

# 大分県日田市柚木金山の岩石試料の岩石学的及び地球科学的研究 Preliminary petrological and geochemical investigation of the rock samples from Yuki Gold mine, Hita city, Oita prefecture

礼満 ハフイーズ<sup>1)</sup>\*・山田 玲菜<sup>1)</sup>・有川 博幸<sup>2,3)</sup>  
Hafiz U. REHMAN<sup>1)</sup>\*, Rena YAMADA<sup>1)</sup>, Hiroyuki ARIKAWA<sup>2,3)</sup>

<sup>1)</sup> 鹿児島大学大学院理工学研究科理学専攻

<sup>1)</sup> Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, Kagoshima 890-0065

<sup>2)</sup> 元鹿児島大学産学・地域共創センター

<sup>3)</sup> 一般社団法人アリガット地域未来共創研究所

\* 責任著者 e-mail address : hafiz@sci.kagoshima-u.ac.jp

**Abstract:** This study presents preliminary results of the field, petrographic and geochemical analysis of gold- and silver-bearing quartz veins exposed at the Yuki Gold mine, Hita city, Oita prefecture, western Japan. A preliminary field survey conducted at the Yuki Gold mine showed the exposures of vertical to sub-vertical ore-bearing quartz veins that cut across the volcanic rocks in the area. From the vein, eight rock samples were collected and investigated for petrological and geochemical studies. Petrological observations showed that majority of the samples were leucocratic and mainly composed of quartz with rare melanocratic or dark-colored patches or layers, comprising the non-silica but metallic or ore minerals of very fine-grained size. Geochemical analysis, conducted on cut and polished slabs/chips from the collected samples showed > 99 weight % SiO<sub>2</sub> from the leucocratic domains and around 80 weight % SiO<sub>2</sub> from the darker domains. In addition, some samples, showed Au from 10 to 13 µg/g (10~13 g/ton) and Ag contents ranging from 23~58 µg/g (23 ~ 58 g/ton). These results indicate higher prospects of gold and silver contents in the Yuki Gold mine, showing a potential source for economical ore deposit. Further and detailed studies in the area will help in estimating the potential reserves of precious metals in the study area.

**Keywords:** Gold mineralization, Quartz veins, Hita city, Oita prefecture, Geochemical analysis, Petrology.

## 1. はじめに

本稿は、大分県、日田市にある柚木金山で偵察的の調査を行い、金山から採取した岩石試料の岩石学的及び地球科学的研究を行い、その結果を報告する。本研究の目的は、柚木金山に金銀銅鉱床の濃度や含有量を明らかにし、鉱床の産状や地球科学的特徴を理解することである。

## 2. 地質概要

大分県は九州の北東部に位置する 6340 平方キロメートルの面積を示す県で、約 79% の山地を占める瀬戸内海西端部の周防・伊予灘から豊後水道に面しており、北西部には筑紫山地、西部には九重連山、南部は祖母山系の九州山地の山々が連なっている。内陸部には火山山地と火砕流台地が広い面積に分布し、複数の盆地を形成している。地質学的構造から、大分県の北部は西南日本内帯、南部は西南日本外帯と区分され、さらに、西南日本外帯は北から三波川帯、秩父帯、四万十帯に分けられる[1-3])。大分県は地質学的に、基盤岩では最も古い岩石はカンブリア紀(約 5 億年前)時代の超苦鉄質岩類を示すものの、それらが第四紀の火山や沖積層に覆われている[3]。カンブリア紀の最も古い岩石は超苦鉄質岩類と、後期石炭紀やペルム紀の石灰岩及び白亜紀に貫入岩として花崗岩類が分布しており、最も古い岩石は 497±3 Ma の海嶺及び沈み込み帯に伴う火成活動で出来たと報告されている[4-6]。さらに、秩父帯中帯(黒瀬川帯とも呼ぶ)のジュラ紀の付加体が広く分布している[6]。大分県の南部地

域には、古第三紀以前の基盤岩類を覆っている貫入岩類や更新世以降（2.8～2.4Ma）の火山岩（主に安山岩やデイサイト）と堆積岩などが分布している[7]。その火山活動およびそれらに伴う浅熱水の影響で金銀銅の鉱脈が形成されたと考えられている[8-11]。

九州の北東部にある鉱床は Northern Kyushu epithermal Au province と南西部に産するものは Southern Kyushu epithermal Au province (Fig. 1) と分けられている[11]。大分県に産する金銀銅鉱床は北東部を示し、日田の金山で最も有名なのは、鯛生金山であり、鯛生鉱山が戦前（1894年）に発見され、金鉱山の昭和初期の金産出量は東洋一で日本最大の金山と言われていた。そして、1961年には月産鉱量の8千トン以上もの出鉱の報告がある[11]。鯛生金銀銅鉱床の基盤岩は鯛生層群の礫岩・砂岩・シルト岩の層であり、とそ上部には安山岩や火砕岩が分布し、小規模のひん岩及び石英岩脈の貫入が見られる。また、Southern Kyushu epithermal Au province の Hokusatsu 及び Nansatsu Au deposits (Fig. 1) から多くの出鉱量がでており、現在も活動中である。鯛生鉱山と同じく、日田市にも浅熱水の影響で金銀銅の鉱脈が形成し、それらについて1912年明治末期に鹿児島より金鉱山経験者が調査し、日田市のカラ谷鉱区の中心部に露天掘り調査を行った結果金鉱脈の確認が取れたが、以降詳細な調査はなされていない。今回は、日田市の柚木金山を対象に、調査を行い、鉱脈から岩石試料を採取し、研究をおこなった。以下、それらの岩石試料について報告する。

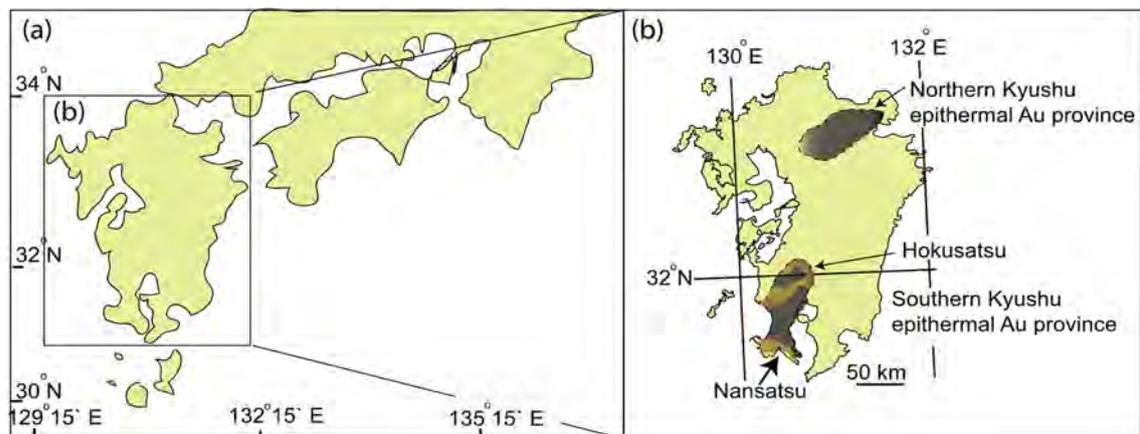


Fig. 1. (a) Simplified sketch map of southwest Japan. Square box shows location of the study area in Oita prefecture. (b) Sketch map of Kyushu with two main epithermal Au provinces. Oita prefecture lies in the area Northern Kyushu epithermal Au province whereas the Kagoshima prefecture lies in the Southern Kyushu epithermal Au province which is further subdivided into Hokusatsu and Nansatsu Au deposits. Map shown in b is modified from [11].

### 3. 研究方法

本稿では下記の手順で研究を進めた。まずは、現地で野外調査を行い(Fig. 2a), 石英鉱脈(Fig. 2b-c)から8個の岩石試料を採取した。採取場所は Fig. 2c に示す。採取した岩石試料の代表的な標本を Fig. 3 の通りである。それぞれの岩石試料から、鹿児島大学理学部地球科学プログラムの大型ダイヤモンドカッターで複数の平面を持つチップを切り出し、それらの研磨を行った。さらに、それぞれの岩石チップの研磨面上、Brucker 社の蛍光 X 線分析装置を用い、数カ所 (Fig. 4 にマークされている Circles は分析地点を示す) にて主要元素 (含有量 weight %) 及び微量元素 ( $\mu\text{g/g}$ ) にて化学組成分析を行なった。微量元素では主に金、銀及び銅などが含まれている。同じ地点上 2 回～3 回測定を行い、結果がほぼ同じであることを確認した。代表的な分析地点の化学組成結果は Table 1 に表示されている。また、 $\text{SiO}_2$  とそれぞれ元素の相関関係や分布を Fig. 5 に示す。記載岩石学及び鉱物の組織や鉱石などの様子を確認するため、一部の岩石試料から薄片を作成し、それらの岩石学記載の特徴を Fig. 6 に示す。

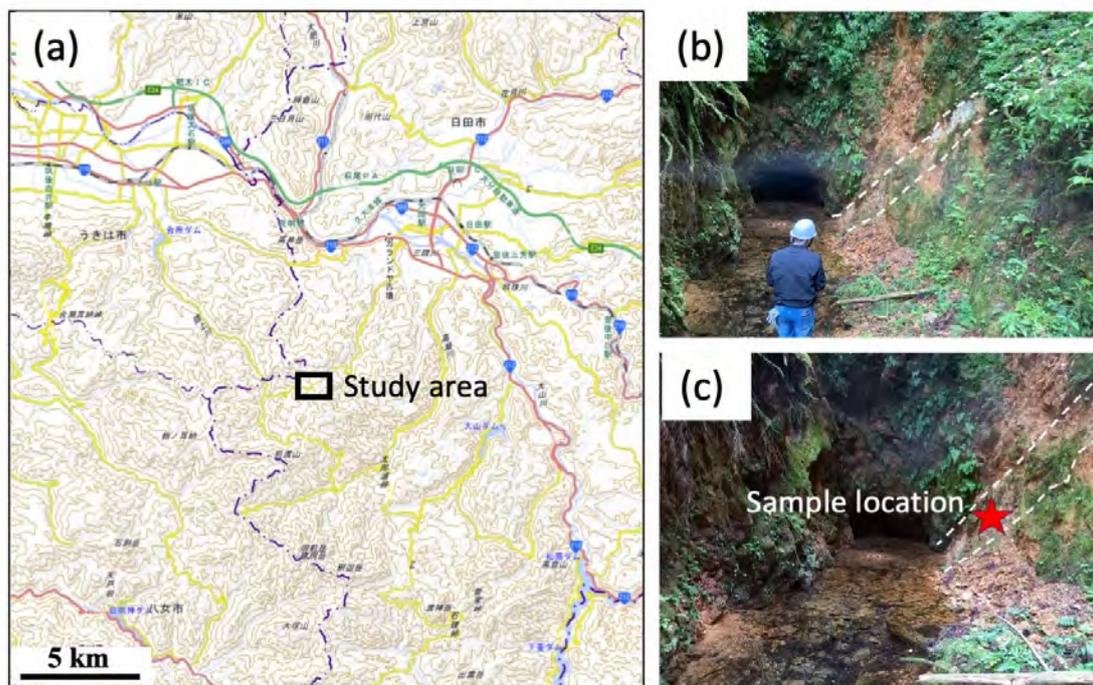


Fig. 2. (a) Topographic map (copied from <https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php#12,33.17124,130.87604>) showing Hita city and surrounding areas in Oita prefecture. Rectangular box represents the location of Yuki Gold mine. (b) Photograph of the outcrop near the bore Hole #5 where the potential Au-Ag ore-bearing quartz vein is exposed (the white subvertical lens demarked by the white dashed-line, shown at the right side of the photograph). (c) Zoomed part of the Au-bearing quartz-vein (white dashed lines) near the hole.

### 4. 結果

本研究で行なった野外調査で鉱脈の様子、採取された岩石試料の特徴、成分分析及び岩石記載について下記に述べる。

#### 4. 1. 野外調査

大分県日田市柚木金山の 5 番抗口 (以下 Bore Hole #5 と呼ぶ) にて野外調査を行い、Bore Hole #5 付近で露出されている石英鉱脈が確認された。鉱脈は乳白色で、幅 35～40 cm で、火山岩をやや斜めに

抜くような形状で地下へ続いている (Fig. 1b-c)。Bore Hole #5 付近には新第三紀前期鮮新世の安山岩と火山砕岩は主に分布している。同地域で以前行なったボーリングデータから、5 番坑口周辺の地下には黒色片岩、珪質片岩、緑色片岩及び少量の蛇紋岩類からなる、三郡変成帯に属する筑後変成岩類が確認されている。本稿では、石英鉱脈のみを対象とし、ボーリング試料は今後の研究による明らかにする予定であり、以下それらの記載はしない。

#### 4. 2. 岩石試料と岩石記載

柚木金山の第 5 番坑の右側にある石英脈 (Fig. 1c) から岩石試料計 8 個を採取し (Fig. 3), それぞれの岩石試料をダイヤモンドカッターで切断し、複数の平面チップを作成した (Fig. 4)。それぞれの岩石試料の平面で 2 箇所程度 (分析 spot や地点は赤丸にて表示) 成分分析を行い、それぞれの spot の主要元素を weight %, 微量元素および金銀の含有量を  $\mu\text{g/g}$  (グラム/トン) として Table 1 にて示した。

採取した岩石試料の平面チップから作成した薄片のデジタル顕微鏡で岩石記載的調査により、3 つの組織が確認できる (Fig. 6)。薄片の顕微鏡下観察では鉱脈の外側から採取した資料には素粒の石英粒子が薄片の外側にランダムに形成されており、中心側に連れて細粒に変化していることが見て取れる (Fig. 6a-d)。また、一部の試料には、細粒の石英が存在しており、中粒及び素粒の石英粒子が細かい脈を形成していることも確認できる (Fig. 6e-f)。

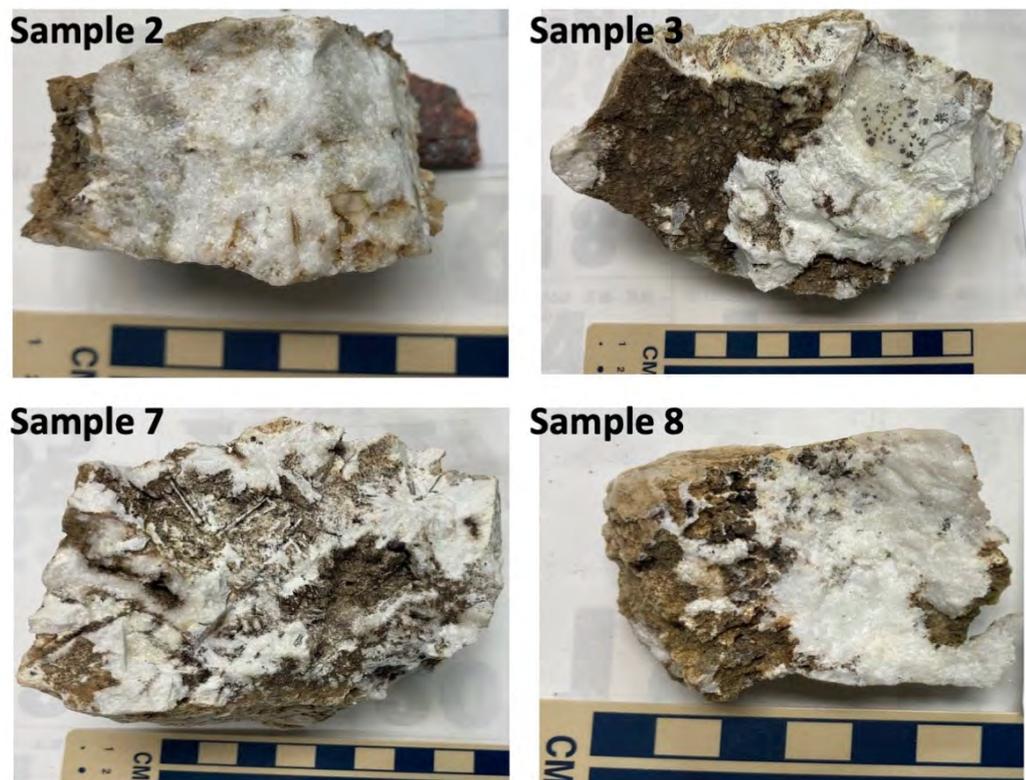


Fig. 3. Photographs of representative samples of quartz veins collected from the Yuki Gold mine area as shown in Fig 2.

### 4.3. 金銀含有量

野外調査で採取していた岩石試料から切り出した平面のチップをBrucker社の蛍光X線分析装置で分析した結果、乳白色部分から $\text{SiO}_2$ の含有量は99%以上であり、それ以外に $10\sim 13\ \mu\text{g/g}$ （1トン当たり $10\sim 13\ \text{g}$ ）の金及び $23\sim 58\ \mu\text{g/g}$ の銀の濃度が確認できた(Table 1)。このことから、試料の表面分析で確認できる程度の金銀の含有量が存在することがわかった。今後、詳細な分析を行うことによって、日田にある柚木金山の金銀銅鉱の生産量を見積もり、経済効果が得られることが期待できると考えられる。

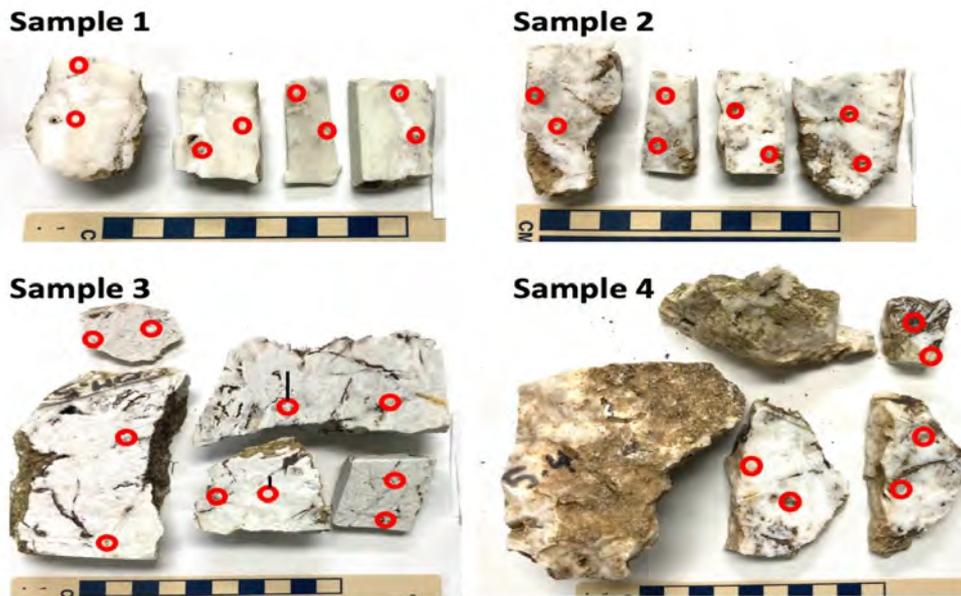


Fig. 4. Photographs of selected cut chips from representative rock samples that were collected from the quartz vein at Yuki Gold mine. Circles show the analyzed spots for major and trace elements by Handheld X-ray fluorescence spectrometer (HH-XRF).

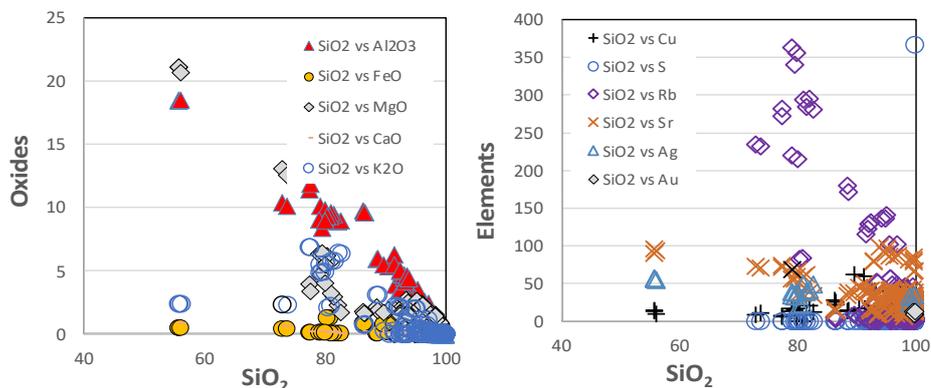


Fig. 5. Bivariate plots showing relationships of  $\text{SiO}_2$  with other oxides (a) and with selected trace elements including Au and Ag. Note with increasing  $\text{SiO}_2$  contents other oxides and elements display a decrease in abundance. Analyses spots with lower  $\text{SiO}_2$  contents indicate the darker parts in the samples that show abundance of other elements.

Table 1. Chemical composition of analyzed samples (oxides in weight % and trace elements in µg/g).

Spot #	959	981	1000	1016	1021	1025	1028	1029	1056	1063	1128
Sample	1	1	2	3	3	3	3	3	4	4	8
SiO <sub>2</sub>	99.68	99.92	99.84	82.14	81.01	80.02	80.85	80.33	99.90	99.93	55.78
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	8.89	9.62	9.88	9.33	9.34	0.00	0.00	18.46
FeO	0.04	0.04	0.08	0.08	0.08	0.15	1.28	1.30	0.04	0.04	0.49
MgO	0.00	0.00	0.00	2.31	3.28	4.05	5.70	6.24	0.00	0.00	21.10
MnO	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.14	0.14	0.00	0.00	0.84
CaO	0.11	0.03	0.05	0.09	0.20	0.24	0.12	0.12	0.04	0.02	0.88
K <sub>2</sub> O	0.16	0.00	0.01	6.46	5.80	5.61	2.25	2.16	0.00	0.00	2.44
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Ag</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>42</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>58</b>
<b>Au</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>0</b>
S	644	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1062
Co	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
Cu	25	10	16	21	0	17	0	13	10	10	15
Zn	0	0	6	26	39	36	43	45	0	0	172
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
Rb	12	4	5	296	295	215	84	83	0	0	309
Sr	85	28	30	39	60	67	37	38	24	19	97
Ba	102	0	0	371	727	547	404	362	0	0	771

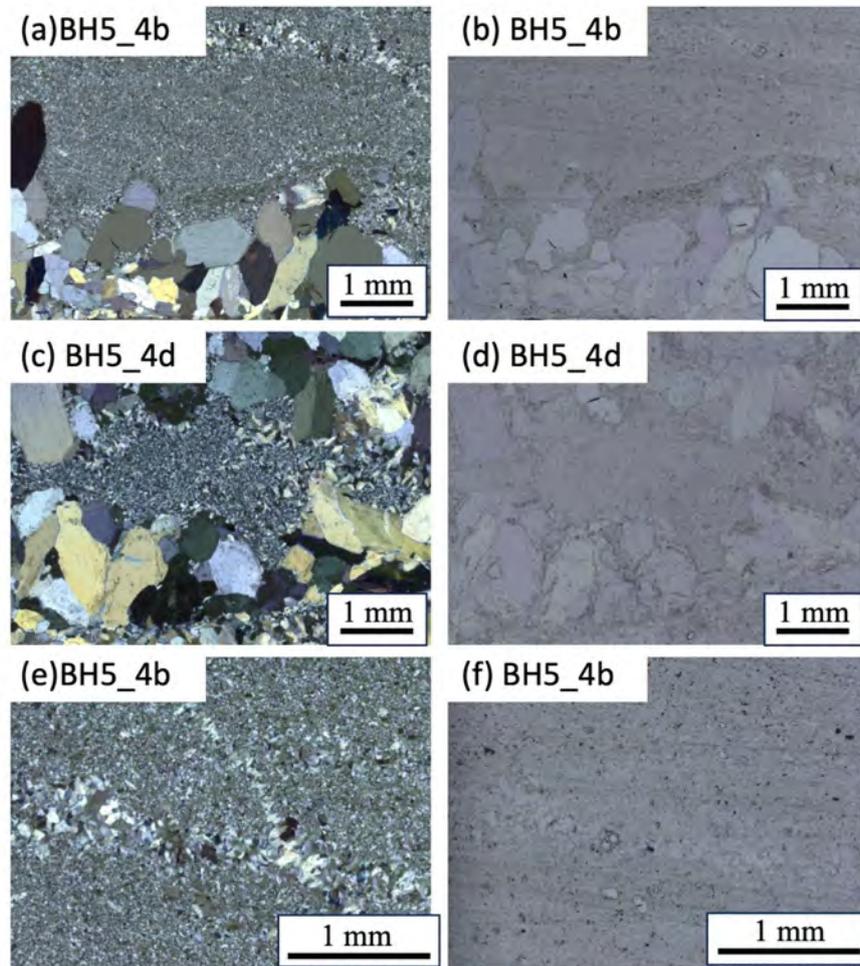


Fig. 6. Photomicrographs of selected thin sections, taken using the Keyence Digital Microscope VHX-8000, displaying textural features of the quartz crystals grown in the quartz veins at Yuki Gold mine. Note at least three generations of quartz grains can be distinguished, (a-d) coarse-grained subhedral quartz crystals, fine-grained within or above the coarse-grained quartz, and (e-f) sub-parallel grains filling the fractures. Photomicrographs in the right side are taken under plane polars and those in the left side are under crossed polars.

## 5. 考察

今回は、第5番坑内水溜りの影響で詳細な調査はできなかったが、第5番坑の右側に露出されていた鉍脈の偵察的の調査と岩石記載から今後に活かせるような結果が得られたと確認でき、より詳しい調査やボーリングで採取した岩石試料の詳細な分析・解析を行うことで、さらに多い情報が得られると期待できる。

## 謝辞

今回の研究に際し、柚木金山株式会社代表取締役の東 義浩さまにご協力いただきましたことを心から感謝申し上げます。また、岩石試料の記載などのために、理学部にある Keyence Digital Microscope VHX-8000 を使用しました。

## 参考文献

- [1] 大分県ジオパークネットワーク(2021),  
<https://www.pref.oita.jp/uploaded/attachment/2111927.pdf> (2023年11月10日閲覧)
- [2] 磯崎行雄, 丸山茂徳, 日本におけるプレート造山論の歴史と日本列島の新しい地体構造区分. 地学雑誌, v. 100 (1991), pp. 697-761
- [3] 斎藤眞, 宮崎一博, 利光誠一, 星住英夫, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 地域地質研究報告 (2005), pp. 1-218
- [4] 星住英夫, 斎藤眞, 水野清秀, 宮崎一博, 利光誠一, 松本哲一, 大野哲二, 宮川歩夢, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 20万分の1地質図幅, (2015), 第2版
- [5] 山崎徹, 大分地質学会誌, v. 26(2020), pp. 1-18
- [6] 酒井彰, 寺岡易司, 宮崎一博, 星住英夫, 坂巻幸雄, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所 (1993), pp. 1-115
- [7] 中野俊, 西来邦章, 宝田晋治, 星住英夫, 石塚吉浩, 伊藤順一, 川辺禎久, 及川輝樹, 古川竜太, 下司信夫, 石塚治, 山元孝広, 岸本清行, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 日本の火山, (2013), 第3版
- [8] 松隈寿紀, 鉱山地質, v. 1, no. 2 (1951), pp. 79-86
- [9] 松隈寿紀, 鉱山地質, v. 3, no. 8 (1953), pp. 79-86
- [10] 渡辺寧, 地質ニュース, v. 468 (1993), pp. 61-63
- [11] Y. Watanabe, Mineralium Deposita, v. 40 (2005), pp. 307-323