

## 島根県東部・矢野馬木鉱床の FT 年代

大平寛人\*

## Fission track age of the Yanomaki Mine, Eastern Shimane, SW Japan Hiroto Ohira\*

\* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科, Department of Geoscience, Shimane University

### はじめに

島根県南東部の奥出雲町小馬木には斜長石—石英岩を母岩とするカオリン・ハロイサイト鉱床(矢野馬木鉱床)が分布する。現在は採掘を停止しているが、ごくわずかに陶芸などのデザイン用途に利用されている。この粘土鉱床の成因については北川・亀岡(1986), 須藤・高木(1993), 高木・須藤(1994), Takagi et al (2007) などの研究があり, 粘土鉱床の母岩である斜長石—石英岩の成因論(Takagi et al., 2007)を含めた議論がなされている。これらの研究によれば粘土鉱床は花崗岩中の小規模の斜長石—石英岩体が, 熱水や風化などの作用により粘土化したものと考えられる。近年 Takagi et al. (2007) は粘土鉱床の母岩である斜長石—石英岩と, 近傍の小馬木 Mo 鉱床を胚胎する小馬木花崗岩との成因的な関連を詳しく研究した。またカオリン鉱物の  $\delta^{18}\text{O}$  や  $\delta\text{D}$  から, 粘土鉱床が比較的低温の熱水変質とそれに引き続く浅成プロセスにより形成した可能性を指摘した。このように矢野馬木鉱床の成因についてはすでに解明された部分も多いが, 今回低温度域の熱履歴に関する情報を得る目的で, 粘土鉱床を含む花崗質岩類から重鉱物を取り出しフィッション・トラック法による年代測定を試みたので概要を報告する。

### 地質概要

矢野馬木鉱床周辺の地質図を図1に示す。かつて二つの採掘場が稼行したが, 現在は第二鉱床に長径 120m, 幅 80mの馬蹄形採掘場(高木ほか, 2000)がそのまま残されている(図2)。オリソ・ハロイサイト鉱床は小規模の斜長石—石英岩岩体

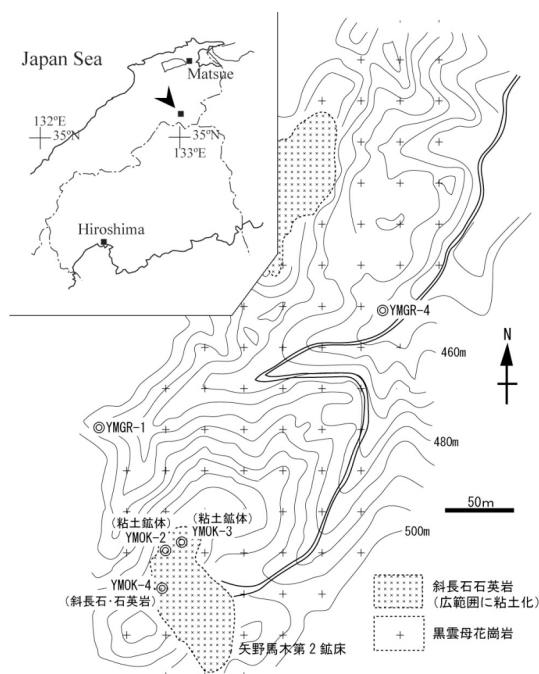


図1. 矢野馬木鉱床周辺の地質図(北川・亀岡, 1986)と試料採取地点



図2. 現在の採掘場跡の様子

が広範囲に粘土化したもので, 斜長石—石英岩と粘土鉱床は漸移関係にある。粘土鉱床はもろくハンマーでさくさくと採取することができる。粘土鉱床の直接的成因については花崗岩類の定置末期の熱水による変質(北川・亀岡, 1986)や, 地表から深部への風化作用の進行(須藤・高木, 1993),

比較的低温の熱水変質と浅成プロセス (Takagi et al., 2007) などの可能性が指摘されている。変質していない斜長石-石英岩は採掘場の一部 (YMOK-4 付近) に露出している。粘土鉱床の母岩である斜長石-石英岩体の成因については、北川・亀岡 (1986) は花崗岩中のフェルサイト質ゼノリスの可能性が高いと考えたが、Takagi et al. (2007) は約 1.5 km 南西にある小馬木 Mo 鉱床を形成した流体から派生した熱水が、周辺の花崗岩類の断層やフラクチャー沿いに Ca-メタソマティズムを起こすことにより形成したと述べた。周辺の花崗岩類は因美期侵入岩類に相当する古第三紀の中粒黒雲母花崗岩 (竜駒花崗岩) である (高木ほか, 1992; Takagi et al., 2007)。

### 試料および実験

試料は第 2 鉱床の採掘場跡から斜長石-石英岩 (YMOK-4) およびそれを母岩とする粘土鉱体 (YMOK-2, YMOK-3) を、採掘場へ通じるルート沿いから周辺の花崗岩試料 (YMGR-1, YMGR-4) を採取した (図 1)。粘土鉱体 (2 試料) の採取地点は北川・亀岡 (1986) の変質分帯図上では雲母粘土鉱物・カオリン帯~ハロイサイト・カオリン帯の境界付近に相当するが、定方位試料の X 線粉末回折ではカオリン, ハロイサイト, 斜長石および石英のみが確認された (岡田, 2006BS)。エポキシ充填して作成した粘土鉱体の薄片写真を図 3

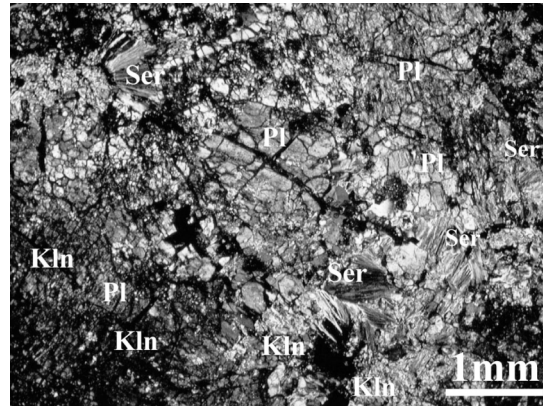


図 3. 粘土鉱体の薄片写真 (クロスニコル)

に示す。粘土鉱体の斜長石は断片・細粒化が著しく、その多くは干渉色の低い粘土鉱物に変質している。粘土化した斜長石はオープンニコルでは見かけ上ごく弱い淡紅色の多色性があるように見える。母岩の斜長石-石英岩に比較すると、石英の細粒化・断片化も著しく、様々なサイズの葉片状の雲母粘土鉱物が含まれるようになる。

これらの試料から磁力選鉱と重液分離によって重鉱物を抽出した。全ての試料に自形のジルコンが含まれていた。アパタイトについては周辺の花崗岩および粘土鉱床母岩の斜長石-石英岩に自形結晶が含まれていたが、粘土鉱体からは抽出することができなかった。今回はジルコンについての年代測定を行い実験は概ね大平 (2004) に従った。中性子照射は日本原子力研究開発機構の JRR4 気送管を用い 20 秒間行った。ゼータ値として

表 1. ジルコンのフィッシュン・トラック年代測定結果

Sample Name	No. crys	$\rho s$ (Ns) ( $\times 10^6/c m^2$ )	$\rho i$ (Ni) ( $\times 10^6/c m^2$ )	P( $\chi^2$ ) %	$\rho d$ (Nd) ( $\times 10^5/c m^2$ )	r	U ppm	Age(Ma) ( $\pm 1\sigma$ )
YMGR-1 (黒雲母花崗岩)	26	3.967(2 737)	1.342(9 26)	0.05	1.025(4 798)	0.7 5	196.1	58.3 $\pm$ 2.5
YMGR-4 (黒雲母花崗岩)	28	4.761(3 647)	1.760(1 348)	8.73	1.025(4 798)	0.7 5	213.0	53.3 $\pm$ 2.0
YMOK-4 (斜長石-石英岩・鉱床母岩)	29	5.037(3 637)	1.790(1 292)	0.03	1.025(4 798)	0.6 9	217.4	54.3 $\pm$ 2.1
YMOK-2 (粘土質岩・粘土鉱床)	29	4.356(3 241)	1.684(1 253)	89.5	1.025(4 798)	0.7 9	207.9	49.9 $\pm$ 1.9
YMOK-3 (粘土質岩・粘土鉱床)	23	4.931(2 914)	1.822(1 077)	16.0	1.025(4 798)	0.7 9	222.0	52.2 $\pm$ 2.1

測定は結晶内部面を使用した外部ディテクター法によって行われた。年代値は NIST-SRM612 ガラスとそれに対する較正定数 ( $\zeta$  値) 377.9 $\pm$ 5.1 を使用して計算された。中性子照射は日本原子力研究開発機構原子力科学研究所 JRR-4 の気送管で行った。 $\rho s$  (Ns): 自発トラック密度 (数),  $\rho i$  (Ni): 誘発トラック密度 (数),  $\rho d$  (Nd): 線量ガラス SRM612 に貼り付けたマイカの誘発トラック密度 (数), P( $\chi^2$ ):  $\chi$  二乗検定結果, r: 自発-誘発トラック密度の相関係数, U: ウラン濃度

377.9±5.1 を使用し、年代計算には Trackkey プログラム (Dunkle, 2002) を使用した。

### 年代測定結果

年代測定結果を表 1 に示す。採掘場周辺の花崗岩類は 53.3~58.3 Ma。斜長石—石英岩が 54.3 Ma, 粘土鉱体では 49.9~52.2 Ma であった。粘土鉱体中のジルコンの年代値が若いように見えるが、年代値の誤差が比較的大きく  $2\sigma$  の誤差範囲は全ての試料で一部重なる。斜長石—石英岩中の自形のアパタイトについても年代測定を試みたが、自発 FT がほとんど出現せず、また、中性子照射を行ってもディテクター上に誘発 FT がほとんど出現しなかった。このことは斜長石—石英岩の自形アパタイトの U 濃度が著しく低いことを示しており、成因的に特異な岩石であることを示唆する。

### 考察

閉鎖温度—年代プロットを図 4 に示した。Takagi et al. (2007) は、粘土鉱床母岩の斜長石—石英岩が本鉱床から約 2 km 西方に分布する Mo 鉱床を胚胎する小馬木花崗岩と同一起源であると考へ、斜長石—石英岩と小馬木花崗岩の分析値からアイソクロンを求め 65.7±1.7 Ma の Rb-Sr 全岩年代を得ている。彼らはアクチノ閃石を含む斜長石石英岩の斜長石—角閃石温度計データ、斜長石石英岩に含まれるチタナイトの安定性の下限、および K 長石や鉄鉱物の消失から、斜長石—石英岩の形成温度を概ね 500~600°C と見積もった。そこで便宜的に Rb-Sr 系の閉鎖温度を 600°C とした。Kitagawa et al. (1988) は本鉱床縁部のセリサイト—カオリン帯から採取したセリサイトから 55.6 ±2.8 Ma の K-Ar 年代を得た。鏡下では粘土質の岩石ほどセリサイトの含有量が多くなり、セリサイトが粘土鉱床形成時の熱水変質作用に関連して形成したようにも見える。しかし本鉱床のセリサイトは最大で 1 mm に達し中国地方の他の熱水性粘土鉱床に比較するとサイズが極端に大きい (北川・亀岡, 1986)。Takagi et al. (2007) は斜長石・石英岩の形成に先立ってグライゼン化作用が卓越した可能性を述べており、粘土鉱体に産するセリサイトの起源が一様ではない可能性がある。本鉱

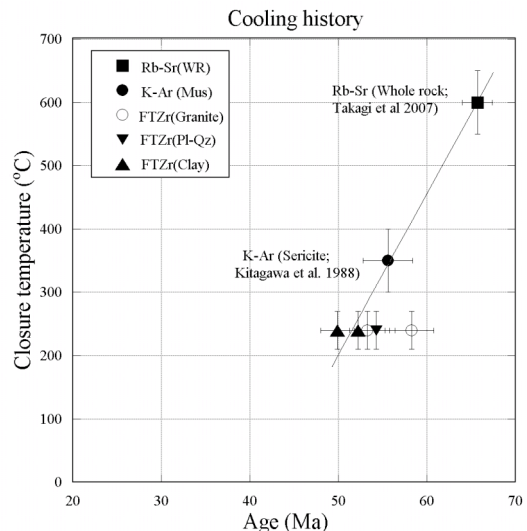


図 4. 閉鎖温度—年代プロット (冷却曲線)

床のセリサイトの形成については不明な部分もあり、その閉鎖温度は結晶のサイズによって異なるという指摘もあるが (Funziker et al., 1986)、閉鎖温度として一般的な値 350°C (例えば McDougall and Harrison, 1988) を用いた。

ジルコンの FT 年代の中央値はひとつの試料をのぞけばセリサイトの K-Ar 年代と調和的にプロットされ、高温域から 200°C 付近まで安定的に冷却したことを示す。Takagi et al. (2007) はカオリンの  $\delta^{18}\text{O}$  や  $\delta\text{D}$  の値から、粘土鉱床形成には低温の熱水変質が関連していると述べた。また粘土鉱体中の残留石英の二次流体包有物の充填温度ヒストグラムは 170–180°C の温度モードを有している (岡田, 2006BS)。粘土の形成に関わる熱水変質の熱履歴を調べるためにはアパタイトの FT 年代測定が不可欠であるが、前述したように斜長石—石英岩に含まれる自形アパタイトの U 濃度は著しく低く年代測定は困難であった。今後は鉱体中の捕獲岩などから U 濃度の高いアパタイトを取り出す必要がある。粘土鉱床形成に関連した微細セリサイトの K-Ar 年代測定も検討する必要がある。

### 参考文献

- Dunkl, I., 2002, Trackkey: A Windows program for calculation and graphical presentation of fission track data. *Computers and Geosciences*, 28, 3-12.
- Hunziker, J. C., Frey, M., Clauer, N., Dallmeyer, R. D., Friedrichse, H., Flehming, W., Hochstrasser, K.,

- Roggwiler, P. and Schwander, H., 1986, The evolution of illite to muscovite: mineralogical and isotopic data from the Glarus Alps Switzerland. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 92, 157-180.
- 北川隆司・亀岡秀人, 1986, 小馬木ハロイサイト鉱床とその周辺の花崗岩の変質について. *粘土科学*, 26, 78-89.
- Kitagawa, R., Nishido, H., Ito, Z. and Takeno, S., 1988, K-Ar ages of the sericite and kaolin deposits in the Chugoku district, outwest Japan. *Mining Geology*, 38, 279-290.
- McDougall, I. and Harrison, T. M., 1988, *Geochronology and thermochronology by the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method*. Oxford Univ. Press, New York, 212pp.
- 大平寛人, 2004, 埼玉県比企丘陵および荒川河岸に分布する第三紀中新世凝灰岩の FT 年代. *地団研専報*, 51, 51-65.
- 岡田 翼, 2007, 矢野馬木鉱山の変質と熱履歴に関する研究. 島根大学総合理工学部地球資源環境学科 2006 年度卒業論文.
- 須藤定久・高木哲一, 1993, 島根県矢野馬木鉱山のハロイサイト鉱床—風化作用と灰長石化作用の重複の例—. *資源地質*, 43, 447-458.
- 高木哲一・須藤定久, 1994, 島根県横田町, 矢野馬木鉱山の交代性斜長石岩. *資源地質*, 44, 409-418.
- 高木哲一・内藤一樹・飯泉 滋, 2000, 島根県東部の花崗岩類と鉱床. *日本地質学会第 107 年学術大会見学旅行案内書*, 35-44.
- Takagi, T., Naito, K., Collins, L. and Iizumi, S., 2007, Plagioclase-Quartz rocks of metasomatic origin at the expense of granitic rocks of the Komaki district, Southwestern Japan. *Canadian Mineralogist*, 559-580.