

論文

石見銀山の熱水系を規制した地質構造について

小室 裕明*・志知 龍一**

Geologic structure controlling the hydrothermal system of the Iwami-ginzan silver mine

Hiroaki Komuro* and Ryuichi Shichi**

Abstract

The subsurface geologic structure of the Iwami-ginzan silver district is estimated from geophysical surveys. A significant gravity anomaly indicates that Iwami-ginzan is situated at the rim of a Miocene cauldron near Oda city. Collapse of this cauldron occurred 19 Ma, and then many fractures formed in the basement rocks along its margins. Hydrothermal solutions repeatedly infiltrated these fractures during the Neogene prior to the genesis of the Iwami-ginzan silver district. The later hydrothermal solutions which produced the Iwami-ginzan silver mine also passed through these pre-existing fractures, and probably became enriched in Ag, Au and other metals.

Key words: cauldron, fracture, hydrothermal system, gravity anomaly

はじめに

石見銀山の鉱床を形成した熱水は、更新世の大江高山の火山活動に伴ったものである。しかし、熱水の通路となった断裂は、必ずしも大江高山の噴火に関連して形成されたとはかぎらない。

大江高山は、新第三系中新統のいわゆるグリーンタフ層の上に不整合で重なっている。これらのグリーンタフ層は、島根県大田市から江津市浅利にかけての大田湾入部と呼ばれてきた火山性陥没構造（コールドロン）を埋積している。コールドロン形成時には、先グリーンタフ期の花崗岩・変成岩類からなる基盤中に多数の断裂が形成されたと考えられ、これらは地殻中の弱線として後々までマグマや熱水の通路となった可能性が高い。

しかし、石見銀山周辺は、大江高山の火山岩や火砕岩類、あるいはこれらと同時異相の都野津層群に被覆されて、古期の地質構造が把握しにくい。そこで、重力異常探査によってこの地域の地下構造の推定を行なった。その結果、石見銀山の熱水系が、古い時代の中新世の断裂に規制されているのではないかという作業仮説を得たので、以下にその試論を述べる。

地質概説

石見銀山が位置する島根県大田市周辺には、新第三系中新統の火山岩・火砕岩類からなるいわゆるグリーンタフ層が、

基盤の古第三紀花崗岩類や三郡変成岩類を覆って分布し、更新～完新世の火山である大江高山と三瓶山がこれらに重なる（第1図）。

中新統は、安山岩質～流紋岩質の火砕岩からなる波多層、砂岩・礫岩からなる川合層、泥岩・流紋岩溶岩・火砕岩などからなる久利層、安山岩溶岩からなる大森層から構成されている。これらの中新統は、江津市浅利から波積を通して福田に延びる断層によって三郡変成岩類と接し、この断層より南側には分布しない。また東側は、江津市福田から大田市川合町忍原に延びる NE-SW 走向の断層によって古第三紀火山岩類や花崗岩類と接している。

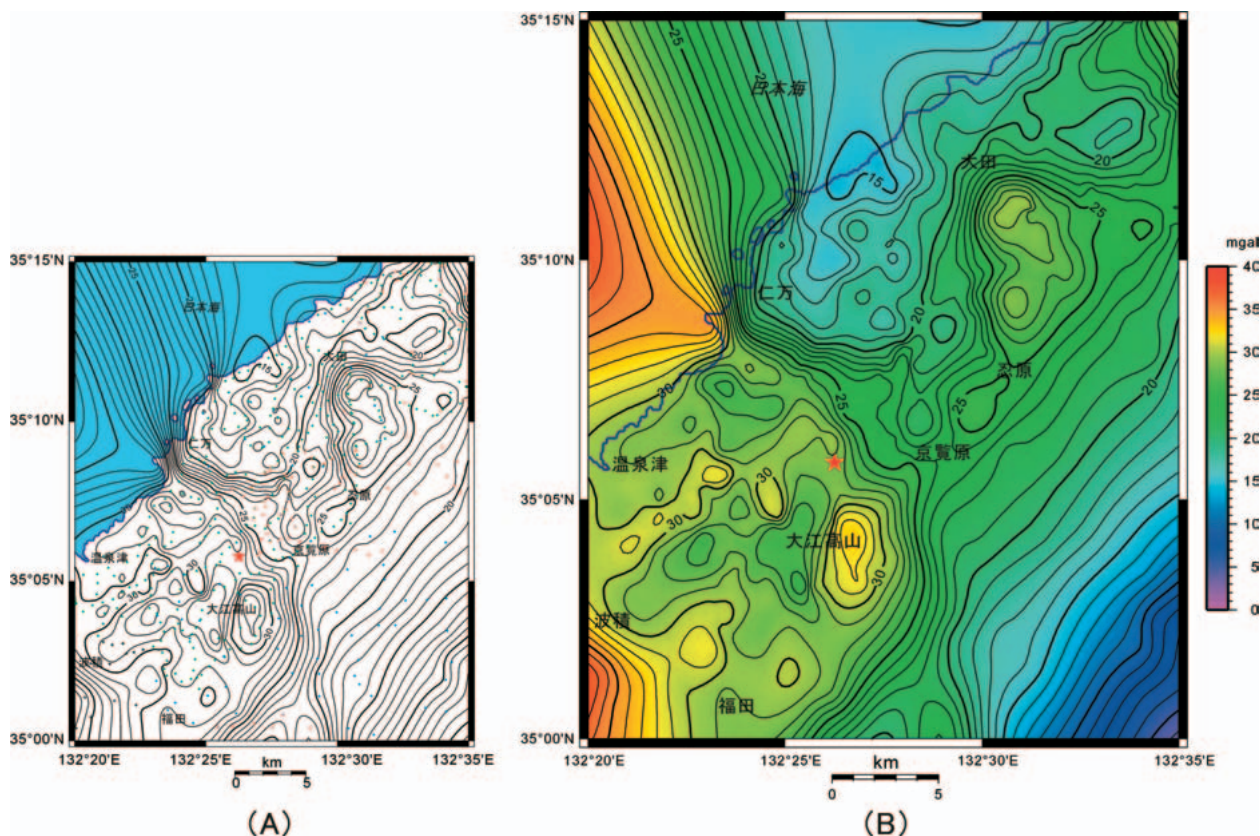
山陰地域のグリーンタフ層は、先新第三紀の基盤岩類に入江状に食い込むような分布をしており、これらは東から、米子湾入部・松江湾入部・出雲湾入部・大田湾入部と呼ばれて



第1図 位置図。赤枠が第2図、第3図の範囲。緑色は中新統（グリーンタフ層）、オレンジ色は第四紀火山の分布。

* 島根大学総合理工学部地球資源環境学教室 〒690-8504 松江市西川津町 1060

** 中部大学工学部理学教室 〒487-8501 春日井市松本町 1200



第2図 (A) 本研究に使用した重力観測点の分布。赤+：島根大学観測点，青+：名古屋大学観測点，緑+：金属鉱業事業団観測点，黒+：地質調査所観測点。重力コンターは1 mgal。データは、地調編(2000)および Shichi and Yamamoto (2001) に収録されたものを使用した。(B) ブーゲー重力異常図。★：石見銀山(仙山)，重力コンター：1 mgal，ブーゲー密度：2.67 g/cm³。

きた(三位・吉谷, 1972)。本地域はもっとも西部の大田湾入部にあたる。大田湾入部のグリーンタフ層には、大田市五十猛に黒鉄鉱床が胚胎し、石見鉄山として採掘されてきた。

山陰グリーン・タフ団研(1973, 1979)は、大田湾入部が中新世前期および中期に発生した火山性の陥没盆地(コールドロン)であることを指摘した。この地域の波多層からは19.6 ± 1.8 Maのジルコン FT年代が得られているので(鹿野ほか, 2001)、約20 Ma以降中新世の間に少なくとも2回のカルデラ陥没が起こって湾入構造が形成されたものと思われる。

石見鉄山鉄床の熱水を供給した大江高山は、これらの中新統を不整合に覆う更新世の火山で、溶岩のK-Ar放射年代値は1.7 Ma前後とされる(金属鉱業事業団, 1993; 鹿野ほか, 2001)。大江高山は、いくつかの溶岩ドームと火砕岩類からなるが、石見鉄山の鉄床がある仙山は、漏斗状の火道の上に形成された火砕丘であるとされる(Kano and Takarada, 2007)。鉄床は仙山とその西側に位置し、大江高山の火山活動末期の熱水によるものである。鉄脈は、主としてE-W走向およびNE-SW走向であり、NW-SE走向のものもある。

重力異常と地質構造

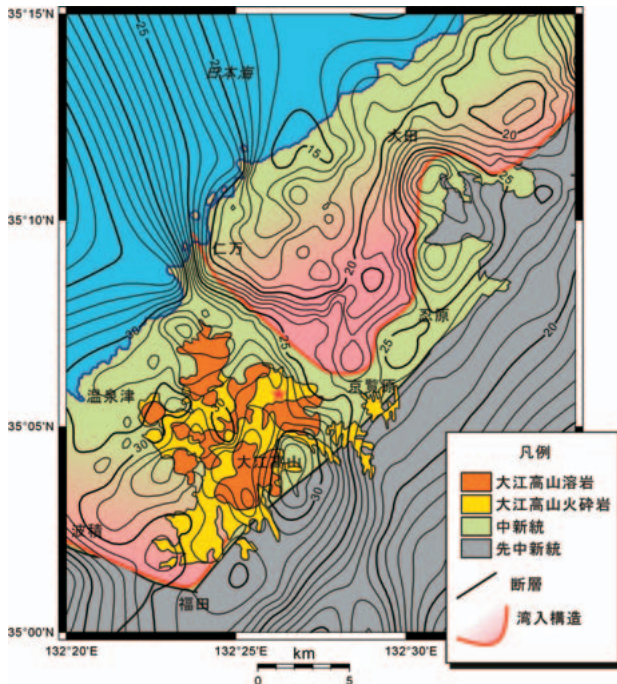
重力異常図を描くために使用した石見鉄山地域の重力観測データは、Shichi and Yamamoto ed.(2001) および地質調査所

編(2000)に収録された名古屋大学観測点47点、島根大学観測点38点、地質調査所観測点13点、金属鉱業事業団観測点192点、新規の観測点58点を加えた計348点である。

大江高山の溶岩ドームは、やや低密度のデイサイト溶岩からなるが、面積的には花崗岩や三郡変成岩類などの先中新統が大部分を占める。そのため、ブーゲー補正と地形補正に用いた仮定密度は、地殻の平均密度2.67 g/cm³が妥当と判断した。

第2図は、これらの観測点データを使用して描いた石見鉄山周辺のブーゲー重力異常図である。大江高山から温泉津にかけて高原状に高重力異常となっており、大田地域の低重力異常部とは、NNW-SSEに延びる直線的な重力急勾配帯によって画されている。なお、南東部の低重力異常は、広島から庄原にかけての中国山地に広がる長波長の広域低重力異常の一部であり、おそらくは地殻深部の密度分布を反映したもので、ここで問題にするような地殻浅所の地質構造に対応したものではないと考えられる。

第3図は、ブーゲー重力異常のコンター図に簡略化した地質図を重ねたものである。大江高山火山群は、重力異常が高原状に高くなった地域にだけ分布し、低重力異常域には噴出していない。中新統は、忍原～福田を結ぶ断層と福田から西に延びる断層の北東側、いわゆる大田湾入部に厚く分布する。大田付近では、基盤が北西側に突出しており、中新統がこの



第3図 プーゲー重力異常と地質構造。★：石見銀山（仙山），重力コンター：1 mgal。コールドロン輪郭は重力異常から推定。

基盤を薄く覆っている。

地質学的には、波積—福田—忍原の北側が大田湾入部とされてきたが、低重力異常はこれに必ずしも一致しない。福田—忍原の断層に関しては、これに沿って北西側が陥没した重力異常がみられないし、仁万—京覧原を結ぶ線より南西側の湾入部も低重力異常ではない。重力異常からみた湾入構造は、むしろ大田の北東部と、大田—京覧原—仁万を結ぶ線に囲まれた大田南西部に認められる。

したがって、重力異常から見る限りは、大田湾入部は一つの陥没構造ではなく、2つないし3つの陥没構造が重なった caldera swarm であることが示唆される。仁万—京覧原を結ぶ線より南西側は、陥没構造があったとしてもそれほど大きな陥没量ではなく、逆にこれより北東側は基盤が大きく落ち込んだ深いカルデラであったと思われる。

石見銀山は、大江高山火山群の一つである仙山火山噴出物中の鉱染鉱床として胚胎する（第2, 3図★印）。仙山は、大江高山火山群の中でも東に位置し、仁万—京覧原を結ぶ重力異常急勾配帯の上にあることは注目される。

考 察

火山性陥没構造（コールドロン）の縁部には、地下のマグマだまりの膨張や収縮に応じて、放射状断裂や同心円状断裂が発生する（Komuro et al., 1984; Komuro, 1987; Troll et al., 2002）。これらの断裂は、噴火の際のマグマの通路にもなり、また、これらの断裂に沿ってカルデラ陥没後に深成岩類が環状岩体として貫入することもある。

石見銀山胚胎場である仙山は、中新世の活動ではなく、第

四紀の大江高山の火山活動に伴って噴出した火山碎屑物からなる。大江高山の溶岩ドーム群は、大田湾入部内側に限って分布しているが、同じ第四紀火山の三瓶山は、中新統とは無関係に古第三紀花崗岩類を基盤としており、中新世の火山活動と第四紀の火山活動の間に関連性を見いだすことは難しい。

しかし大江高山火山群の中でみると、仙山は、基盤の中新世コールドロンの陥没量ももっとも大きい部分の縁部に位置している（第2, 3図）。このことは、仙山の火道が、基盤の中新世コールドロン縁部に発達する古期断裂を利用して開き、石見銀山鉱床をもたらした熱水もこの古期断裂に沿って上昇したことを示唆している。大田湾入部の中新世コールドロンの形成年代は15~20 Maであるから、1.7 Maの大江高山火山群とは大きな隔りがあるが、20 Maに形成された基盤中の断裂は、中新統の火山岩類や堆積岩類に埋積されても古傷として残っていたのであろう。

コールドロン縁部に熱水鉱床が形成される例は、南九州北薩地域の串木野や菱刈の金銀鉱床でも指摘されている（久保田, 1986）。北薩地域では4 Ma（串木野鉱床）と1~2 Ma（菱刈鉱床）に浅熱水性の高品位金銀脈鉱床が知られており、これらは鮮新世と更新世の主として2回の時期に発生したコールドロン群に関連して形成したとされる。コールドロン群はプーゲー重力異常やリニアメントによって読み取ることができ、久保田（1986）によれば、カルデラ縁外側の部分に鉱床が形成され、かつ中新統火山岩類（これもコールドロン埋積層と考えられている）の分布域に偏在するとされる。つまり、中新世以降何度もカルデラ陥没の繰り返されたのが北薩地域であり、基盤内に形成された多数のコールドロン断裂系が熱水の通路になったということである。

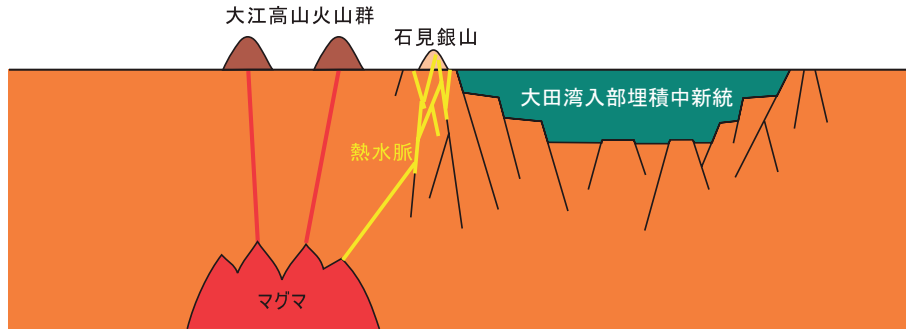
石見銀山には1~2 Maのコールドロンは存在しないが、低重力異常によって示されるコールドロンの縁部に鉱床が胚胎することは、北薩地域との類似性を思わせる。

石見銀山地域では、中新世に少なくとも2回のコールドロンが形成され（山陰グリーン・タフ団研, 1979）、また大江高山のマグマ活動に伴って陥没は発生しなかったが、たとえば放射状断裂のような非陥没性の断裂が形成された可能性は十分に考えられる。

なお、中新世の黒鉱鉱床がコールドロンに伴って形成されたことは、高橋（1983）や Ohmoto（1978）、Ohmoto and Takahashi（1983）、Kouda and Koide（1978）などですでに指摘されている。石見銀山地域でも、大田市五十猛の石見鉱山などの黒鉱鉱床は、大田湾入部のコールドロン内側縁部に位置する。

中新世の火山活動とコールドロン断裂によって黒鉱鉱床が形成され、そのコールドロンの構造に規制されて大江高山期に石見銀山が生成したということは、古い時代に形成した断裂を通じて熱水が何度も上昇し、そのたびに鉱床を生成したことを意味する（第4図）。この過程で鉱床の品位も上がったものと考えられる。

石見銀山周辺の地質構造と鉱床の構造規制は、こうした鉱床の熟成過程を物語っているといえよう。



第4図 中新世のコールドロンと大江高山熱水活動との関係を示した模式図。

謝 辞

島根大学・赤坂正秀教授には小論発表の機会を与えていただいた。新潟大学・久保田喜裕助教授には、コールドロン形成機構と鉱床の形成場について常々ご討論いただいている。愛媛大学・山本明彦教授には、重力データのバグ取りにご協力いただいた。島根大学・山内靖喜名誉教授には、大田湾入部の構造についてご教示いただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。なお、本研究には平成17～18年度島根大学プロジェクト研究(萌芽研究部門)「石見銀山地域～島根半島古熱水系における複合資源形成システムとたたら鉄資源」を使用した。

引用文献

- 地質調査所編, 2000. 日本重力 CD-ROM, 数値地質図 P-2. 地質調査所.
- 鹿野和彦・宝田晋治・牧本 博・土谷信之・豊 遙秋, 2001. 温泉津及び江津地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 129 p.
- Kano, K. and Takarada, S., 2007. Cone-building block-and-ash flows: the Senyama volcanic products of O'e Takayama volcano, SW Japan. *Bull. Volcanol.*, **69**, 563-575.
- 金属鉱業事業団, 1993. 平成4年度精密調査報告書「北島根地域」. 55

- p.
- Komuro, H., Fujita, Y. and Kodama, K., 1984. Numerical and experimental models on the formation mechanism of collapse basins during the Green Tuff orogenesis of Japan. *Bull. Volcanol.*, **47**, 649-666.
- Komuro, H., 1987. Experiments on cauldron formation: a polygonal cauldron and ring fractures. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **31**, 139-149.
- Kouda, R. and Koide, H., 1978. Ring structure, resurgent cauldron and ore deposits in the Hokuroku volcanic field, northern Akita, Japan. *Mining Geol.*, **28**, 233-244.
- 久保田喜裕(1986) 南九州地域における金銀鉱脈鉱床の生成とその造構史的背景. *鉱山地質*, **36**: 459-474.
- 三位秀夫・吉谷昭彦, 1972. 島根県下のグリーンタフ盆地の構造. 三位秀夫博士遺稿・論文選集, 7-16.
- Ohmoto, H., 1978. Submarine caldera: A key to the formation of volcanic massive sulfide deposits. *Mining Geol.*, **28**, 219-231.
- Ohmoto, H. and Takahashi, T., 1983. Submarine calderas and kuroko genesis. *Econ. Geol.*, **Mon.5**, 39-54.
- 山陰グリーン・タフ団体研究グループ, 1973. グリーンタフ積成盆の発生期にまつわる2,3の問題—山陰・松江湾入部を一例として. *地質学論集*, No.9, 107-122.
- 山陰グリーン・タフ団体研究グループ, 1979. 松江市南方の下部および中部中新統の陥没盆地. *地質学論集*, No.16, 33-54.
- Shichi, R. and Yamamoto, A. ed., 2001. Gravity database of Southwest Japan (CD-ROM). *Bull. Nagoya Univ. Museum, Spec. Rept.*, No.9.
- 高橋敏夫, 1983. 北鹿火山構造的陥没帯の地質と黒鉄鉱床生成の場. *鉱山地質特別号*, No.11, 167-182.
- Troll, V.R., Walter, T.R. and Schmincke, H.-U., 2002. Cyclic caldera collapse: Piston or piecemeal subsidence? Field and experimental evidence. *Geology*, **30**, 135-138.