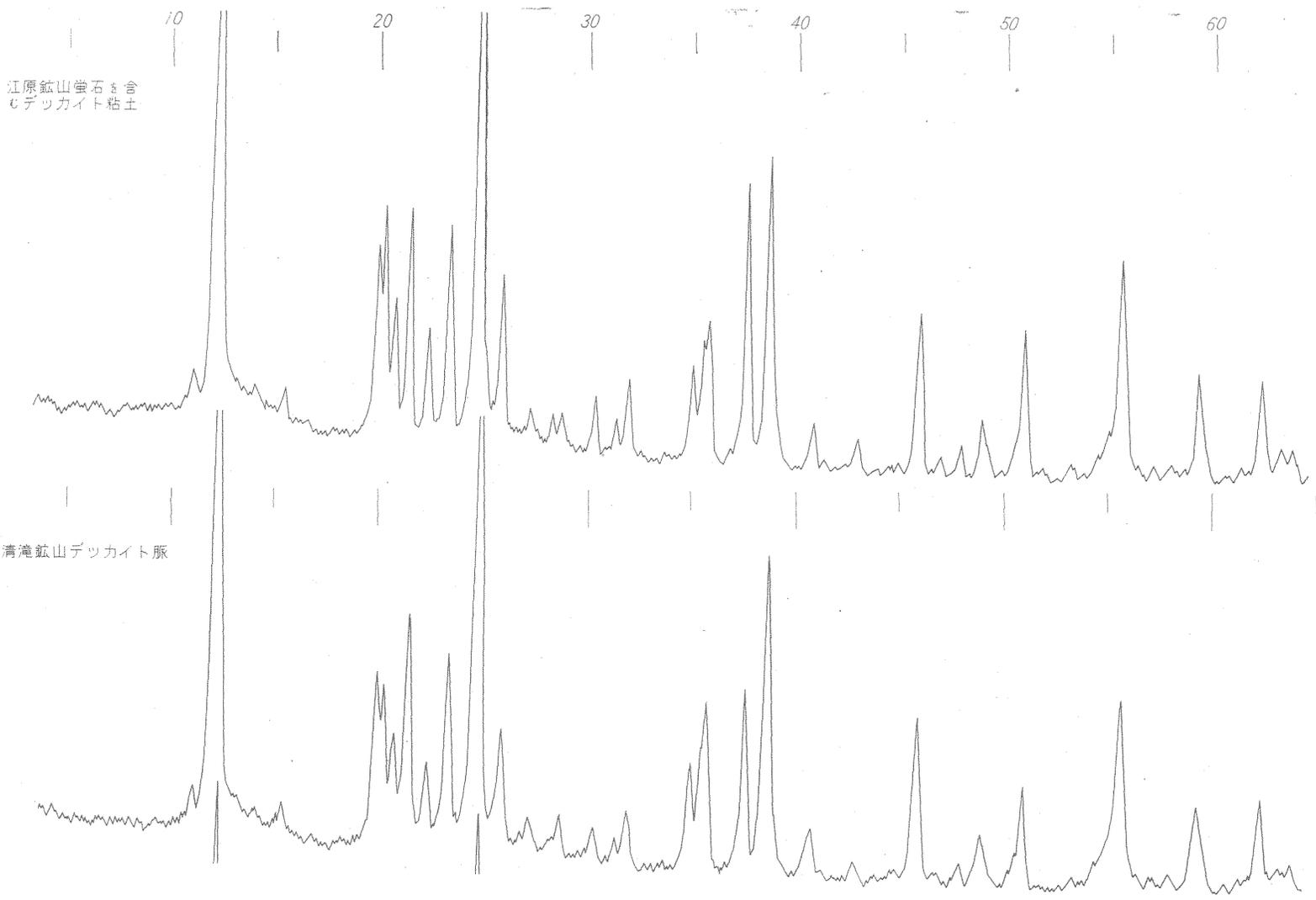
つた結果を第3表に示す。

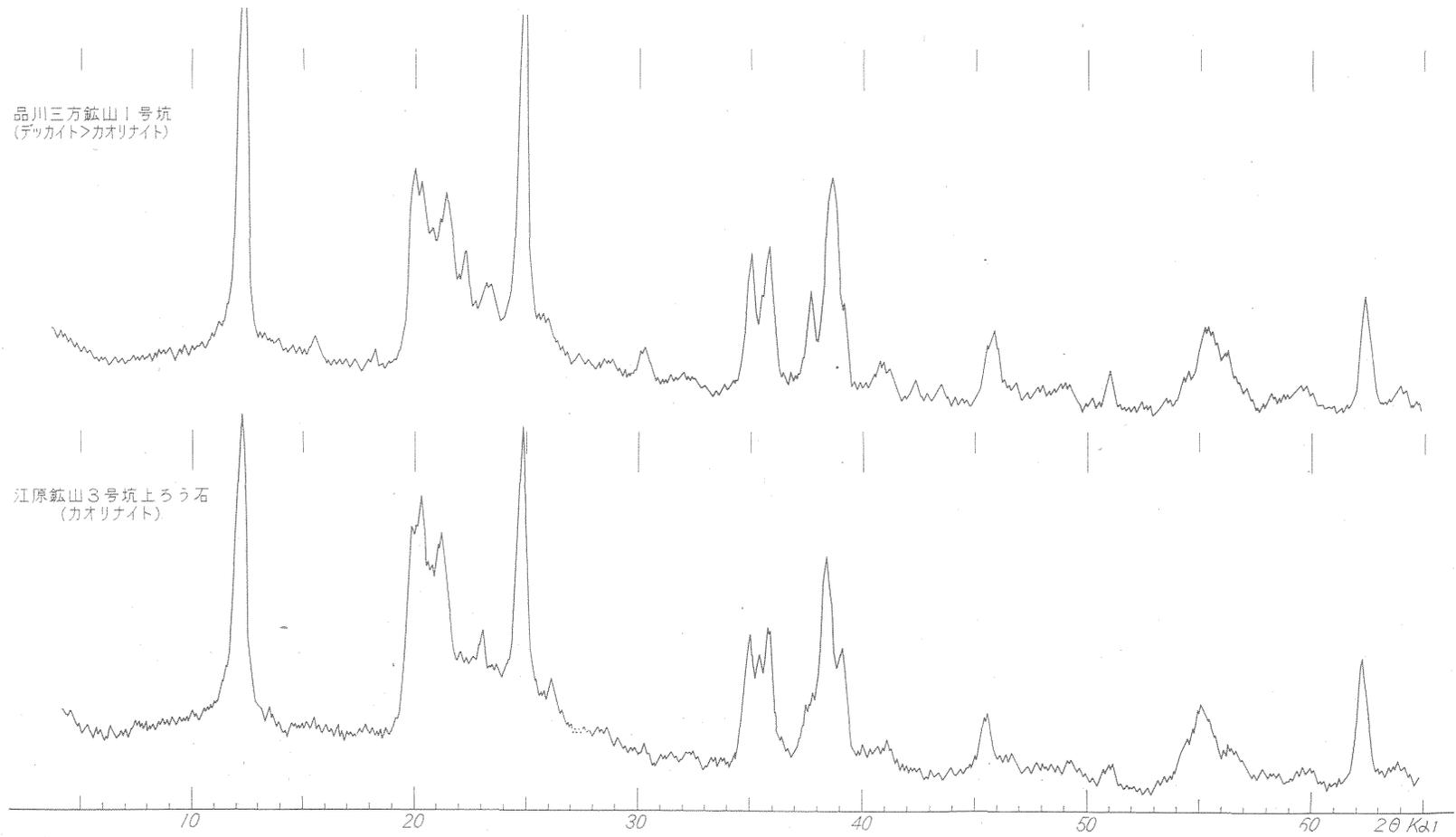
多くの鉱床から得た鉱石について顕微鏡観察とX線回
折像から決定された鉱物組成は耐火度SK36以上の良質
鉱はカオリナイトかまたはデッカイトの集合体でごく少
量のディアスポール・ベーム石・石英などを含むものが

第 4 表

江原鉱山産ベーム石ろう石		鉱物	岡山県三 ⁴⁾ 石産ベーム石		Böhmite (α -Al ₂ O ₃ , H ₂ O) ASTM 5-0190			品川三方鉱山産含ディアスポールろう石		広島県勝花山産ディアスポール		Diaspore (β -Al ₂ O ₃ , H ₂ O)			鉱物
I	d (Å)		I	d (Å)	I	d (Å)	hkl	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	hkl	
100	7.155	K						100	7.16						D
65	6.128	B	SS	6.11	100	6.119	020	4	5.71						
45	4.454	K								95	4.70	13	4.71		
16	4.370	K						40	4.44						D
30	4.18	K						10	4.38						D
10	3.835	K						2	4.27						D
95	3.572	K						14	4.15						D
10	3.388	K						12	3.99Br	70	3.98	100	3.99		
30	3.159	B	S	3.16	65	3.164	021	7	3.81Br						D
24	2.565	K						93	3.57						D
5	2.527Br	K						7	2.96~ 2.94Br	10	3.22	10	3.214		D
27	2.499	K													
10	2.397Br	K						27	2.56	50	2.55	30	2.558		
55	2.345	K, B	MS	2.34	53	2.346	041 130	27	2.50						
18	2.300	K													
3	2.204Br	K						27	2.50						D
13	1.991Br	K, B	WW	1.98	6	1.980	131	16	2.38	20	2.38		3	2.434	
3	1.942Br	K								100	2.35		8	2.356	
3	1.896Br	K						45	2.33						D
9	1.859Br	K, B	SS	1.85	32	1.860	150			60	2.31	56	2.317		
					27	1.850	002								
6	1.845Br	K						9	2.21Br						D
5	1.787Br	K, B	W	1.77	6	1.770	022	5	2.13	50	2.13	52	2.131		
24	1.662Br	K, B	MW	1.66	13	1.662	151	4	2.07	75	2.08	49	2.077		
6	1.648Br							15	1.97Br						D
4	1.581		MW	1.53	6	1.527	080								
27	1.488	K											3	1.90	
2	1.469	K						9	1.79	5	1.81		8	1.815	
7	1.453Br	K, B			16	1.453	132						3	1.733	
										10	1.71	15	1.712		
								2	1.68Br				3	1.678	
								10	1.65Br						D
								2	1.63	30	1.63	43	1.633		
										12	1.61	12	1.608		
										27	1.57	4	1.570		
								4	1.55Br						D
										6	1.52	6	1.522		
								27	1.48	25	1.48	20	1.480		D
								3	1.43Br			7	1.431		

K : Kaolinite
D : Dickite
B : Boehmite





41—(245)

第6図 カオリン鉱物のX線粉末回折線

ある。当地域でダイアス鋳と称する鋳石には 0.02~0.15 mmのディアスポール結晶が散在し、また長さ0.03±mmの長柱状ベーム石が放射状に含まれ、両鋳物の量が多いほど光沢と透明度が乏しい。

耐火度 S K 33~34程度のやや珪質鋳には径 0.02~0.08 mmの石英が15~30%含まれベーム石が散点する。副成分鋳物には微細な黄鉄鋳・褐鉄鋳不透明塵状鋳物を認め原岩の石英斑晶を含むものがある。鋳石のなかにはX線回折線からデッカイトとカオリナイトの混合体と考えられるもの、ハロイサイトを伴うもの、鏡下で絹雲母ないしパイロフィライトの細脈を含んだものがある。

ダイアス鋳に関して、品川三方鋳山1号坑北端の鋳床ではディアスポール、デッカイトの共生関係が見られ、江原鋳山主要鋳床3号坑切り上り坑内では結晶度の高いカオリナイト中に生成されているが、このことは両鋳物の生成環境考察の試料になりうると思われ、第4表にX線粉末回折線を示した。

江原・清滝・品川三方の3鋳山に属する多くの鋳床の中でディアスポール・ベーム石・石英が密集している部分は少なくX線回折像ならびに化学成分上からも耐火度 S K 35~36の軟質ろう石はデッカイトまたはカオリナイトからなっている。第5表に示すX線回折像には採取試料すなわち鋳床別および同一鋳床でも異なつた場所においてはそれぞれカオリナイトの集合体とデッカイトの集合体からなっていることがわかるが、同一鋳床内でカオリナイトとデッカイトとの同質異像がいかなる配列を示すかは将来に残された課題となつた。

鋳石中のカオリナイトおよびデッカイトは一般に径 0.5~1.5μで六角板状の微細な結晶でカオリナイトは堆積粘土鋳床に産するものより結晶度が高く、また3鋳山の鋳石中にはデッカイトおよびカオリナイトが混在するX線回折像が現われたものがあり、武司秀夫の研究⁹⁾によれば品川三方鋳山の鋳石で径約30μのカオリン鋳物集合はデッカイトとナクライトとからなっていることが報告されている。

第5表以外にデッカイトには 1.32Å の強い線が現われ、鋳石におけるデッカイトとカオリナイトの混合物は 1.65Å および 1.32Å の回折像の強さによつて判別される。

鋳石およびカオリン鋳物の化学成分：各種ろう石の分析値に示される主要成分は SiO₂ 43~68% (石英 2~40%), Al₂O₃ 23~41% (カオリン鋳物60~95%), H₂O +8.5~14.5% の範囲にある。次におもな鋳石とカオリン鋳物の分析結果を示すと第6表のとおりである。

ろう石の示差熱分析試験結果： 若干の試料について 100°C以下に加熱変化のないことを確かめ、10°/lminの増温による 1,000°C以下の吸熱、発熱状態は第7図の示

第5表

鋳石鋳物としての デッカイト		鋳石鋳物としての カオリナイト							
品川三方鋳山1号坑含ディアスポールろう石		江原鋳山1号坑淡灰色ろう石 (カオリナイトを含む)		江原鋳山1号坑緑色ろう石		清滝鋳山桜坑乳白石ろう石		品川三方鋳山1号坑純白ろう石	
I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
100	7.16	100	7.166						
	45.71		65.682	27.89					
				100	7.165	100	7.15	100	7.16
				35.704Br					
	40	4.44	28	4.440	30	4.457	32	4.45	28
	10	4.38	8	4.366	15	4.366	7	4.36	10
	24	2.27	6	4.260	34	2.279Br			3
	15	4.15	14	4.163Br	20	4.171	12	4.17	17
	10	3.99Br	3	4.008Br	44	0.15Br			3
	8	3.81Br	5	3.798Br			33	3.97Br	3
	9	6.57	8	9.578					3
				14	3.348	10	3.847	4	3.84Br
				10	3.847	9	3.575	9	3.57
	7	2.96~			5	3.434~			4
		2.94Br	10	2.947	3	3.380Br			3
	2	2.56	2	2.560					
	2	2.50	2	2.504					
	1	6.38	1	6.385	3	2.958	4	2.95	
	4	2.33	4	2.330	3	2.562	2	2.56	2
	1	2.29					2	2.52Br	7
	6	2.21Br	5	2.209Br	2	2.504	1	2.50	2
	5	2.13			1	2.386	1	2.38	1
	1	5.97Br	1	5.984	3	2.337	3	2.33	3
					2	2.301	1	2.30Br	1
					5	2.199Br	3	2.19Br	4
					1	7.988	1	7.99	8
	8	1.79	7	1.789					3
					3	1.946Br			
	3	1.68	4	1.685	3	1.896Br	2	1.93Br	3
	1	1.65Br	1	1.659-1.650Br	7	1.791	5	1.78Br	5
	3	1.63Br	3	1.627Br	3	1.687~1.667Br	2	1.68	9
					7	1.558-1.542Br	1	1.66	1
	2	6.48	2	6.487Br	1	1.662~1.657Br	3	1.65	1
	4	1.43Br			6	1.624Br	3	1.62Br	3
					4	1.548Br	2	1.54Br	3
					3	0.489	3	1.48	3
					4	1.453	5	1.45Br	5

差熱分析曲線図に示した。

当地域ろう石鉱床におけるカオリン鉱物の示差熱分析試験結果はカオリナイトが590~625°Cの間で吸熱反応ピークを示し、デッカイトは630~660°Cの吸熱および960°C以上の発熱反応ピークを示す。(4)の455°C発熱は黄鉄鉱の分解によるものである。3鉱山から産するカオリン鉱物の特徴は堆積成カオリナイトより吸熱および発熱反応ピークの温度が高く広島県勝光山地域のパイロフィライト鉱床に伴なわれるカオリナイト・デッカイトに近似している。

2.6 沿革および現況

各鉱山別に鉱床開発史をあげると次のとおりである。

品川三方鉱山：大正初年にカオリン質ろう石を陶磁器原料として出荷し同2年以後は専ら品川白煉瓦K. K. が稼行している。昭和17年に山元一県道間のトラック道路が造られるまでは人背によつて鉱石を搬出した。現在月間約500tの生産量と従業員約40名を数える。

江原鉱山：大正年間に鈴木商店が開発し、昭和13年に日生耐火煉瓦K. K. が採掘権をえて自社原料に利用したといわれる。昭和17年に日生耐火煉瓦K. K. が川崎製鉄K. K. 炉材部に併合され昭和21年に川崎炉材K. K. に採掘権が譲渡された。山元は昭和18年~昭和24年の間休止し、現在月約350~500tの出荷量がある。

清滝鉱山：大正5年頃明礬を生産する目的で浅田化学工業K. K. が開発し、大正10年頃橋本治男が採掘して大阪窯業K. K. に出荷した。現在大阪窯業耐火煉瓦K. K. が鉱業権をえて耐火物原料、クレー原料などに月約200~300tの鉱石を生産している。

鉱業権関係は次のとおりである。(昭和37年現在)

鉱山名	品川三方	江原	清滝
登録番号	兵庫県採登第303号	兵庫県採登第254号	兵庫県採登第302号
鉱種	ろう石	ろう石	ろう石
鉱区所在地	兵庫県城崎郡日高町頃垣	兵庫県城崎郡日高町頃垣	兵庫県城崎郡日高町庄境
面積	2,391アール	1,903アール	1,270アール
鉱業権	東京都千代田区大手町2-4 品川白煉瓦K. K.	岡山市東田町53 川崎炉材商事K. K.	大阪市北区梅ヶ枝町164 大阪窯業耐火煉瓦K. K.

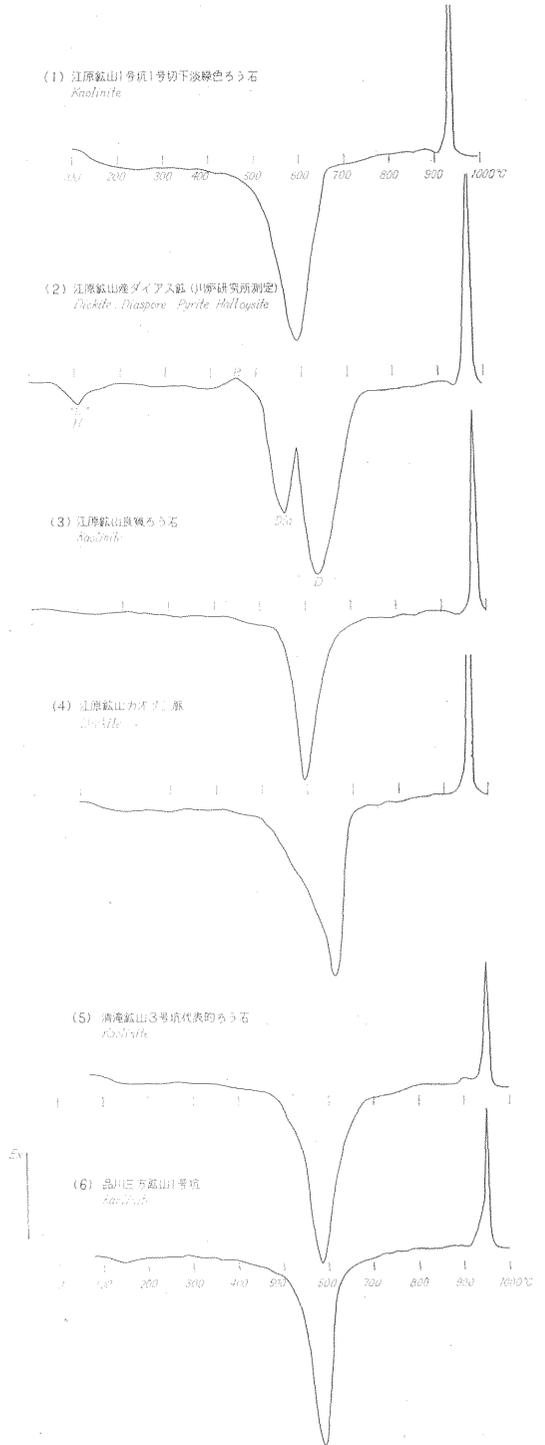
最近の年間生産量を表示すれば次のとおりである。

鉱山名	1958年	1959年	1960年	1961年	用途
品川三方	3,514	3,898	4,991	5,581	耐火物
江原	1,933	5,111	3,348	5,466	耐火物
清滝	1,499	1,739	2,600	2,387	クレー耐火物

(通産省鉱物生産年表による)

3. 兵庫県百合鉱山のカオリン質ろう石鉱床

位置および交通： 百合鉱山が稼行する鉱床は兵庫県城崎郡竹野町大字森本字百合谷地内にあり、豊岡市の北



第7図 カオリン鉱物の示差熱分析曲線図

第6表

成分 wt. %	1 清滝鉱山 ろう石	2 江原鉱山 良質ろう石	3 江原鉱山 珪質ろう石	4 江原鉱山 ダイアス鉱	5 品川三方鉱山 ダイアス鉱	6 江原鉱山 デッカイト脈		カオリン の理論値
						wt. %	Mol prop	
SiO ₂	43.34	45.72	49.72	23.86	38.53	45.31	.754	46.5
TiO ₂	0.33	0.04	0.80	0.03	0.27	0.00		
Al ₂ O ₃	40.16	39.71	34.44	61.38	44.69	40.17	.394	39.5
Fe ₂ O ₃	0.52	0.53	1.60	0.27	0.64	0.14		
MgO	0.03	0.12	0.32	0.03	0.03	tr.		
CaO	0.00	0.15	0.26	0.06	0.00	0.00		
MnO	n. d	0.07	0.06	n. d	n. d	0.00		
Na ₂ O	0.44				0.31	0.24		
K ₂ O	0.01				0.01	0.01		
H ₂ O+	14.04	Ig. loss:14.12	Ig. loss:13.18	Ig. loss:14.94	14.30	13.89	.772	14.0
H ₂ O-	0.70				0.74	0.35		
S					0.33			
Total	100.05	100.46	100.38	100.58	99.85	100.11		100.00
耐火度 SK	35+	35	34	37+	36+	35+	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Mor. ra+)	
鉱物	カオリナイト				デッカイト ディアスポール		1.91	1.99

1, 5, 6: 地質調査所化学課山田貞子技官分析。- 2, 3, 4: 川崎畑村K. K. 三石工場研究課分析

試料産地	吸熱ピーク °C	発熱ピーク °C	組成鉱物
(1) 江原鉱山1号坑, 淡緑色ろう石	595	935	カオリナイト
(2) 同上産ダイアス鉱 (川炉資料)	110 560 630	455 968	デッカイト ディアスポール ハロイサイト
(3) 同上良質鉱	598	975	カオリナイト
(4) 同上5号坑下, デ ッカイト脈	660	965	デッカイト
(5) 清滝鉱山3号坑, 乳白色ろう石	587	950	カオリナイト
(6) 品川三方鉱山1号 坑, 代表的なろう石	590	950	カオリナイト

西直距約 9km に位置する。山元に至るには山陰本線竹野駅から竹野川沿いの旧鳥取街道を南へ約 12km 行くと森本に達し、これから三根川支流の百合谷を約 1km 上ると標高約 200m の山地に鉱床がある。森本までは江野坂トンネルを通る全但バスが豊岡駅から出ているが、鉱山専属のモルタル工場が竹野町にあるため山元一工場間約 13km は鉱石をトラックで運搬する。当地方は山陰地方特有の湿潤地域で秋に降雨量多く、冬期間は尺余の積雪がある。

地質および鉱床： 鉱床付近は第三紀火山活動期の安山岩類および火山砕屑岩類が発達する地域でこれを大別すると森本地区竹野川流域には複輝石安山岩・同質角礫凝灰岩および淡緑色緻密の凝灰岩が分布し、これを覆って標高約 100m 以上の山地には斜長石英粗面岩と同質の

火山砕屑岩類が分布している。安山岩質火山岩は緑泥石化、炭酸塩化作用を受け緑泥石が集合する green-patch および榴石を伴う方解石細脈が含まれ、酸性火山岩類は絹雲母が生成されたもの、ガラス質物が微珪長質に変化させた部分を伴っている。これらの火山岩噴出時期は日高町ろう石鉱床付近のものと同様に中新生と考えられ、前者は八鹿累層に後者は豊岡累層中にまとめられている。

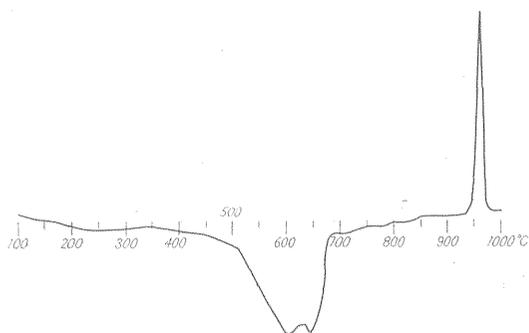
鉱床はおもに石英粗面岩質凝灰岩および同質角礫凝灰岩を母岩とする熱水交代鉱床で、カオリン化された熱水変質帯はほぼ東西方向に約 250m 発達しこの中にカオリン鉱物を主要鉱物とするろう石鉱床が胚胎される。鉱床は地表近くで生成されたもので不規則塊状を示し露天丁場のほぼ中央部においてモンモリロン石化された安山岩に接している。百合鉱山鉱区境界線をなすNW-SE方向の尾根の東側は珪質のカオリン化帯が発達する。露天丁場80m×50mの範囲内における鉱床は小塊状、レンズ状または角礫状のろう感に富むSK35~36の良質鉱とやや石英含有量の多いSK30~34程度の鉱石とから構成され、良質鉱からなる富鉱部は延長2~10m、幅10~100cmである。また鉱床の割れ目に沿ったカオリン脈および黄鉄鉱が鉱染する珪質部には径数cmの緻密なカオリン集合体が斑点状に含まれる。本鉱床は永年の雨雪により分解粘土状を呈するものが多く、探鉱、開発が進んでいないため鉱床の性状は詳細に観察できないが周辺のカオリン化帯とは漸移しこの種鉱床に随伴しやすいディアスポ

ール、明礬石などは認められない。

一般の鉱石は径0.3~1.5 μ のカオリナイト・ハロイサイトおよび石英の集合体で石英の含有量は10~50%で品位変化がある。透明感のある緻密塊状部でも数~10%程度の径0.003mmの石英を含んでいる。本鉱床に生成されたカオリナイトのX線粉末回折線を見ると、江原・清滝・品川三方鉱山のカオリナイトより結晶度が低い。ハロイサイトはろう感の強い良質塊状鉱に少なく鉱床の中でも石英粗面岩質凝灰岩を母岩としてカオリン化作用の弱いSK30~32程度の脆弱粘土に多く含まれ、X線粉末回折線の10.15Åに弱い線が現われる。また試料によっては未変質斜長石・ガラスを含むものがある。

代表的なカオリナイトおよび石英からなる試料のX線粉末回折線は第7表のとおりである。

また珪質ろう石中にみられるカオリン鉱物の集合体の示差熱分析曲線図は第8図のように、595°C、637°Cの吸熱反応ピークおよび967°Cの発熱反応ピークはカオリナ



第8図 百合鉱山のろう石の示差熱分析曲線図

イトとデツカイトとの混合物であることが考えられ、さらに検討を要する。

若干の鉱石の分析結果は第8表のとおりである。

沿革・現況：本鉱床は昭和14年頃岩崎藤吉が最初に山元を開発し第二次世界大戦中少量の鉱石が出荷された。昭和21年に関西モルタル鉱業所が買山し以来竹野製粉所に鉱石を送り加工している。昭和27年頃には山元は活況を呈し約600t/月を採掘したが最近ではモルタル用粉材とし約100t/月を大谷重工業・大谷製鋼・昭和電極などの各社に出荷している。

鉱業権者： 大阪市大正区南恩加島町91、株式会社関西モルタル鉱業所
登録番号： 兵庫県採登第 272号
鉱種： ろう石

4. 結 語

江原・清滝・品川三方鉱山が稼行する日高町頃垣地区のろう石鉱床および百合鉱山のろう石鉱床は第三紀中新世に属する北但群層中の酸性火山碎屑岩類を母岩とし一連の熱水作用によって生成されたカオリン質ろう石鉱床と考えられる。

頃垣地区鉱床は石英量の少ない耐火度SK33~36程度のカオリン鉱物からなる緻密塊状ろう石からなり、カオリン化粘土帯および珪化帯中に胚胎され大小幾多の鉱床と鉱体群で構成される。鉱石の組成鉱物はデツカイト・

第 7 表

I	d (Å)	鉱物	I	d (Å)	鉱物
80	7.14	K	20	2.29	K, Q
15	4.44	K	5	2.23	Q
5	4.34Br	K	1	2.19	K
41	4.25	Q	14	2.12	Q
10	4.18	K	6	1.99	K
2	3.97	K	5	1.97	K, Q
2	3.84Br	K	2	1.89Br	K
72	3.58	K	28	1.81	Q
100	3.34	Q	2	1.78	K
2	2.95B	K	5	1.67	Q, K
12	2.56	K	4	1.66	K, Q
2	2.52Br	K	4	1.61Br	K
10	2.50	K	2	1.58Br	K
18	2.45	Q	24	1.54	Q
10	2.38	K	15	1.48	K
25	2.34	K	2	1.45	Q, K

K: Kaolinite
Q: Quartz

第 8 表

成分 (wt%)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig. loss	H ₂ O-	Total	耐火度 SK
(1) ろう感強い緻密塊	45.92	0.24	38.74	0.44	0.18	0.10			13.61	0.85	100.08	34
(2) 軟質角礫状粘土質	50.14	1.01	27.20	1.20	1.15	0.02			9.01	10.25	99.98	
(3) ろう感乏しい珪質鉱	59.48	0.55	28.58	0.28	0.10	0.26			9.78	0.88	99.91	32
(4) 淡緑灰色軟質塊	45.67	0.07	38.63	0.10	0.10	0.23	0.83	0.12	14.12		99.87	36
(5) 塊鉱と白色粘土混合物	47.22	1.23	36.66	1.04	0.11	0.14						34

(1), (2), (3): 地質調査所安藤武報告⁶⁾ (4), (5): 京都陶磁器試験所分析

ナクライト・カオリナイト・石英・ディアスポール・ベーム石・ハロイサイトなどで鉱床生成に随伴されたものにデッカイトおよび方解石脈・絹雲母・パイロフィライト・螢石・重晶石などがみられる。鉱床および鉱床密集地区を中心にして外側への熱水変質作用による鉱物の累帯配列はカオリン化帯—絹雲母化帯—炭酸塩鉱物を含む微変質帯が示され、垂直分布は最上部に珪化帯が発達する。

主要鉱床内部のカオリン鉱物にはデッカイト・ナクライト・カオリナイトの同質異像が存在し、デッカイト・ナクライトおよびデッカイト・カオリナイトの共存関係がある。またデッカイトとディアスポールまたはカオリナイトとベーム石の鉱物組合せが認められ、ディアスポールとベーム石は主要鉱床のほぼ中央部に生成される傾向を示し、鉱床内の熱水反応に関して温度分布の変化が考えられる。

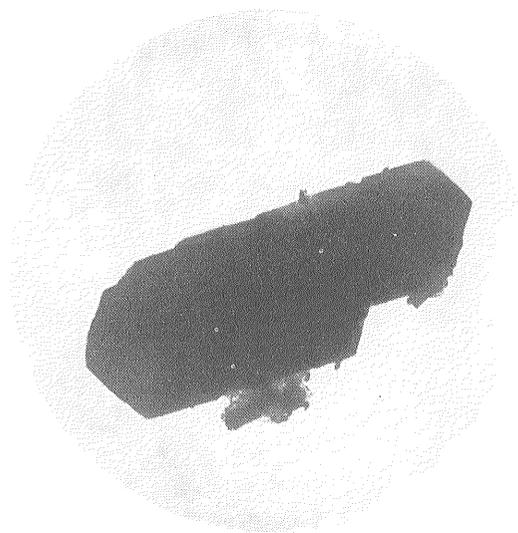
百合鉱山のろう石鉱床は生成鉱物の結晶度、鉱床の性状、組成鉱物などから地表から浅い所で比較的低温状態のもとに生成されたものでカオリナイト・ハロイサイト・石英からなり母岩の長石類、ガラスを含むものが多い。

頃垣地区では鉱床付近に広範な熱水変質帯がありこの中に潜在するSK30~32程度の低品位ろう石鉱床の発見と鉱床密集地域周辺の探鉱によつてろう石資源の増量を計ることが望まれ、百合鉱山では鉱床の分布範囲と下部への品位変化を明らかにする必要がある。

(昭和35年11月調査)

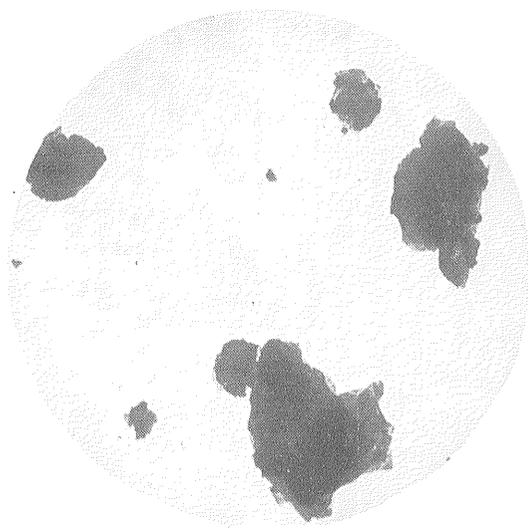
文 献

- 1) 弘原清・松本隆：北但馬地域の新生界層序—近畿西北部の研究—その1, 地質学雑誌, Vol. 64, No. 759, 1958
- 2) 池辺展生他：兵庫県地質鉱産図説明書, 兵庫県, 1961
- 3) 武司秀夫：蠟石中のカオリン鉱物について, 鉱物学雑誌, Vol. 3, No. 5, 1958
- 4) 原田準平・光田武：蠟石中のベーム石について, 鉱物学雑誌, Vol. 3, No. 4, 1957
- 5) 安藤 武：中国地方の蠟石とそれに関連する熱水変質の研究, 地質調査所報告, No.147, 1952



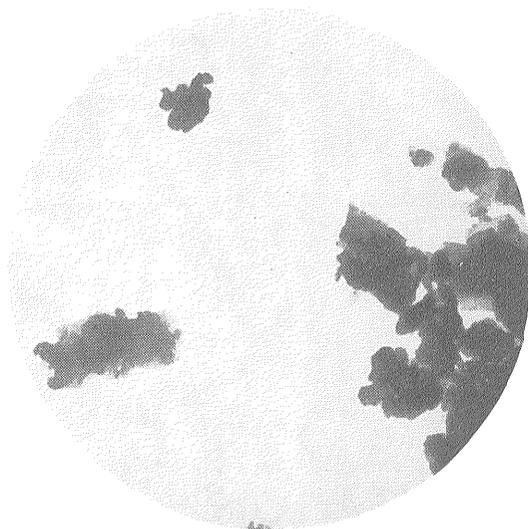
0 5 μ

図版 1 江原鉱山 3 号坑, デッカイト派, Dickite



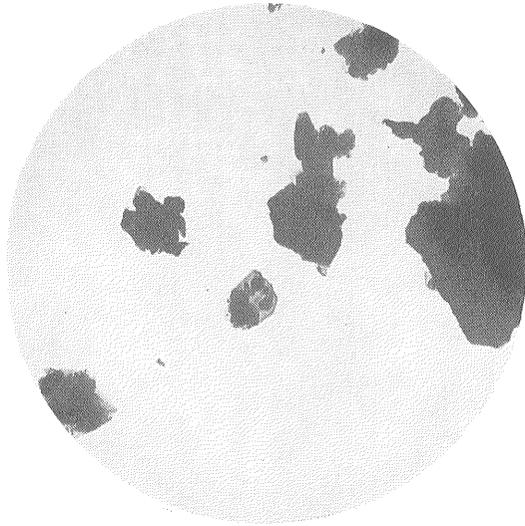
0 1 μ

図版 2 清滝鉱山 3 号坑ろう石, Kaolinite

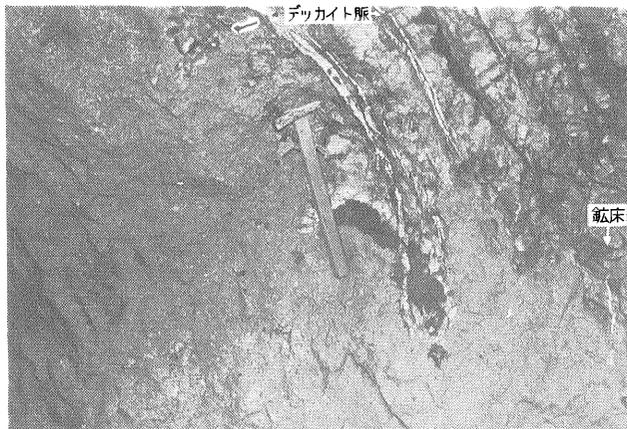


0 1 μ

図版 3 品川三方鉱山 1 号坑ろう石, Kaolinite



図版 4 江原鉱山 1 号坑 1 号切下ろう石, Kaolinite



図版 5 清滝鉱山主要鉱床 6 号坑内における Dickite の産状