

## 南部北上山地, 氷上花崗岩体に胚胎される玉山金鉱床の 鉱化年代とその成因に関する考察

村上浩康<sup>1</sup>・石原舜三<sup>2</sup>

Hiroyasu Murakami and Shunso Ishihara (2005) Geochronology and geochemistry of the Tamayama gold deposit hosted in the Hikami granitic rocks, southern Kitakami Mountains, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 56(5/6), p.177 - 182, 3 figs., 2 tables.

**Abstract:** Muscovite in pegmatitic ore from the Tamayama native gold deposit, southern Kitakami Mountains, is dated at  $111.7 \pm 3.0$  Ma, which is consistent with those of Cretaceous granitoids in the Kitakami Mountains. Pegmatitic ore and its host Hikami granitic rocks have been thermally metamorphosed by the Kesengawa granodiorite of Cretaceous age. A pressure corrected homogenization temperature (ca. 400 °C) of quartz in the pegmatitic ore is beyond the closing temperature (ca. 350 °C) of muscovite with respect to radiogenic argon. Therefore, the obtained K-Ar age of muscovite is considered to be rejuvenated due to contact metamorphism. An oxygen isotopic ratio of quartz in the pegmatitic ore ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}=10.0$  ‰), resembles to that of quartz in an ilmenite-series pegmatite (ca. >10 ‰). The oxygen isotopic equilibration temperature for a coexisting mineral pair of quartz-muscovite in the pegmatitic ore is calculated at 865 °C. The Hikami granitic rocks which host the pegmatitic ore, have also an ilmenite-series character. These data suggest that the pegmatitic ore from the Tamayama gold deposit is the final crystallization product of the Hikami granitic rocks which have been thermally metamorphosed intermittently after the formation of pegmatitic ore.

**Keywords:** Hikami granitic rocks, Tamayama mine, Intrusion related gold, Cretaceous granitic rocks, K-Ar dating, muscovite

### 要 旨

玉山金鉱床はチタン鉄鉱系の氷上花崗岩体の南西部に胚胎し、白雲母ペグマタイト中に金が濃集するという、北上山地に分布する他の金鉱床と比較して特異な産状を示す。この鉱床の白雲母の年代測定を実施したところ、 $111.7 \pm 3.0$  Ma が得られた。この年代は、南西方の白亜紀花崗岩類（気仙川岩体）の黒雲母年代と誤差の範囲で一致しており、ペグマタイト石英中に認められる流体包有物の圧力補正温度（約 400 °C）が白雲母の放射性アルゴン閉鎖温度（約 350 °C）を上回っていることなどから、白亜紀花崗岩類の活動による若返りの値と考えられる。含金ペグマタイトの石英の  $\delta^{18}\text{O}$  値（ $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}=10.0$  ‰）は一般のチタン鉄鉱系ペグマタイト中の石英（>10.0 ‰）と似た値を示し、この鉱床はチタン鉄鉱系の氷上花崗岩マグマの固結最末期に生じたものである。石英 - 白雲母ペアを用いた酸素同位体比平衡温度から、ペグマタイトの生成温度は 865 °C 以下と推定され、形成後に氷上花崗岩体が受けた数次に亘る熱履歴を経験して現在に至ったものと考えられる。

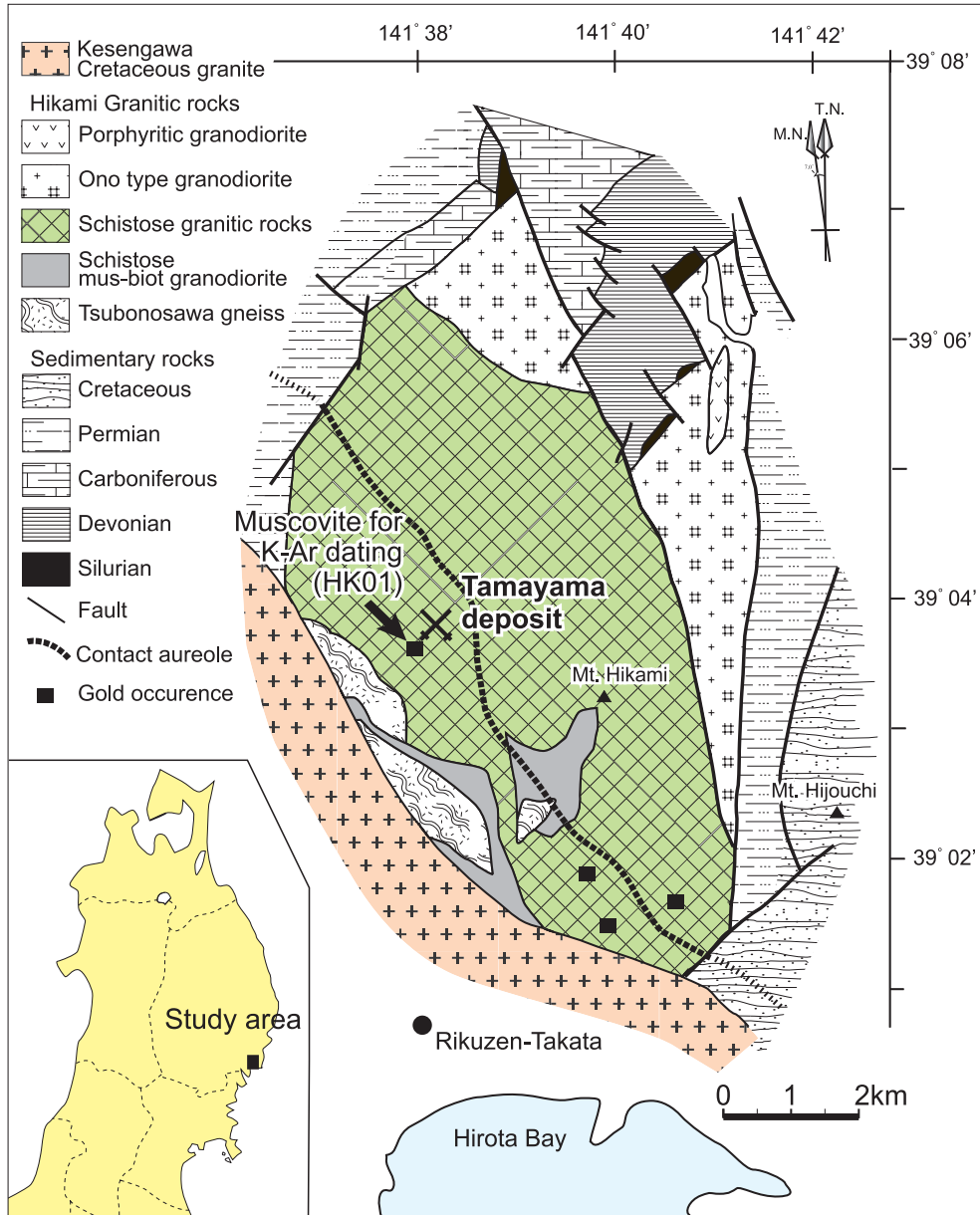
### 1. まえがき

北上山地には石英閃緑岩 - 花崗閃緑岩に関連した数多くの鉱脈型金鉱床がある。これはかつてはメソサーマル金鉱床と呼ばれ、最近ではオロージェニック金鉱床 (Goldfarb *et al.*, 2000) の範疇に一括されるものである。これら金鉱床は貫入岩類近傍の堆積岩類や火山岩類中に胚胎し、成因的にも関係するので「貫入岩関連の金鉱床」と呼称することが望ましい。大谷鉱床 ( $106.8 \pm 2.3$  Ma) では白亜紀貫入岩との関連性が時間的に示された (Ishihara and Murakami, 2004)。

一方、白亜紀以前の古期花崗岩類に属する氷上花崗岩体にも玉山金鉱床が古くから知られている。なお、「氷上」という行政区分並びに地理的名称は現存しないが、現在までの研究報告の習慣に従って“氷上花崗岩”を花崗岩体の名称として用いる。本鉱床は金が白雲母を含むペグマタイトに産する独特な産状を持つもので、時代的にも一般の北上山地の鉱脈型金鉱床とは異なる可能性を暗示する。また鉱床の開発が非常に古いため地質学的データは皆無に等しく、日本金山史にも掲載されておらず、わずかに昭和時代の鉱山主による伝承がある (山田, 1978)。

<sup>1</sup>地圏資源環境研究部門 (Institute for Geo-Resources and Environment, GSJ)

<sup>2</sup>産業技術総合研究所 (Geological Survey of Japan, AIST, Higashi 1-1-1, Tsukuba 305-8567, Japan)



第1図 氷上山花崗岩体周辺の地質図 (小林・高木 (2000) を簡略化). 図中■はK-Ar年代測定を行った白雲母試料採取位置及び金鉱微地の位置を示す.

Fig. 1 Simplified geological map showing localities of K-Ar dated muscovite in the pegmatitic ore and gold occurrences in the Hikami granitic rocks. Modified from Kobayashi and Takagi (2000).

今回、玉山金鉱床の露頭部から採集したペグマタイト質鉱石について、含まれる白雲母の年代同定を試みるとともに、若干の地球化学的性質を明らかにしたので報告する。なお、鉱物分離は主としてハンドピッキングで行ない、年代及び平均標準海水 (SMOW) に対する酸素同位体比測定を実施した。

## 2. 氷上山花崗岩類

氷上山花崗岩類は、氷上山を中心として分布する氷上山花崗岩体と近傍の類似の小岩体 (奥火の土岩体など)

に与えられた名称であり (北上古生層研究グループ, 1982), これまでに多くの層序学, 岩石学, 年代学的な研究がある。かつての最大の論争は時代論であり, 野外地質の産状から不整合を認め先シルル系基盤が存在する提案 (村田ほか, 1974) に対し, 放射年代測定による石炭紀 (339 Ma : Rb-Sr 年代, 0.7079 : Sr 初生値) の若い年代論 (Shibata, 1974) とが対立していた。その後の CHIME 年代 (鈴木ほか, 1992), ジルコンの SHIRIMP 年代 (Watanabe *et al.*, 1995) などによって, 現在では 440 Ma (オルドビス-シルル紀境界) の貫入・固結に始まり, 350 Ma, 250 Ma, 120 Ma にピークを持

つ熱履歴を受けていることで決着している。

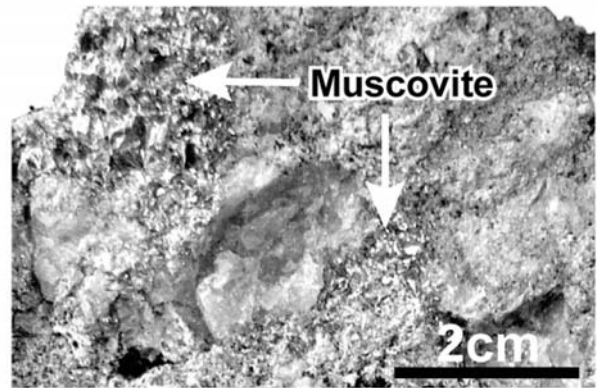
氷上山崗岩体周辺の地質を第1図に示す。氷上山崗岩体付近の構成岩類は、化石を豊富に含む石灰岩・砂岩・頁岩及び礫岩などの浅海成堆積岩からなる南部北上帯シルル-ペルム系、氷上山崗岩体、白亜紀前期の花崗閃緑岩類(気仙川岩体)と安山岩質岩脈などの火山岩類からなる。気仙川岩体は南北系の構造線に沿うように氷上山崗岩体の西側に貫入している。なお、氷上山崗岩体中には時代未詳の壺の沢片麻岩がレンズ状捕獲岩体として認められる。

氷上山崗岩体はマイロナイト化及びカタクラサイト化を部分的に伴っており、Ishii *et al.* (1960) は片麻状構造が認められる南部の氷上山型花崗岩、認められない北部の大野型花崗岩に区分し、前者は変動期末期の深所貫入、後者を変動期終了後の浅所に貫入した水に富む低温マグマに由来するものと考えた。浅川ほか(1999) は、氷上山崗岩体をD型(深所貫入型)とS型(浅所貫入型)に区分し、小林・高木(2000) は氷上山崗岩体を鉱物組成と組織から花崗閃緑岩からトータル岩質の片状花崗岩類及び片状中粒白雲母黒雲母花崗閃緑岩(マイロナイト化を伴う)、黒雲母花崗閃緑岩(マイロナイト化無し)、斑状角閃石黒雲母花崗閃緑岩の4つの岩相に区分している。これらのうち、片状花崗岩類はIshii *et al.* (1960) の氷上山型花崗岩に、黒雲母花崗閃緑岩は大野型花崗閃緑岩に対比される。氷上山崗岩体中の有色鉱物は緑泥石化を受けることが多く、また、岩体の各所で石英、緑泥石±緑簾石などの細脈が存在し、花崗岩自体が緑色の内成スカン様に変質している。そのような変質岩には硫化鉱物はほとんど認められない。

### 3. 玉山金鉱床

玉山金鉱床は旧来“玉山金山”と呼称され、陸前高田市内に位置している(第1図)。鉱床は市街地北東方の氷上山山頂西麓から南麓の標高400 m付近に認められ、そこでは和右エ門坑などの旧坑や大量の石英塊が認められる旧採掘跡が分布している。玉山金山の歴史は古く1,200年前の天平年間にまで遡るとされ、産出された金は平泉中尊寺金色堂に使われるなど、奥州藤原氏の黄金文化を支えたと言われる(高橋, 1997)。鉱床地域は小林・高木(2000)によると、氷上山崗岩体中で最大の面積を占める片状花崗岩類の分布域に相当することから、玉山鉱床は氷上山崗岩体中に生成したペグマタイトを主体とする鉱床と判断できる。

鉱脈は初生のペグマタイト質石英脈と後生の剪断帯沿いの鉱脈に区分されるとされ、前者は東西系走向で40-50°N傾斜、後者は走向N20°Eであったとされる(山田, 1978)。鉱脈は一般に緩傾斜で膨縮が激し



第2図 玉山鉱山産白雲母含有ペグマタイト質金鉱石。

Fig. 2 Muscovite bearing pegmatitic ore from the Tamayama deposit.

たようである。鉱山主の千葉作次郎の言として平均脈幅60~90 cm、平均品位は12.7 g/t、推定鉱量は100万トンとも言われている(山田, 1978)。その含金量は12.7トンに達し、これは廃石量から推定して余りにも大きすぎる。因に北上山地最大の大谷金山の総生産量が金量として18.9トンである(磯部, 1992)。

本鉱区内の地形的に低い部分にはペグマタイト質の廃石がある。これは直径数cm以下の石英、カリウム長石、少量の白雲母から構成される(第2図)。カリウム長石は肉眼的にベルト組織を持ち、鏡下では自形の白雲母が0.5 mm程度の細粒のものから粒径5 mm前後の粗粒のものまで認められ、それらの白雲母が石英とモザイク状に共生しており、両鉱物に時間的な前後関係を示唆するような組織は認められない。また、極細粒の自然金が石英や白雲母の粒間付近に認められる。これは山田(1978)の初生鉱脈に属するものと思われる。一方、鉱区西方の氷上山崗岩体珪化部の旧坑周辺に多くの採掘後の石英脈が認められる。これは、山田(1978)による後生脈と思われるが、その転石の石英脈中に粗粒金が肉眼で確認できた。これらの石英脈のうち2試料の化学組成を分析したところ、38 g/t Au及び14 g/t Au、As濃度は56 ppm及び5 ppmを示しており、As濃度は白亜紀花崗岩類に関連する金鉱床産の鉱石に比べて極めて低いことを特徴とする。

#### 3.1 K-Ar年代測定

ペグマタイト質鉱石を粉碎し、白雲母を肉眼及び実体顕微鏡下で手拾いし、K-Ar年代測定に供した。結果を第1表に示す。K含有量の8.95 wt%は、K<sub>2</sub>O換算で10.78 wt%に相当し、白雲母の理論値に非常に近い。年代値の111.7±3.0 Maは氷上山崗岩体中の最も若いK-Ar年代と一致し、かつ白亜紀前期に相当し、気仙川岩体の黒雲母の値(114.6 Ma; 河野・植田, 1965)、1977年以前の値はSteiger and Jäger(1977)の新しい壊変

第1表 ベグマタイト産白雲母のK-Ar年代、測定：Actlabs社。

Table 1 K-Ar age for muscovite in pegmatitic ore from Tamayama deposit. Analysis: Actlabs Ltd.

No.	Locality	Mineral	K (wt. %)	<sup>40</sup> Ar rad (nl/g)	<sup>40</sup> Ar air (%)	Age (Ma)
HK01-Mus	Tamayama deposit	Muscovite	8.95	39.33	2.0	111.7 ± 3.0

Analysis: Actlabs Ltd.

$\lambda_p=4.962 \times 10^{-10}/y$ ,  $\lambda_e=0.581 \times 10^{-10}/y$  (Steiger and Jäger, 1977),  $^{40}K/K=0.01167$  atom%.

第2表 ベグマタイト産石英と白雲母の酸素同位体比、測定：Actlabs社。

Table 2 Oxygen isotopic ratios for quartz and muscovite in pegmatitic ore from Tamayama deposit. Analysis: Actlabs Ltd.

No.	Locality	Analyzed mineral	$\delta^{18}O_{SMOW}$ (‰)	Isotopic equilibrium temperature* (°C)
HK01-Mus	Tamayama deposit	Muscovite	8.9	865
HK01-Qz	ditto	Quartz	10.0	

Analysis: Actlabs Ltd.

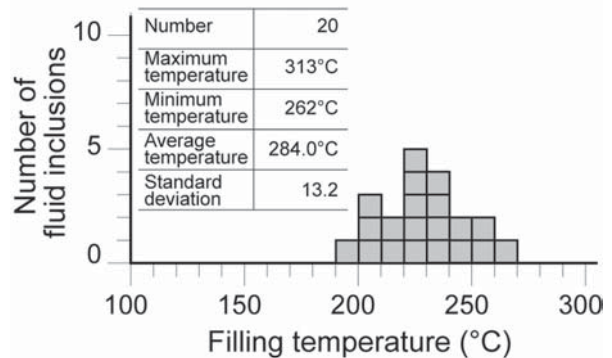
\*The isotopic equilibrium temperature was calculated from the equation of ( $\delta^{18}O$  of Qz)-( $\delta^{18}O$  of Mus)= $A(10^{6/T^2})+B$ . A=2.2, B=-0.60 (Bottinga and Javoy, 1973, 1975).

定数に基づいて再計算、以下同様)とも誤差(1 $\sigma$ )の範囲で一致する。

### 3.2 生成温度測定

白雲母の分離と合わせて共存する石英を分離し、酸素同位体比を測定した。結果を第2表に示す。石英の $\delta^{18}O$ 値である10.0‰は、磁鉄鉱系花崗岩類に関する島根県大東ベグマタイト質モリブデン石英脈の石英の8.8‰(石原・松久, 1975)、鳥取県小鴨ベグマタイトの石英の8.9‰(Matsuhisa *et al.*, 1972)よりも高く、チタン鉄鉱系花崗岩帯の金丸ベグマタイトの石英の10.7~12.1‰(Ishihara *et al.*, 1998)よりも低い。一方、白雲母は8.9‰であり、これは金丸ベグマタイト後期脈の白雲母の9.5‰よりもやや低い値である。

両鉱物が形成時に平衡に存在したとして、酸素同位体比からその同位体平衡温度を求めると、865°Cとかなり高い温度が得られる(第2表)。一方、後期脈と思われる石英中の流体包有物の充填温度をヒストグラムとして第3図に示すが、最大の集中は220°C付近の低い温度領域に見られ、NaCl相当塩濃度は5~6 wt%を示す。これらの包有物形成に関与した熱水の真の形成温度を得るためには圧力補正が必要である。土谷(1997)は南部北上帯に分布する白亜紀アダカイト質花崗岩類の形成圧力の高圧側を3 kb~5 kbと推定している。一方、流体包有物均質化温度を測定した石英脈がマイロナイト化及びカタクレサイトを被った氷上山花崗岩体中に胚胎していることから、この花崗岩体は脆性/延性環境の境界付近の深度に位置していたことを



第3図 ベグマタイト質鉱石から分離した石英中の流体包有物均質化温度の測定結果。

Fig. 3 Homogenization temperature diagram for fluid inclusions of quartz in the pegmatitic ore from the Tamayama deposit.

示している。浅川(1997)は、氷上山花崗岩体の形成時の温度・圧力を斜長石-角閃石地質圧力計を用いて求めた結果、約740°Cで約5 kbと推定している。

これらの条件より、流体包有物形成に関与した熱水のNaCl相当塩濃度を5 wt%とし、花崗岩の定置深度である3 kbから氷上山花崗岩体形成時の推定圧力である5 kbの範囲で石英脈が形成されたと仮定した場合、その形成温度は300°C~500°Cの範囲となり、同位体平衡温度に比べて低い値を示す。石英と白雲母間の酸素同位体平衡は500°C以上で成立するため、流体包有物から得られた温度範囲では同位体平衡は乱されていないと考えられる。したがって、石英-白雲母を伴うベグマタイト質鉱石は、酸素同位体平衡温度とはコヒーレ

ントではない熱水活動の温度情報を併せ持っていると考えられる。これは、350～120 Maの間に複数回の熱履歴を被っている水上花崗岩体中に鉱床が産出することと調和的であり、ペグマタイト質鉱石は、その形成後に複数回の熱水活動の影響を受けている可能性が考えられる。

#### 4. 成因的考察

今回得られたK-Ar年代は既存の年代値のうち最も若い年代と類似している。例えば、玉山鉱山北西方-北東方の花崗閃緑岩類の黒雲母は115.6～117.6 Ma (n=5)である(柴田・内海, 1975)。また気仙川岩体に最も近接した白雲母花崗閃緑岩の白雲母は109.5 Maである。これらの値は西側の気仙川岩体の黒雲母年代(114.6 Ma, 河野・植田, 1965)と誤差の範囲で同一であり、玉山鉱山の白雲母も白亜紀の深成活動でそのAr閉鎖温度(350 ± 50 °C; Dodson and McClelland-Brown, 1985)を越えた若返りを受けたと推定できる。気仙川岩体による接触変成帯内にペグマタイト質鉱石が分布する(第1図)ことは、今回得られた年代値が若返りを受けていることを強く支持する。一方、石英中に認められた流体包有物にも気仙川岩体の貫入に伴う熱的影響が示唆される。

玉山鉱山の産出鉱物は主に石英、カリウム長石、少量の白雲母であり、パーアルミナスな組成を示すが、石榴石・紅柱石などは発見されていない。一方、白亜紀の深成岩類は角閃石、黒雲母を含みカリウム長石に乏しくメタアルミナスで全く異質である。小林・高木(2000)は202個の帯磁率を測定しており、その93%はチタン鉄鉱系の値を持ち、水上花崗岩体が還元的なチタン鉄鉱系列に属することを示した。

玉山鉱床ペグマタイト質鉱石から得られた石英の酸素同位体比は1個だけであるが、磁鉄鉱系ペグマタイトの石英より明らかに高い $\delta^{18}\text{O}$ 値を示し、チタン鉄鉱系の値に近い。チタン鉄鉱系花崗岩に認められる高い $\delta^{18}\text{O}$ 値は源マグマに占める堆積岩源物質の多さと考えられている(Ishihara and Matsuhisa, 2002, 2004)。水上花崗岩体においても、北上山地の白亜紀花崗岩類に比べて高いSr初生値(Shibata, 1974)を示すことから推察して堆積岩類を混在する大陸地殻物質の部分溶融によって源マグマが発生し、それが上昇・固結したのではなかろうか。したがって、その分化物であるペグマタイトの石英もやや大きい $\delta^{18}\text{O}$ 値を持つに至ったと考えられる。

#### 5. まとめ

南部北上帯、水上花崗岩体中に発達するペグマタイト

質鉱石中に認められた白雲母のK-Ar年代は111.7 ± 3.0 Maを示し、この年代値は既報の白亜紀花崗岩類(気仙川岩体)のK-Ar年代値と調和的な値である。玉山鉱床は気仙川岩体に極めて近く、それによる接触変成作用を被っている。ペグマタイト質鉱石の石英中流体包有物の圧力補正後の推定形成温度は白雲母の放射性Arの閉鎖温度である約350 °Cを上回っていると考えられる。これらのデータは、玉山鉱床に認められる金鉱化作用と密接に伴うペグマタイト質鉱石が、白亜紀花崗岩類の気仙川岩体による熱的影響を被っていることを示している。

玉山ペグマタイト質金鉱石は、1) チタン鉄鉱系の水上花崗岩体中に分布する、2) その石英・白雲母の酸素同位体比が新潟県金丸地域のチタン鉄鉱系ペグマタイト中のそれらと同様の値を持つことから、この鉱床が近傍のチタン鉄鉱系花崗岩類と成因的関連性を有することを強く示唆している。

玉山鉱床のペグマタイト質金鉱石とチタン鉄鉱系花崗岩関連のペグマタイトとの間の地質学的・同位体的近似性は、この金鉱化作用を伴うペグマタイト鉱床が水上花崗岩体の貫入・固結に伴う一連のマグマ-熱水系の晩期に形成された可能性が高いことを示している。これをより詳細に検討するためには、流体包有物データの更なる検討、ペグマタイト中のジルコン等のアクセサリー鉱物を用いた詳細な年代測定が必要不可欠である。

#### 文 献

- 浅川敬公(1997) 南部北上山地、水上花崗岩体について—その2—。日本地質学会第104回学術大会講演要旨、227。
- 浅川敬公・丸山孝彦・山元正継(1999) 南部北上帯、水上花こう岩体のRb-Sr全岩アイソクロン年代。地質学論集、no. 53, 221-234。
- Bottinga, Y. and Javoy, M. (1973) Comments on oxygen isotope thermometry. *Earth Planet. Sci. Letters*, **20**, 250-265.
- Bottinga, Y. and Javoy, M. (1975) Oxygen isotope partitioning among the minerals in igneous and metamorphic rocks. *Rev. Geophys. Space Phys.*, **13**, 401-418.
- Dodson, M.H. and McClelland-Brown, E. (1985) Isotopic and palaeomagnetic evidence for rates of cooling, uplift and erosion. *Geol. Soc. Mem.* no. 10, 315-325.
- Goldfarb, J. R., D. I. Groves, I. D., and Gardoll, S. (2000) Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore Geology Reviews*, **18**, 1-75.
- 石原舜三・松久幸敬(1975) 中国底盤の形成過程におけ

- る地表水混入の問題について. 地質雑, **81**, 365-371.
- Ishihara, S. and Matsuhisa, Y. (2002) Oxygen isotopic constraints on the geneses of the Cretaceous-Paleogene granitoids in the Inner Zone of South-west Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **53**, 421-438.
- Ishihara, S. and Matsuhisa, Y. (2004) Oxygen isotopic constraints on the geneses of the Cretaceous granitoids in the Kitakami and Abukuma terrains, Northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **55**, 57-66.
- Ishihara, S. and Murakami, H. (2004) Granitoid types related to Cretaceous plutonic Au-quartz vein and Cu-Fe skarn deposits, Kitakami Mountains, Japan. *Resource Geol.*, **54**, 281-298.
- Ishihara, S., Hamano, K. and Ikegami, A. (1998) Isotopic evaluation on the genesis of the Kanamaru pegmatite deposit, Niigata Prefecture, Japan. *Resource Geol.*, **48**, 1-6.
- Ishii, K., Sendo, T., Ueda, Y. and Yamashita, Y. (1960) Granitic rocks of the Hinokami-yama district, north-eastern Kitakami massif. *Sci. Rept., Tohoku Univ.*, **6**, 439-485.
- 磯部 清 (1992) 日本金山誌. 東北地方. 資源素材学会, 222p.
- 河野義礼・植田良夫 (1965) 本邦産火成岩のK-A dating (II) -北上山地の花崗岩類. **53**, 143-154.
- 北上古生層研究グループ (1982) 南部北上体の先シルル紀基盤. 地質学論集, no. 21, 261-281.
- 小林靖広・高木秀雄 (2000) 南部北上帯氷上花崗岩類の岩相区分, 構造および岩石化学. 地質学論集, no. 56, 103-122.
- Matsuhisa, Y., Honma, H., Matsubaya, O. and Sakai, H. (1972) Oxygen isotopic study of the Cretaceous granitic rocks in Japan. *Contr. Miner. Petrol.*, **39**, 277-288.
- 村田正文・蟹沢聡史・植田良夫・武田信従 (1974) 北上山地シルル系基底と先シルル系花崗岩体. 地質雑, **80**, 475-486.
- Shibata, K. (1974) Rb-Sr geochronology of the Hikami granite, Kitakami mountains, Japan. *Geochem. Jour.*, **8**, 193-207.
- Steiger, R.H. and Jäger, E. (1977) Subcommittee on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmo-chronology. *Earth Planet. Sci. Letters*, **36**, 359-362.
- 柴田 賢・内海 茂 (1975) 南部北上山地氷上花崗岩の年代. 地調月報, **26**, 235-241.
- 鈴木和博・足立 守・山後公二・千葉公一 (1992) 南部北上帯の氷上花崗岩および“シルル・デボン系”碎屑岩中のモナザイト・ジルコン CHIME 年代. 岩鉱, **87**, 330-349.
- 高橋晃一 (1997) 陸前高田市玉山金山跡の水晶観察会報告と中学校理科教育(地学領域)の展望. 岩手の地学, **27**, 20-25 (岩手県地学教育研究会).
- 土谷信高 (1997) 北上山地のアダカイト質花崗岩体の固結深度について(演旨), 日本鉱物学会年会学術講演会, 日本岩石鉱物鉱床学会秋季学術講演会講演要旨集, 186p.
- Watanabe, T., Funning, C. M., Uruno, K. and Kano, H. (1995) Pre-Middle Silurian granitic magmatism and associated metamorphism in northern Japan: SHRIMP U-Pb zircon chronology. *Geol. Jour.*, **30**, 273-280.
- 山田弥太郎 (1978) 大船渡市史. 第一巻:地質編. 大船渡市, 5-230.

(受付:2005年3月28日;受理:2005年6月16日)