

原著論文

群馬県南牧村砥沢の金鉱山跡調査報告
— 鉱床地質の概況と鉱山開発の歴史 —

佐藤 興平

地質調査所：〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-3

要 旨

群馬県南牧村砥沢には戦国時代に金を採掘したという言い伝えの残る旧坑がある。この旧坑内外の地質調査を行い、採集試料の鉱床学的・地球化学的検討結果に文献情報を合わせて、言い伝えの実態解明と時代背景の考察を試みた。熱水変質岩類の化学組成や鉱物組合せの特徴から、言い伝え通り、この旧坑は金(Au)を目的に開削されたと判断される。Auの鉱化は、中新世—鮮新世の石英閃緑ひん岩—石英斑岩質岩株の貫入に伴う熱水活動によりもたらされたもので、坑道は貫入岩体近傍の破碎作用を受けた熱水変質帯に掘削されている。

坑道の形態には江戸期以前の痕跡を残す部分と明治維新以後の近代的な技術による部分とが認められる。鑿で掘られたとみられる方形の坑道は明らかに江戸期以前のもものと判断されるが、近代的な坑道の一部に残る狸掘り状の小規模坑道も江戸期以前に掘られた可能性がある。時代背景も合わせ考えると、これらの坑道は16-17世紀のもものと推察されるが、坑内調査からも文献からも、詳しい時代を特定することはできなかった。一方、近代的な坑道形式の部分は、文献情報と合わせると、太平洋戦争直前に軍備拡張政策の影響を受けて、既存の旧坑を短期間に再開発したものと推定される。

旧坑で採取した試料のAu品位は全体として低く(最高25ppm)、また他の重金属鉱物も極めて少ないことから、この鉱床から採掘されたAuの量はわずかであったと考えられる。しかし、周辺には戦前の一時期にAuやSbを採掘したという記録が残っており、また熱水変質を受けた貫入岩からは良質な砥石が長期にわたって採掘されるなど、この貫入岩体周辺は鉱床学的にも鉱業史的にも興味深い。今後Au-Sbの鉱化作用と砥石の形成を一連のマグマ—熱水系の枠組みの中で統一的に捉える必要がある。

キーワード：南牧村、砥沢、金鉱床、新第三紀、貫入岩、熱水変質帯、地球化学異常、Au、As、旧坑、鉱山開発、武田信玄、軍資金、戦国時代、江戸時代、太平洋戦争、砥石

1. はじめに

群馬県甘楽郡南牧村の砥沢には、甲斐の武田氏によって金が採掘されたという言い伝えの残る旧坑がある。16世紀半ば戦乱の時代には、地方諸侯が金銀鉱山の開発で軍資金を蓄え、近隣諸国の併合をねらって競い合っていた。甲斐信濃の諸金山は武田氏により、伊豆の諸金山は北条氏によって開発され、その勢力伸長に役立っていた(日本学士院日本科学史刊行会, 1958)。武田氏は現在の群馬・長野県

境を越えて上州側にまで勢力を広げていたから、砥沢の地で金鉱山の開発を試みたとしても不思議ではない。一方、徳川家康は江戸に幕府を開いた1603年以降も佐渡金山など金銀鉱山の開発を積極的に進めたので(例えば、鉱山懇話会, 1932; 日本学士院日本科学史刊行会, 1958)、言い伝えよりは新しく江戸時代になってから開発が行われた可能性もあるだろう。いずれにしても、16-17世紀は金銀鉱山の開発が活発に行われた時代であって、当時の日本は世界有数の産金国であったらしい(小葉田, 1968; 葉賀, 1985; 井

澤, 1993; 村上, 1997)。しかしながら、砥沢での鉱山開発を記録した古文書などの証拠は見付かっておらず、地元にもこの旧坑の由来について詳しく知る人が居ないため、実際にはいつの時代に何を採掘したのかは不明のままであった。

そこで1997年、南牧村文化協会の主催で旧坑とその周辺を調査することになり、地質・鉱床の専門家として群馬大学の野村哲教授と筆者が依頼に応じて調査に加わった。この活動は主要紙の群馬版に報道され注目を集めた(『朝日新聞』, 6月29日; 『毎日新聞』, 7月16日; 『読売新聞』, 7月17日)。7月初旬に行われたこの調査で、砥沢神社の近傍に旧坑が2カ所確認され、ひとつの坑道は総延長が120mを超えることが分かった。坑道の一部は砥沢集落内に抜けていたようであるが、その坑口は道路改修などで閉鎖されたという。この他にも周辺の川べりに試掘跡とみられる窪みがいくつか認められた。一日だけの調査では、採掘の時代や鉱種に関するこれまでの疑問を解明するには至らなかったものの、旧坑内や周囲の地表露頭には黄鉄鉱を伴う熱水変質が顕著に認められ、なにがしかの鉱化作用があった可能性が示唆された。銅-鉛-亜鉛(Cu-Pb-Zn)などの有用金属鉱物が見られないことは、逆に金(Au)や銀(Ag)を目的に坑道が掘られたことを物語るように思われた。そこで、その後の夏期休暇を利用して計3日間の補足的な調査を行い、採取した試料について若干の鉱物学的・地球化学的検討を行った。詳細はなお今後の検討に待たなければならないが、現状では以下の点が指摘される。すなわち、(1)問題の旧坑は言い伝え通りやはりAuを目的に開削されたと

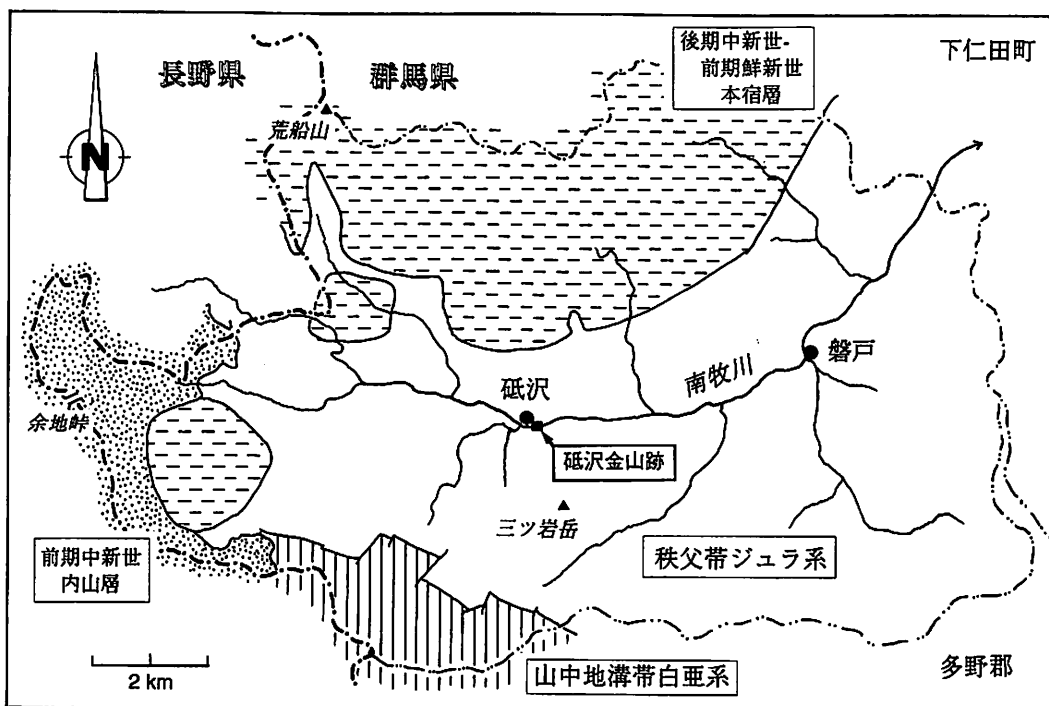
考えられる。(2)時代は特定できないが、試掘的に掘られた小規模坑には江戸時代以前と思われる古い時代の坑道形式が残る。一方、(3)最大規模の坑道は近代的な鉱山技術が導入された明治時代以降のもので、古い時代の坑道があったとしても拡張されるなりして元の形態が破壊されてしまっていると考えられる。(4)Auの地化学異常が認められるが、品位が低いため現在は採掘対象にはならず、過去においても豊かな鉱山とは言い難かったであろうと推察される。この報告では、この旧坑を「砥沢金山」跡と名付けて検討結果を記述するとともに、この鉱床の成因や金山開発の時代背景について若干の考察を加え、後世の研究資料として残したい。

2. 地質と鉱床の概略

2.1 南牧村の地質の概略

南牧村の地質は以下の4つに大別される(第1図参照)。それらは、古い方から新しい方へ、(1)村の大部分を占める秩父帯のジュラ系、(2)多野郡上野村や長野県との境界付近に小規模に分布する山中地溝帯の白亜系、(3)村の西縁部の長野県境付近に分布する前期中新世の内山層の堆積岩類、そして(4)村の北縁に比較的広い分布をなす後期中新世-鮮新世の本宿層の火山岩類である。このうち(2)と(3)は、ここで記述する鉱化作用と直接の成因関係はない。

秩父帯のジュラ系はかつて「秩父古生層」とよばれた地層で、泥岩や砂岩を主としチャートや緑色岩を含み、一部に石灰岩も挟まれる。石灰岩に含まれる古生代の化石から、



第1図 南牧村の地質の概略と砥沢金山跡の位置。
地質図は群馬県地質図作成委員会(1999)を簡略化。

この地層全体が古生層とされてきた。しかし、1980年代に入り泥岩に含まれる放射虫化石の検討が進むにつれて、日本各地のいわゆる古生層の多くが基本的にはジュラ紀の地層であることが明らかになっていくなかで、関東山地の秩父帯もジュラ紀のものであることが明らかとなった（例えば、久田ほか, 1988; Kamikawa et al., 1997）。これらは、アジア大陸東縁部のプレート収束域で陸源堆積物と遠洋性の堆積物などが渾然一体となって集積した地質体で、付加体と呼ばれる。Kamikawa et al. (1997) によると、南牧村のジュラ系は秩父帯北帯に属し、主にジュラ紀中期の砂岩や泥岩からなり、石炭紀—二畳紀の緑色岩や石灰岩および三畳紀のチャートを挟む。これらは全体として、関東山地の中生界に一般的な構造方向と調和的に、西北西—東南東方向の走向を示す。石灰岩およびチャートの一部には、それぞれ三畳紀およびジュラ紀前期のものも含まれるという。いずれにしろ、これらは基質の碎屑岩類よりは明瞭に古く、基質とは起源が異なることを示唆する。日本列島の付加体に関する近年の研究も参考にすると（例えば、Isozaki et al., 1990; Isozaki, 1997）、緑色岩や石灰岩およびチャートは海洋プレート起源の異地性岩塊であり、ジュラ紀中期に沈み込み帯で砂岩や泥岩などの陸源碎屑物と混ざって現在見られるような付加体が出来たと解される。

調査した砥沢の旧坑周辺の秩父帯の地層は、主に泥岩とチャートからなる。これらは全体として東もしくは北東に緩く傾斜する単純な構造をなすように見えるが、チャート岩塊内部の縞状堆積構造はしばしば激しく褶曲し、チャート岩塊と周囲の泥岩との境界は剪断破壊を受けたような様相を呈するなど、細かく見ると単純ではない。このような破碎帯の一部は、後で述べるように、熱水の通路として鉱化作用に重要な役割を果たしたと思われるが、厳密には破碎作用がいつの時代に起こったのか特定は困難である。熱水変質が著しい場合には、原岩の判定が難しいことさえある。後述のように、熱水変質の前後にも破碎帯が再活動した可能性が考えられる。

南牧村南西端に分布する白亜系は、南隣の上野村に広く分布する山中地溝帯白亜系の西方延長部が村の一部をかすめたもので、西隣の長野県佐久町に続く（例えば、武井ほか, 1977）。この白亜系と秩父帯のジュラ系を不整合に被う内山層が長野県境付近の地形的高所に分布する。これはフォッサマグナ地域の新第三系の中では最も古い海成層とされ、有孔虫化石から前期中新世末に堆積したと推定されている（小坂ほか, 1990）。村の北縁部に広がる火山岩類は、その北側に広く分布する後期中新世—前期鮮新世の本宿カルデラの噴出物の南端部にあたり（地質調査所, 1969; 本宿団体研究グループ, 1970; 群馬県地質図作成委員会, 1999）、3–6 MaのK-Ar全岩年代が報告されている（野村・海老原, 1988）。南牧川の主流付近から南側にはこのような火山岩は見られないが、一連の火成活動によると思わ

れる岩脈が各所で秩父帯の地層を貫く。以下に述べる「砥沢岩体」もその一部である可能性が高い。また、余地峠の東側には内山層とその基盤の秩父帯ジュラ系を貫く火山深成複合岩体も知られており（第1図）、これも本宿カルデラの時期に形成されたと考えられている（田中・藤田, 1979）。

2.2 貫入岩体と熱水変質帯

第2図に調査地域の地質の概略を示した。図には主要露頭の岩質に加え、旧坑の坑口と分析試料の採集位置も記した。調査地域の南牧川河床には、砥沢神社付近から上流に約300mにわたって、熱水変質を受けた石英閃緑ひん岩-石英斑岩質の貫入岩体が露出する。岩体の貫入境界は、砥山本谷と南牧川との合流点のほか、日影集落内の渋沢川河床や日影西方の尾根を通る林道の切り通し（試料98N25採集地点）でも確認され、砥沢神社付近の貫入境界の観察と併せて、この岩体は直径1 kmに及ぶ岩株状をなすと推定された。この報告ではこれを「砥沢岩体」と呼ぶ。19世紀末に出版された20万分の1地質図幅『上田』（農商務省地質局, 1888）には、既にこの岩体が記されており、砥石との関係から注目されていたことがうかがわれる。『群馬県地下資源調査報告書（第5号）』（群馬県, 1955）には、添付された地質図に砥沢岩体に相当する長径約700mの楕円形の分布が記されるとともに、砥山本谷のやや上流に露出する小規模岩体から砥石を採掘中と報告されている。この小岩体は、地表の分布は砥沢岩体と離れているが、一連の火成活動により貫入したものと推察される。砥沢岩体の分岐脈とみられる同質の小貫入岩は、次章で述べる旧坑Aの坑口付近や砥沢神社の下流約250mの河床（試料98N6,7付近）にも露出し、変質帯の広がりも合わせ考えると、この岩体は地下では北東—南西側に広がった形態をもつと推定される。

観察した範囲では、砥沢岩体と秩父帯の堆積岩類との接触部は明瞭な境界をなし、母岩の角礫状岩片が取り込まれていることがあるが、一般に強い熱水変質を受けているため、それらの判定には注意を要する。第2図の範囲では、熱水変質は上記の分岐脈を含む岩体の全体に及んでおり、時に少量の黄鉄鉱を含む比較的柔らかい白色—黄褐色の変質岩となっている。新鮮な岩石は見られなかったが、変質の弱いところでは貫入岩の組織が肉眼でもかろうじて認められることがある。鏡下では絹雲母に交代された斜長石斑晶の仮像と石英の微斑晶が観察される。

次章で記述するように、旧坑は砥沢岩体北東縁の熱水変質を受けた秩父帯のチャートや泥岩中に開削されており（第2図）、最大の旧坑Aは坑口付近で砥沢岩体の分岐脈とみられる変質した岩脈を約3 m掘り進んでいる。旧坑で観察する限り、連続性の明瞭なまとまった鉱脈は見られず、所々にレンズ状の石英脈が認められるだけで、全体としてはチャートや泥岩を原岩とする熱水変質帯を掘り進んだものと考えられる。神社の下流約400mの河床には連続性の明

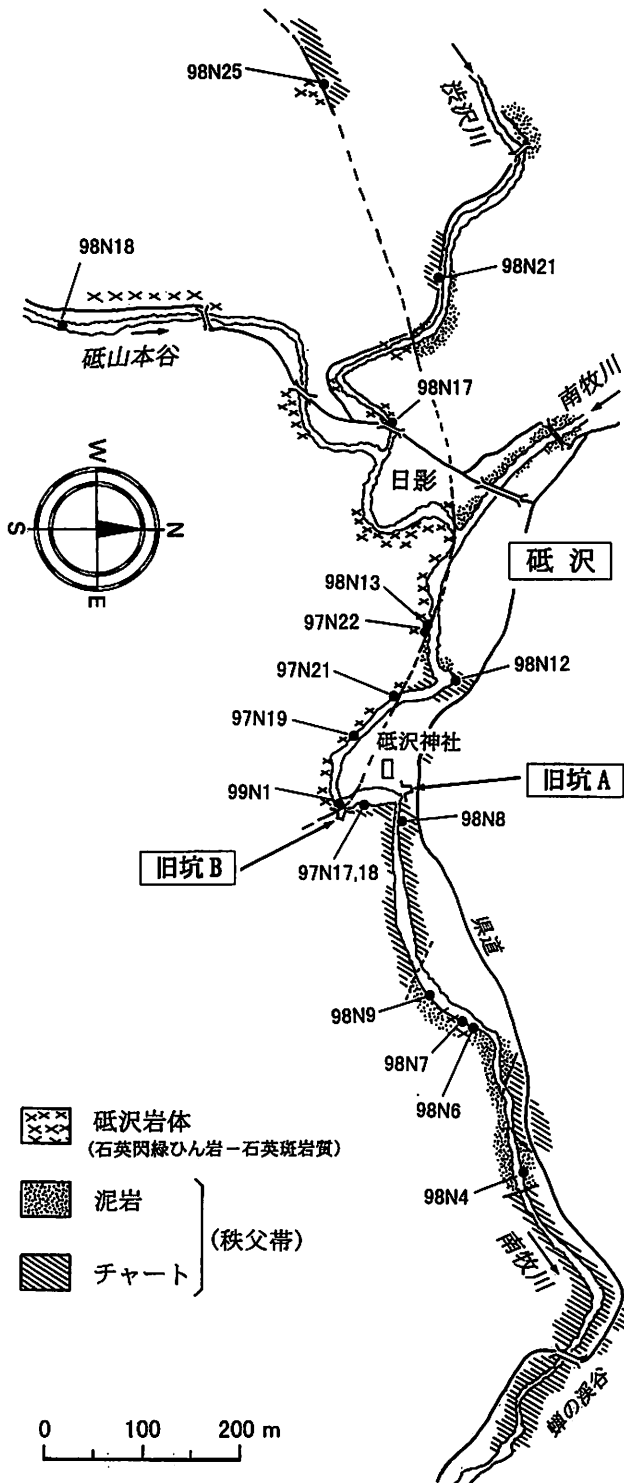
瞭な黄鉄鉱—石英脈（試料98N4）が見られることから推定して、旧坑で見られるレンズ状の石英脈も鉱化後の変形で断片化したものである可能性も考えられるが、いずれにしても肉眼で確認できる金属鉱物は黄鉄鉱のみであり、坑内の観察からは何を採掘したのか判定することは困難である。

3. 旧坑の位置と形態

金を採掘したという言い伝えの残る旧坑は、かつて砥沢関所があったという砥沢集落の東端部にあり（第2図）、砥沢神社わきの河床に近い二つの旧坑は現在も入坑可能である。神社から集落にかけて付近にも坑口があったが道路工事などによりふさがれてしまったという。これ以外にも南牧川沿いの熱水変質帯には採掘跡とみられる窪みがいくつか見られたが、坑道というよりは小規模な試掘跡と思われるので、今回は掘り起こすなどの詳しい調査はしなかった。坑内調査を実施したのは、砥沢神社裏手の県道下の南斜面から北方に向かう最大の坑道（これを「旧坑A」とする）およびその対岸の崖に東方に向かって掘られた短い坑道（これを「旧坑B」とする）である（第4-1図参照）。それぞれの坑道の平面図を第3図に示した。これらの図は、巻尺とクリノメーターを用いた簡易測量によるもので、方位には若干の誤差を含むが、概況を把握するには十分であろう。坑道の傾斜は測定していないが、排水を考慮してか主坑道には10-20分の1程度の傾斜を付けてあり、顕著な水たまりはできていない。

3.1 旧坑A

砥沢神社裏手の県道下の南斜面から北方に向かって掘られている（第4-1図写真A）。坑口は大人が屈んで入る程度の大きさであるが、内部の大半は立って歩けるほど大きく、180cm位の高さに天盤がある。坑道断面はやや上に広がった長円形が一般的で（第4-2図写真A）、旧坑Bのような直線的な坑壁は見られない。中央の分岐付近には数本の坑木が残り（第4-2図写真B）、ここでやや天井が高く坑壁も脆くなっていることから、作業の安全性を考慮した跡がうかがわれる。少なくとも3カ所で、右上（東側）に切り上がっており（第3図）、うち1カ所では数m上がった後、水平に坑道展開した跡が確認できた。また最奥部では、傾斜20度位の斜坑で上向きに進んだり、這ってやっと入れる程の小さな坑道で左下に向かうなど、坑道の形態が複雑になっている（第3図）。これら分岐坑道は危険なため、測量や試料採取を略した。計測した坑道の大半は、一部に坑木が残ることや系統的な掘進跡から、恐らく削岩機を用いて掘られたか、あるいは拡張された近代的な坑道であって、最奥部のいわゆる狸掘り状の部分を除いては、江戸期以前の古い時代の坑道があったとしても、その痕跡は残っていないものと思われる。ただし残念ながら、土地の所有者宅も含めて、採掘に関する記録は地元にはいっさい残っておらず、この近代的な鉱山作業がいつ行われたものであるのか、調査時点では不明のままであった。その後、この報告を準備する過程で得られた資料から開発の経緯を探る若干の手がかりが得られたので、考察の欄で紹介する。なお、坑壁の一部には、1-3mm長の石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）結晶が群生し



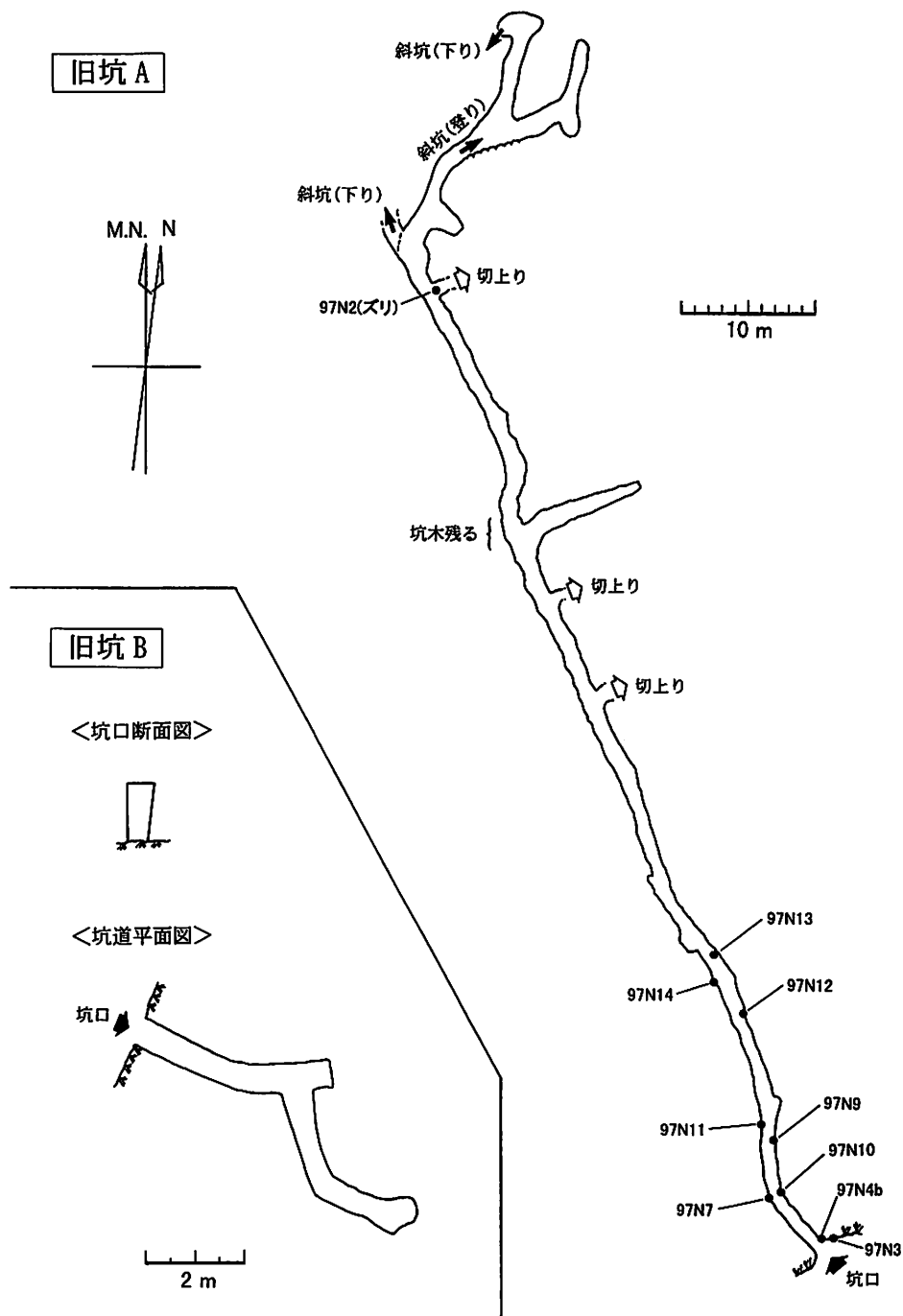
第2図 砥沢金山跡周辺の地質概略と分析試料採集位置を示すルート図。

ていたり、褐鉄鉱（鉄の水酸化物（FeO(OH)）などの褐色土状集合体）のつらが下がっているなど、長期にわたって人手が加わっていない様が見て取れた。

3.2 旧坑B

この旧坑は砥沢神社の対岸にあり、南牧川が流れの方向を変えて北に向かう部分の西に面する崖に開削された坑道である（第4-1図写真B）。この崖はチャートと砥沢岩体の境界部にあつて（第2図）、崖の大半は熱水変質を受けた

チャートからなり、垂直に近い急傾斜をなす。南牧川の流路の屈曲も硬いチャートに規制された結果であろう。坑道は河床から3m程の高さから東に向かって掘られている（第4-2図写真C）。貫入岩の縁から約1m離れた変質チャートを開削しており、崖の面とほぼ直角に約3m進んだあと、右（南）に曲がり、3mほど掘り進んで終わっている（第3図）。坑道の傾斜は10分の1程度と見積もられ、調査した1999年夏には少量の水が絶え間なく流れていた。天井の高さは約1mだから、大人が屈んでやっと入れる程



第3図 砥沢金山跡の坑道図と試料採集位置。

方位と距離の計測はそれぞれクリノメーターと巻尺による。坑道の幅は、旧坑Aでは天盤のほぼ2/3の高さで、旧坑Bでは天盤付近で測定。旧坑A、Bの図の方位は同じだが縮尺は異なることに注意。M.N.は磁北。

度の小さい坑道であり、中で向きを変えることも容易ではない(第4-2図写真D)。この坑道の特徴は、規模の小ささだけでなく坑壁の形態にある。すなわち、坑道断面はやや上に開いた方形であって(第3図、第4-2図写真C、D)、近代的な坑道に近い旧坑Aの断面とは著しく異なる。これは鑿を使って手掘りで掘削されたことを物語っており、削岩機が導入される前、恐らく江戸時代かそれ以前のものと考えられる。坑内を詳しく観察すると、大半が規則正しい壁面をなすが、最奥部だけは不規則に入り組んでいて(第3図)、作業中止前には掘進方向を迷ったか、整備の間もなく撤退したかのような様子を読み取れる。他に興味深い点として、この坑道は全体に清浄で、土砂に埋もれたような形跡が無いことも注目される。過去の南牧川の洪水も、この坑道を埋積する程の規模には至らなかったであろう。

4. 熱水変質と鉱化作用

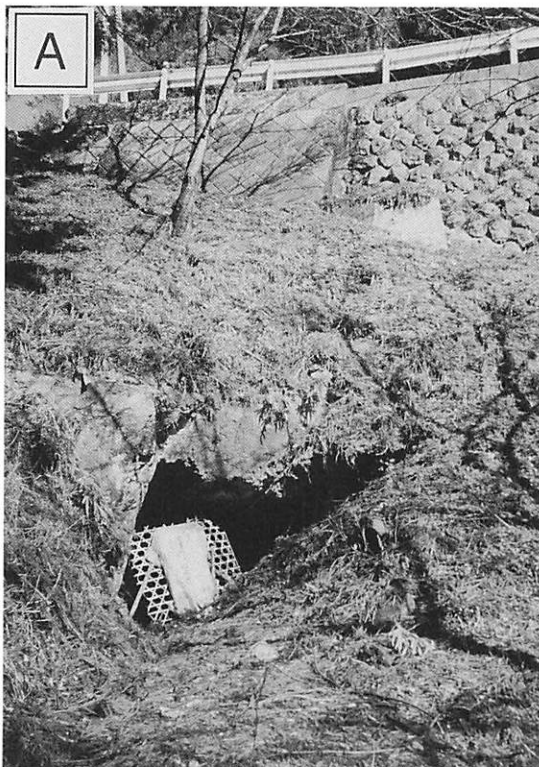
4.1 熱水変質帯の分布

熱水変質岩は上記の旧坑周辺に広く分布する。調査した南牧川沿いでは砥沢岩体を中心に下流の東側により広く、少なくとも蟬の溪谷まで広がっているが、西側の南牧川上流や渋沢川では岩体の縁から50m程度かそれ以下の狭い範囲にとどまる。この様な変質帯の非対称分布から、砥沢岩体の地下の形態は西側よりもむしろ東側に広がっていると推察される。東側の変質帯も詳しく見ると、変質の程度は貫入岩体から離れるにつれて一様に弱くなるという訳ではなく、貫入岩体の分岐や母岩の割れ目系に規制されたと思われる不規則な分布をなす。例えば、蟬の溪谷に架かる県

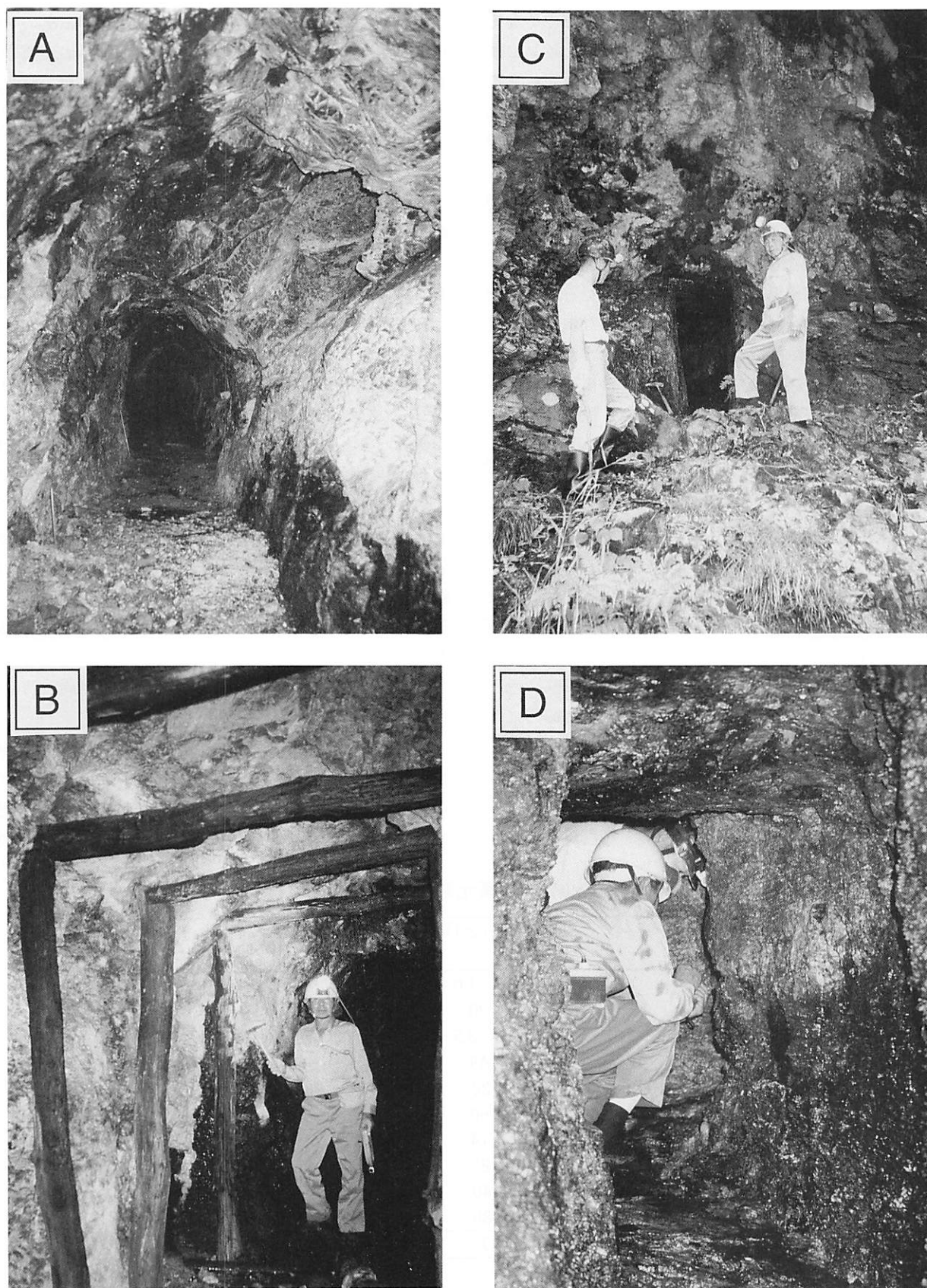
道の橋の上流200m付近では、チャート岩塊と周囲の泥質岩の境界部周辺に黄鉄鉱が多産し、黄鉄鉱を含む石英脈も見られる(試料98N4)。また、既に述べたように、旧坑Aの下流250m付近の河床には変質した貫入岩体が15m余りにわたって露出し(試料98N6,7付近)、周辺の泥質岩とともに強い熱水変質を受けている。河岸に試掘したと思われる窪みが見られるのはこの様な強変質部であり、黄鉄鉱の酸化による“やけ”が出来ている。

4.2 変質岩の産状と鉱物組み合わせ

砥沢岩体は、例外的に原岩の組織が肉眼でも見える弱変質部もあるが、観察したほとんど全ての地点では、熱水変質によって白色化しており、新鮮な部分は見られなかった。岩体の周辺部では母岩を取り込むことがあるが、捕獲岩とともに強い変質を受けていると、露頭での原岩の判別は難しくなる(例えば、砥沢神社の西約150m、試料97N22付近)。変質した貫入岩は比較的柔らかいため浸食されやすく、砥沢岩体内に位置する日影集落付近の平坦な地形や貫入岩体とチャートの境界部にあたる砥沢神社付近の南牧川の屈曲はこの岩質を反映していると思われる。砥沢岩体の白色変質岩は、基本的には石英と絹雲母からなり、少量の緑泥石や黄鉄鉱を含むが、まれには方解石も認められる(第3表参照)。斜長石(0.5-1.5mm)は絹雲母に交代された仮像となっていることが多く、残存することはまれである。石英は自形の微斑晶(0.05-0.5mm)として散在するが、量的には10-30 μ mの微細粒子として絹雲母とともに石基部分を構成するものが多い。黄鉄鉱粒子(0.05-0.5mm)は微弱な磁性を示すことがあり、原岩の磁鉄鉱が交代され残っている



第4-1図 砥沢金山跡の旧坑口付近の状況(2000年3月撮影)。
A: 旧坑Aの坑口。危険なので入らぬよう警告板を設置。上に県道のガードレール。B: 砥沢神社対岸の崖に開削された旧坑B。崖は熱水変質を受けたチャートからなり、坑口の右側には砥沢岩体が露出(第2図参照)。



第4-2図 砥沢金山跡の旧坑の写真（1999年8月撮影）。

A：旧坑Aの坑内，B：旧坑Aに残る坑木，C：旧坑Bの坑口，D：旧坑Bの方形の狭い坑道。

ことを物語る。鏡下では石英の微斑晶や長石の仮像が火成岩との判定の手がかりになる。

秩父帯の堆積岩類も変質により原岩が分かりにくくなることもある。特に、破碎され変質を受けた上に黄鉄鉱の酸化による錆が付着している場合には、原岩の判定には注意が必要である。チャートは変質の程度が比較的弱い場合には2-4 cm程度の間隔で薄い泥質層を挟む縞状堆積構造が明瞭であるが、貫入岩体近傍では縞状構造がほとんど見られない塊状の珪質岩となっており、熱水変質による珪化岩と区別しにくいことがある(例えば、試料98N12, 21, 25)。これらを鏡下で観察すると、比較的粗粒(0.05-0.5mm)な石英からなる等粒状組織あるいは脈状組織が見られ、微量の絹雲母や黄鉄鉱を伴っている。このような塊状の珪質岩は、チャートが接触変成作用で再結晶したうえで熱水変質作用が重複して出来たのであろう。かすかに認められる縞状構造やその延長部に位置することから、原岩の多くは層状チャートであったと判断される。

泥質岩は比較的新鮮な場合は黒色-灰色、熱水変質を受けたものは灰色-茶色で、チャート岩塊の近くでは破碎されたような外観を呈することが多く、整然とした堆積構造は少なくとも調査範囲には見られなかった。これは堆積・付加の過程だけでなく、その後の変動において物性の異なる地層の境界部が変形をこうむりやすかったことを示すのであろう。旧坑Aはこうした破碎・変質帯に開削されているが、最奥部には暗灰色の泥岩が見られ、未変質部に行き当たって掘進方向を迷ったかのような痕跡が坑道の形にも現れている(第3図)。この破碎・変質帯は、後で述べるように、鉱化後にもなにかがしかなの変形をこうむっているいることが鉱石組織から読み取れる。

堆積岩起源の変質岩も基本的には石英と絹雲母からなり

少量の黄鉄鉱を含む点では貫入岩体起源の変質岩と同様である(第3表参照)。絹雲母のX線粉末回折線が比較的明瞭な場合には、原岩によらず多型(ポリタイプ)2M₁のものにほぼ一致すると判断された。なお、堆積岩源の変質岩の全岩X線粉末回折で絹雲母と同定される雲母には、熱水変質で生成したものだけでなく原岩に含まれる碎屑性雲母も混入している可能性があるため、今後変質年代を検討する場合には留意すべきであろう。

4.3 変質岩の化学分析結果

調査地域の熱水変質岩について、旧坑内で採取した試料も含め、化学分析を行ってAuやAgなど有用金属元素の存在度を検討した。ただし、旧坑Bは江戸期以前の歴史的な遺物であることを考えて坑内での試料採取は控え、近くの露頭の試料を検討した。採取した試料の一部200-500gをジョー・クラッシャーで粗粉碎し、250cc容量のタングステンカーバイト製乳鉢に入れ振動ミル(Herzog社製)で粉末にした。比較的大量の粉末を作成したのは、試料の平均的なAu含有量を知るためである。Auの分析はこの粉末の30gを用いたファイヤ・アッセイ(Fire Assay)法によった。分析はカナダの地球化学分析専門会社Chemex Labsに依頼して行われた。分析方法は、Auは上記のファイヤ・アッセイ法、その他の元素は原子吸光法(Pb, As, Ag, Hg, Sbなど)およびICP発光分光法(Zn, Cd, Cu, Mo, Niなど)である(詳しくは第1表の脚注参照)。Sは高周波誘導加熱赤外吸光度法によった。

分析精度を検証するため、同一セットに地質標準試料も含め、その結果を既存の推奨値と比較した。この比較で既存値と合うものを信頼度の高い元素として採用し、差異の大きな元素は考察の対象から除いた。AlやKなど珪酸塩鉱

第1表 地質標準試料 JSd-2 の重金属元素分析結果

Element (Unit)	Detec. ¹⁾ Limit	98/4	98/4	99/2(1)	99/2(2)	99/12	Av. ²⁾	Recom. ³⁾
Ag (ppm)	0.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.04
As (ppm)	1	40	44	30	31	36	36	38.6
Cd (ppm)	0.5	3.0	3.0	3.5	3.0	2.5	3.0	3.06
Co (ppm)	1	42	45	49	48	46	46	48.4
Cu (ppm)	1	1045	1110	1120	1100	988	1073	1117
Hg (ppb)	10	50	70	60	70	90	68	106
Mo (ppm)	1	12	13	14	12	12	13	11.5
Ni (ppm)	1	73	79	88	85	85	82	92.8
Pb (ppm)	2	138	134	140	138	148	140	146
Zn (ppm)	2	1965	2030	1885	1855	1675	1882	2056
Package ⁴⁾		G32m	G32m	T27	T27	T27		

1) 検出限界； 2) 5回の分析結果の平均値； 3) 地質調査所地質標準試料推奨値 (Imai et al., 1996)

4) Chemex Labs の分析セット名：G32m=Nitric-aqua-regia leach package (王水分解, Hg 以外は ICP 発光分析法); T27=Triple acid total digestion (フッ酸分解 (As と Hg は王水による)。As, Hg, Ag, Pb は原子吸光法, 他は ICP 発光分析法)

第3表 砥沢金鉱床付近に分布する熱水変質岩の化学分析とX線回折の結果

試料番号 (単位)	採集位置 ¹⁾	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	As (ppm)	Mo (ppm)	Ni (ppm)	Hg ²⁾ (ppb)	S (%)	原岩 ³⁾	鉱物組合せ ⁴⁾ (X線回折結果)
検出限界		5	0.2	1	2	2	0.5	1	1	1	10	0.01		
97N2	旧坑A坑内	140	0.6	53	72	1005	6	688	4	28	400	5.82	Unk	Qz, Ser, Py
97N3	旧坑A坑内	25	0.2	7	<2	2	<0.5	14	<1	<1	2300	0.04	Cht?	Qz, Ser
97N4b	旧坑A坑内	230	0.4	4	2	2	<0.5	150	<1	1	2860	0.18	Cht?	Qz, Ser
97N7	旧坑A坑内	45	0.2	48	6	4	<0.5	1030	1	1	<1ppm	0.09	Unk	Qz, Ser
97N9	旧坑A坑内	105	<0.2	3	44	2	<0.5	3330	<1	<1	210	0.14	Mud?	Qz, Ser, Chl
97N10	旧坑A坑内	150	4.8	6	22	436	2	26	<1	4	2ppm	1.66	Qzv	Qz, Ser
97N11	旧坑A坑内	880	0.4	1	22	4	<0.5	1070	<1	<1	9ppm	0.32	Mud?	Qz, Ser
97N12	旧坑A坑内	24890	2.2	40	164	272	1.5	16436	<1	26	170	0.68	Qzv	Qz, Ser, Py
97N13	旧坑A坑内	1250	3.2	9	46	36	<0.5	498	<1	24	5870	6.62	Cht?+Mud?	Qz, Ser, Py
97N14	旧坑A坑内	165	0.6	34	174	422	2.5	646	<1	38	<1ppm	13.0	Unk	Qz, Ser, Py
97N17	旧坑B坑外	45	<0.2	17	8	8	<0.5	110	1	12	190	2.12	Cht	Qz, Ser, Py
97N18	旧坑B坑外	20	0.8	73	76	216	1.5	94	3	32	2710	2.54	Cht (brecc)	Qz, Ser, Py
97N19	南牧川河床	70	<0.2	29	20	32	<0.5	38	1	1	<1ppm	1.73	Qdp	Qz, Ser, Py
97N21	南牧川河床	30	<0.2	6	2	4	<0.5	42	<1	20	<1ppm	3.80	Qdp?	Qz, Ser, Py
97N22	南牧川河床	15	<0.2	1	8	16	<0.5	6	<1	9	<1ppm	0.98	Qdp?	Qz, Ser
98N4	南牧川河床	<5	<0.2	13	10	30	<0.5	12	<1	5	<10	1.05	Qzv+Mud	Qz, Ser, Chl
98N6	南牧川河床	<5	0.2	34	20	100	0.5	<1	<1	10	50	3.63	Qdp	Qz, Ser, Chl, Py
98N7	南牧川河床	90	3.2	128	860	1360	11.5	12	<1	16	590	2.91	Qdp+Mud	Qz, Ser, Chl, Py
98N8	南牧川河床	<5	<0.2	17	6	36	<0.5	1	<1	4	20	0.39	Qzv+Mud?	Qz, Ser, Chl
98N9	南牧川河床	<5	0.4	41	24	50	<0.5	45	<1	7	340	0.18	Qzv+Cht?	Qz, Ser
98N12	南牧川河床	<5	<0.2	6	<2	<2	<0.5	11	<1	7	240	0.50	Cht?	Qz, Ser, Py
98N13	南牧川河床	10	<0.2	27	30	34	<0.5	26	1	43	10	3.61	Qdp	Qz, Ser, Chl, Py
98N17	日影河床	<5	<0.2	14	2	14	<0.5	<1	<1	3	140	3.42	Qdp	Qz, Ser, Chl, Py
98N18	砥山本谷	10	0.2	10	6	86	<0.5	<1	3	14	<10	1.39	Qdp	Qz, Chl, Cal, Py, Pl*
98N21	日影集落西端	5	<0.2	3	<2	<2	<0.5	6	<1	14	10	0.89	Cht?	Qz, Ser, Py
98N25	日影西方林道	10	<0.2	14	<2	<2	<0.5	22	1	12	40	0.92	Cht?	Qz, Ser, Py
99N1	旧坑B坑外	40	0.2	43	26	48	<0.5	40	1	23	1630	1.96	Qzv (brecc)	Qz, Ser, Chl, Py

1) 位置の詳細は第2,3図参照。

2) Hgのppm単位の表示はICP発光分析法, ppb単位の表示は原子吸光法による結果。その他各元素の分析法については、本文と第1表の脚注参照。

3) 原岩の略号は、Unk:不明, Cht:チャート, Mud:泥岩, Qdp:石英閃緑ひん岩-石英斑岩質貫入岩, Qzv:石英脈, ?:判定が難しいもの, +:混合物(例えば、石英脈と母岩を一緒に粉碎・分析), (brecc):角礫化。

4) 化学分析用粉末につき測定。鉱物の略号は、Qz:石英, Ser:絹雲母, Chl:緑泥石, Py:黄鉄鉱, Cal:方解石, Pl*:斜長石(残存鉱物)。検出困難な微量鉱物は含まれないことに注意。

著しく低いと判断されたために取り上げることが出来なかった。硫黄 (S) の分析結果は挿図の形で第5図に含めた。含有量が%のレベルでは標準試料との良好な一致が見られたが、JSd-3 (399ppmS) は0.02% (相対誤差50%) となり、0.0n%のレベルではかなりの誤差を含むとみる方が安全である。また、岩石の溶解法による違いを検証するため、いくつかの試料については王水あるいはふっ酸による分解の両方を試みた。珪酸塩鉱物構成元素 (Al, K など) には当然大きな違いが現れるが、ここで採用した元素については、As 以外には分析結果に有意の差が生じなかった (第1表参照)。この結果は、これらの元素が岩石中で比較的溶出されやすい形態をとっていることを物語るとともに、通常の地球化学探査の場合には王水による分解で十分であることを示す。以上分析精度についてやや詳しく述べたが、今回の結果に含まれ得る誤差は本稿の論旨には影響を及ぼさない。なお、Co と W は振動ミル粉碎容器の構成元素であり、未知試料への混入が明瞭なので、検討対象からは除外した。以上のような吟味の上で精選した分析結果を、X線粉末回折の結果とともに、第3表にまとめて示した。以下に主要元素の特徴を記述する。

(1) Au と Ag

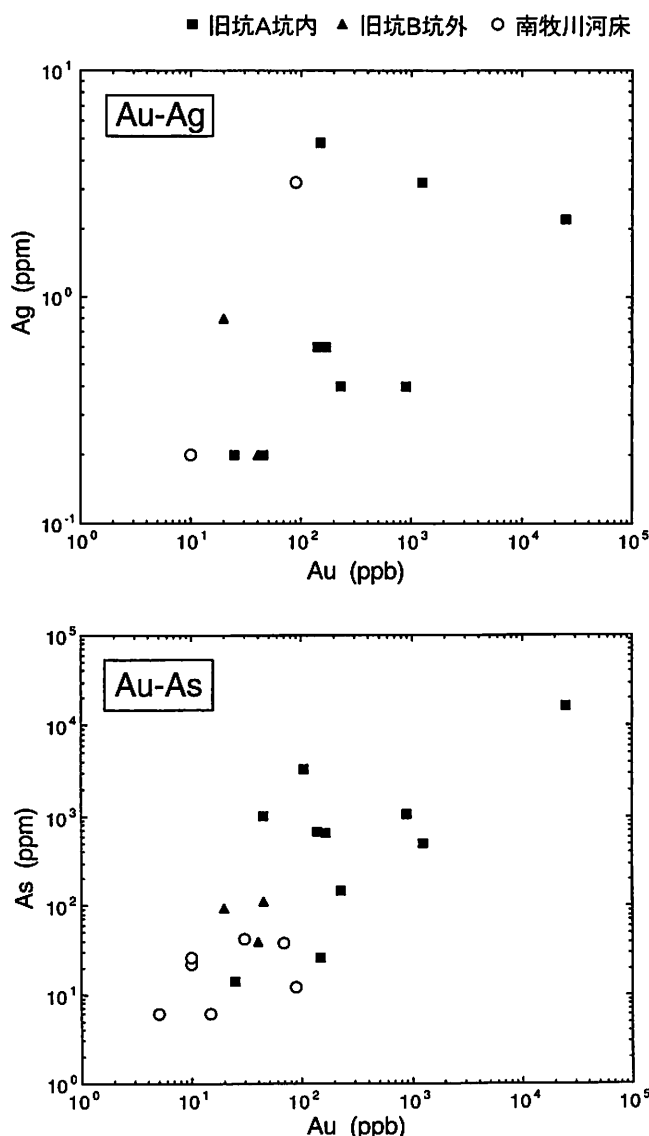
金 (Au) は今回の分析における最も重要な元素である。得られた結果は、大半が50ppb 以下であるが、旧坑Aの坑内の試料で100-1000ppb の異常値が得られ、最大の含有量は約25ppm (25 g/t) に達した。通常の未変質岩では Au の含有量が5ppb を超えることは少ないので (例えば, Crockett, 1991), 調査した地域の広い範囲で Au の地球化学異常が認められたとも言える。一方、銀 (Ag) は Au との正の相関がいくぶん認められるが (第6図)、大半の試料で検出限界 (0.2ppm) 程度かそれ以下であって、最大でも 5 ppm を超えなかった。通常の未変質岩の Ag 含有量は0.05-1 ppm 程度であるから (例えば, Vincent, 1974), Ag が濃集しているとしてもその程度はわずかであり、このような低含有量の変質岩が Ag 鉱石として採掘されたとは到底考えられない。以上の結果から、少なくとも旧坑Aで採掘対象になったのは Au であったと考えられる。Au 含有量が広い範囲にばらつくにも関わらず、試料の外観から Au 含有量の多少を推定することは著しく困難であり、分析結果なしに変質岩の Au 含有量を評価することは不可能に近い。ところが、旧坑Aはまさに Au 含有量の高い部分に開削されているわけで、もし戦国時代にこの場所を特定したのだとすれば、その技術には驚く他はない。

Au とその他の元素との相関を調べると、今回検討した元素のうち、砒素 (As) との相関が最も明瞭であった (第6図)。Au が特に旧坑内で高い異常を示したことから、何らかの人為的な影響が残る可能性も危惧されたが、As との明瞭な相関関係や後で述べるように As が主に硫砒鉄鉱として存在することが確認されたことから、得られた Au の

存在度は基本的には自然のものであると結論して良いだろう。このことはまた、Au は主に硫砒鉄鉱に含まれるかこれに密接に伴う可能性を示唆するが、後で述べるように、反射顕微鏡観察やエレクトロンプローブ・マイクロアナライザー (Electron probe microanalyser; EPMA) による予察的な定性分析では金粒が発見されておらず、今のところ As と Au が相関する原因は解明されていない。金鉱床の一部には同一試料中でも黄鉄鉱の As と Au の含有量が相関しつつ広い範囲で変化する例もあるので (例えば, Simon et al., 1999), これら微量元素の存在形態の解明には鉱物の微小部分の高精度分析に基づく慎重な検討が求められる。

(2) Cu, Pb, Zn, Cd

これらは一般に黄銅鉱 (CuFeS_2) や閃亜鉛鉱 (ZnS) あるいは方鉛鉱 (PbS) などの硫化鉱物を構成するかそれらに固溶される元素である。肉眼や鏡下の観察でこれらの鉱物

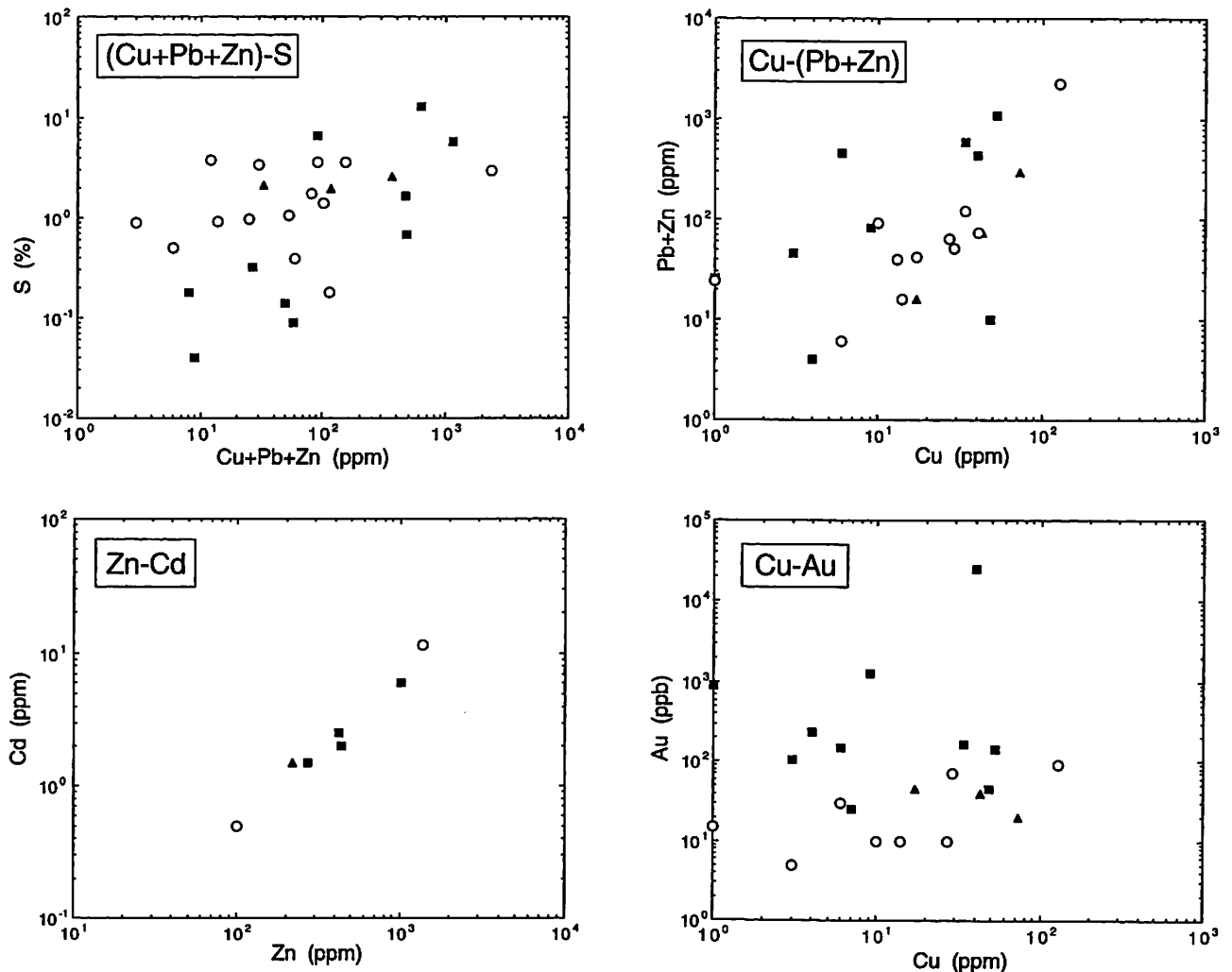


第6図 砥沢金鉱床付近の熱水変質岩の Au-Ag および Au-As 相関図。

記号の区分と基のデータ (第3表) は第6-9図共通。

はきわめて稀かつ微量であったが、分析結果もこの観察と調和的で、これら4元素の合計をとっても500ppmを越える試料は3例しかない。これら含有量の多い試料には、鏡下の観察とEPMAにより、黄鉄鉱や石英に含まれる10-30 μ m程度の微細な黄銅鉱や閃亜鉛鉱が確認されたので(第10図写真B参照)、これらの元素は基本的には硫化鉱物として存在すると解される。そのような試料は硫黄(S)の含有量も高いが、Sに富む試料がすべてこれら重金属に富むわけではなく(第7図)、Sの主要存在形態である黄鉄鉱の量は黄銅鉱や閃亜鉛鉱の量とは独立に大きく変化することが読み取れる。大半の試料ではCu, Pb, Znはそれぞれ50ppm以下であって、通常の未変質岩の分析結果(例えば、寺島・石原, 1974; Terashima and Ishihara, 1986)と大差ない。健康に有害として良く知られるCdにしても、検出限界(0.5ppm)を超えたのは5試料のみであった。この旧坑でCu, Pb, Znなどの重金属を採掘した可能性は、これらの結果からも否定される。

これらの元素間の相関関係の例を第7図に示した。Cu, Pb, Zn, Cdの4元素は多かれ少なかれ互いに正の相関を示すが、ここにはZn-CdとCu-(Pb+Zn)の関係を例示した。



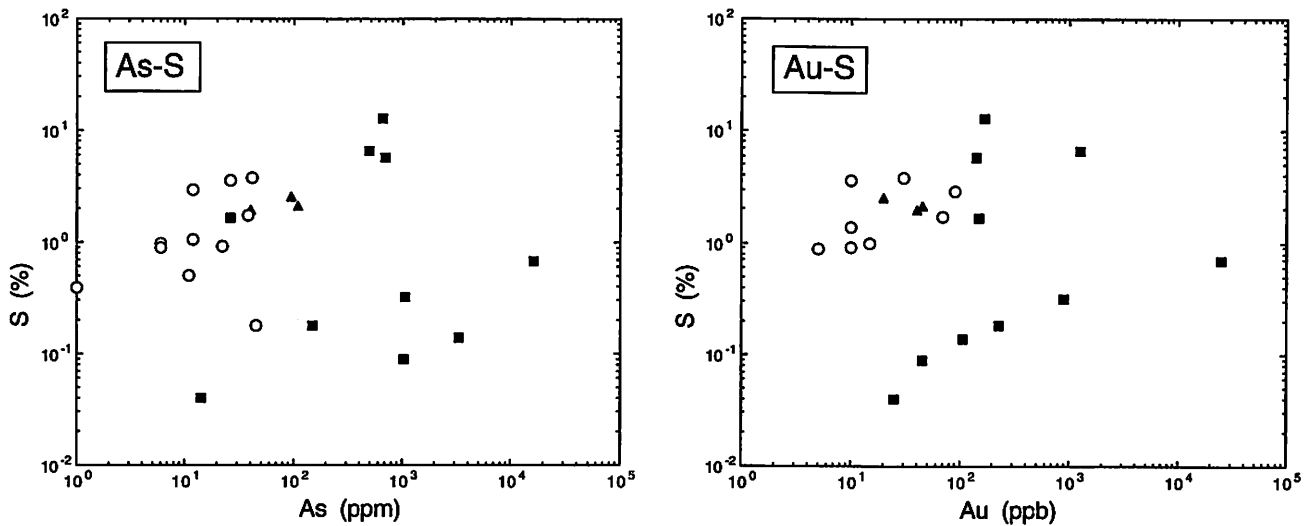
第7図 砥沢金鉱床付近の熱水変質岩のCu, Pb, ZnおよびCdの存在度の特徴。

記号の区分は第6図に同じ。

Cdと地球化学的に似たZnとの間に見られる教科書的ときえ言える明瞭な相関関係は、Cdが閃亜鉛鉱に固溶して存在することを強く示唆する。Cu-(Pb+Zn)図については、両軸の元素の数や組合せを変えてもデータの分布パターンは基本的にはこれと同様である。一方、Cu-Au図に示したように、これらの元素とAuとの相関関係は認め難く、熱水変質過程における両者の挙動が異なっていたらしいことがうかがわれる。

(3) AsとS

これらは硫砒鉄鉱(FeAsS)と黄鉄鉱(FeS₂)の主要構成元素であるが、砒素(As)は黄鉄鉱にもいくぶん固溶されることがある。第8図に示したように、検討した変質岩の全体を見ると、両元素の間には相関が認められない。このことは、Asが黄鉄鉱に含まれるというよりはむしろ主に硫砒鉄鉱として存在し、その鉱物の量が黄鉄鉱の量とは独立に変化すると仮定することで説明されよう。実際に、As含有量の特により高い試料97N12には鏡下で硫砒鉄鉱が確認された(第10図写真A参照)。このことはしかし、Asの一部が黄鉄鉱に少量含まれる可能性を否定し去るものではない。

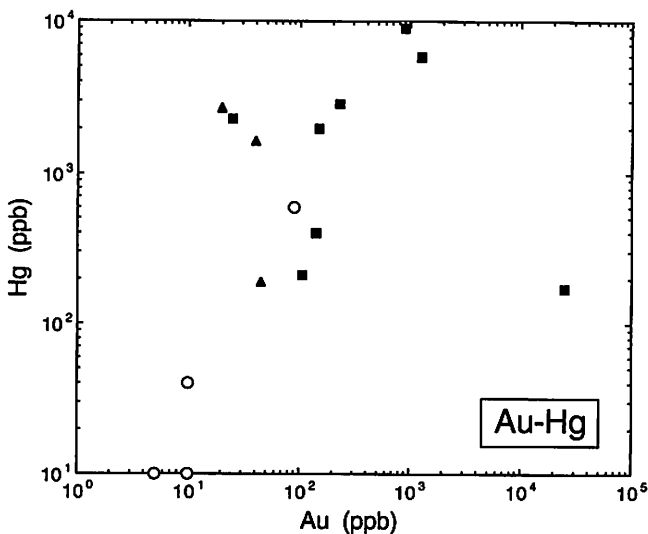


第8図 砥沢金鉱床付近の熱水変質岩のS含有量とAsおよびAu含有量との関係。
記号の区分は第6図に同じ。

ところで、第8図のデータ点が2群に分かれるようにも見える点が気になる。横軸にAuを採用した右側のAu-S図ではこの傾向が更に明瞭となり、Sに乏しいデータ群は旧坑A坑内の試料であることが強調される。この区分が本質的な意味をもつのかどうかの判断には試料の数と吟味が不十分であるが、現段階では黄鉄鉱の風化・分解の効果が現れているものと解したい。長期間放置された旧坑Aの坑壁の一部には褐鉄鉱や石膏が観察されたが、それらのFeやSは黄鉄鉱からもたらされたと考えるのが妥当だろう。旧坑の試料と比べると、河床の試料は洪水に洗われた比較的新鮮な露頭面から採集され、しかも比較的黄鉄鉱の多いものを分析に供した傾向があるため、風化の効果が目立ちにくいという結果になったと解される。

(4) その他

HgとAuとの関係を第9図に示した。両元素の相関は明瞭ではなく、図には示していないがHgとAsとの間にも

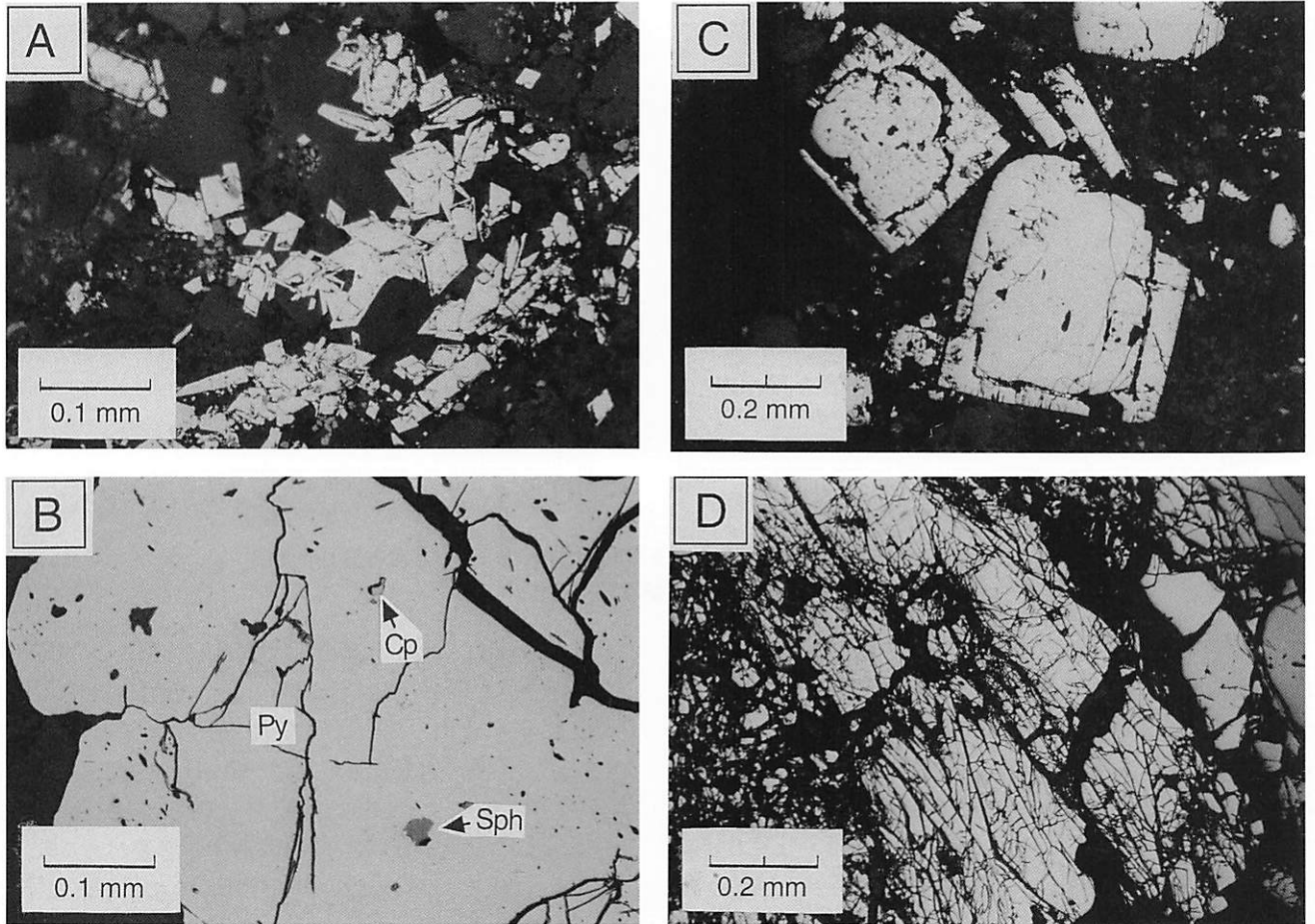


第9図 砥沢金鉱床付近の熱水変質岩のAu-Hg相関図。
記号の区分は第6図に同じ。

相関関係は認め難い。鉱床指示元素としてHgの分析結果はやや期待はずれの感もあるが、1ppmを超える高濃度は旧坑内かその近傍で採取した試料に限られることは注目し値する。この項の冒頭に述べたように、Hgの分析精度に問題が残ること、2次的な移動も考え得ることを考慮しながら、Auとの関係について更に検討する必要がある。なお、Moはほとんどの試料で検出限界程度かそれ以下であった(第3表)。Niについては、他の元素との間に何らかの相関が見られず、ここで取り上げた元素群とは地球化学的な挙動が異なることが示唆された。

4.4 鉱石の鉱物組み合わせと組織

既に述べたように、熱水変質岩の金含有量を外観から判定することはほとんど不可能なので、鉱石の判別には化学分析もしくはそれに代わる椀掛けなどの手段が必要である。ここでは化学分析でAu1000ppm(10g/t)以上の結果が得られた試料97N12を鉱石と見なし、数個の研磨片を作成して詳しい観察を行ったのでその結果を記述しておこう。この試料は、旧坑Aの坑口から20m程入った天盤に見られた不規則な石英脈から採取された(第3図)。幅1-4cmで坑道の伸びの方向に1-2m断続的に続く産状は、典型的な石英脈というよりはレンズ状石英塊の連続体と言うべきかも知れない。試料は石英を主とし、黄鉄鉱と絹雲母を含み、晶洞質の空隙も若干見られる。反射顕微鏡下では硫砒鉄鉱も確認された(第10図写真A)。鏡下でミクロンサイズの微細粒鉱物を同定することは困難なので、EPMAによる定性分析も行って鉱物種を確認した。この結果、10-30 μ mの黄銅鉱・閃亜鉛鉱・磁硫鉄鉱が同定されたが(第10図写真B)、金粒を発見することは出来なかった。たまたま研磨面(合計20cm²弱)には出現しなかったのかも知れないが、顕微鏡では観察出来ない程の微細粒で産する可能性も残る。



第10図 反射顕微鏡写真 (試料97N12)。

A : 硫砒鉄鉱の集合部。周囲の暗色部は石英など透明鉱物。B : 黄鉄鉱 (Py) に含まれる黄銅鉱 (Cp) と閃亜鉛鉱 (Sph),
C : 黄鉄鉱に目立つ2重構造, D : 黄鉄鉱に見られる割れ目。

鏡下の観察で注目される点は、黄鉄鉱に見られる二重構造と多数の割れ目である(第10図写真C, D)。硫砒鉄鉱にも2重構造が見られることがある。黄鉄鉱の二重構造についてよく見ると、内側の黄鉄鉱の外形は不規則な丸みを帯びており(写真C)、一旦晶出した黄鉄鉱が溶解した後再び成長するという過程を経たと推察される。このような鉱物組織は鉱化作用の物理化学的条件の複雑な時間変化の痕跡をとどめているのであろう。一方、黄鉄鉱を横断する多数の割れ目は(写真D)、既に晶出を終えていた黄鉄鉱が鉱化作用の後で機械的に破碎されたことを物語る。旧坑のある変質帯は構造的な弱線でもあり、鉱化の前後にも変形を受けやすかったと推察されよう。断続的な石英脈も、あるいは鉱化後に分断・変形されたためかもしれない。

5. 考察：金鉱床の地質と鉱山開発の時代背景

5.1 砥沢金鉱床の成因と今後の課題

(1) 貫入岩に伴う熱水性金鉱床

今回調査した旧坑は砥沢岩体の北東縁に発達する熱水変質帯の中にある。この変質帯は一般の未変質岩に比べて金(Au)の含有量が高く、旧坑Aの坑内では100ppbを超える

Auの異常が認められ、最大含有量は $Au25\text{ g/t}$ に達した(第3表)。一方、AgやCu・Pb・Znなどの含有量は低く、これらの元素の鉱物が肉眼では認められないことから、これら旧坑は言い伝え通りAuを目的に開削されたと結論される。旧坑や変質帯と砥沢岩体との密接な関係から、鉱化作用はこの岩体の貫入に伴う熱水活動により形成されたと考えられる。しかし、この熱水性金鉱床のAu品位は全体としてはかなり低く、現在はむろん採掘時でも決して豊かな鉱床ではなかったと思われる。

化学分析と顕微鏡観察の結果で注目される点として、AuとAsの顕著な相関関係が挙げられよう(第6図)。As含有量が高い試料に硫砒鉄鉱が確認されたことから、Asは主に硫砒鉄鉱として存在し、Auはこれと密接に伴って産すると解されるが、残念ながらAuの産状が確認出来なかった。既述のように、AuはAsと共に黄鉄鉱に含まれる場合もあり、微細な金粒の物理的な存在形態にはまだ未知の点が多い(例えば、Simon et al., 1999)。鏡下の観察でも、黄鉄鉱が成長の中断もしくは溶解を挟んで二つのステージで沈殿したと解されるような組織が認められ(第10図写真C)、鉱化の過程における黄鉄鉱の生成は単純ではなかった節がある。Asのすべてが硫砒鉄鉱に含まれ、Auの全てがそれ

に伴うとするのは早計かも知れない。今回の分析結果に見られる Au と As の相関関係も、Au の存在形態を詳細に検討した上で最終的な結論を下すべきであろう。

今回観察した鉱石試料にはごく稀かつ微細粒ながら磁硫鉄鉱が産すること、貫入岩体に近接する鉱床であること、石英脈に晶洞はあっても稀で規模も小さいことなどから、鉱化作用は比較的深くて高温の条件下で行われたと推察される。生成条件の詳細については、流体包有物の観察・測定などによる詳しい鉱床学的検討が必要である。

鉱化作用をもたらした砥沢岩体の北東縁部は、全面的に熱水変質を受けて白色化し、苦鉄質珪酸塩鉱物も残っており、原岩の判定すら難しいことがある。そこで本稿では、鏡下の観察から石英閃緑ひん岩—石英斑岩質と記載したが、今後は本岩体の全域を調査したうえで、どのようなマグマが鉱化作用をもたらしたのかを考察する必要がある。また、砥沢岩体の南側にも熱水変質を受けた小規模貫入岩体があって、良質な砥石として古くから採掘されたという。砥石は南牧村の主要産物でもあった。金鉱床と砥石は、マグマの貫入と熱水変質および鉱化作用という一連の活動が異なる形で現れたものと考えられるが、これを検証し両者の成因関係の詳細を解明することも興味深い今後の課題である。

(2) 貫入活動と鉱化作用の時期

砥沢金鉱床の鉱化作用の時期に関しては、南牧村とその周辺の地質から二つの可能性が考えられる。最も可能性が高いのは後期中新世—前期漸新世の本宿カルデラの時期 (3-6Ma) であり、本稿でも砥沢岩体はこの時期に貫入し鉱化をもたらしたと推定した。しかし、西隣の長野県佐久町余地周辺には11-14Ma 頃の花崗岩類の貫入活動とこれに伴う大規模な熱水変質作用も知られており、これに関連した可能性も否定し切れない。放射年代測定による具体的な時代決定が求められる。

前者の可能性を補強する事実として、本宿カルデラの中央部にあたる下仁田町市野萱付近にあった西牧および八幡鉱山でも金が採掘されたという記録が挙げられる (地質調査所, 1955; 今井ほか, 1973)。『日本金山誌』第4編 関東・中部 (資源・素材学会, 1994) によると、西牧鉱山からは1939-42年に218トンの鉱石 (平均品位 Au5.3g/t, Ag52g/t) が、八幡鉱山からは1911年から1939年の間に休止期を挟んで合計4835トンの精鉱 (鉱石の平均品位 Au3.6g/t, Ag365g/t, Cu2.55%) が生産されたという。いずれも熱水変質を受けた火山岩中の含金銀石英脈を採掘したもので、西牧鉱床の上部は鶏冠石 (AsS) に富み、これが As 原料として戦後しばらく採掘された。八幡鉱山の鉱脈は比較的黃銅鉱に富み、閃亜鉛鉱や硫砒鉄鉱や輝安鉱 (Sb₂S₃) も含まれ、銅鉱石としてだけでなく輝安鉱に富む部分はアンチモン鉱石としても採掘されたという (地質調査所, 1951, 1955; 今井ほか, 1973; 資源・素材学会, 1994)。以上のよ

うに、Au に As を伴うという点で、砥沢鉱床との類似性が認められる。Sb を伴うという点は砥沢鉱床には見られない特徴であるが、地質調査所 (1955) の鉱山別の表には砥沢地内の“大黒”なる鉱床には Au-Cu-Zn と共に Sb が輝安鉱として産するとある。また、伊藤・櫻井 (1947) の『日本鉱物誌 第3版』にも、群馬県における輝安鉱の主たる産地として八幡鉱山とともに砥沢の“大黒鉱山”が挙げられている。蟬の溪谷の南方の通称大水沢の上流にもアンチモンを採掘した跡があるという (市川太平・水沢幸蔵・市川富夫氏談, 1998)。この産地が文献の大黒鉱山に相当するかどうかも含めて、大黒鉱山の実態を明らかにすることは出来なかったが、どうやら砥沢鉱床の周辺に Au とともに Sb の鉱化もあったことは間違いないらしい。一方、このような Au-As-Sb という組み合わせの鉱化は佐久町の余地地域には知られていない。

5.2 砥沢金山の歴史

(1) 江戸期以前：坑道形式からの推定

今回調査した二つの旧坑が金 (Au) を目的に開削されたことはほぼ間違いないが、それがいつの時代であったかを示す明確な証拠は得られなかった。しかし、日本の鉱山開発は明治維新以降に西欧から導入された技術により急速に近代化されたので (例えば、小葉田, 1968)、坑道の形式からその前後の判定は可能である。例えば、旧坑 B は (第4-2 図写真 C, D)、鑿を使って手掘りで掘られたとみられる加背 (坑道断面の大きさ) の小さな方形の坑道形式から、日本の鉱山技術が近代化される前の江戸時代かそれ以前のものと考えられる (長原正治氏, 私信, 2000)。ただし、砥沢金山の開発が、言い伝えにあるように戦国時代に武田氏によって行われたのか、あるいは江戸時代のものであるのかは、今回のような野外調査からは結論が下せない。

この問題の解明には信頼に足る歴史資料の発掘が不可欠であるが、戦国時代であれば金山開発の情報は軍事機密であったろうし、江戸時代であったとしても戦乱の余韻が残る江戸初期ならば、歴史を忠実に記録した文書が残っていると期待するのは安易に過ぎよう。仮に古文書などが存在したとしても、全幅の信頼を置いて良いかどうか慎重な判断が必要であり、砥沢金山の実像の解明には困難が予想される。この問題は本稿の範囲を超えた歴史学の課題であるが、今後の歴史研究で何らかの手がかりが得られる可能性の残る砥石産業の存在を指摘しておきたい。砥石は砥山本谷に露出する砥沢岩体南縁部もしくは砥沢岩体と一連のものと考えられる熱水変質を受けた小貫入岩体から採掘されたらしく、時代とともに採掘場は変わっていった様であるが、いずれも砥沢金山から1.5km以内の近距離にある。砥石山と砥沢金山が近接しているだけでなく、次項で述べるように、砥石として採掘された小貫入岩体に伴う含金硫化物石英脈が金鉱石として採掘されたとの記録も見付かり、砥

石と金鉱石は地質学的にも密接不可分の関係にあることが分かってきた。そもそも、砥沢の地名は砥石に由来するのである。砥石の採掘がいつの時代に始まったのか詳細は不明であるが、1577年(天正5年)の販売記録が残るという(『角川日本地名大辞典』編纂委員会, 1988)。その真偽を確かめる術は筆者にはないが、砥石が刀剣を研ぐ必需品として戦国時代に採掘されたと考えるのは自然であり、平行して軍資金を目的に金山が開発された可能性もあるだろう。少なくとも、砥石と金が無縁であったと想像する理由はない。熱水変質を受けて軟らかくなった貫入岩を露頭から砥石として切り出す技術とチャートなどの硬い岩盤に坑道を掘る技術はかなり異なるので、同一の技術者(群)が両方を開発したとは言えないが、鉱山技術としての共通点もあるので、金山と砥石山は何らかの関係をもちながら開発されたと想定するのが妥当だろう。この地の砥石産業は江戸幕府の保護を受けて発展し、砥沢は日本有数の砥石産地となり、20世紀半ばまで生産を続けた(地質調査所, 1953)。砥石の採掘は、鉱業としての規模がおそらく金の採掘より大きく、かつ長期にわたって続いたのである。この間の保護や統制の記録が残っているはずであり、その中から確かな資料を抽出し鉱山技術史の視点から解析することによって、歴史解明の手がかりが得られる可能性もあろう。歴史家による検討を待ちたい。

(2) 明治期以後：旧坑Aに残る近代技術の痕跡

旧坑Bに対し、旧坑Aはその形状から日本に近代的な鉱山技術が導入された明治維新以降のものとして推定された。これが既存の坑道を拡張して掘られたものか、あるいは新規に開削されたものなのかは、今回の調査だけでは結論を下せないが、最奥部に残るいわゆる狸掘り状の小規模坑道から判断して、江戸時代以前の古い坑道を拡張したものである可能性は高いと思われる。この問題は今後さらに詳しい調査を必要とするが、もし開発が昭和初期に行われたのであれば、既に現在と同様の火薬や削岩機が行き渡っていたから、100m程度の古い坑道を半年足らずで拡張することは容易であり、新規の坑道開削の場合でも100m程度の距離を200日足らずで掘進することは困難ではなかったと考えられる(長原正治氏, 私信, 2000)。いずれにしろ、現在見られる旧坑Aの近代的な技術による開発は、長期にわたるものではなく、せいぜい1-2年といった短期間に終わったものと推定される。

一方、明治期以降の鉱山開発なら、鉱業法に基づく開発許可の申請書とか生産統計など鉱山開発の記録やそれらを編纂した書物が残っていると期待されたが、比較的古い文献である『日本鉱業史』(東京鉱山監督署編纂, 1911)、『日本鉱業発達史』(鉱山懇話会, 1932)、『日本鉱山総覧』(澤田久雄編纂, 1940)、さらには戦後の最も総括的な鉱山資料である『日本産産誌』(地質調査所, 1955)にさえも砥沢金山に相当するような記述は発見できなかった。関東通産局

には行政文書として管区の古い鉱山開発の資料が残っているはずであるが、戦時の疎開の間に失われたのか、あるいは戦災で焼失したのか、同局鉱業課にも該当する資料は残っていない(矢ヶ崎行彦課長, 私信, 2000)。また、戦後の一時期の1951-55年に群馬県当局が公表した『群馬県地下資源(調査)報告書』(第1号—5号)にも該当する記述は見られなかった。こうして、入手可能な資料からは砥沢金山の歴史をたどることは出来ないかに思われたが、『日本産産誌』に引用された文献が発見され、その記述から砥沢金山だけでなく大黒鉱山の謎を解く手がかりが得られることになった。

(3) 砥沢金山と大黒鉱山

『日本産産誌』は、1950年代に地質調査所が核になり全国の鉱床研究者を結集して編纂・出版した全12冊からなる総覧である。それぞれ鉱種別に鉱山を網羅した一覧表が添付されていて、現在でも利用価値の高い最も詳細なデータ集と言える。この中の一分冊『BI-a 主として金属原料となる鉱石—金・銀その他—』の表(p.62-63)には、砥沢にある鉱山として“大黒”と“小平大黒”が掲載され、前者は1933年に三新鉱業(株)が稼行し後者は休山中とある。“大黒”の名称は銅・鉛・亜鉛鉱床の分冊(地質調査所, 1956)や既に触れたようにアンチモン鉱床の表(地質調査所, 1955)にも登場する。いずれも簡単な記述で鉱床の詳細は不明であるが、銅・鉛・亜鉛鉱床の表には「砥沢でバスを降りて2kmの“菅谷沢”に位置し、主に金を稼行した幅0.6-1.2mの鉱脈鉱床で、付近には旧坑が多い」とある。“菅谷沢”という地名は砥沢周辺には無いが、大黒鉱山が砥沢金山でないことは、この記述からみてほぼ間違いない。その後この記述の基になったと思われる引用文献の『東京鉱山監督局管内 金属鉱山』(小山, 1940)が地質調査所図書室の書庫で発見され、その記述から概要が判明した。これは新書版程度の薄い小冊子であり、戦中という時勢を反映した劣悪な紙質と装丁も災いして見逃していたのであるが、結果的には砥沢金山に関する唯一の文献となった。

大黒鉱山については34-35頁に数行の記述があり、位置は「砥沢より18丁にて菅谷沢の坑口に達す」とあって、『日本産産誌』の鉱山別の表はこの地名をそのまま引用していることがわかる。旧尾澤村や砥沢地区の地籍図を調べると、砥沢の南約1.5kmの砥山本谷上流の東斜面には“萱ノ谷(かやのや)”が、その西側の渋沢川上流には“金掘小屋”の地名も見られるが、“菅谷沢”はない。“萱ノ谷”には作業小屋があったような跡があるという(地主の浅川彦太郎氏談, 2000)。恐らくこの付近に“大黒鉱山”があって、小山(1940)の“菅谷沢”は何らかの理由で地名が誤記されたものと推察される。萱と菅は字体が似ているので、誤記や誤植は十分あり得たことだろう。また、“金掘小屋”という地名は、江戸時代かそれ以前の旧坑が既にあって、“大黒鉱山”もそれらを拡張開発したのではないかと想像させる。当時の「金

掘」とは採鉱（Au-Ag-Cuなどの鉱石を採掘すること）を意味する言葉だったからである。徳川家康の鉱業政策を示す例としてよく引用される『山令五十三ヶ条』（1573年、天正元年）には「金掘師」や「山師」が頻りに登場し、彼が鉱山技術者に特別待遇を与えて鉱山開発を促進しようとした事が読み取れる（例えば、日本学士院日本科学史刊行会、1958）。

ところで、小山（1940）にある地質・鉱床の記載から推測すると、大黒鉱床は砥石を採掘している貫入岩体と周囲のジュラ系にまたがる硫化物—石英脈からなり、主に硫化物に富む部分が採掘され、上下二つの坑道の総延長は約500尺およそ150mに達していたらしい。また、「大水澤上流の貫入岩中の石英脈が明治の一時期にアンチモンを目的に採掘された」という記述も見える。これは既に述べた地元の人の話とも符合する。『群馬県地下資源調査報告書（第5号）』（群馬県、1955）の付図には、三ツ岩岳から北に流れる大水沢の中流に小規模な貫入岩体と廃坑の印が記されているが、これがアンチモンを採掘した跡であろう。さて、砥沢金山に該当すると思われる重要な記述は大黒鉱山の項の末尾に見える。現代仮名遣風に幾分か変えて以下に全文を引用しよう。

「その他砥沢部落の県道下には川岸より坑口を開き二三百尺の延長ある旧坑あり。明治以前のもの云々の坑内掘下がり二三十尺にて数寸の鉱脈品位金二二五瓦は得たり。これらの旧坑の対岸にも数十尺の旧坑あれど坑内不明なり。最近県道下の旧坑を取明け小坂鉱山或は日立鉱山へ売鉱せしも品位好しからず再び休山せし由。」

小山（1940）が現地調査の上でこの記述をしたのかどうかは不明だが、地質や坑道規模が比較的詳しく書かれているので、伝聞や行政文書に基づくだけでなく実際に現地に赴いて調査し、砥沢金山については鉱山側の話を書いた可能性もない訳ではない。この文中に出てくる小坂（原文のまま）と日立の両鉱山は、秋田県の小坂鉱山と茨城県の日立鉱山のことと思われる。これらの鉱山では、Cu-Pb-Znの他に副産物としてAu-Agも回収されていたから（『昭和8年 本邦鉱業の趨勢』（商工省鉱山局、1934）による）、砥沢金山の鉱石を引き取ったのであろう。しかし、この鉱石を売ったはずの三新鉱業㈱の実態は不明のまま残った。これまでに筆者が調べた資料の中で、小山（1940）は砥沢金山の概略を記す唯一の文献であり、これ以上の解明は難しいと思われる。しかしながら、ここに紹介した彼の記述と(2)で述べた坑道掘進速度の考察結果を合わせると、おそらく大黒鉱山の経営者が本体の開発と平行して砥沢神社脇の旧坑も再開発してみたが、金品位が低いため短期間で撤退したのだろうという経緯が浮かび上がってくる。

以上のように砥沢金山も大黒鉱山も古い坑道を再開発した可能性が高い。すでに述べたように、旧坑Aの最奥部は人が這ってやっと入れるくらい小さいいわゆる狸掘り坑道

で、これも近代的採掘を免れた古い時代の坑道である可能性があろう。もしそうなら、当時の鉱床探査技術は驚くべき高レベルにあったことになる。江戸期以前の古い時代には、どのようにして坑道開削場所を決めたのであろうか。これも興味深い疑問として残された。鉛を使って鉱石から金や銀を回収する灰吹法は、すでに16世紀には出現していたから（例えば、日本学士院日本科学史刊行会、1958；小葉田、1968）、椀掛けのような選鉱的手法に加えて、あるいはこの様な冶金的手法が援用されていたのかも知れない。今後の課題である。

6. 終わりに

近年の金の市況では、1トンの鉱石の中に20-30グラムの金がないと採算がとれないと言われる。砥沢鉱床が現在の日本で経済価値をもたないことは明らかであるが、過去においても採算がとれたかどうかは疑問である。江戸期以前の状況は不明であるが、佐渡や山々野など数10トンもの金を産した日本屈指の金山は別としても、1-10トンクラスの鉱床と比べても、良好な鉱床とは言い難い。明治維新以降の過去100年余りの歴史の中では、1933年に採掘されたことを示唆するたった5行の記述が今回見出された唯一の記録であり（小山、1940；地質調査所、1955）、近代的な鉱山技術の導入により優良な鉱石を産した各地の鉱山に伍して開発される事はついになかったのである。

しかしながら、この砥沢金山跡は過去の鉱山開発の記録を現代に伝える歴史的記念碑として貴重かつ興味深いものであり、文化財としての視点で捉える必要があるだろう。もし旧坑Bが武田信玄の時代に掘られたものであるなら、以来400年余り土砂に埋もれる程の水害はなかったと解され、この旧坑は南牧川の洪水規模の長期的な指標にもなっていると言える。また、狭い坑道は当時の過酷な作業環境の具体的な証拠であり、坑夫の嘆きを刻んだ無言の訴状として、時を超えて現代の我々に語りかけているとさえ思われるのである。

金が戦争と深く関わる歴史をもっていることも本稿の中で再認識させられた点である。砥沢金山の始まりが戦国時代の武田氏による開発にあったとすれば、金の採掘はまさに軍資金を蓄え勢力を拡大するためであったと考えられる。また、戦前に三新鉱業㈱により採掘が行われたという記録の残る1933年は、日本が国際連盟を脱退し、ドイツにはヒトラー政権が誕生した年でもある。世界は不況下であり、日本は戦時体制へと突き進んで行った時代である。国際収支の赤字を抱えた政府は、軍備増強のため採鉱や採掘に補助金を出すなどの助成策を採った。この頃続々と出版された金に関する本には、鉱区出願や分析依頼の書式が掲載されるなど、当時の鉱業界や一般社会が金に強い関心をもっていたらしいことがうかがわれる（例えば、岩崎、

第4表 太平洋戦争前後における日本と米国および世界の産金量 (Au トン/年) の比較

西 暦	1933	1935	1940	1945	1950
日本 ¹⁾	13.7	18.3	27.0	2.6	4.7
米国 ²⁾	70.8	98.4	151.2	28.5	71.2
全世界 ²⁾	789	933	1293	812	983

- 1) 『本邦鉱業の趨勢』(1933, 35, 40: 商工省鉱山局; 1945: 資源庁長官官房統計課; 1950: 通商産業省調査統計部鉱業統計課)。1945, 50は粗鉱と精鉱に分けたデータがあり, ここは精鉱ベースの値を採用。
- 2) 『Minerals Your Book』(U. S. Bureau of Mines)。原データは fine ounce 表示 (正味重量を troy ounce 単位で表示)。1 トロイオンス (oz.ty.) は約31.103g。

1934; 渡邊, 1936; 河田, 1937; 石川, 1938; 山本, 1938; 矢口, 1940; 科学画報編集部, 1940)。この頃, 金の国内価格も上昇しつつあった。大黒鉱山はこうした雰囲気の中で稼行されたのであろう。日本の産金量は1940年には年産27トンというそれまでの最高を記録したが(第4表), その後1943年の「金山整備」策により, 直接戦力に役立たないという理由で多くの金山が閉鎖され(例えば, 地質調査所, 1955), 産金量も終戦に向かって急減した。年産10トン台に回復するのは, 戦後15年も経った1960年のことである。ところで, 第4表に示したように, 米国はこの戦争の前にも日本の5倍以上の金を生産していたことが分かる。また, この表の出典である Minerals Year Book は米国鉱山局が毎年世界中の鉱産物生産統計をとりまとめて公表してきた出版物であって, この国の威力を別の角度から表したものとと言える。このような国を相手にした軍国日本の戦争が「無謀な戦争」と言われる理由は, 産金史にも見られるのである。

以上述べたように, 金はそのきらびやかなイメージと同時に, 16-17世紀の日本の戦国時代でも20世紀の世界大戦でも, 戦争を支える金属として使われた暗い面ももつと言わざるを得ない。それらの戦争の余波は恐らく全国各地の産金地域に様々な痕跡を留めているであろう。砥沢の人々が金山とどう関わったのかを具体的に知ることはできなかったが, 調査した旧坑はその余波を現在に伝えた記録のひとつと位置づけられよう。

なお, 今回の文献調査を通じて新たに得られた注目すべき情報として, 砥沢金山南方の砥山本谷には, Au, Cu, Sb を対象に開発された大黒鉱山と呼ばれる鉱山やそれに関連する旧坑群があったという記述が挙げられる(小山, 1940)。この記述が正しいとすると, 大黒鉱山は砥沢金山と類似の規模かそれより大きかった可能性があり, 今後の検証が待たれる。わずか70年ほど前の鉱山開発の記録が地元に残っていないというのは奇妙であるが, 短期間と思われる操業の記録は戦争の混乱期には残りにくかったのかも知れない。この大黒鉱山で重要な点は, この鉱床が砥石として採掘された貫入岩体に伴うという産状である。貫入岩体を砥

石に変えた熱水変質作用は, 一方では金の鉱化作用をもたらしたと解される。すなわち, 砥石と金鉱石は一連のマグマ-熱水活動の産物と解される。金山と砥石山という一見関係なさそうな二つのものが, 実は地質学的には密接に関係しており, 16-17世紀の技術史の流れの中でも相互に関係していたかも知れないのである。当時の佐久平で砥沢の市川氏が開削したという新田開発用水トンネル(例えば, 斎藤, 1990)もこの流れの中で議論されよう。砥沢地域の鉱化作用と鉱業史の全体像を, 歴史資料の解析だけでなく, 砥山本谷の実地調査もふまえて構築する必要がある。

南牧村出身の筆者は子供の頃, 今は亡き父から「砥沢集落の下には金を採掘した坑道が延びている」と聞かされていた。話している父も恐らく半信半疑だったのであろう。南牧にも金が出るなどという話に, にわかには信じ難いという疑念を覚えた記憶がある。それから半世紀近くの時間を経て, 当時の疑念がほぼ氷解したことに感慨を禁じ得ない。

謝 辞

東京大学工学部の今井秀喜名誉教授と地質調査所元鉱床部長の岡野武雄博士とは文献をご教示下さり, これが砥沢金山の概略解明につながった。山口県岩国市の喜和田鉱山光る石鉱石資料館長の長原正治氏は, 鉱山開発技術史に関して坑道の形状や掘進速度などを詳しく教えて下さった。関東通産局鉱業課の矢ヶ崎彦彦課長は, 同局に残る資料の中に砥沢金山に該当する資料や文書がないかどうか丁寧に調べて下さった。弟の佐藤 弘は砥石と新田開発に関する文献を教えてくれた。以上の皆様にお礼申し上げたい。また, 丁寧な査読により草稿の不備を指摘して下さいた北海道大学理学部元教授の由井俊三博士に篤くお礼申し上げたい。

本稿執筆の契機となった砥沢金山跡の野外調査に際しては, 調査を企画した南牧村文化協会から, 市川太平会長と水沢幸蔵氏・茂木 清氏・市川富夫氏ほか多数の会員が参加し, 坑内の計測などに協力された。文化協会会員で旧坑付近の地主でもある浅川礼太郎氏はこの調査に各種の便宜をはかって下さった。本稿はこれらの方々のご協力に応えた報告書でもある。ささやかではあるが, 西上州の鉱床と鉱業史の一資料として役立つならば幸いである。

文 献

- 地質調査所 (1932): 日本地質産産誌。453p。
 地質調査所 (1969): 日本油田・ガス田図 8, 本宿, 1: 25,000, 地質調査所。
 地質調査所編 (1951): 日本産産誌, B II, 主として化学工業原料及び肥料原料となる鉱石。本文329p。鉱山別表付き。

- 地質調査所編(1953)：日本鉱産誌，BIV，物理的性質を利用する鉱物。本文270p.
- 地質調査所編(1955)：日本鉱産誌，B I-a，主として金属原料となる鉱石—金・銀その他—。本文253p.，鉱山別の表(155p.)付き。
- 地質調査所編(1956)：日本鉱産誌，B I-b，主として金属原料となる鉱石—銅・鉛・亜鉛—。本文261p.，鉱山別の表(395p.)付き。
- Crocket, J. H. (1991) : Distribution of gold in the Earth's crust. In : Foster, R. P. ed., Gold Metallogeny and Exploration, Blackie, Glasgow, 1-36.
- 群馬県(1955)：群馬県地下資源調査報告書(第5号)。群馬県，14p.
- 群馬県地質図作成委員会(1999)：群馬県10万分の1地質図。内外地図株式会社，東京。
- 葉賀七三男(1985)：わが国産金・産銀の推移。日本の金銀鉱石第3集，日本鉱業会，217-228.
- 久田健一郎・上川容市・岸田容司郎・山際延夫(1988)：関東山地西部の秩父帯北帯の石灰岩・チャート・頁岩の堆積年代。大阪教育大学紀要 第III部門，vol.37, 183-193.
- 今井秀喜・河井興三・宮沢俊弥(1973)：日本地方鉱床誌，関東地方。朝倉書店，518p.
- Imai, N., Terashima, S., Itoh, S. and Ando, A. (1995) : 1994 compilation of analytical data for minor and trace elements in seventeen GSJ geochemical reference samples, "Igneous Rock Series". Geostandards Newsletter, vol.19, 135-213.
- Imai, N., Terashima, S., Itoh, S. and Ando, A. (1996) : 1996 compilation of analytical data on nine GSJ geochemical reference samples, "Sedimentary Rock Series". Geostandards Newsletter, vol.20, 165-216.
- 石川博資(1938)：日本産金史。巖松堂書店，東京，383p.
- Isozaki, Y. (1997) : Jurassic accretion tectonics of Japan. The Island Arc, vol.6, 25-51.
- Isozaki, Y., Maruyama, S. and Furuoka, F. (1990) : Accreted oceanic materials in Japan. Tectonophysics, vol.181, 179-205.
- 伊藤貞一・櫻井欽一(1947)：日本鉱物誌，第3版，上巻，中文館書店，東京，368p.
- 岩崎重三(1934)：金と銀。新経済全集 17，日本評論社，275p.
- 井澤英二(1993)：よみがえる黄金のジパング。岩波科学ライブラリー 5，岩波書店，東京，104p.
- 【角川日本地名大辞典】編纂委員会(1988)：角川日本地名大辞典，10 群馬県。角川書店，東京，1474p.
- 科学画報編集部(1940)：金山発見法。誠文堂新光社，東京，235p.
- Kamikawa, Y., Hisada, K., Sashida, K. and Igo, H. (1997) : Geology of the Nanmoku area in the Chichibu Terrane, the northwestern part of the Kanto Mountain, central Japan. Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec. B, vol.18, 19-38.
- 小葉田淳(1968)：日本鉱山史の研究。岩波書店，東京，760p.
- 小坂共栄・久保田正史・柴 正博・北爪 牧・徳田大輔(1990)：関東山地北西部の内山層から発見された前期中新世の浮遊性有孔虫化石。地球科学，vol.44, 154-158.
- 鉱山懇話会(1932)：日本鉱業発達史。上巻，鉱山懇話会，東京，933p.
- 河田 英(1937)：金銀探鉱法。昭晃堂，東京，335p.
- 本宿団体研究グループ(1970)：グリーンタフ変動の研究—本宿グリーンタフ層についての団体研究。地団研専報，no.16, 95p.
- 村上安正(1997)：江戸時代の鉱山開発。日本の鉱山文化，科学博物館，136-144.
- 日本学士院日本科学史刊行会(1958)：明治前 日本鉱業技術発達史。日本学術振興会，354p.
- 野村 哲・海老原 充(1988)：群馬県西部新生代火山岩類のK-Ar年代と古地磁気。群馬大学教養部紀要，vol.22, 65-78.
- 農商務省地質局(1888)：20万分の1地質図幅【上田】，農商務省地質局。
- 小山一郎(1940)：東京鉱山監督局管内 金属鉱山。(鉱業叢書第3編)，鉱業社，大阪，126p.
- 斎藤洋一(1990)：五郎兵衛用水の掘貫を掘ったのは誰か。信州農村開発史研究所紀要 第6号，39-71.
- 澤田久雄編纂(1940)：日本鉱山総覧。日本書房，東京，1042p.
- Seward, T. M. (1991) : The hydrothermal geochemistry of gold. In : Foster, R. P. ed., Gold Metallogeny and Exploration, Blackie, Glasgow, 37-62.
- 資源・素材学会(1994)：日本金山誌 第4編 関東・中部，233p.
- Simon, G., Kesler, S. E. and Chryssoulis, S. (1999) : Geochemistry and textures of gold-bearing arsenian pyrite, Twin Creeks, Nevada : Implications for deposition of gold in Carlin-type deposits. Econ. Geol., vol.94, 405-422.
- 武井見翔・滝沢文教・竹内敏晴・藤原 肇(1977)：山中地溝帯西域の白亜系。地質雑 志 vol.83, 95-113.
- 田中幸弘・藤田至則(1979)：群馬県南西部に発達する前期中新世と後期中新世の陥没盆地群。地質学論集，no.16, 23-32.
- 寺島 滋・石原舜三(1974)：東北日本を中心とする2, 3の地域の堆積岩・火山岩・変成岩の銅・亜鉛・鉛・リチウム・ナトリウム・カリウム・塩素・ふっ素について。地調月報，vol.25, 547-558.
- Terashima, S. and Ishihara, S. (1986) : Copper, lead, zinc, arsenic and sulfur of the Japanese granitoids (3): Green Tuff Belt of Northeast Japan and Outer Zone of Southwest Japan. Bull. Geol. Surv. Japan, vol.37, 605-624.
- 寺島 滋・今井 登・岡井貴司・御子柴真澄・谷口政碩・佐藤興平(1998)：汚染土壌における有害物質の計測・評価手法の高度化に関する研究。平成9年度環境保全研究成果報告書，65-I, 1-14，環境庁。
- 東京鉱山監督署編纂(1911)：日本鉱業誌。東京鉱山監督署，812p.
- Vincent, E. A. (1974) : Silver. In : Wedepohl, K. H. ed., Handbook of Geochemistry, Vol.II/4, Elements Kr (36) to Ba (56), Springer-Verlag, Berlin, 47 B-M, O.
- 渡邊萬次郎(1936)：金礦と金礦床。誠文堂新光社，東京，558p.
- 矢口武雄(1940)：金鉱と砂金及岩石地質。工文社，東京，124p.
- 山本勇三(1938)：産金。ダイヤモンド産業全書，ダイヤモンド社，256p.

Abstract

Geological setting and mining history of a traditional site of gold mine at Tozawa in Nanmoku, southwestern Gunma Prefecture.

SATO Kohei

Geological Survey of Japan : 1-1-3, Higashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567, Japan

A traditional site of gold mine at Tozawa in Nanmoku, southwestern Gunma Prefecture, was investigated in terms of geological setting and mining history. The old mine workings are located on banks of the Nanmoku River. They were excavated in a hydrothermal alteration zone near a felsic stock that intruded into Jurassic accretionary complex of the Chichibu Belt in Miocene-Pliocene age. Hydrothermally altered sedimentary and intrusive rocks and quartz veins consist essentially of quartz and sericite with varying amounts of chlorite and pyrite. Geochemical analysis yielded a wide range variation of Au contents from less than 5ppb up to 25ppm, showing a clear positive correlation with As contents. The relatively high Au contents were obtained for specimens from the old workings, in which arsenopyrite was identified. Other ore elements including Ag, Cu, Pb and Zn are minor, in consistent with the

observation of these ore minerals, if any, only under the microscope. These results corroborate the tradition that the old workings were exploited for gold.

Characteristic rectangle shape of a small adit on the right bank of the Nanmoku River clearly indicates that it was excavated using chisels before the introduction of modern mining technology into Japan in the middle 19th century. The ancient gold mining could have been made for war funds in the 16th century, but detailed age has not been clarified because of the lack of historical records. The large adit (>120m) on the left bank may have been excavated using rock drills in the past 100 years, probably just before the Pacific War, although very small parts appear to be remnants of ancient mining. The modern mine operation is thought to have expanded ancient workings and destroyed most of the original form.

Key words : Nanmoku, Tozawa, gold deposit, Neogene, intrusive body, hydrothermal alteration zone, geochemical anomaly, Au, As, old mine workings, mine exploitation, Takeda Shingen, war funds, Sengoku era, Edo era, the Pacific War, Toishi (whetstone)