

# 岡山大学温泉研究所報告

## 第 34 号

昭和 39 年 10 月 発行

### 岡山県奥津カオリン鉱床の放射能異常

奥野孝晴\* 渡辺晃二\*\*

#### 要 旨

奥津カオリン鉱床は花崗緑岩中の熱水交代性の塊状粘土鉱床であって、中心部に白色粘土鉱体、それをとりまいて石英沸石帯、更にその外側に緑簾石帯からなる変質の帯状分布が存在する。放射能異常は外側変質帯の緑簾石帯に集中しており、そこにトリウムの濃集が認められる。本鉱床の放射性元素の濃集は変質帯形成の機構と密接に関連するものとみられる。

#### 1. 緒 言

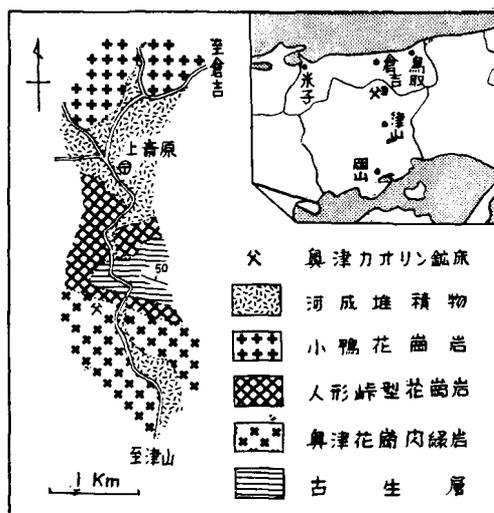
筆者らは、奥津カオリン鉱床の放射能異常について情報を得て昭和37年5月鉱床内外の現地調査を行ない、引続いて室内作業による研究を進めてきた。ここにその概要を報告する。

なお研究に際して、絶えず御指導いただいた岡山大学杉山隆二教授に深甚なる謝意を表する次第である。また電子顕微鏡写真撮影に御協力いただいた岡山大学農業生物研究所井上忠男助教授に併せて御礼申上げる。

#### 2. 位 置

奥津カオリン鉱床は津山市北方約 25 km の岡山県苫田郡上斉原村立神にあ

り、国道津山—倉吉線的美土路でバスを下車、徒歩15分で坑口に達する。奥津カオリン



第1図 奥津カオリン鉱床附近の地質図

\* 岡山大学温泉研究所受託研究員，原子燃料公社職員

\*\* 岡山大学温泉研究所地質学部門，助手

株式会社により、現在月産約450tの粘土を産出している。

### 3. 地質

本地域の地質は第1図に示す通りで、一部に粘板岩と珪岩の互層からなる古生層が露出するほかは、それを貫く三種の花崗岩類からなっている。花崗岩類は上斉原—奥津間においては、桃色の微斜長石、黒雲母を特徴とする粗粒の小鴨花崗岩が北側に、石英閃緑岩のゼノリスをもつ中粒の奥津花崗閃緑岩が南側に、両者の漸移相である人形峠型花崗岩が両岩体の間にそれぞれ分布している。奥津カオリン鉱床は人形峠型花崗岩の接触部に近い奥津花崗閃緑岩中に存在する。

### 4. 鉱床

鉱床は奥津花崗閃緑岩を交代生成した純白色粘土の塊状鉱床であって、稼行鉱体の規模は南北延長約100m、東西幅最大30m、厚さ最大20mで標高550m前後のレベルにほぼ水平に横たわる板状の形態を呈している(第2図)。

白色粘土は花崗閃緑岩と肉眼的に漸移しているが、鉱床上盤(1号坑口レベル)および鉱床下盤(6号坑レベル)ではその間に次のような変質帯の帯状分布が認められる。

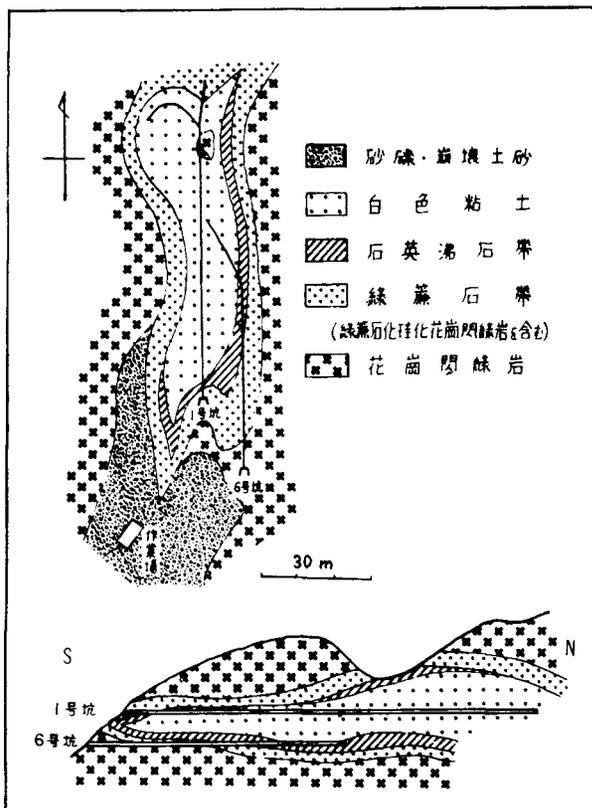
1. 白色粘土
2. 石英沸石帯(幅0~5m)
3. 緑簾石帯(幅1~3m)
4. 奥津花崗閃緑岩

鉱化の中心と考えられる白色粘土帯には元の花崗閃緑岩の岩石組織は殆んど認められないが、白色粘土帯の外縁部やその外側をとりまく各変質帯には一般に原岩の残留組織が認められる。緑簾石帯は石英沸石帯の外側に位置するが、母岩の珪化は緑簾石帯を経て奥津花崗閃緑岩にも及んでいるのが普通である。緑簾石帯は弱緑簾石化花崗閃緑岩をはさんで極めて漸移的に奥津花崗閃緑岩に変わっている。

### 5. 各帯の岩石および鉱物

#### a 奥津花崗閃緑岩

母岩となっている本地域の花崗閃緑岩は石英、灰曹長石、正長石、角閃石、黒雲母のほか若



第2図 奥津カオリン鉱床の地質図および断面図

干の微斜長石，磷灰石，ジルコン，クサビ石を含んでいる。

### b 白色粘土

鉱石として採掘している粘土は純白緻密粉状で吸水性及び粘着性は著しくない。高品位鉱は母岩の黒雲母から変質した白雲母がわずかに認められるほかは純粋な粘土鉱物のみからなる。母岩に近い低品位鉱は白雲母のほか，母岩の残存鉱物として石英，クサビ石，ジルコンなどを含んでいる。粘土鉱物の X 線回折線を第 1 表に，示差熱分析曲線を第 3 図に示した。OK4, OK7 は 1 号坑地並でサンプリングした粘土試料で，前者は比較的高品位部，後者は低品位部を代表している。X 線回折で OK4, および OK7 には  $7\text{\AA}$ -clay のほかに白雲母，石英，斜長石，クリストバライ

トの存在が認められる。示差熱分析曲線は  $560^{\circ}\text{C}$  の吸熱ピークと  $945^{\circ}\text{C}\sim 960^{\circ}\text{C}$  の発熱ピークをもち，X 線回折分析の結果とも併せて粘土鉱物はハロイサイトに同定される。白色粘土の電子顕微鏡写真にはハロイサイトの特徴を示す柱状結晶が認められる（第 5 図-1）。なお OK4 の示差熱分析曲線は  $130^{\circ}\text{C}$  にも吸熱ピークをもち，さらに X 線回折線の  $10\text{\AA}$  ピークは白雲母と  $10\text{\AA}$ -clay が重複しているのでハロイサイトのほかに，加水ハロイサイトの存在が考えられる。

### c 石英沸石帯

この帯の花崗閃緑岩は著しく珪化され，角閃石，黒雲母は緑泥石，白雲母に変質し，曹長石化又は粘土化した長石が残晶として残っているほかは石英が基質をうずめている。沸

第 1 表 白色粘土の X 線回折線

OK 4				OK 7			
$2\theta$ (CuK $\alpha$ )	d (Å)	I	Idt	$2\theta$ (CuK $\alpha$ )	d (Å)	I	Idt
8.8	10.05	10	M·Hy				
12.1	7.31 (b)	4	H	12.0	7.38 (b)	2	H
				13.7	6.46	1	Pl
17.7	5.01	5	M				
19.8	4.484	6	M·H·Hy	19.8	4.484	2	H
20.9	4.250	3	Q	20.8	4.270	2	Q
21.9	4.058	5	C	21.9	4.058	4	C
				22.7	3.917	1	Pl
				23.5	3.786	3	Pl
				24.2	3.678	2	Pl
				25.3	3.520	1	Pl
26.6	3.351	10	Q	26.6	3.351	5	Q
27.8	3.209	10	Pl	27.8	3.209	10	Pl
				29.7	3.008	1	Pl
				30.3	2.950	1	Pl
35.0	2.564	5	M·H·Hy	35.0	2.564	2	H
35.8	2.504	3	M				
45.3	2.002	3	M				

M : 白雲母, Q : 石英, Pl : 斜長石, C : クリストバライト, H : ハロイサイト, Hy : 加水ハロイサイト

石は鱗片状に岩石中に分散する場合もあるが、多くは珪化岩中に細い沸石脈として存在する。沸石脈の中には幅 20cm に及ぶものがまれに存在する (第 5 図-2)。下記の諸性質から本鉱物は濁沸石であることは明らかである。6 号坑産の沸石 (OK8) は淡紅白色を呈し、5cm に達する柱状結晶をなすものが存在する。斜交する 2 平面に完全な劈開面を有し、屈折率は  $N_X=1.514$ ,  $N_Y=1.523$ ,  $N_Z=1.525$ ,  $N_Z-N_X=0.011$ 。X 線回折線は第 2 表に示す通りで、北海道渡島福島産濁沸石の回折線と良好に一致する。沸石の示差熱分析曲線は第 3 図に示す通りである。なお OK6 は花崗閃緑岩の中石と接した部分の白

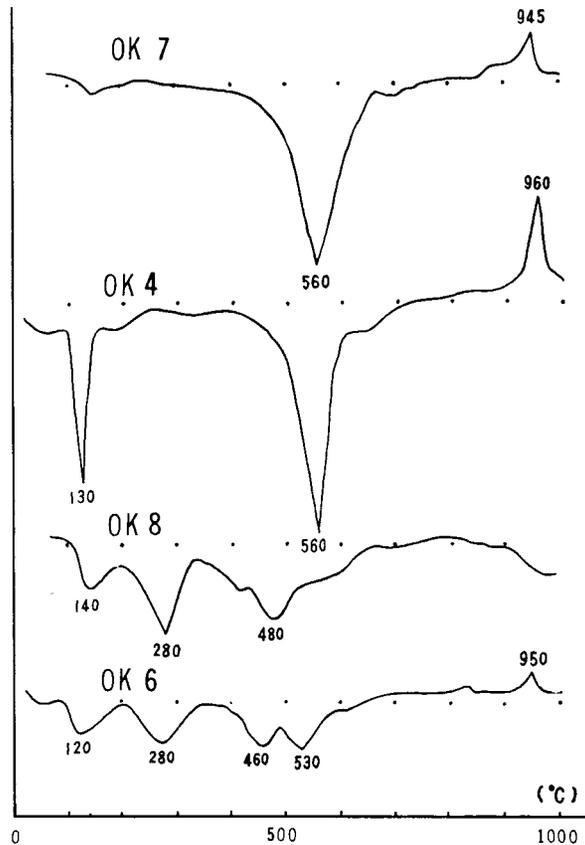
色粘土で、濁沸石、ハロイサイトからなる。先に上野 (1948)<sup>1)</sup> は化学分析値から  $4\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  の化学式を導き、本鉱床より濁沸石の産出を報告している。その化学分析値と、屈折率を参考のため下に記す。

SiO <sub>2</sub>	51.34	Na <sub>2</sub> O	tr.	灼熱減量	12.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.76	K <sub>2</sub> O	tr.	合計	99.57
Fl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16	CaO	12.08		
MnO	tr.	MgO	0.16		

$N_X=1.517$ ,  $N_Y=1.526$ ,  $N_Z=1.529$ ,  
 $N_Z-N_X=0.012$

#### d 緑簾石帯

原岩の花崗閃緑岩の組織は殆んど認められない程度に変質し、岩石は自形ないし半自形



第 3 図 示差熱分析曲線

の緑簾石、自形のクリノゾイサイトとそれらの結晶の間隙を充填する他形の石英からなり、副成分鉱物としてクサビ石のほか褐鉄鉱が結晶の割目または間隙にわずかに点紋状に認められる(第5図-3)。鉱床外測の変質の著しくない部分で、花崗閃緑岩の長石が選択的に緑簾石化している様子が認められる。

6. 放射能異常

現地調査の際、鉱床の緑簾石帯において自然計数の3~3.5倍の放射能異常を認めた。放射能測定器DC-P5型(日本無線医理学研究所製)による各帯の放射能測定値は次の通りである。

白色粘土	10	μr/h
石英沸石帯	10~20	
緑簾石帯	25~55	

第2表 沸石のX線回折線

沸石 奥津カオリン6号坑40m左側壁 OK 8			濁沸石 北海道渡島福島産 <sup>9)</sup> OF 1600	
2θ (CuKα)	d (Å)	I	d (Å)	I
			10.5	4
9.3	9.51	10	9.51	92
			7.63	4
12.9	6.86	4	6.92	36
14.2	6.24	1	6.24	7
17.5	5.07	1	5.09	11
18.6	4.770	3	4.76	21
19.6	4.529	1	4.52	14
			4.33	5
21.3	4.171	7	4.18	57
			3.78	5
24.2	3.678	2	3.67	21
25.3	3.520	4	3.52	43
25.9	3.440	1	3.43	10
26.5	3.363	1	3.37	13
27.2	3.278	3	3.29	26
27.8	3.209	3	3.21	17
28.2	3.164	1	3.16	20
29.4	3.038	1	3.05	22
30.1	2.969	1	2.97	5
31.0	2.885	1	2.89	16
32.0	2.797	1	2.80	9
34.3	2.614	1	2.64	3
34.8	2.578	1	2.58	11
			2.55	4
35.6	2.522	1	2.53	6
36.5	2.462	2	2.47	4
			2.45	15
38.0	2.308	1	2.37	10
			2.27	6

奥津花崗閃緑岩 20  
自然計数 15

白色粘土鉱床部は原岩の花崗閃緑岩より低い値をとり、異常は緑簾石帯に集中するが、緑簾石帯内では部分により値はかなり変動する。6号坑 60m 附近右側壁の緑簾石帯は  $55\mu\text{r/h}$  の最高の放射能値を示したので、試料 OK9 として採取し以下検討を行なった。

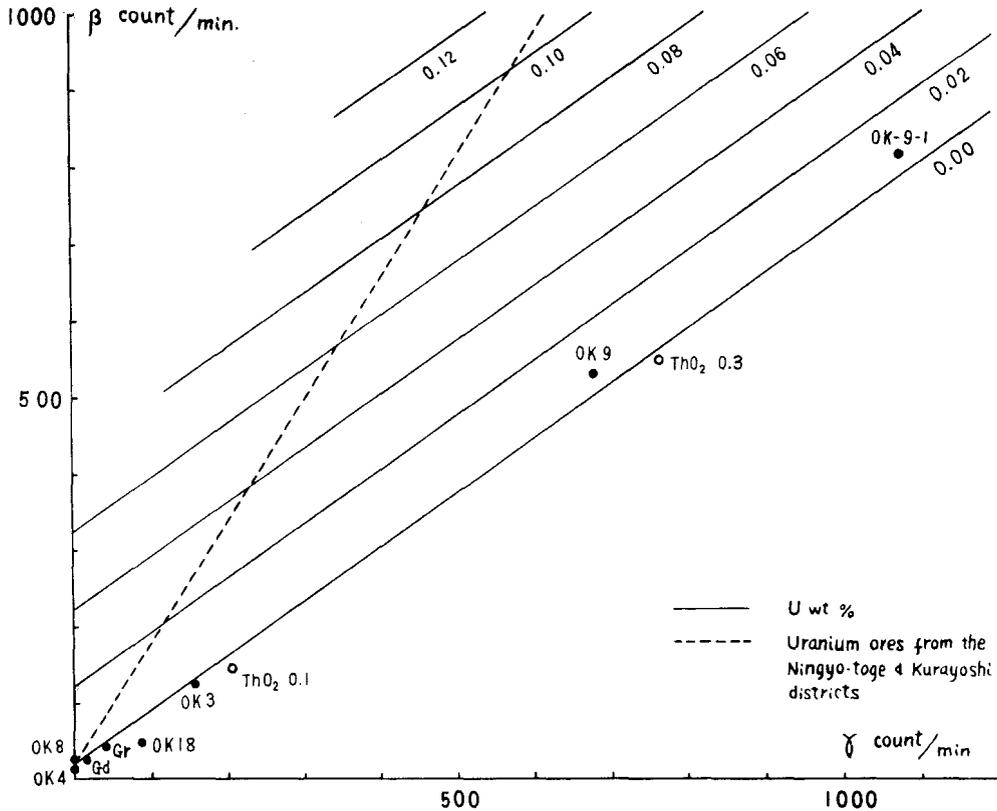
採取した試料について  $\beta$  線,  $\gamma$  線の同時測定を行ない、第4図にその結果を示した。放射能測定装置 DC-5R 型 (日本無線理医学研究所製) を用い、それぞれ乾燥試料 10g につい

て測定した。第4図に示すウランの品位線は岡山県人形峠地区、鳥取県倉吉地区のウラン鉱床の試料の側定値に基いて導かれた次の式<sup>2)</sup>によっている。

$$\text{U}_3\text{O}_8\% = 20.0 \times 10^{-5} (N\beta - 0.70N\gamma - 25)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N\beta : \text{試料 } 10\text{g 当りの自然計数を差引いた } \beta \text{ 線の } 1 \text{ 分間の計数値} \\ N\gamma : \text{試料 } 10\text{g 当りの自然計数を差引いた } \gamma \text{ 線の } 1 \text{ 分間の計数値} \end{array} \right.$$

人形峠, 倉吉地区のウラン鉱石試料は凡そ破線で示した直線  $\text{U}_3\text{O}_8\% = 1.724 \times 10^{-4} N\gamma$  の上にある。一方奥津カオリン鉱床の試料は高放射能を示す緑簾石帯を含めて、いずれも  $\text{U}_3\text{O}_8$



Gd: 奥津花崗閃緑岩 (美土路), Gr: 小鴨花崗岩 (大原), OK3: 上盤緑簾石帯 (1号坑口附近), OK9-1: OK9より放射性物質を濃集した試料, OK18: 石英沸石帯岩石 (6号坑40m附近),  $\text{ThO}_2$  0.1: 試薬により  $\text{ThO}_2$  0.1%に調製した試料,  $\text{ThO}_2$  0.3:  $\text{ThO}_2$  0.3%に調製した試料, OK4, OK8, OK9は本文参照

第4図  $\beta$  線  $\gamma$  線計測値

=0.00%の線にほぼなる。この測定の結果、緑簾石帯の放射能異常はウラン以外の核種または元素によるものと推定されるに至った。なお白色粘土および沸石は原岩の花崗閃緑岩よりもβ線、γ線の計数値を減じており、比較試料の小鴨花崗岩は花崗閃緑岩の2倍程度の計数値を示している。併せて行なったペーパークロマトグラフィー<sup>3)</sup>によるウランの分析値は次に示す通りで、放射能異常がウランによるものでないことが明らかとなった。

白色粘土 (OK4)	0.0005	U%
石英沸石帯 (OK8)	0.000	
緑簾石帯 (OK9)	0.0008	
花崗閃緑岩 (美土路)	0.001	

OK9の蛍光X線分析の結果、FeK $\alpha$ , FeK $\beta$ , ThL $\alpha$ , ThL $\beta$ と弱いSrK $\alpha$ , ZrK $\alpha$ , YK $\alpha$ , AsK $\alpha$ のスペクトルを認めた。熱王水で分解したOK9の粉末試料についてネオトリンによるトリウムの比色分析<sup>4)</sup>を試み著しい共存比色妨害元素がないとしてThO<sub>2</sub>は0.28%と定量された。硝酸トリウム(石津製薬製特級)試薬を用いて標準試料を作成し、β線-γ線測定法からトリウムの換算を行なった結果(第4図)はThO<sub>2</sub> 0.26%で比色分析の結果とほぼ一致する。なおOK9のウランのペーパークロマトグラフィーを行なった際、展開後60°C~65°Cで乾燥した場合に淡緑色の前線反応が認められた。試薬について更に検討した結果それがトリウムによる前線反応であり、前線の太さからThO<sub>2</sub> 0.4±0.1%と判定出来ることが知られた。

OK9の岩石研磨片を作成して、X線フィルムに密着感光させ岩石中の放射能分布を調べた。その結果は第5図-4に示す通りで、放

射能は岩石中に一様に分散しておらず、点在した中心をもっている。緑簾石、クリノゾイサイト、石英、クサビ石は放射性を示さず、褐鉄鉱部分に異常が限定されている。褐鉄鉱部も詳細にみると普遍的な黒褐色の褐鉄鉱部でなく、赤味を帯びた赤褐色粉末状部分に放射能異常が認められる。赤褐色粉末状部分の主要構成元素はFe, Th, Siであるが、混合物の存在は充分考えられるので、これがそのまま放射性鉱物の主成分であるとは言い難い。赤褐色粉末状部分はX線回折分析において殆んど回折線が認められず非晶質とみられるが、500°Cで30分加熱した後には次に示す3本の回折線が現われる。引続いて研究中で

2 $\theta$ (CuK $\alpha$ )	d (Å)	I
22.2	4.00	10
33.5	2.673	6
44.2	2.047	3

第3表 岩石分析値

岩 石	花崗閃緑岩	白色粘土	緑簾石帯
引用文献	G <sub>2</sub> d ④ <sup>5)</sup>	粘土 VII <sup>1)</sup>	緑簾石 <sup>1)</sup>
SiO <sub>2</sub>	65.36	51.62	45.10
TiO <sub>2</sub>	0.52	1.10	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.73	32.17	21.19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.25	0.38	11.31
FeO	2.69		
CaO	4.18	2.35	19.61
MnO	0.09		
MgO	1.88	0.24	0.18
Na <sub>2</sub> O	3.65	1.84	tr.
K <sub>2</sub> O	2.45	0.61	tr.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17		
H <sub>2</sub> O+	0.59	} 9.46	} 1.88
H <sub>2</sub> O-	0.18		
計	99.74	99.79	99.27
比 重 *	2.7	1.4	3.3

\* 試料1cm<sup>3</sup>の100°C乾燥後の重量

あるが未だ鉱物種を決定するに至っていない。

## 7. 検討

鉱床の形態および周辺の地質状況は、比較的 low angle の裂隙に沿って上昇した熱水液によって生成した交代性の塊状粘土鉱床であることを示している。また花崗閃緑岩の岩石組織は鉱床内部の変質帯にもしばしば認められるところで、著しい体積の変化を伴わずに奥津花崗閃緑岩の交代変質が行なわれたことを示している。等体積変質の仮定の上で、花崗閃緑岩から白色粘土および変質帯の岩石が生成する場合の成分の移動について次に検討する。第3表の化学分析値は筆者らの試料に最も近いと考えられるものを、山田直利 (1961), 上野三義 (1948) から引用し、比重はそれに対応する筆者らの試料で測定したものである。第3表の数値を用いて算出した  $1\text{cm}^3$  当りの各成分の重量は第4表①②③に示す通りである。第4表①は母岩が粘土化した時の

$1\text{cm}^3$  当りの成分の変化量を示し、+は付加された重量、-は母岩から溶脱移動した重量を示している。④の数字は母岩成分の何パーセントが移動し、あるいは付加されたかを示している。⑤⑥は緑簾石帯についての同様の数値である。第4表によると、白色粘土の生成に際して付加された成分は殆んど  $\text{H}_2\text{O}$  のみで、大量の  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  が逸脱している。その量は  $\text{SiO}_2$  では  $1\text{cm}^3$  当り約  $1\text{g}$  に達し、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  は原岩中の 97% が移動し、 $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , アルカリ成分は 70% 以上が移動している。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  には著しい成分の移動は認められない。溶脱された成分は鉱床の周縁部に移動して、そこである元素は沈積して帯状の変質帯を形成する。粘土帯の外側に位置する石英沸石帯では少くとも  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  の二成分の沈積付加が認められる。鉱床反応圏の最外縁に位置する緑簾石帯においては特に  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の沈積が顕著で、いずれも白色粘土の数十倍の濃

第4表  $1\text{cm}^3$  当りの岩石成分と移動成分

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
	花崗閃緑岩	白色粘土	緑簾石帯	② - ①	$\frac{② - ①}{①} \times 100$	③ - ①	$\frac{③ - ①}{①} \times 100$
$\text{SiO}_2$	1.765 <sup>g</sup>	0.723 <sup>g</sup>	1.488 <sup>g</sup>	-1.042 <sup>g</sup>	- 58.8%	-0.288 <sup>g</sup>	- 15.8%
$\text{TiO}_2$	0.014	0.015		+0.001	+ 7.2		
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.425	0.450	0.699	+0.025	+ 5.5	+0.274	+ 64.4
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	} 0.134	0.005	0.373	-0.130	- 97.0	+0.239	+216.0
FeO							
CaO	0.113	0.033	0.647	-0.080	- 70.9	+0.534	+474.0
MnO	0.002						
MgO	0.051	0.003	0.006	-0.048	- 94.2	-0.045	- 88.3
$\text{Na}_2\text{O}$	0.099	0.027	tr.	-0.072	- 72.8	-0.099	-100.0
$\text{K}_2\text{O}$	0.066	0.009	tr.	-0.057	- 86.3	-0.066	-100.0
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.005						
$\text{H}_2\text{O} +$	0.016	} 0.132	0.062	+0.111	+528.6	+0.041	+195.5
$\text{H}_2\text{O} -$	0.005						

集を示し、花崗閃緑岩成分の約5倍量のCaOと約2倍量のFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>がこの帯に新たに加えられ、一種のbasic frontを形成している。

各地の花崗閃緑岩中のThO<sub>2</sub>含有量は10~20ppm<sup>7)8)9)</sup>程度であって、奥津花崗閃緑岩も同程度とすると、緑簾石帯OK9へのトリウムの濃集度は100倍前後で、緑簾石帯一般では数倍ないし数十倍程度の濃集が考えられる。放射能計測の結果、白色粘土は花崗閃緑岩よりも低い計測値を示し、自然計数を差引くと殆んど放射能をもたない(第4図)。これは変質に伴ない花崗閃緑岩中の放射性元素が

溶脱したことを示し、ThO<sub>2</sub>はCaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等と行動を共にして、緑簾石帯に沈積したという機構を考えることが出来る。なお鉱床の外側の変質帯にMgO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oの濃集部は認められず、これらの成分は鉱床外へ溶脱されたことが推定される。またウランによる放射能異常部も存在しない点から、花崗閃緑岩中に数ppm存在するウランも恐らくアルカリ等と行動を共にしたものと考えられる。

本鉱床はなお種々の問題を含み、鉱物学的にも更に検討すべき点が残されている。引続いて検討を続ける予定である。

## 文 献

- 1) 上野三義(1948): 岡山県「奥津カオリン」鉱床調査報告 地質調査所速報66号。
- 2) 原子燃料公社探鉱部(1963):  $\beta$ - $\gamma$ 法によるウラン鉱石品位の測定とその放射能検層への応用 社内報。
- 3) 阪上正信(1958): 前線反応を利用するペーパークロマトグラフィーによるウランの簡易定量法 分析化学, 7, 292~296。
- 4) 石橋雅義, 東慎之助(1955): トリウムの微量分析法 分析化学, 4, 14~16。
- 5) 山田直利(1961): 「奥津」図幅地質図説明書 地質調査所。
- 6) 吉村尚久(1961): 北海道渡島福島地域の中新世火山砕屑岩中の沸石 地質学雑誌, 67, 578~583。
- 7) Jeffreys, H. (1936): Gerlands Beitr. Z. Geophys., 47, 149。
- 8) Evans, R. D. and Goodmann, C. (1941): Geol. Soc. Amer. Bull., 52, 459~490。
- 9) Whitfield, J. M., Rogers, J. J. W. and Adams, J. A. S. (1959): Geochim. Cosmochim. Acta, 17, 248。

## Radioactive Anomaly in the Okutsu Kaoline Mine, Okayama Prefecture

by

Takaharu OKUNO and Kōji WATANABE

Institute for Thermal Spring Research,  
Okayama University

### Abstract

The Okutsu Kaolin Mine, producing about 450 tons of clay a month, is located 25 Km north of Tsuyama, northern Okayama Prefecture.

The massive hydrothermal clay deposits, present in granodiorite, is vertically and horizontally zoned.

A white clay core, halloysite and hydrated halloysite, is surrounded by a laumontite-quartz zone. A epidote-quartz zone comes next and the outermost is a slightly altered granodiorite associated with epidote.

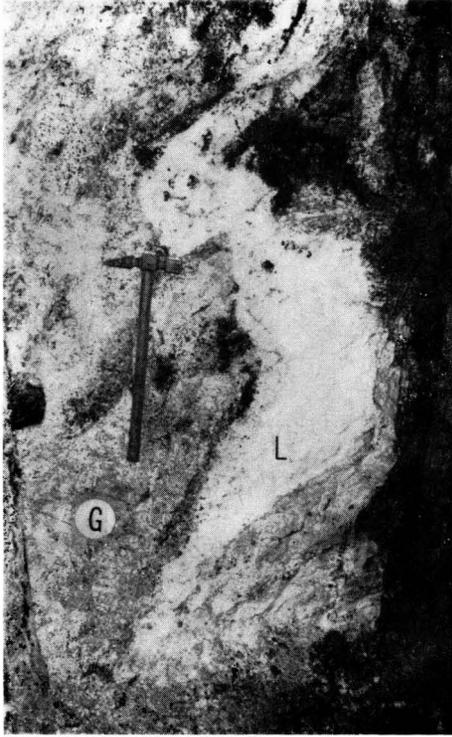
The epidote-quartz zone is usually of radioactivity which is due to minor amounts of a reddish brown amorphous mineral, containing thorium. However, Uranium has never been detected in materials from the radioactive zone. The other zones are normal or low radioactivity.

During hydrothermal alteration, the granodiorite changed to clay deposits and all the original components except  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{TiO}_2$  were leached out.

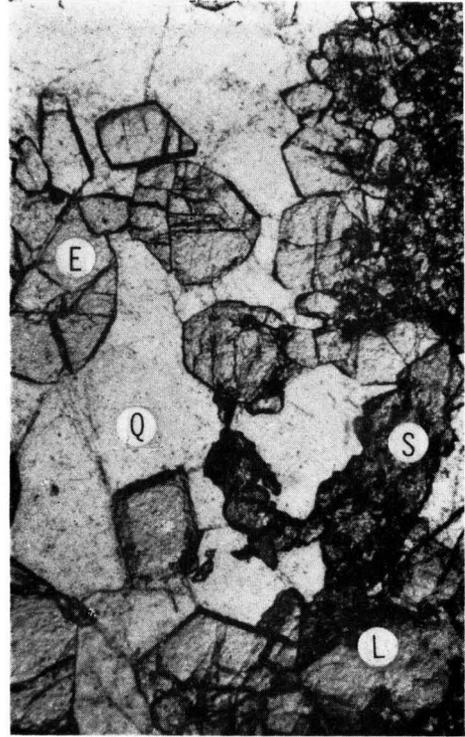
The leached  $\text{CaO}$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  were reprecipitated around the deposits forming the epidote-quartz zone.

The leached thorium behaved similarly with the two elements and was concentrated together with them.

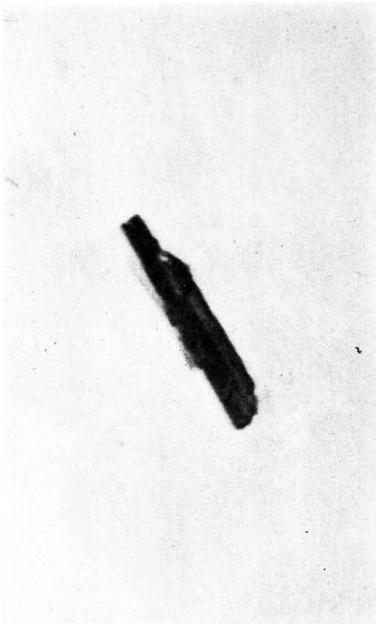
The concept of the concentration of thorium discussed in this paper may help in solving questions on the alteration of the basal granite and the origin of radioactive elements in the neighbouring Ningyo Tōge Uranium Fields.



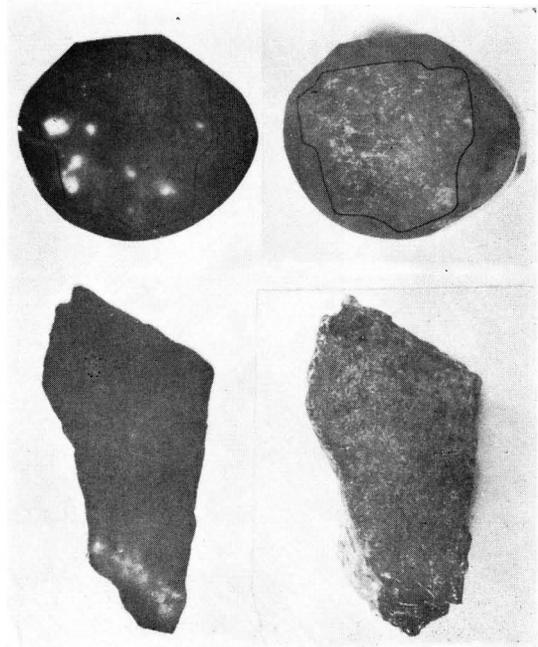
1. 沸石派 6 号坑 40m 左側壁  
L: 沸石派 G: 珪化花崗閃緑岩



3. 緑簾石帯岩石頭微鏡写真 (open nicol,  $\times 150$ )  
Q: 石英, E: 緑簾石, S: クサビ石, L: 褐鉄鉱



2. ハロイサイト (1号坑産) の棒状結晶の電子顕微鏡写真 ( $\times 30000$ )



4. X線フィルムによる感光写真  
右図: 試料断面, 左図: 感光写真 (露出時間: 20日間).  
トリウム濃集部分は白く感光している.