

# 足羽川と犀川における砂金の産状、形態、成分、成長、および結晶化

吉澤 康暢\*

Occurrence, shape, component element, grain growth, and crystallization  
of the Placer Gold in the Asuwagawa River (Fukui City)  
and the Saigawa River (Kanazawa City), Central Japan

Yasunobu YOSHIZAWA\*

## 要 旨

福井市市波町の足羽川および金沢市大桑町の犀川で採集した総量7.794g (横道則弘氏所蔵標本を含む)の全ての砂金について、双眼実体顕微鏡と走査型電子顕微鏡による詳細な形態観察を行った。その結果、砂金個々の形態の違いが識別できたので分類を試みた。また、樹枝状結晶、葉片状結晶、八面体結晶など結晶化した砂金標本が見つかったため、それらも加えて砂金の成長過程の推論を試みた。さらに、各地で採集した主な砂金について、蛍光X線分析装置による定性分析と定量分析を行った。その結果、今回採集した砂金中の金の含有量が約70%~90%であることや、銀など他の元素の組成比も明らかとなった。

キーワード：砂金の産状、砂金の形態、砂金の成分、砂金の成長、砂金の結晶化、砂金のアマルガム化

## 1. はじめに

本年7月~8月に福井市自然史博物館において、金のすべてを見せる第62回特別展「永遠に輝く金の魅力ーGo!Go!ゴールドin福井」を開催した。その準備期間に、砂金の資料や砂金標本の収集を行ったが、福井市市波町の足羽川左岸や金沢市大桑町の犀川左岸の河床岩盤上から多くの砂金標本を採集することができた。砂金産地の情報や砂金標本の採集方法については、滋賀県在住の砂金研究者中村真三氏から市波町の足羽川河床で直接教えていただいた。

福井県の足羽川で砂金が採れることは、ごく最近まで知られていなかった。現在では、福井市小当見町にある小当見金山跡付近を流れる味見川や、その下流の足羽川沿いの河床岩盤上の割れ目をはじめ、巨礫の下や現河床水底下の砂礫の中から多くの砂金を容易に採集できることが知られている。これまでに足羽川で砂金が採集できたポイントは福井市宿布町、同市波町、同小和清水町、同朝谷町、同小当見町などである。

砂金が採れる場所は、たいていその上流に金鉱山があり金を採掘した歴史をもつ。足羽川にも旧金鉱山跡である小当見、西青、中瀬、荒谷、蒲沢などに浅熱水性鉱脈型金鉱床が存在し、金を採掘していた史実がある。小当見金山跡は福井市小当見町(旧美山町上味見地区)にある。この付近一帯は数百年前より産金地帯として知られ、近くの池田町大本には金山奉行所があった。その後久しく休山を続け、明治38年頃再開し、昭

和13年まで採掘していたようである。本年6月に小当見金山跡を調査した結果、坑道跡には旧坑、1番坑、2番坑、3番坑、4番坑の5箇所があり、小当見町内の古老の方々の話では、この他に露天掘り跡などがあることがわかった。以上の旧金鉱山以外に、足羽川上流部の奥深い谷壁や小さな沢沿いなどにかくれた金鉱床が数多く存在し、ここから砂金のもとになる金の微粒子が出てくるものと考えられる。これらの金鉱床のうちほとんどのものは、中生代白亜紀の流紋岩類や新生代第三紀中新世の火山岩類を母岩とする熱水鉱床で、母岩の割れ目に地下深部から金を含む高温の熱水が上昇し、沈殿してできた石英脈中に、微粒の自然金やエレクトラムとして産出している。この石英脈が風化、崩壊して流水の働きで流され、そこから金の微粒子が川に流れ込み、岩盤の窪みや割れ目に入り込む。そして次々に運ばれてくる金の微粒子は、岩盤の窪みや割れ目の中で互いに融合し、成長し砂金になるものと考えられている。現在足羽川で多くの砂金が採集できる理由の一つに、2004年7月に発生した福井豪雨による洪水の影響もあるように思われる。

犀川は石川と富山の県境にそびえる奈良岳および大門山に源を発し、加賀百万石の城下町を流れている。犀川で砂金が採れることは古来より知られていた。「金沢」の地名は、台地の畑から掘った芋にくっついてくる砂金を洗ったとされる湧き水、「金洗いの沢(金城霊沢)」からつけられたとする伝説がある。砂金は現河床の砂礫の中をはじめ、犀川兩岸の河成段丘の

\*福井市自然史博物館 〒918-8006 福井市足羽上町147

\*Fukui City Museum of Natural History 147 Asuwakami-cho, Fukui City, Fukui 918-8006, Japan

堆積物中にも存在すると考えられている。犀川上流にも金鉱床があり、古くは数百年以前から、あるものは江戸時代から金の採掘が行われていた。中でも倉谷金山が有名である。昭和37年小川虚亭氏著の「金沢藩金山盛衰記」によると、金沢藩初代前田利家、二世利長、三世利常の時代に加賀能登越中三国の各金銀鉱山より多量の金銀を採取し、大藩としての軍資金を蓄積したとある。倉谷金山の起源は慶長十三年(1608年)金沢藩三世利常の時代で、安永の頃まで約百三十年間開坑し、その後衰退した。昭和25年度石川県地方開発事務局発行の「地下資源調査報告書」および昭和28年発行の「石川県地質産誌」によると、砂金の元である倉谷金山の鉱床の母岩は新生代第三紀の火山岩や火山砕屑岩類である。鉱床はこれらの裂隙を充填する浅熱水性鉱脈型金鉱床である。

大桑貝殻橋より下流の岩盤は大桑層で、第三紀鮮新世末から第四紀更新世前期頃に海底で堆積した砂岩層である。大桑貝殻橋直下が不整合面で、橋より上流には下位に位置する中新世に堆積した犀川層の凝灰質砂岩層が分布している。これらの岩盤上には大小さまざまなポットホールが数多く存在し、この中に堆積している砂礫の中から多くの砂金が採集できた。このポットホールからは、ほぼ完全な球状の砂金も採集した。

福井市市波町の足羽川左岸および金沢市大桑町大桑貝殻橋の犀川左岸などで、これまでに総量7.794gの砂金を採集した。この全ての砂金について、双眼実体顕微鏡と走査型電子顕微鏡による詳細な形態観察を行い、砂金個々の形態の分類をはじめ、結晶化した標本なども加えて砂金の成長過程について推論を試みた。また、各地で採集した主な砂金について、蛍光X線分析装置による定性分析と定量分析などの詳細な成分分析を行い、砂金の成分元素の組成比を明らかにした。

## 2. 足羽川および犀川の砂金の産状

### (1) 足羽川の砂金の産状

地形図および航空写真に示した市波町足羽川左岸の砂金産地の河床には、新生代第三紀中新世の安山岩質凝灰角礫岩の岩盤が露出している。この岩盤は、2004年7月の福井豪雨前には土砂や草で覆われていた場所であったが、豪雨時に足羽川の氾濫により付近の土砂が全て洗い流されて広く露出したものと考えている。砂金はこの岩盤の割れ目に小礫、砂、泥とともに堆積している(写真1, 2, 3)。割れ目には、川の流れにほぼ平行しているもの、直交しているもの、斜交しているものなどがあるが、考えられないような細かい割れ目の部分からも大差なく砂金が採れる。砂金が0.1mm~0.3mmといった薄い平板状の形状であることから、わず

かのすき間でも砂金もぐり込むためと考えられる。

この他、岩盤上に点在する巨礫の下の砂礫の中からもかなりの量の砂金が採集できる。ここからは、径5mm、重さ115mgのものや、径5.66mm、重さ108mgといった大粒の砂金が採集できた。また、現河床の常時水底にある川の流れの中の砂礫の中からも砂金が採集できた。無作為に水中の砂礫をシャベルですくい取ったものの中に、肉眼で確認できるほどの大粒の砂金が含まれていた。流れの中の川底にある砂礫の方が圧倒的に多いことから、川底の砂礫から採集する方法はかなりの成果が期待できると思われる。

現在採集できる砂金の堆積時期についての考えは、福井豪雨などの洪水により岩盤が露出すると同時に最近になって堆積したもの。もう一つの考えは、福井豪雨以前の古い時代に長い年月を要して砂金が堆積した後、砂や泥が堆積して草が茂り岩盤を覆い隠した。その後、いまだかつて経験したことのない今回の豪雨により、表層が剥ぎ取られて岩盤が露出し、かなり古い時代に堆積した砂金が出てきた。この二つの考えのどちらであるかは不明である。

今回、岩盤上の特定の場所には、どれだけの量の砂金が堆積しているのか調べてみた。調査地点は、航空写真に示したこの付近に露出する岩盤のほぼ中央付近で、川岸から直角に陸側に1mほど入った場所で、川の流れと並行する岩盤上の大きめの割れ目(長さ40cm、幅0.5cm~2cm、深さ15cm)の中の土砂を全て洗い出してみた。その結果、採集できた(2006年11月21日採集)砂金は、全部で135個、その重さが150mgであった。砂金の大きさは、0.36mm~3.07mmで、平均1.5mmであった。平板状の砂金1枚の厚みは、0.1mm~0.27mmで、平均0.2mmであった。

砂金が多く採集できるかどうかは、砂礫の堆積ポイント選びと、砂礫の採集方法で決まる。砂金が多く堆積しているポイントは、川の蛇行部の内側で、川底に岩盤が露出している場所である。その岩盤にたくさんの割れ目や窪み、ポットホールなどがあれば、そこが最も可能性が高い。他には、巨礫の下の砂礫が堆積している場所をはじめ、岩盤上に生えた草の根元や現河床の水底の砂礫の中にも砂金が多く堆積している(写真4)。砂礫の採集方法は、金の比重が19.32であることから、岩盤の直上が最も可能性が高い。つまり、砂礫層の最下部で、岩盤ストレスの部分に集中している。この部分の砂金は水やブラシを使用し、ていねいに集めることが必要である。

どの場所においても、砂金とともに、釣り用の鉛のおもりをはじめ、散弾銃の鉛の弾、鉄釘、砂鉄、ガーネットを含む重鉱物の砂などが採集できた。

今回、足羽川から採集した砂金の総量は7.033gであった。





## (2) 犀川の砂金の産状

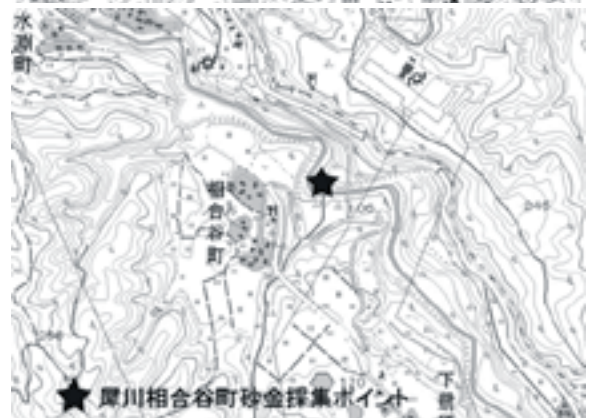
犀川の砂金は、大桑貝殻橋下流部の大桑砂岩層や上流部の犀川層の凝灰質砂岩層の岩盤上にできたポットホール中から最も多く採集できた(写真5, 6)。このポットホールは新しい時代に堆積した軟らかい砂岩層上に形成されており、浸食にあまり時間がかからないせいか、深さがかなり深くなっていて、穴の底に手が届かないものが多い。穴の直径は大小様々であるが、一様に砂礫で埋められている。このポットホール中の砂金は、必ずしも穴の一番底の岩盤直上だけではなく、中間層や上部層にも砂金の堆積がみられる。これは、穴の深さが深いため、古い時代の堆積物の上に新たな砂礫が堆積し、これらが攪乱されることなく2層、3層構造になっているためと考えられる。また、岩盤上の川の流れに平行な割れ目をはじめ、直交した割れ目、斜交している割れ目やかなり細かい割れ目からも砂金が採れる(写真7)。この他、岩盤上に点在する巨礫の下の砂礫の中からも砂金が採集できる(写真8)。さらに、岩盤上に生えた草の根元にも砂金が多く堆積している。犀川で砂金が多く堆積しているポイントをまとめると、足羽川と同様で、川の蛇行部の内側で、川底に岩盤が露出している場所である。その岩盤上のポットホールの中からは最も多く、その他、岩盤上の割れ目や窪みからが多い。犀川の砂金で最も大きいものは、大きさが5.05mm、重さが44mgの平板状のものであった。重さが最も重いものは、59mgであった。犀川の浅いポットホールからは、大きさが0.72mmのほぼ完全な球状の

砂金が採集できた。これは、ポットホール中の砂礫の回転がスムーズに行われ、この回転に伴い砂金と穴の壁面との接触が繰り返され、砂金が球状になったものと考えられる。

砂金とともに、釣り用の鉛のおもりをはじめ、散弾銃の鉛の弾、鉄釘、砂鉄、重鉍物の砂などが採集できた。中でも特徴的なことは、銀色に輝く角張ったステンレスの粒子が数多く採集されることである。

犀川では、大桑貝殻橋よりさらに上流にある、相合谷町の相合谷橋下流の蛇行部の河床岩盤上からも径2.69mmの平板状の砂金をはじめ、多くの砂金を採集することができた。砂金の形は角が取れてかなり丸くなっており、ほとんどの砂金には銀と思われる白っぽい金属が融合しているのがみられた。

今回、犀川から採集した砂金の総量は0.761gであった。



## 3. 砂金の形態

今回採集した砂金の総量は7.794gで、内訳は足羽川が7.033g、犀川が0.761gであった(写真9, 10, 11)。この全ての砂金について、双眼実体顕微鏡と走査型電子顕微鏡により詳細な形態観察を行った結果、砂金個々の形態の違いを識別することができたので、その詳細について顕微鏡写真とともに報告する。

- 写真12は市波産の最も重い砂金で、大きな塊状にはなっているが、砂金としての上下の平面を残しているものである。
- 写真13, 14, 15, 16は市波産で、今回採集した中で

は最も大きい砂金であるが、掌状に成長した砂金粒子の集合体で、粒子間は石英等が埋めている。

- 写真17, 18は市波産で、取り込まれた石英等の粒子が他の砂金に比べて多い砂金である。金粒子は結晶化している。
- 写真19, 20, 21, 22, 23は市波産で、金の微粒な結晶がいくつもくっつきあってツリー状になった砂金である。金の粒子間を石英等の微粒子が埋めている。写真23は写真22の砂金粒子間を1000倍に拡大したもので、石英等の微粒子の形状が良くわかる
- 写真24, 25, 26, 27, 28, 29, 30は市波産で、写真20と同じ金の微粒な結晶がツリー状に集合している砂金である。金の結晶粒の大きさはかなり小さいが、金の結晶形は美しく整っている。写真27, 29, 30は金の結晶を接着している石英等の微粒子を拡大したもので、石英等の微粒子が薄いフレーク状に見える。
- 写真31, 32, 33, 34, 35は市波産で、結晶化した金の微粒子がくっつきあって櫛の歯状になった砂金である。縦長の金の結晶が横にくっつきあって櫛の歯状に見える。写真35は金の結晶間を1500倍に拡大したもので、石英等の微粒子の形状が良くわかる。
- 写真36, 37, 38, 39, 40は市波産で、金の析出により樹枝状に成長した砂金である。樹枝状の金のすき間には石英等の微粒子が見える。写真40は樹枝状の金のすき間を5000倍に拡大したもので、石英等の微粒子が薄いフレーク状に見える。
- 写真41, 42は市波産で、金の八面体の結晶形と結晶面が明瞭な微粒結晶の集合体である。写真42は四角錐の結晶面がよく成長し八面体の結晶形をもつ砂金である。
- 写真43は市波産で、美しい葉片状結晶の集合体の砂金である。
- 写真44, 45, 46は市波産で、金の結晶成長の痕跡が残る砂金である。写真45では、金の段階的成長の痕跡が10層認められる。写真46では、段階的成長の痕跡の間に石英等の微粒子が認められる
- 写真47は市波産で、砂金の微粒子の集合の痕跡を残す短柱状の砂金である。
- 写真48は市波産で、写真47から成長したと思われる細長くのびたヒモ状の砂金である。
- 写真49は市波産で、写真48から成長したと思われる渦巻き型の砂金である。
- 写真50は市波産で、別々に成長した三つの大きな砂金粒子がくっついた集合体である。金粒子の接着部には石英等の微粒子が認められる。
- 写真51は市波産で、写真50と同様、三つの大きな砂金粒子のブロックが複雑に集合した砂金である。
- 写真52は市波産で、薄い平板状の砂金が折れ曲り重

なった状態で、上部の板が下部の板にめり込んでいる砂金である。

- 写真53は市波産で、薄い平板状の砂金の片方または両方の端が折れ曲ってできた、三指型の砂金である。
- 写真54は市波産で、上下の平面をまだ残しているほぼ球状の砂金である。
- 写真55は市波産で、砂金の成長過程をモデル化して、それに合う砂金を並べてみたものである。
- 写真56は市波産で、下部の白っぽい三つの砂金は表面がアマルガム化したもので、水銀を8%含む砂金である。
- 写真57は犀川大桑町大桑貝殻橋下流で採集した主な砂金である。
- 写真58は大桑貝殻橋産で、今回採集した中で最大径の砂金。径5.05mmある。
- 写真59は大桑貝殻橋産で、細長いヒモ状の砂金が2種類あった。
- 写真60は大桑貝殻橋産で、写真59の下段の砂金を拡大したものである。結晶化した金の微粒子の集合状態がはっきり認められる。
- 写真61は大桑貝殻橋産で、角が取れて丸くなった砂金のみを選別したものである。
- 写真62は大桑貝殻橋産で、ほぼ完全な球状の砂金。径が0.72mmである。
- 写真63は犀川相合谷橋下流の河床岩盤上で採集した砂金である。銀を20%以上含むために、銀分の多い白っぽい部分がはっきりわかる。
- 写真64は犀川相合谷橋下流産の砂金で、最大径が2.69mmある。

以上の結果をまとめると、今回採集できた砂金のほぼ共通の形態として、薄い平板状になっているものが多い。径5mmほどの大きな塊状になったものでも、上下に平面を残しているものが多い。なぜ塊状のものより、薄い平板状の砂金の方が多いのであろうか。これは、金が展性・延性に優れている金属であることに加えて、砂金が岩盤の割れ目の狭い隙間に堆積し、いくつもの砂金の微粒子が融合して成長すると考えられることから、隙間の形に調和した形になるものと思われる。また、砂金が流される間に平板状に延ばされとも考えられる。この他、結晶形や結晶面が明瞭な砂金の粒子が集合してツリー状の形や櫛の歯状の形になった砂金をはじめ、樹枝状に結晶化した砂金、葉片状結晶が集合した砂金、八面体結晶が集合した砂金、金の段階的成長の痕跡を残す結晶化した砂金など、砂金が結晶化したことを物語る標本があった。また、砂金の微粒子同士が融合したものの、大きな砂金に成長したかたまり同士が融合したものの、融合した大きなかたまりの中で金粒子が掌状に結晶化したものなどがあった。



#### 4. 砂金の成分と金の含有量

今回採集した福井市市波町の足羽川産および金沢市大桑町の犀川産の砂金について、その成分元素と金の含有量を測定してみた。蛍光X線分析装置(福井県工業技術センター, Rigaku ZSX 100e)による定性分析と定量分析の結果は、次のとおりである。詳細については、付表の各砂金についての定性分析チャートおよび定量分析SQX分析結果を参照されたい。

- ① 市波町(足羽川)の最大径の砂金(Au 80.2%, Ag 8.2%, Si 3.8%, Fe 3.3%, Ca 1.5%, Al 1.4%, K 1.4%)(表1)
- ② 市波町(足羽川)①の最大径砂金の裏面(Au 84.1%, Ag 6.9%, Si 1.8%, Fe 1.8%)(表2)
- ③ 市波町(足羽川)の中粒の砂金(Au 89.8%, Ag 5.7%, Ca 2.3%, Fe 0.9%, Si 0.7%)(表3)
- ④ 市波町(足羽川)の結晶化した砂金(Au 71.9%, Ag 18.7%, Ca 3.7%, Fe 2.5%, Si 1.4%)
- ⑤ 市波町(足羽川)のアマルガム砂金(Au 73.1%, Ca 11.1%, Hg 8.0%, Na 2.1%, Si 2.0%, K 1.7%)(表4)
- ⑥ 大桑町(犀川)の最大径の砂金(Au 70.4%, Ag 26.6%, Si 1.1%)(表5)
- ⑦ 相合谷町(犀川)の銀色の部分が多い砂金(Au 75.5%, Ag 20.2%, Ca 1.9%, Si 0.7%)(表6)
- ⑧ 大桑町(犀川)の未知の金属粒(Cr 68.3%, Fe 28.9%, Si 1.0%, Ni 0.6%)
- ⑨ カナダ・ユーコン準州(ユーコン川)の砂金(Au 96.2%, Si 0.8%, Ca 0.7%)

以上の砂金の成分分析結果について考察すると、福井市市波町の足羽川産の砂金では、金の含有量が最も多く約72%~90%であった。次いで銀が約6%~19%で、その他にケイ素、カルシウム、鉄などが含まれていた。

④の結晶化した砂金の金の含有量が少ないのは、砂金の大きさが1mm~2mmと小さいため、分析の精度に問題があるように思われる。

⑤のアマルガム化した砂金の金の含有量は約73%で、水銀が8%も含まれていた。その他、カルシウムが約11%と多い。

金沢市大桑町の犀川産の砂金でも、金の含有量が最も多く約70%~76%であったが、足羽川産の砂金に比べると、10%~15%少ない結果となった。その分、銀の含有量が20%~27%と多く、砂金全体の1/5~1/4を銀が占めている。その他にケイ素やカルシウムなどが含まれていた。

⑧の未知の金属粒はクロム、鉄、ニッケルが主成分なので、この金属はステンレスであると考えられる。

⑨のカナダ・ユーコン川産の砂金の金の含有量は

96.2%で、足羽川や犀川産の砂金と比較すると金の純度が高い。これは、ユーコン川がカナダからアラスカにかけて流れる大河川であるため、砂金の流下距離が桁違いに大きく、その間に銀をはじめ他の成分が、化学変化により水中に溶け出して金の純度が上がったものと考えられる。

#### 5. 金の析出による結晶化

3. 砂金の形態の項でも述べたが、今回採集した砂金の中には、結晶形や結晶面が明瞭な砂金の粒子が集合して、ツリー状の形や櫛の歯状の形になった砂金をはじめ、樹枝状に結晶化した砂金、葉片状結晶が集合した砂金、八面体結晶が集合した砂金、金の段階的成長の痕跡を残す結晶化した砂金など、砂金が結晶化したことを物語る標本を数多く採集することができた。結晶化した砂金は、結晶面が美しい輝きをもったまばゆい黄金色をしており、他のものとは明瞭に区別ができる。

結晶形や結晶面が明瞭である砂金や、樹枝状に結晶化した砂金の標本の存在から、ある種の砂金は、成長のどこかの段階で結晶化するものと考えられる。この結晶化が砂金の成長段階のどの時期にどこで行われるのかについて考察してみる。一つ目の有力な考えとして、この砂金は結晶化したのではなく足羽川上流にあった旧金山付近の金鉱脈や、市波付近の岩盤から自然金の結晶が洗い出され、結晶形が壊れずにそのまま運ばれてきたと考えることができる。しかし、自然金の結晶粒が洪水時の激流の中で、結晶形が破壊されずに残るものであろうか。金の硬度は2.5~3であり、展性、延性に富む軟らかい金属である。砂金の周囲の角が丸くなっているものが多いことや、球状の砂金があることなどから考えると、比重19.32の重い砂金が洪水の濁流の中を運搬されるときに、川底や礫・砂・泥などの粒子との無限の衝突や接触をはじめ、激しい擦れ合いなどが想定される。つまり、結晶形が壊れずに自然のままの形が保たれるとは考えにくい。二つ目は、砂金が運搬されていく途中に、水中や水底で金の微粒子同士が接触し融合するという考え方である。しかし、この考えも美しい結晶形や結晶面ができていることを十分に説明することができない。

三つ目の考えは、砂金が河床の岩盤の割れ目の狭い隙間や窪みなどに堆積した後、長い時間をかけて砂金が結晶として水中でほんのわずかずつ成長していくのではないかという考えである。つまり、砂金が狭い隙間の奥深くで、長い時間水中にあった場合、川水の中に微量に溶けている金や、砂金自らの金が水中に微量に溶け出したものなどが、もとの砂金を核として再び析出する再結晶という現象が想定される。美しい結晶

形や結晶面を形成するためには、もとの砂金の粒子を核として、金の原子が規則正しく順序良く配列する必要がある。特に樹枝状結晶が成長する場合には、金の原子はある特定の方向に並び積み重なっていく必要がある。しかし、多くの疑問も残る。水中にわずかに溶けている金が析出し結晶化するためには、砂金の粒子が長時間安定した水中にあり、溶けている金原子の補給が続いていく必要があるが、果たしてそのような環境が存在したのであるか。現在陸上の岩盤の隙間に堆積している砂金は乾燥した条件下にあるように思われるが、岩盤の隙間の砂礫層の中は、ミクロ的には結晶化が可能な湿潤な環境なのだろうか。それとも、その砂金は現在陸上にある岩盤の位置が水面下にあったかなり古い時代に結晶化したものなのだろうか。

今回採集した標本の中で特に注目している砂金は、金の段階的成長の痕跡を残す結晶化した砂金(写真44, 45, 46)である。全体がはっきりした結晶面で囲まれ、内部には10層の段階的に成長したことを示す痕跡と、その間には成長が停滞したことを示す間隙が見られる。この砂金は金の析出による結晶化を説明するための重要な標本であると考えている。

## 6. 砂金の成長過程

今回採集した福井市市波町の足羽川産および金沢市大桑町の犀川産の砂金の研究のまとめとして、砂金の成長過程について考察してみたい。砂金の元になる自然金の微粒子が、金鉱脈の風化・崩壊により、流水の働きで流されて川に流れ込み、岩盤の窪みや割れ目の隙間に入り込む。次々と運搬されてくる自然金の微粒子同士が圧力や振動で融合し、大きな砂金に成長する。さらに大きな砂金同士も融合してより大きな砂金となる。双眼実体顕微鏡や走査型電子顕微鏡の観察により、これらの砂金同士の融合には石英や方解石などのフレーク状の微粒子が関与しているものと思われる。つまり、石英や方解石などの微粒子が砂金同士の接着剤的な役割をしているようである。砂金の微粒子の段階では、岩盤の窪みや割れ目などの隙間の中で、水中に溶解していた金の析出により結晶化が行われ、微細な樹枝状結晶や八面体結晶が形成される。これらが数多く集合して、ツリー状の形や櫛の歯状の形の砂金ができる。この場合、砂金をつくる微細な金の結晶間にも、石英や方解石などのフレーク状の微粒子が見られ、粒子間の接着剤的な役目をしている。大きな塊状の砂金になってからも、表面を構成している砂金粒子が結晶化して、掌状の結晶になっているものもある。表面が磨り減ってゴツゴツした大きな砂金でも、隙間の奥深くは美しい黄金色で、結晶化していることがわかる。

写真55で示した砂金の成長過程のモデルは、数多くの砂金を見比べて成長過程を組み立て、それにあう砂金を並べてみたものである。これによると、0.2mm~0.5mmほどの砂金粒子が融合して2個続きの砂金となる。二つの砂金の輪郭はそのまま残っている。さらに別の砂金が融合するが、このとき砂金の小粒子では金の析出による結晶化が行われ、より美しい結晶の集合体として成長する。さらに、別の所で成長した砂金が複数融合して、より大きい複雑な形状の砂金となる。その後、隙間を埋めるように小さな砂金粒子が融合し、継ぎ目が見えなくなり、角の取れた丸く薄い平板状の完成された砂金となると考えられる。しかし、これもつかの間で、二つに折れ曲って重なったり、また別の大きな砂金に取り込まれたりしながら凹凸の多い砂金に成長していくものと思われる。一般的に流下距離の短い河川では、下流にいくほど大粒の砂金になるが、流下距離の長い大きな河川では、下流にいくほど成長した砂金が再び破壊され小さくなっていくと考えられる。

## 謝 辞

本研究をまとめるにあたり、滋賀県在住の砂金研究者中村真三氏には、足羽川市波町と犀川大桑町の産地を教えていただくとともに、砂金採集方法を実際に現地で教えていただいた。福井市自然史博物館副館長横道則弘氏には、足羽川および犀川の所蔵砂金標本をお貸しいただくとともに、砂金の産出状態や各種データを詳しく教えていただいた。福井市自然史博物館主幹梅田美由紀博士には、砂金研究のきっかけを作っていただくとともに、砂金の成因について議論していただいた。福井県立高志高等学校の安野敏勝教諭には足羽川市波町の現河床水底下の砂金採集の方法について指摘をしていただくとともに、砂金標本をお貸しいただいた。以上の諸氏に心より深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 文葉社, 2004, 趣味の砂金採り入門, 文葉社.
- 福井県経済部商工課, 1954, 地下資源の全貌—1951~1953 調査報告—.
- 市川新松, 1933, 福井県鉱物誌.
- 石川県地方開発事務局, 1950, 地下資源調査報告書.
- 石川県地方開発事務局, 1953, 石川県地質鉱産誌.
- 伊澤英二, 1993, よみがえる黄金のジパンガー岩波科学ライブラリー—, 岩波書店.
- 松原 聡, 2003, 日本の鉱物—フィールドベスト図鑑15—, 学習研究社.
- 小川虚亭, 1962, 金沢藩鉱山盛衰記.
- 田口 勇・尾崎保博, 1995, みちのくの金—幻の砂金の歴史と科学—, アグネ技術センター.
- 脇 とよ・北代祐二, 2005, 大地の砂金—砂金掘り物語と平成の砂金掘り—, 中西出版.





写真01：足羽川, 市波町の河床岩盤, 流れに平行な割れ目が多く, この割れ目に砂金が堆積



写真02：市波町, 川の流れに平行な岩盤の割れ目のアップ, ここに多くの砂金が堆積



写真03：市波町, 川の流れに直交する岩盤の割れ目にも砂金が多く堆積している



写真04：市波町, 巨礫の下の岩盤直上の砂礫の中にも砂金が堆積



写真05：犀川大桑貝殻橋下流, 蛇行部の内側の河床岩盤上に砂金が堆積



写真06：大桑貝殻橋上流, 河床岩盤上のポットホール群, 穴の底に砂金が堆積



写真07：大桑貝殻橋上流, 河床岩盤上の流れに直交する割れ目にも砂金が堆積



写真08：大桑貝殻橋下流, 巨礫の下の岩盤直上の砂礫の中にも砂金が堆積



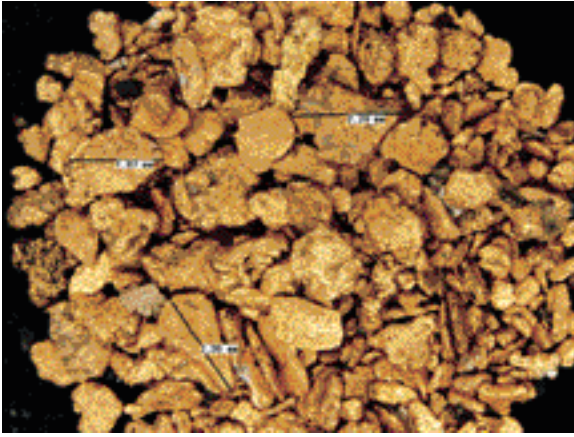


写真09：足羽川市波町の河床岩盤上から今回採集した砂金の一部、径2mm前後のものが多い



写真10：市波産の砂金一枚の厚みは0.1~0.3mmのものが多い

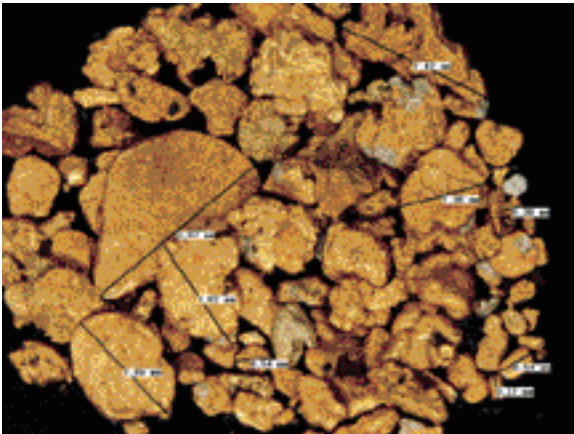


写真11：市波産、写真2の割れ目(長さ40cm、幅0.5~2cm、深さ15cm)から採集した砂金2006.11.21

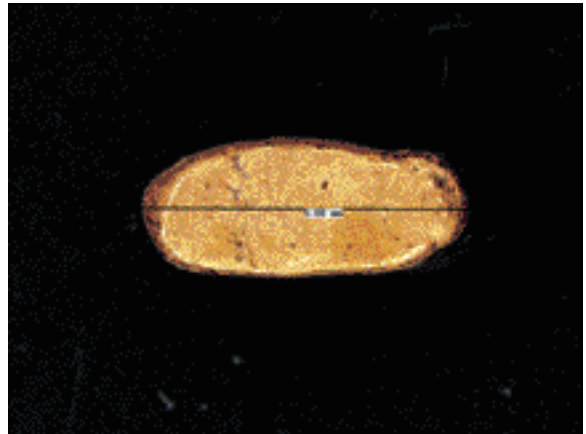


写真12：市波産の最も重い砂金、115mg (横道則弘氏所蔵標本)

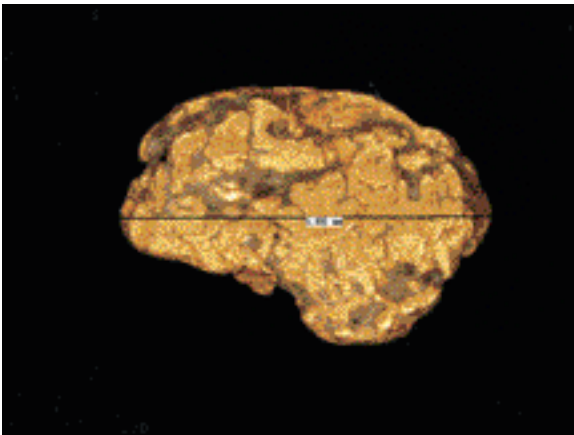


写真13：市波産、今回採集した中で最も大きい砂金、径5.66mm、重さ108mg

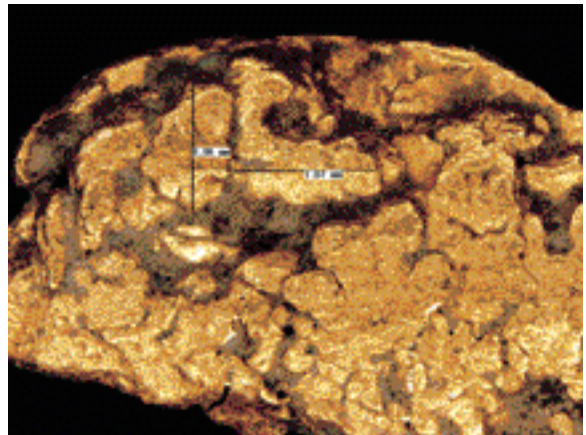


写真14：市波産、写真13を拡大、掌状に成長した砂金粒の集合体、粒子間は石英等が埋める

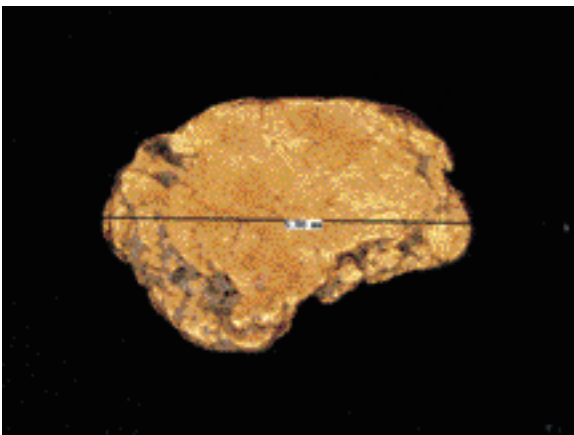


写真15：市波産、写真13の砂金の裏面、径5.66mm

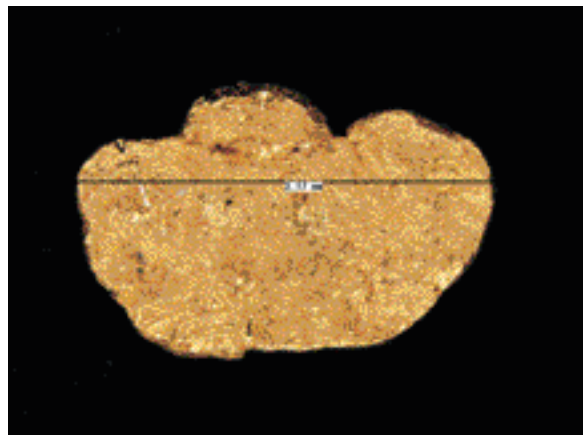


写真16：市波産、足羽川現河床の常時水底にある砂中から採集した砂金、径3.17mm



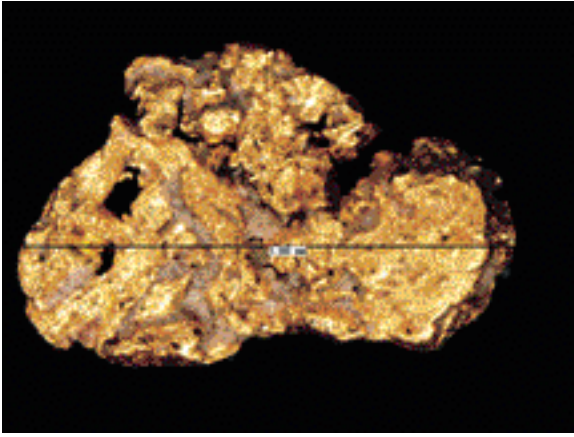


写真17：市波産、取り込まれた石英等の粒子が多い砂金、金粒子は結晶化している

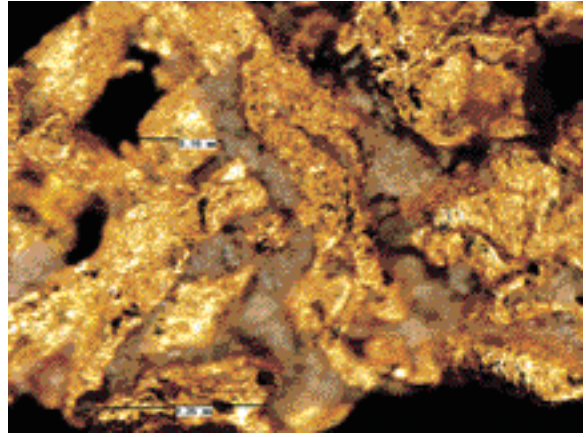


写真18：市波産、写真17を拡大、石英等がかなりの部分を占めている、金は結晶化している

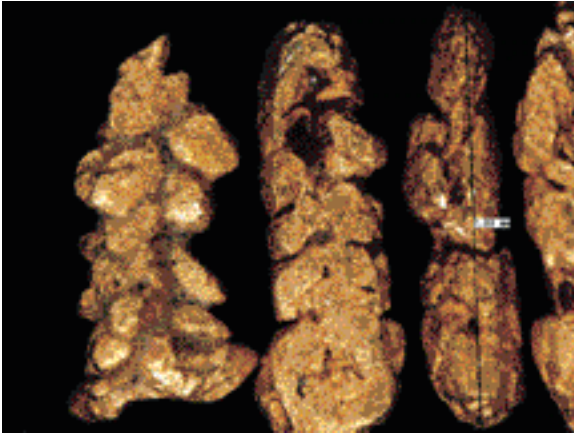


写真19：市波産、金の微粒な結晶がいくつもくっつきあってツリー状になった砂金

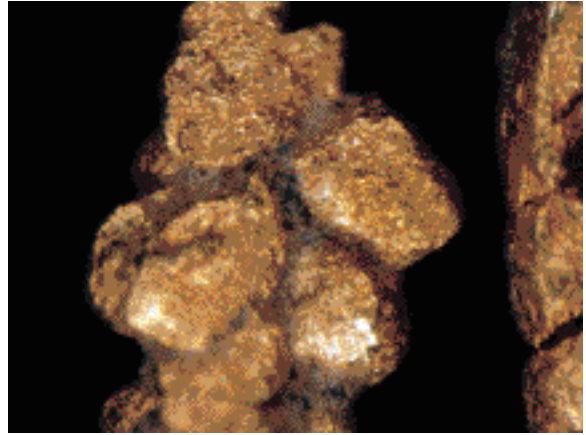


写真20：市波産、写真19の左端の砂金を拡大、金の粒子間を石英等の微粒子が埋めている

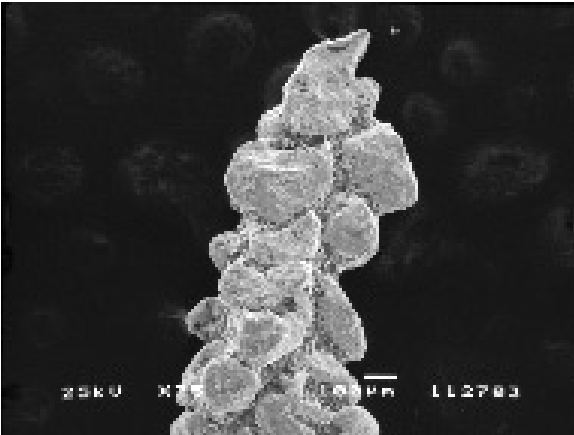


写真21：市波産、写真20と同じもの、微粒結晶がくっついてツリー状になった砂金1、走査電顕写真

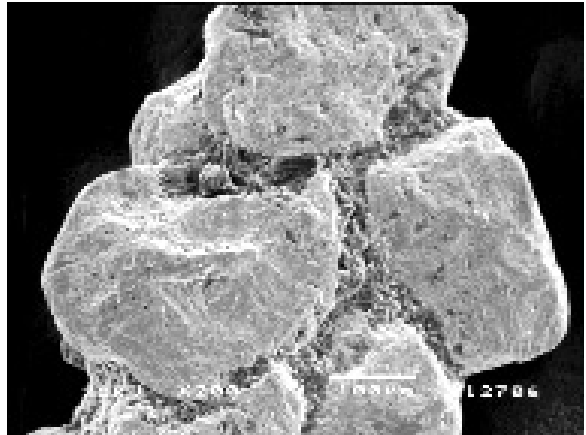


写真22：写真21を拡大、200倍、金の粒子間を石英等の微粒子がうめている

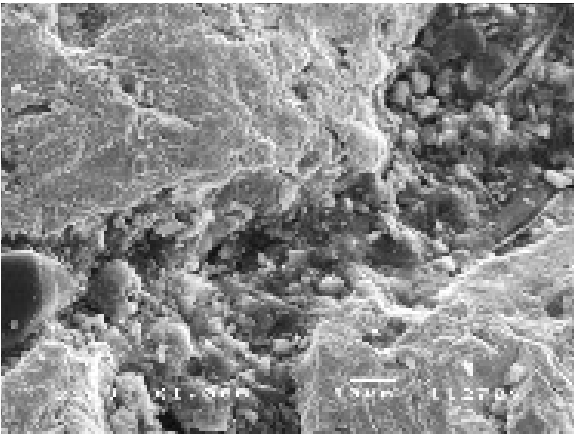


写真23：写真22をさらに拡大、1,000倍、石英等の微粒子の形状がわかる

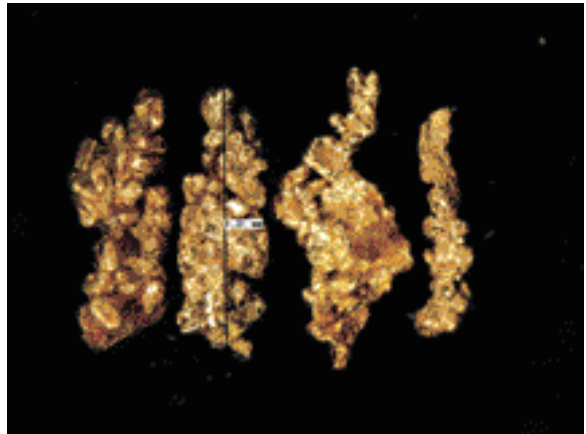


写真24：市波産、金の微粒な結晶がツリー状に集合している砂金

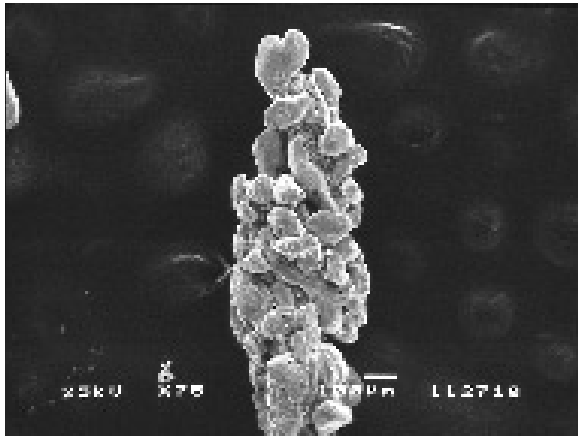


写真25：市波産、写真24の左から2番目の砂金、金の微粒子のツリー状集合砂金Ⅱ、走査電顕写真

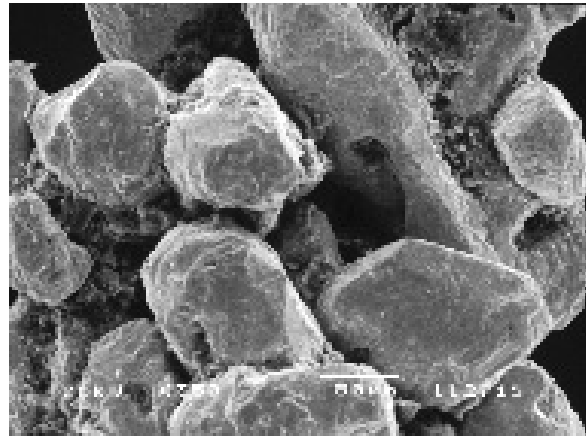


写真26：写真25を拡大、350倍、金の結晶粒間に石英等の微粒子が見える

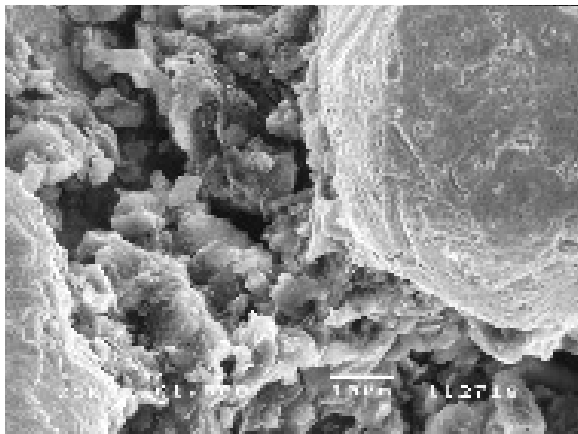


写真27：写真26をさらに拡大、1,500倍、石英等の微粒子の形状がわかる

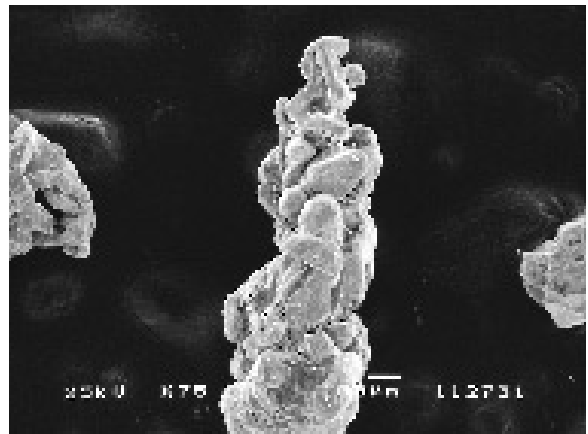


写真28：市波産、写真24の左端の砂金、金の微粒子のツリー状集合砂金Ⅲ、走査電顕写真

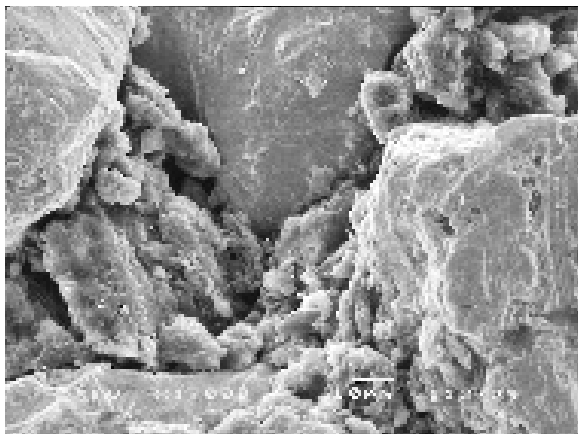


写真29：写真28を拡大、1,000倍、金の粒子間をうめる石英等の微粒子の形状がわかる

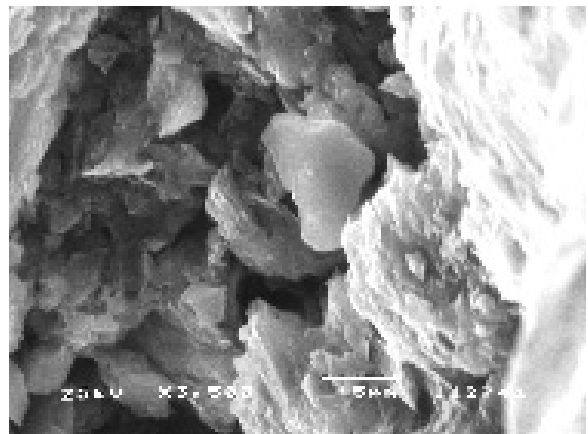


写真30：写真29をさらに拡大、3,500倍、石英等の粒子が薄いフレーク状に見える



写真31：市波産、結晶化した金の微粒子がくっつきあってクシの歯状になった砂金

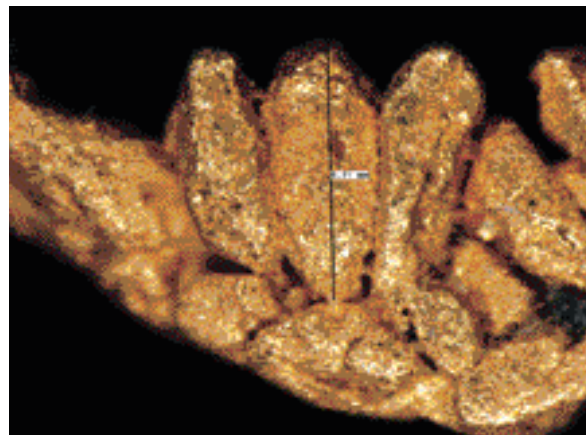


写真32：市波産、写真31の下端の砂金を拡大、縦長の結晶が横にくっつきあっている



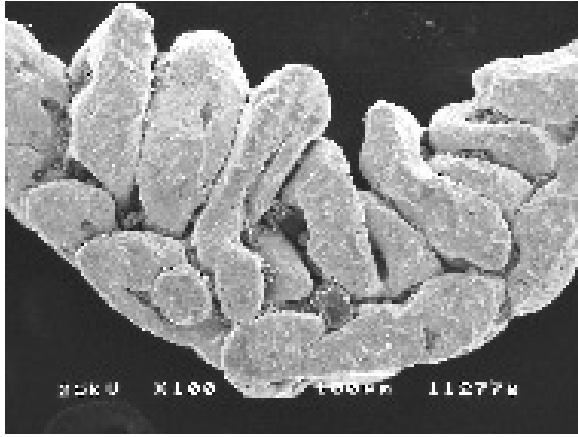


写真33：市波産、写真32と同じもの、金の結晶微粒子のクシの歯状砂金、走査電顕写真

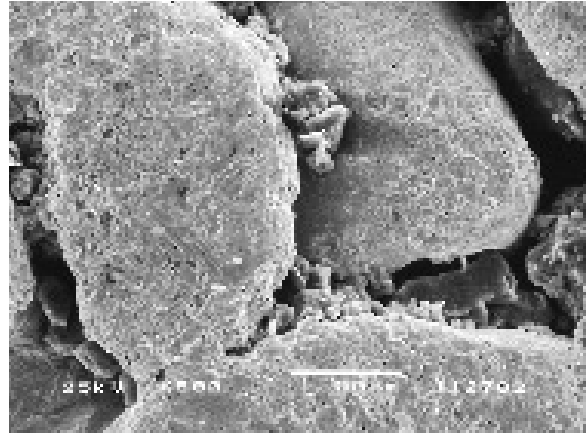


写真34：写真33を拡大、500倍、金の粒子間に石英等の微粒子が見える

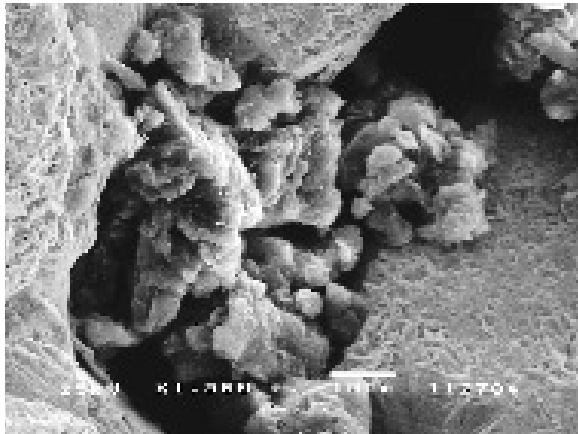


写真35：写真34をさらに拡大、1,500倍、石英等の微粒子の形状がわかる



写真36：市波産、金の析出により樹枝状に成長した砂金

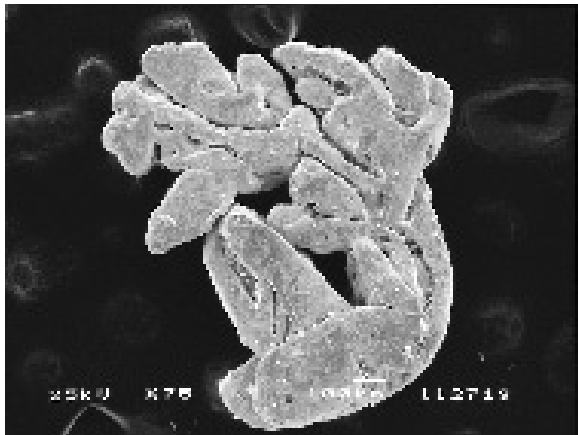


写真37：市波産、写真36の下端左端の砂金、樹枝状に成長した砂金、走査電顕写真

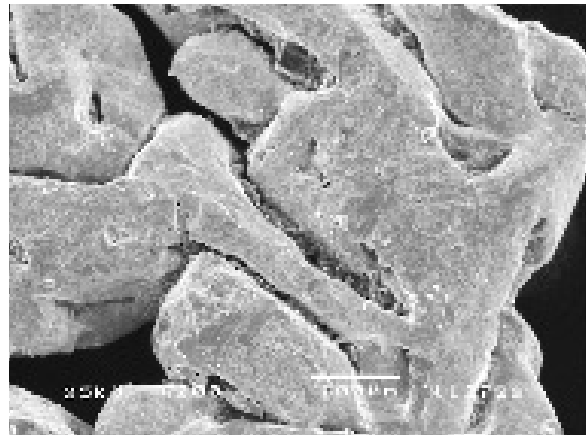


写真38：写真37を拡大、200倍、樹枝状の金のすき間には石英等の微粒子が見える

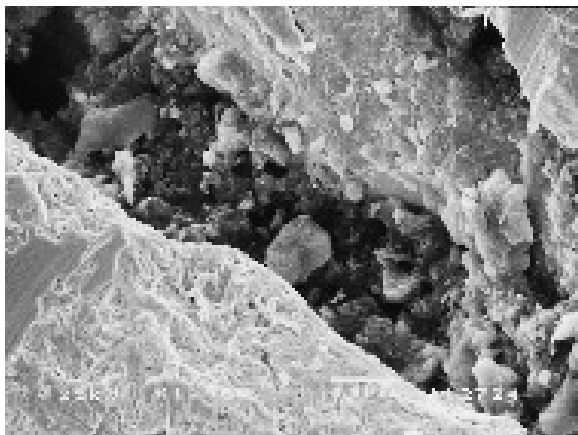


写真39：写真38をさらに拡大、1,500倍、石英等の微粒子の形状がわかる

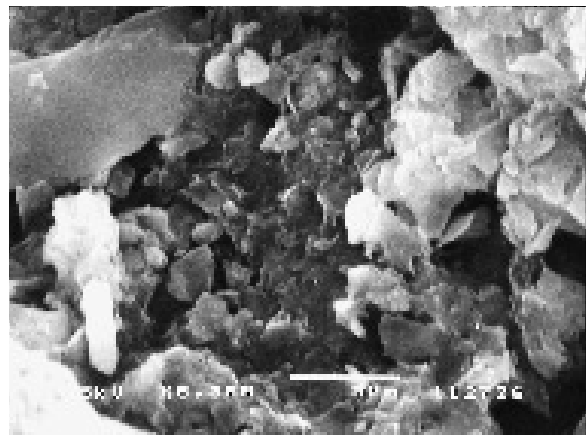


写真40：写真39をさらに拡大、5,000倍、石英等の粒子が薄いフレーク状に見える



写真41：市波産、結晶形と結晶面が明瞭な金の微粒結晶の集合体

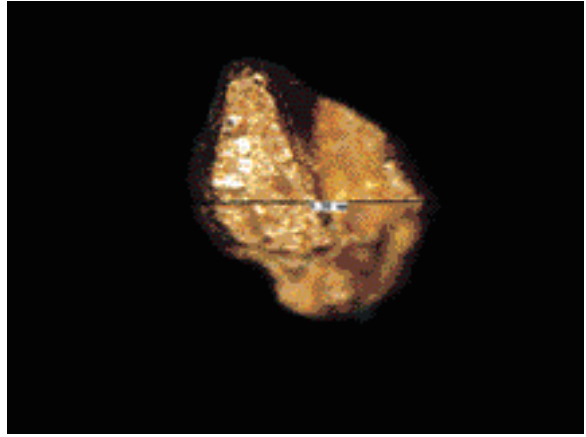


写真42：市波産、左上部に見える四角錐の結晶面がよく成長した砂金

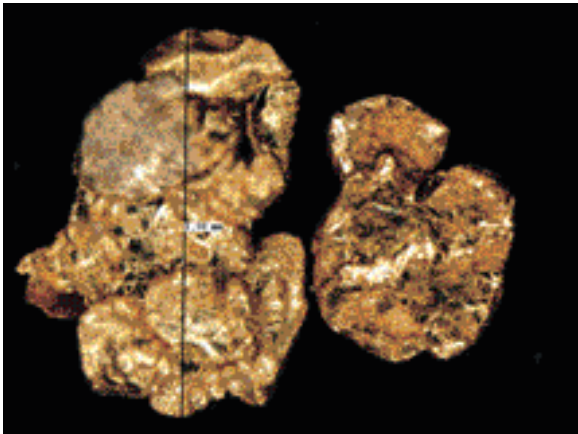


写真43：市波産、美しい葉片状の結晶の集合からできている砂金

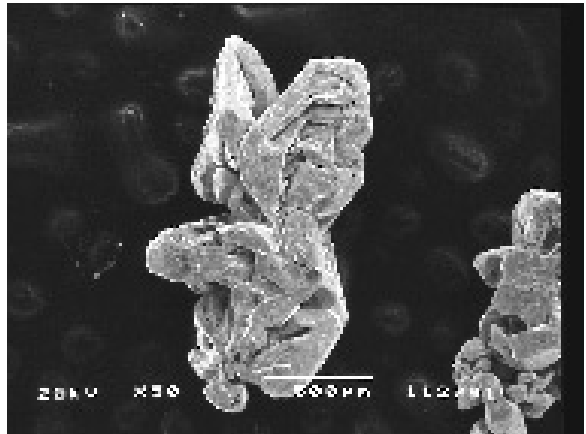


写真44：市波産、写真41の下段の砂金、結晶成長の痕跡が残る砂金、走査電顕写真

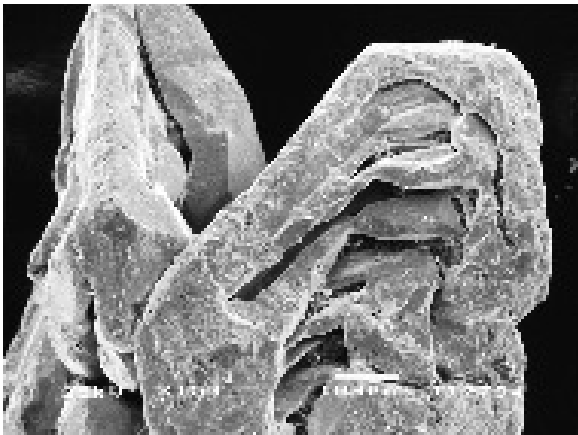


写真45：写真44を拡大、150倍、金の段階的成長の痕跡は10層認められる

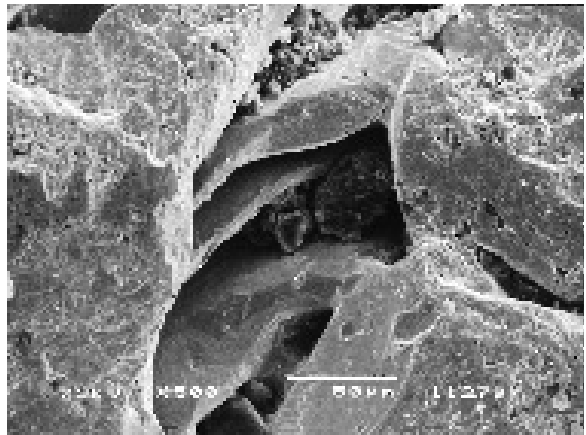


写真46：写真45をさらに拡大、500倍、段階的成長の痕跡の間隙には石英等の微粒子が認められる

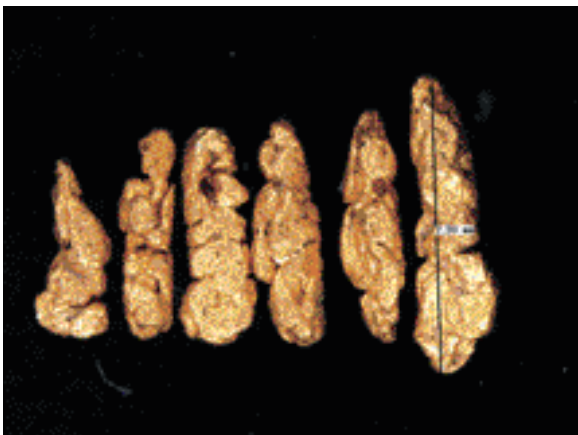


写真47：市波産、砂金の微粒子の集合の痕跡を残す短柱状の砂金

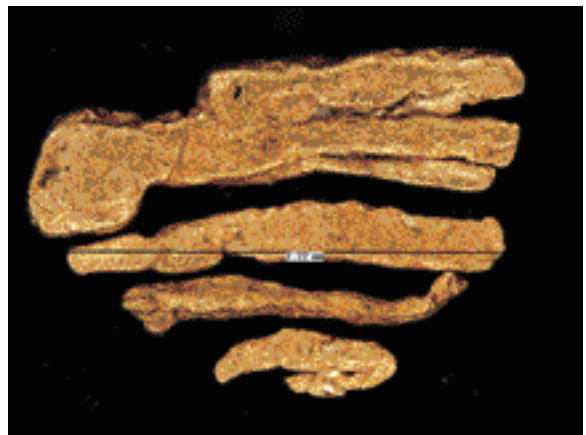


写真48：市波産、写真47から成長したと思われる細長くのびたヒモ状の砂金



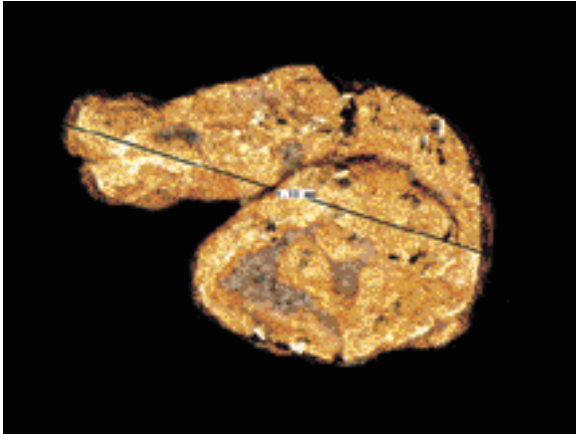


写真49：市波産，写真48から成長したと思われる渦巻き型の砂金，接着部には石英等の微粒子が認められる

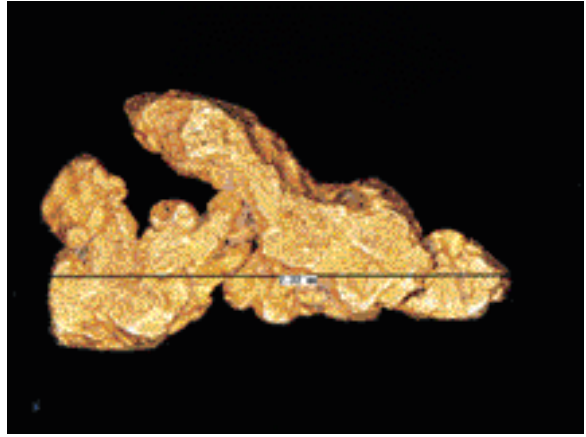


写真50：市波産，別々に成長した三つの砂金粒子がくっついた集合体，接着部には石英等の微粒子が認められる

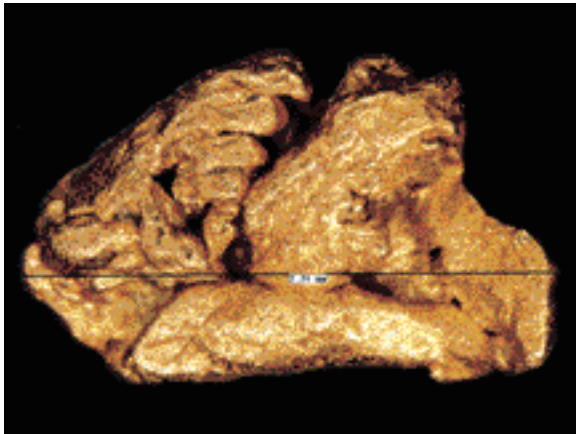


写真51：市波産，写真50同様，三つのブロックの複雑な集合体砂金

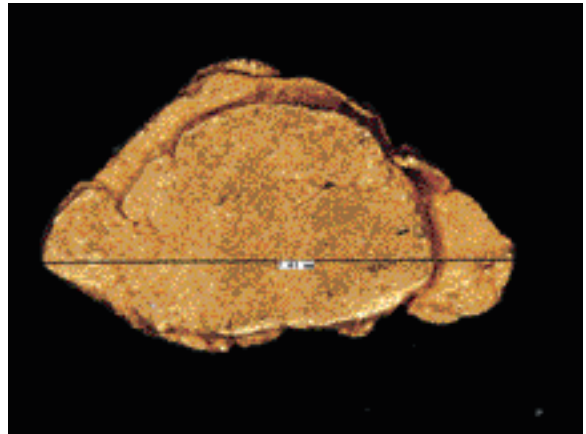


写真52：市波産，薄い平板状の砂金が折れ曲り重なった状態，上部の板が下部の板にめり込んでいる

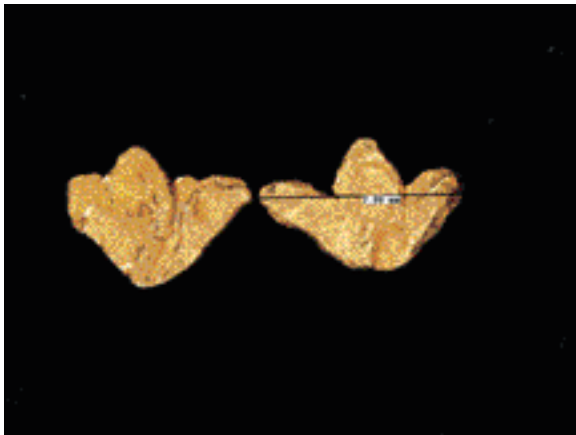


写真53：市波産，三指型の砂金，薄い平板状の砂金の片方または両方の端が折れ曲ってできる

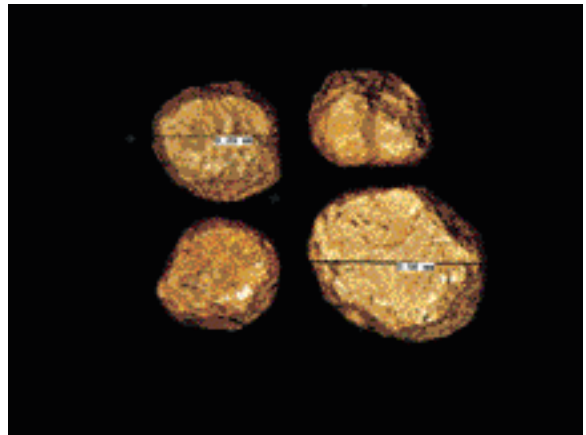


写真54：市波産，砂金としての上下の平面をまだ残しているほぼ球状の砂金

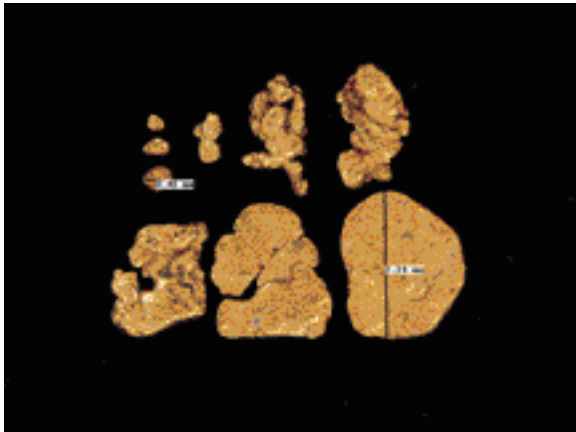


写真55：市波産，砂金の成長過程をモデル化して並べたもの（横道則弘氏標本を含む）

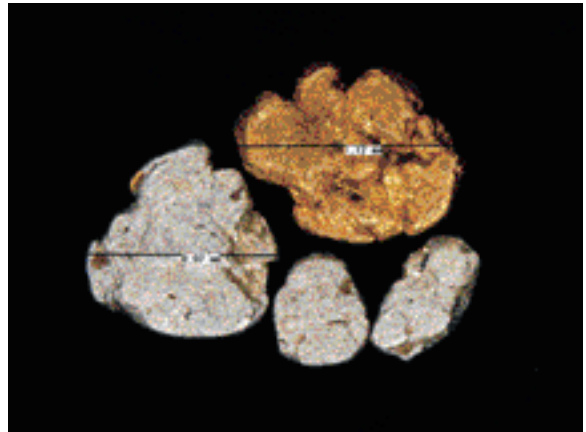


写真56：市波産，下部の白っぽい三つの砂金は表面がアマルガム化したもの，水銀を8%含む

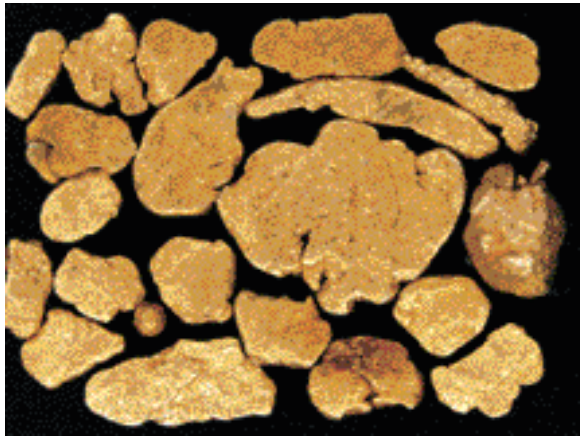


写真57：犀川大桑町大桑貝殻橋下流で採集した主な砂金

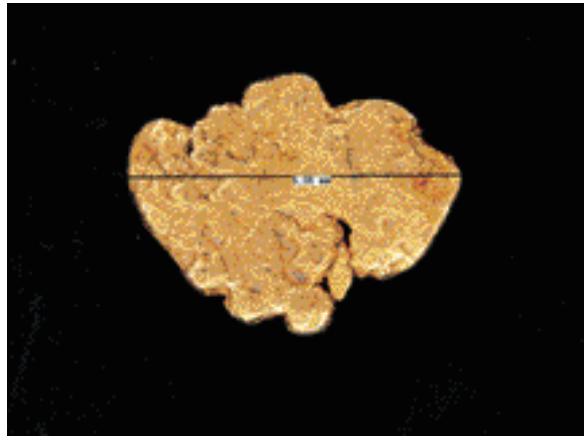


写真58：大桑貝殻橋産、今回採集した中で最大径の砂金、径5.05mm



写真59：大桑貝殻橋産、細長いヒモ状の砂金2種類

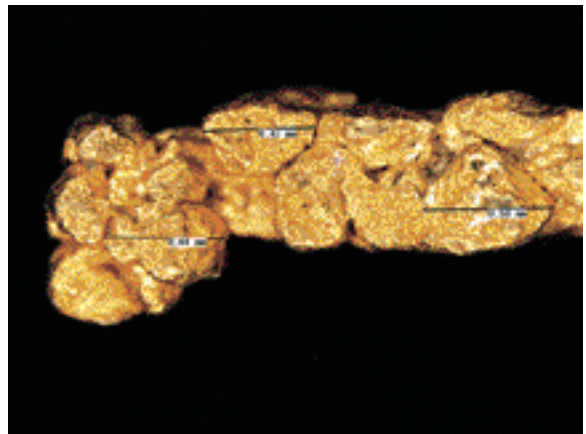


写真60：大桑貝殻橋産、写真59の下段の砂金を拡大、結晶化した金の粒子の集合状態がはっきり認められる

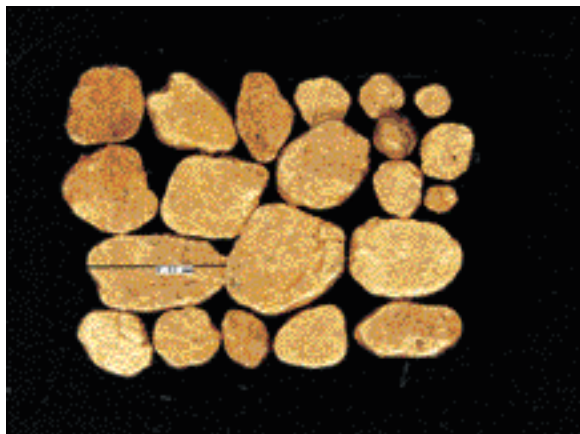


写真61：大桑貝殻橋産、角が取れて丸くなった砂金を選別したもの

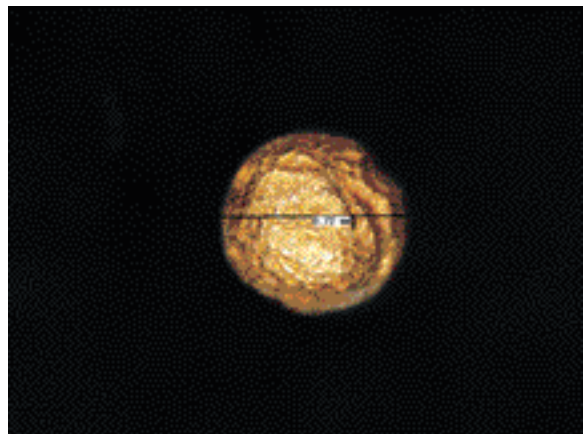


写真62：大桑貝殻橋産、ほぼ完全な球状の砂金、径0.72mm

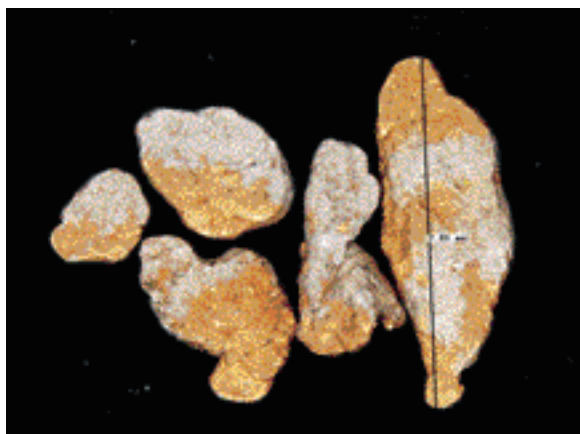


写真63：犀川相合谷橋下流の河床岩盤上で採集した砂金、銀を20%以上含む

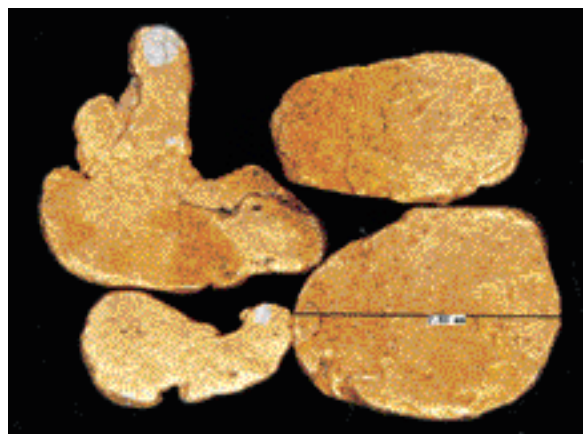
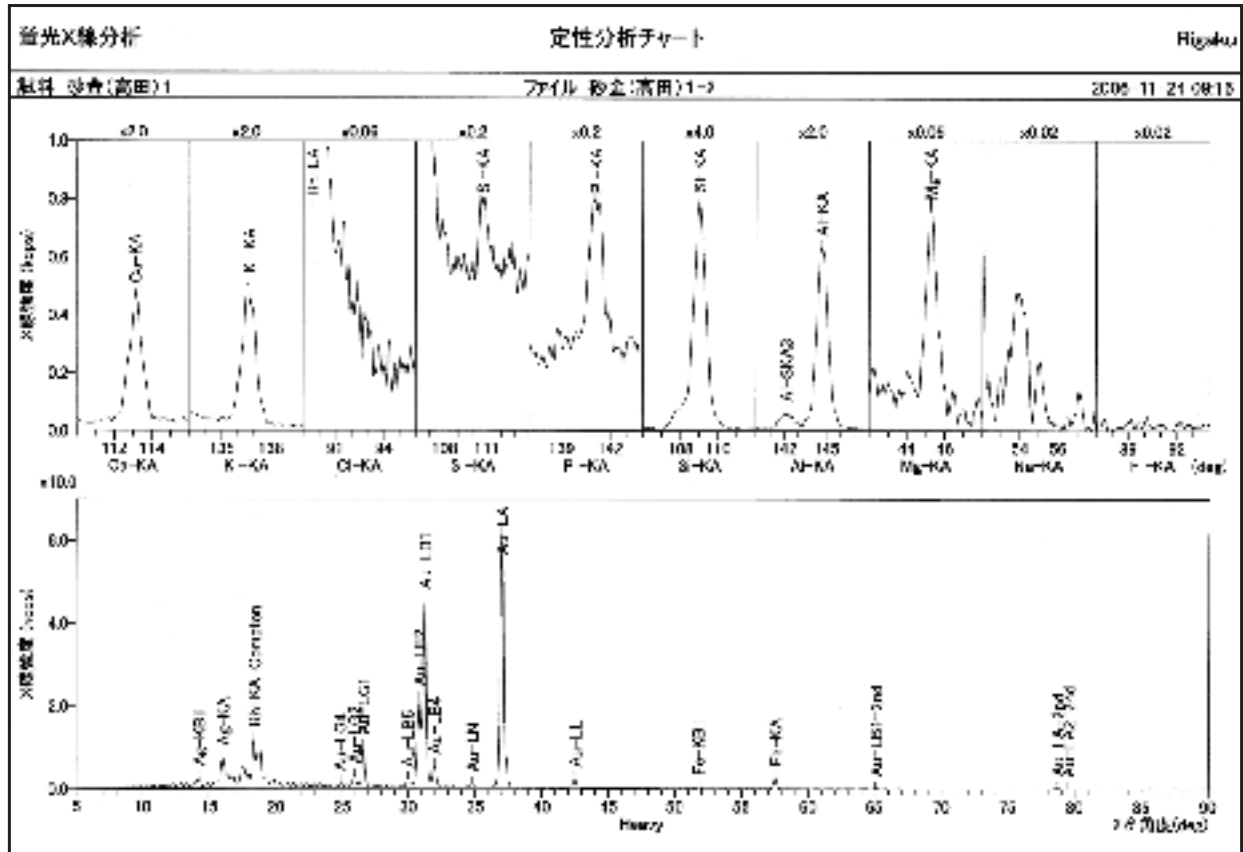


写真64：犀川相合谷橋下流産、最大径2.69mmの砂金



表 1 市波町（足羽川）の最大径砂金の成分分析結果（写真13）

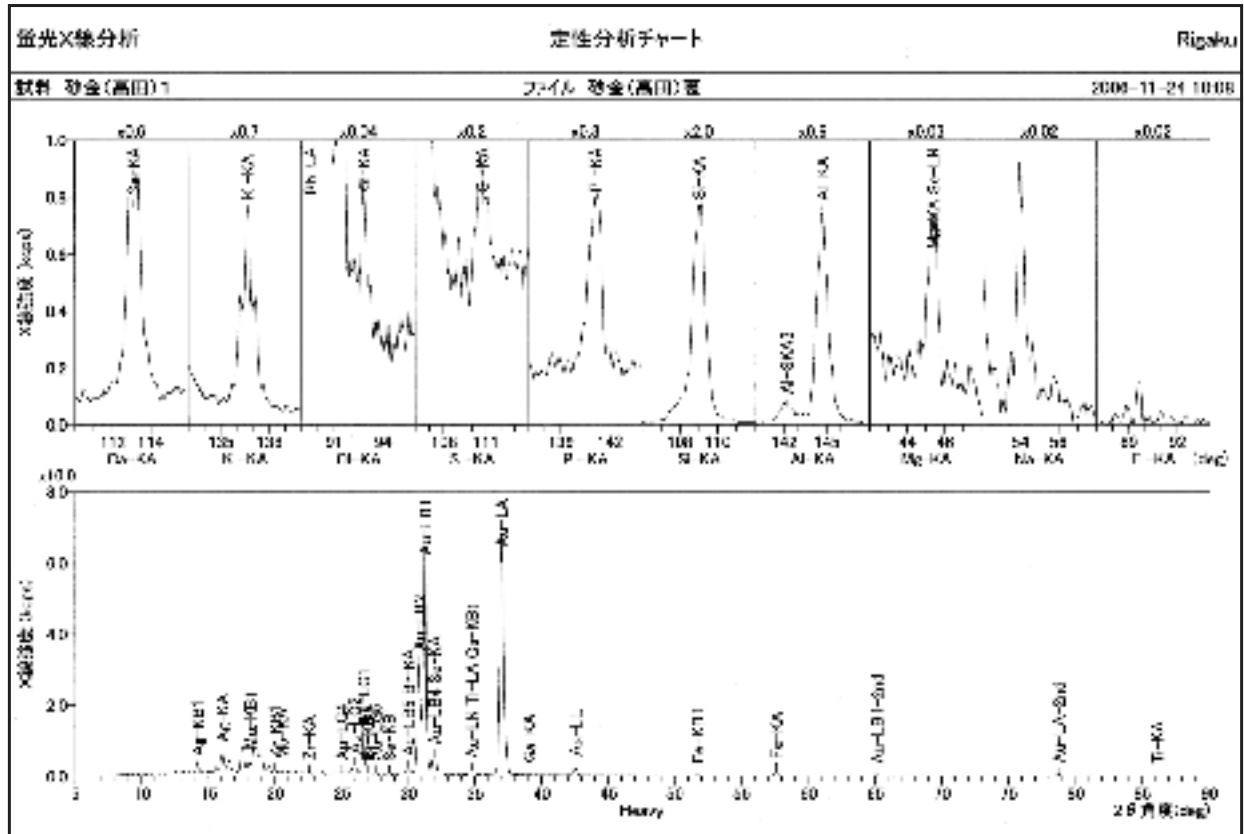


SQX分析結果

試料名： 砂金(高田)1  
 アプリケーション EZS004MSV  
 試料モデル : パルク  
 分析日時 : 2005-11-24 09:16  
 バランス成分 :  
 マッチングライブラリ:  
 ファイル: 砂金(高田)1-2

No.	成分名	分析値	単位	検出限界	分析線	X線強度	規格化前
1	Mg	0.1776	mass%	0.0239	Mg-KA	0.0355	0.1013
2	Al	1.3555	mass%	0.0134	Al-KA	1.2530	0.7733
3	Si	3.8083	mass%	0.0204	Si-KA	3.1039	2.1727
4	P	0.0482	mass%	0.0099	P-KA	0.1053	0.0275
5	S	0.0387	mass%	0.0299	S-KA	0.0415	0.0221
6	K	1.3752	mass%	0.0425	K-KA	0.9149	0.7846
7	Ca	1.4885	mass%	0.0481	Ca-KA	0.8808	0.8498
8	Fe	3.2656	mass%	0.0548	Fe-KA	2.6885	1.8831
9	Ag	8.2231	mass%	0.1309	Ag-KA	7.1777	4.8915
10	Au	80.2184	mass%	0.1373	Au-LA	64.3798	45.7870

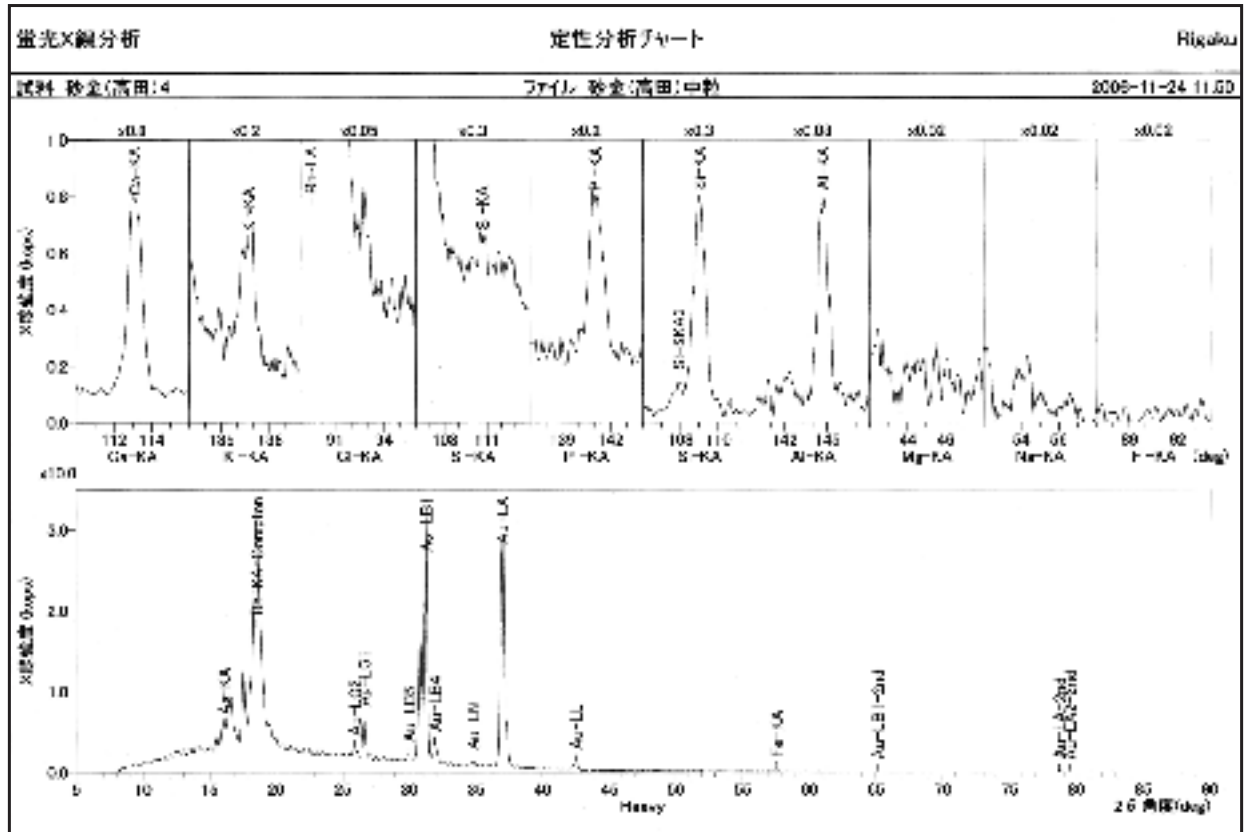
表2 市波町（足羽川）の最大径砂金裏面の成分分析結果（写真15）



SQX分析結果							
試料名：砂金(高田)1			分析日時：2006-11-24 10:08				
アプリケーション：EZS004MSV			試料モデル：パルク			バランス成分：	
						マッチングライブラリ：	
						ファイル：砂金(高田)裏	
No.	成分名	分析値	単位	検出限界	分析線	X線強度	規格化前
1	Mg	0.0582	mass%	0.0188	Mg-KA	0.0181	0.0339
2	Al	0.7150	mass%	0.0120	Al-KA	0.6570	0.4167
3	Si	1.8486	mass%	0.0172	Si-KA	1.5037	1.0764
4	P	0.0761	mass%	0.0098	P-KA	0.1773	0.0444
5	S	0.0582	mass%	0.0233	S-KA	0.0731	0.0339
6	Cl	0.0896	mass%	0.0505	Cl-KA	0.0171	0.0522
7	K	0.7406	mass%	0.0355	K-KA	0.4841	0.4317
8	Ca	0.7438	mass%	0.0457	Ca-KA	0.4385	0.4334
9	Ti	0.6718	mass%	0.0800	Ti-KA	0.1020	0.3916
10	Fe	1.7588	mass%	0.0615	Fe-KA	1.4520	1.0250
11	Ga	0.0955	mass%	0.0378	Ga-KA	0.2274	0.0556
12	Se	1.0203	mass%	0.3888	Se-KB1	0.3441	0.5947
13	Br	0.0000	mass%		Br-KB1	0.4634	0.0000
14	Zr	0.2926	mass%	0.0582	Zr-KA	0.7172	0.1706
15	Mo	0.3671	mass%	0.0461	Mo-KA	1.0807	0.2140
16	Ag	6.9243	mass%	0.1546	Ag-KA	5.8764	4.0360
17	Au	84.0935	mass%	0.1248	Au-LA	87.7037	49.0156
18	Tl	0.4184	mass%	0.0319	Tl-LA	1.5248	0.2614

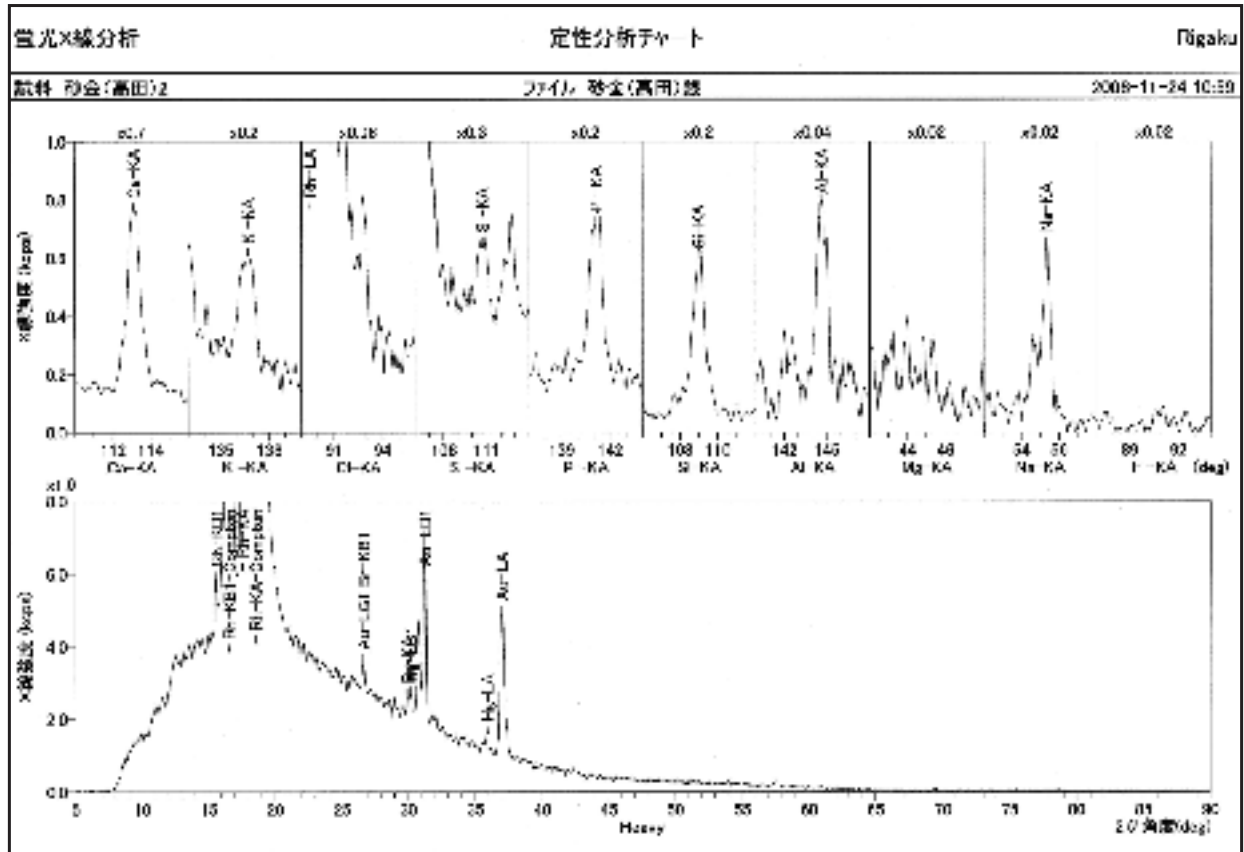


表3 市波町（足羽川）の中粒砂金の成分分析結果（写真55下段右端）



SOX分析結果							
試料名: 砂金(高田)4				分析日時: 2006-11-24 11:50			
アプリケーション: EZS004MSV				試料モデル: パルク			
				バランス成分:			
				マッチングライブラリ:			
				ファイル: 砂金(高田)中粒			
No.	成分名	分析値	単位	検出限界	分析線	X線強度	規格化前
1	Al	0.1428	mass%	0.0236	Al-KA	0.0542	0.0342
2	Si	0.6753	mass%	0.0282	Si-KA	0.2282	0.1618
3	P	0.1303	mass%	0.0215	P-KA	0.1202	0.0312
4	S	0.0700	mass%	0.0871	S-KA	0.0301	0.0188
5	K	0.0219	mass%	0.0942	K-KA	0.0838	0.0771
6	Ca	2.2998	mass%	0.1432	Ca-KA	0.5449	0.5510
7	Fe	0.9097	mass%	0.1876	Fe-KA	0.3015	0.2179
8	Ag	5.6948	mass%	1.0169	Ag-KA	1.9239	1.3644
9	Au	89.7553	mass%	0.4538	Au-LA	28.9187	21.5040

表 4 市波町（足羽川）のアマルガム砂金の成分分析結果（写真56）



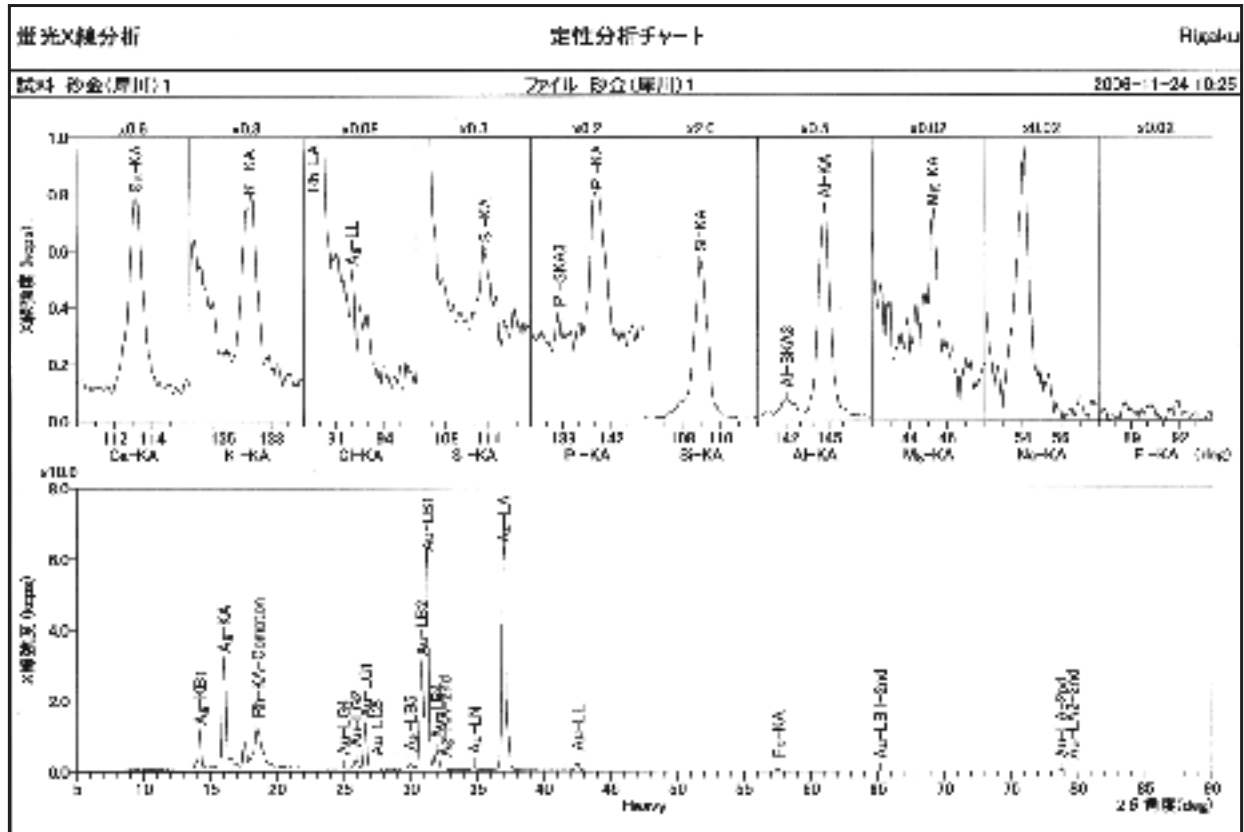
SQX分析結果

試料名: 砂金(高田)2 分析日時: 2008-11-24 10:59  
 アプリケーション: ELS004MSV 試料モデル: バルク  
 バランス成分:   
 マッチングライブラリ:   
 ファイル: 砂金(高田)銀

No.	成分名	分析値	単位	検出限界	分析線	X線強度	規格化前
1	Na	2.0840	mass%	0.3168	Na-KA	0.0125	0.0770
2	Al	0.4358	mass%	0.1215	Al-KA	0.0270	0.0181
3	Si	2.0228	mass%	0.1774	Si-KA	0.1112	0.0747
4	P	0.7069	mass%	0.1241	P-KA	0.1055	0.0281
5	S	0.8841	mass%	0.4807	S-KA	0.0621	0.0327
6	K	1.7308	mass%	0.5601	K-KA	0.0756	0.0639
7	Ca	11.0589	mass%	0.8804	Ca-KA	0.4450	0.4084
8	Au	73.0616	mass%	3.2417	Au-LA	3.9335	2.6982
9	Hg	6.0151	mass%	3.3158	Hg-LA	0.4708	0.2980

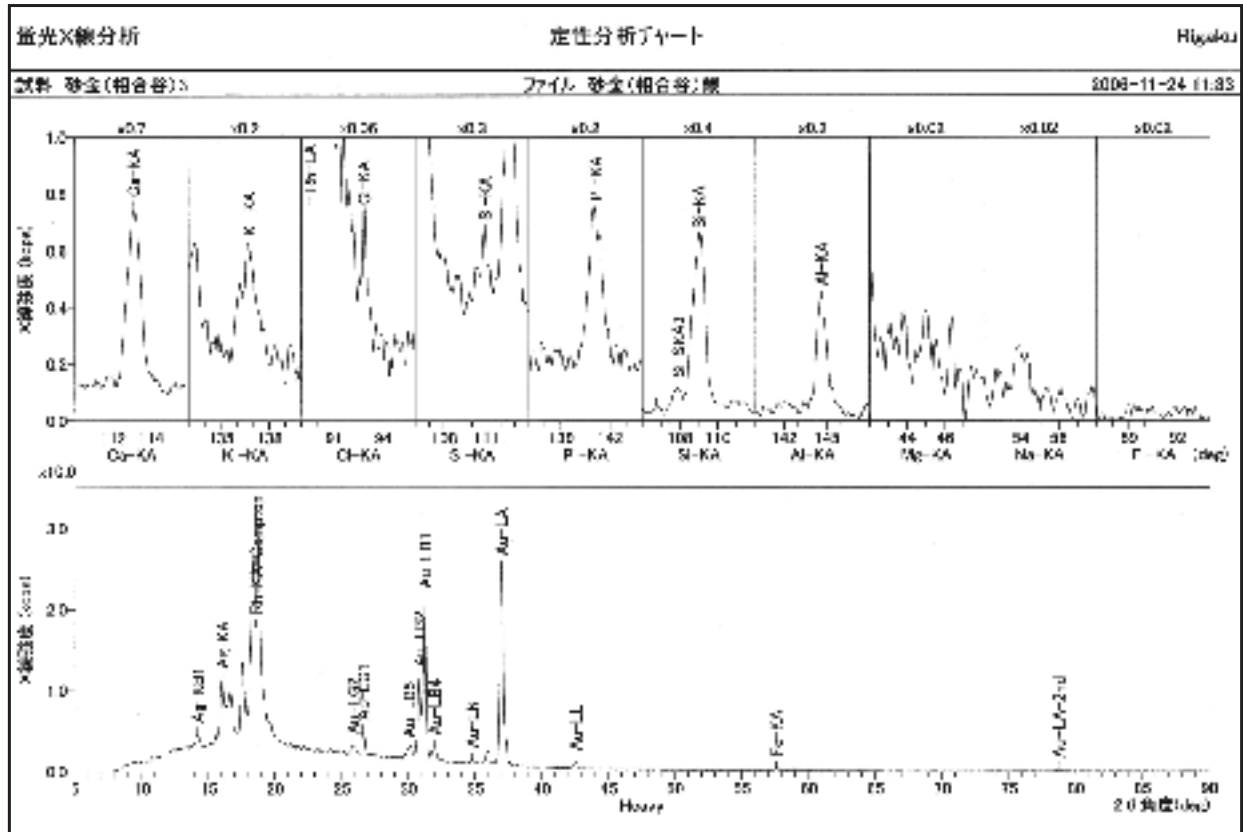


表5 大桑町（犀川）の最大径砂金の成分分析結果（写真58）



SX分析結果							
試料名： 砂金(犀川)1				分析日時：2008-11-24 10:25			
アプリケーション：EZS004MSV				試料モデル：パルク			
				バランス成分：			
				マッチングライブラリ：			
				ファイル： 砂金(犀川)1			
No.	成分名	分析値	単位	検出限界	分析線	X線強度	規格化前
1	Mg	0.0438	mass%	0.0186	Mg-KA	0.0102	0.0304
2	Al	0.3344	mass%	0.0082	Al-KA	0.3872	0.2325
3	Si	1.1083	mass%	0.0129	Si-KA	1.0991	0.7682
4	P	0.0361	mass%	0.0083	P-KA	0.1006	0.0251
5	S	0.0580	mass%	0.0203	S-KA	0.0820	0.0403
6	K	0.2012	mass%	0.0319	K-KA	0.1731	0.1399
7	Ca	0.8270	mass%	0.0441	Ca-KA	0.4281	0.4358
8	Fe	0.5696	mass%	0.0478	Fe-KA	0.5383	0.3960
9	Ag	26.8405	mass%	0.1705	Ag-KA	28.0410	18.5218
10	Au	70.3831	mass%	0.1417	Au-LA	69.7149	43.9338

表 6 相合谷町（犀川）の銀の多い砂金の成分分析結果（写真63）



SQX分析結果

試料名：砂金(相合谷)3  
 アプリケーション：EVS004MSV  
 試料モデル：バルク  
 分析日時：2008-11-24 11:33  
 バランス成分：  
 マッチングライブラリ：  
 ファイル：砂金(相合谷)銀

No.	成分名	分析値	単位	検出限界	分析線	X線強度	規格化前
1	Al	0.2149	mass%	0.0207	Al-KA	0.0793	0.0500
2	Si	0.7237	mass%	0.0376	Si-KA	0.2409	0.1883
3	P	0.1141	mass%	0.0189	P-KA	0.1060	0.0265
4	S	0.1675	mass%	0.0701	S-KA	0.0786	0.0390
5	Cl	0.2983	mass%	0.1665	Cl-KA	0.0207	0.0594
6	K	0.2584	mass%	0.0906	K-KA	0.0718	0.0801
7	Ca	1.9448	mass%	0.1394	Ca-KA	0.4474	0.4524
8	Fe	0.5502	mass%	0.2197	Fe-KA	0.1745	0.1280
9	Ag	20.2174	mass%	1.0031	Ag-KA	7.1882	4.7028
10	Au	75.5107	mass%	0.5079	Au-LA	24.6784	17.5640