

福井市足羽山の笏谷石と旧採掘坑道の陥没

吉澤 康暢*

The Shakudani Ishi and collapse of old mining gallery in the Asuwayama, Fukui City

Yasunobu YOSHIKAWA*

(要旨) 足羽山に残る笏谷石採掘跡の分布図を作成した。笏谷石中にはアクレッシヨナリラピリ、アルモードラピリ、ノジュール密集層などをはじめ、水中火砕流に伴う火砕サージ堆積物やタービダイト堆積物などが存在する。特異な堆積構造である“雲”には、軽石礫の逆グレーディングや成層した軽石密集層などが存在し、水中火砕流堆積物であると考えられる。X線分析の結果、SiO₂量は63%~77%。加茂河原の笏谷石にはCaOが多く、鉱物組成は Quartz, Albite, Anorthite, Orthoclase, Hematite, Calcite, Chloriteなどである。2005年8月の陥没箇所は、西墓地七ツ尾口旧採掘坑道の最奥で、陥没原因は坑道天盤の厚み不足、地質構造の弱線部、岩盤の風化による劣化や亀裂の進行、集中豪雨による天盤上の埋め土の重量増加などであった。

キーワード：笏谷石、火砕流堆積物、サージ堆積物、タービダイト堆積物、旧採掘坑道の陥没

1 はじめに

笏谷石は福井市足羽山に分布する、デイサイト軽石火山礫凝灰岩(鹿野ほか, 2007)からなる笏谷層(吉澤, 1976)から主に産する。笏谷層は、足羽山の主体部をなし、新生代第三紀中新世の糸生層最上部の足羽山層(三浦ほか, 1987)に位置づけされている。放射年代値は、約18Ma(鹿野ほか, 2007)と考えられている。

笏谷石の採掘の歴史は古く、足羽山山頂より発掘された古墳時代の石棺への利用からもわかる。笏谷石は、福井城の石垣をはじめ石仏、墓石、家の土台石などに広く利用され、平成11年9月まで採掘が続けられてきた。笏谷石は、古代をはじめ中世や近世の人々にとって生活に欠かせない有用な石材で、“笏谷石文化”とも呼ぶべき石造・石彫文化を創出させた。それは、適度な堅固さと軟らかさを持ち、ツルやクサビを利用して容易に手掘りで採掘ができたこと。そして耐火性や青緑色の美しさなどを併せ持っていたからである。福井の歴史や文化を語るとき、笏谷石の存在は欠かせないものとなっている。

足羽山には、これら笏谷石の採掘跡である、露天掘り跡や採掘坑道跡が無数に存在し(図2)、現在でもその場所が特定できる。その分布調査を兼ねて入坑可能な旧坑道に入り、その内部の笏谷石の岩相、堆積構造、断層などの調査を行った。その結果、火砕流堆積物のフローユニット境界にあたる“雲”(吉澤, 1976)の詳細な構造について、新しい解釈が可能となった。また、火砕流のサージ堆積物やタービダイト堆積物の存在も

明らかとなった。さらに、笏谷石中にアクレッシヨナリラピリ、アルモードラピリ、ノジュールなども新しく見つかった。

平成17年8月16日早朝に、西墓地で大陥没が発生した。陥没箇所は、七ツ尾口旧採掘坑道(図1)の一番奥で、通称“パンドラの地”と呼ばれている付近であった。陥没原因は、坑道天盤の厚みの不足、岩盤の風化による劣化や亀裂の進行、集中豪雨による天盤上の埋め土の重量増加などであると考えられている。(福井市, 2008)

七ツ尾口旧採掘坑道に入ってみると、内部はまるでピラミッドのようで、そのスケールの大きさには圧倒される。福井市中心街の地の底に、火砕流堆積物である凝灰岩層が、これほど大量に存在するのかと驚くばかりである。

笏谷石の旧採掘坑道は、陥没の危険などを考えると、私たちにとっては負の遺産である。しかし、1500年以上続いてきた“笏谷石文化”の存在を考えると、笏谷石採掘の歴史や採掘の様子がそっくりそのまま残されている七ツ尾口旧坑道は、昔の人々の壮大な生活文化、精神文化を語る貴重な遺産でもある。

2 笏谷石を生む笏谷層の岩相

足羽三山の地質図(図3)からもわかるように、三山を構成する岩層の中で、笏谷石を生む笏谷層は、最も広く厚い分布を示している。笏谷石の岩質は、主にデイサイト軽石火山礫凝灰岩からなり、水中あるいは一部陸上に流れ出した火砕流堆積物(吉澤, 1976)である

*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

と考えられている。笏谷石は、比較的均質で、きめの細かい緑色の美しい凝灰岩であり、加工しやすい石材である。埋蔵量としては、まだかなりの量の石材を採掘できる可能性がある。これまでの長い歴史時代の中で、膨大な量の笏谷石が採掘されてきているが、その最たる物はやはり福井城の広大な外堀・内堀を構築した石垣であろう。石垣の石材は全て笏谷石からなり、その大部分は、西墓地一帯をはじめ、足羽山トンネル付近、朝日山不動寺付近、笏谷付近などから採掘されたものと考えられる。

今回の足羽三山の調査による新たな観察結果から、1976年に作成した足羽三山の地質図の一部を修正しなければならなかった。これまでの地質図では、足羽山に分布する笏谷層の下位に門前層上部が存在すると考え、区別して図化してきた。しかし、調査の結果、足羽山に分布する門前層上部層と考えてきた、成層した凝灰岩・火山礫凝灰岩・凝灰角礫岩などの互層部は、火砕流堆積物である笏谷層との間に明瞭な境界が存在しないこと。また、岩質的にあまり差がないことなどから、笏谷層の一連の堆積過程の中の初期の堆積物であると判断した。また、笏谷層の上位の不動明王層であるが、この層については、層序的には、水中あるいは一部陸上に流れ出した火砕流堆積物である笏谷層と、陸上に流れ出した溶結凝灰岩層である小山谷層(写真45,46,47,48)との間にはさまれた境界的な位置づけの堆積物と考えてきた。しかし、不動明王層は、凝灰岩・凝灰質砂岩・凝灰質泥岩の互層からなるが、どの露頭においても下位の笏谷層との間に明瞭な境界はなく、漸移している。また、足羽山の山塊を二分する小山谷断層を境に、断層西側のブロックには不動明王層が存在せず、笏谷層の上位に直接明瞭な境で、小山谷層が重なっている。一般に水中での火砕流を主とした火山活動において、火砕流堆積物の最上部には、水中を降下し流動する火山灰や碎屑物の懸濁流により、成層したタービダイト層が形成されることが知られている。つまり、不動明王層を、笏谷層の中の水中火砕流の最上部に堆積するタービダイト層(写真41)と位置づけると、笏谷層の激しい火砕流の流出が弱まった、比較的静穏な時期の水底堆積物と考えることができる。以上のことより、不動明王層を笏谷層に含めることにした。

(1) 朝日山不動寺露天掘り跡の笏谷層

江戸時代の福井城下絵図を見ると、現在の朝日山不動寺(不動明王)の場所には、往古持宝院や護摩堂があった。朝日山不動寺の正面の崖(写真1)は、高さ約30m以上あり、足羽山を構成する内部の断面が見えている。この崖は、上から下まですべて均質な笏谷石からなり、いたるところに大ツルの手掘り痕が明瞭に残る大規模な

露天掘り跡である。岩層の途中に“雲”は観察されず、成層構造もなく塊状である。ここが露天掘りされていた時期は不明であるが、動力を使用した形跡がないことから、江戸時代ないしはそれ以前のものであると考えられる。

朝日山不動寺の笏谷石は、白いデイスaitや軽石の火山礫が多く含まれていて、それが良く目立つデイスait軽石火山礫凝灰岩で、通称“ごまんど石”と呼ばれているもの(写真21)である。この石材は、デイスait礫を多く含むため、通常の笏谷石に比べると硬く、昔の石工たちはこの石材を採掘するとき、大ツルの先端部の焼入れを一日に何度も行ったと聞いている。また、機械力が導入されてからも、ダイヤモンドカッターの刃の消耗が早かったそうである。足羽山三段広場山頂の継体天皇石像(明治16年建設)もこの“ごまんど石”に近似している。おそらくこの付近から採掘した石材を使用したものと考えられる。

朝日山不動寺および周辺の露頭からは、水中火砕流堆積物である笏谷層の堆積過程を考察するための、火砕シーケンスのデータを得ることができる。最下部層は、凝灰角礫岩～石質凝灰岩からなり、不動寺から稲荷寺の南側にかけての連続露頭で観察できる。さらに、その南方の通安寺(西木田4丁目)東側では、6～15cmの球状～楕円体状のノジュールを多数含むデイスait軽石火山礫凝灰岩層がある。不動寺の見える範囲の露天掘り跡の岩相は、白いデイスaitや軽石の火山礫を多く含むほぼ均質なデイスait軽石火山礫凝灰岩で、成層構造がなく塊状で、溶結構造もほとんど見られない。崖の最上部には、不動明王層とされた凝灰岩・凝灰質砂岩・凝灰質泥岩のリズミカルなタービダイト層(5～15cmの細互層、N20°E, 12°W, 写真43, 44)が下位の笏谷石と断層(N30°E, 垂直)で接している(写真42)。層の厚さは約15～20mある。

最下部層の石質凝灰岩やノジュールを含む層は、水中火砕流に伴う、サージ堆積物と考えられる。また、最上部の細互層部は、成層構造や級化が明瞭であることなどから、水中火砕流に伴う、水中を降下し流動する火山灰や碎屑物の懸濁流により形成された、タービダイト堆積物と考えられる。

(2) 通安寺東のノジュール密集層

通安寺東側の露頭には6～15cmの球状～楕円体状のノジュールを多数含むノジュール密集層(写真32,33)が見られる。ここは笏谷層の最下部層にあたり、ノジュールを多く含む岩相は、白い流紋岩やデイスaitの火山礫が良く目立つデイスait火山礫凝灰岩からなる。すぐ北東に位置する朝日山不動寺の“ごまんど石”と同質で、最上部のタービダイト層と接する付近の岩質と

も同質である。ノジュールを切断してみると、ほとんど例外なく、その中心部には白いデイサイト礫(写真34)が含まれている。デイサイト礫からはシリカなどの成分が染み出しているようで、一種のハロを形成している。ノジュール内のラミナの方向はそろっており、楕円体の長軸の方向に一致している。

(3) “雲”は火砕流堆積物のフローユニット境界

“雲”は、笏谷石採掘の石工や業者間で言われている、笏谷層の中の特異な堆積構造(写真30)である。石材の切断の方向によって見え方が異なるが、内部に含まれる白い大きな軽石礫が、空に浮かぶ白い雲のように見えるところから名づけられたようである。この特異な堆積構造である“雲”は、笏谷層の内部に数層認められるもので、火砕流堆積の際のフローユニット境界であると考えられる。“雲”の大部分を構成する白い軽石礫(写真24,31)は、上部ほど大きくなる傾向にあり逆グレーディングしている。このすぐ上部には、白い小さな軽石の薄い密集層があり、はっきりした白いベルト状に見える。この軽石密集層の上辺は水平な直線状をなし、すっきりしており、次の火砕流堆積物との境界をなしていると考えられる。

以上の観察結果より、笏谷層の主要部分には成層構造がなく、塊状で、火山礫などに溶結構造がほとんど見られない。また、“雲”を構成する大きな軽石礫の逆グレーディングや成層した軽石密集層の存在、同様な堆積構造が数回繰り返すことなどから、笏谷層は、水中に流れ込んだ火砕流堆積物であると考えられる。

(4) 愛宕橋付近のアクレッシュナリラピリ

(火山灰凝集火山礫－火山豆石)

笏谷石を産む笏谷層の最上部を構成する細粒の凝灰岩をはじめ、凝灰質砂岩・凝灰質泥岩の互層部においては、しばしば火山豆石(写真35)を観察することができる。足羽招魂社付近の愛宕橋南の車道沿いには、笏谷層と小山谷層(デイサイト溶結火山礫凝灰岩)との接触境界部がある。この接触部の小山谷層直下には、火山豆石を多量に含む細粒凝灰岩層がある。火山豆石の大きさは、約8～10mmである。

一般に、火山豆石ができる条件は、細かな火山灰を降らせる火山噴火があり、その噴煙中を雨粒が落下するとき、雨粒を中心に火山灰が凝集するといわれている。火山灰の接着剤になるのは水分なので、マグマ水蒸気噴火や水分の多いサージ中でも形成される。小山谷層は、陸上に流出した火砕流堆積物であることから、この火山豆石層は、火砕流のサージ堆積物であるか、または、笏谷層の堆積末期に起きたマグマ水蒸気噴火による降下火山灰とも考えられる。

(5) 加茂河原産の笏谷石中のアルモードラピリ

(火山灰付着火山礫)

加茂河原の縦坑産の笏谷石中からは、しばしばアルモードラピリ(火山灰付着火山礫)が観察できる。(写真36)の標本の火山礫の大きさは、左の大きい方が2.3cm、小さい方が1.5cmあり、火山礫の周囲には、いづれにも小さな白い軽石などの粒子が多数付着している。これは、火山礫が堆積するとき、水分の多い湿った環境があり、火山礫が転がりながら、火山灰を付着させたものと考えられる。このアルモードラピリは、火砕サージ堆積物中にしばしば見られる現象である。

(6) 石切不動明王旧採掘坑道のサージ堆積物

石切不動明王(足羽山西端の古墳公園付近)の旧採掘坑道内部に入ると、入り口部分から異様な堆積構造に目をみはられる。それは緑色をした細粒の凝灰質泥岩をはじめ、粗粒な凝灰岩、凝灰角礫岩などが、入り乱れ、短い周期のクロスラミナを形成し、変化が激しいことである。これらの堆積構造は、サージ堆積物であるか火砕流のフロント部分に相当するような堆積物(写真38,39,40)である可能性が高い。

(7) 笏谷石採掘跡の分布(露天掘り跡、採掘坑道跡)

大規模な露天掘り跡(図2)は、西墓地一帯、朝日山不動寺、笏谷の山麓部の凹地、弘法院大師堂西側の墓地などで見ることができる。確証はないが、考顕寺のトンネル付近の凹地や市営立矢団地付近の山麓部の凹地も、かなり昔の露天掘り跡である可能性が高い。旧採掘坑道の主なものとしては、七ツ尾口坑道(写真2)、石切不動明王の横坑(写真3)、加茂河原の越前石株式会社二つの縦坑(写真4)、丹巖洞の縦坑、弘法院大師堂西側の横坑などがある。大正時代以降の採石場は西墓地付近および加茂河原付近に集中している。また、足羽山は、小山谷断層および笏谷断層により、三つのブロックに分断されている(図3)。この断層を境に、西側のブロックほど下に落ち込んでいる。そのため、良質の笏谷石は西側に行くにつれ、断層を境に階段状に分布し、地下深くに存在することになる。

3 X線による成分分析

今回、(表1)のように①～②朝日山不動寺の“ごまんど石”、③～⑥招魂社下南側石切り場の笏谷石、⑦愛宕橋付近のアクレッシュナリラピリを含む凝灰岩、⑧朝日山不動寺最上部のタービダイト層、⑨～⑩石切不動明王の緑色細粒凝灰岩、⑪～⑫加茂河原の笏谷石、⑬～⑭弘法院大師堂付近の溶結凝灰岩、⑮～⑯忠霊場裏の溶結凝灰岩の合計8箇所の岩石について、蛍光X線分

析装置(福井県工業技術センター, Rigaku ZSX100e)による定性分析および定量分析を行った。また、強力X線回折装置(福井県工業技術センター, Rigaku RAD-RVC/MDG)による鉱物組成の分析も行った。

その結果、どの標本も、 SiO_2 量は63%~77%で、ほぼデイサイト質であると言える。 Fe_2O_3 量については、4~5%で一定している。 Al_2O_3 量も⑦⑧以外は16~18%で変化がない。 CaO については、⑪~⑫の加茂河原産の笏谷石の値が、他と比較して非常に多い。⑦のアクレッシュヨナリラピリを含む層と⑧の不動寺のタービダイト層の $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO} \cdot \text{CaO}$ の値は、他と異なる。

鉱物組成については、⑪~⑫の加茂河原産の笏谷石には、Quartz(石英)、Albite(曹長石)、Anorthite(灰長石)、Orthoclase(正長石)、Hematite(赤鉄鉱)、Calcite(方解石)、Chlorite(緑泥石)などが含まれていた。

4 笏谷石の旧採掘坑道の大規模陥没

平成17年8月16日(火)の早朝、足羽山西墓地において突然、大規模な陥没が発生した。発生前に、付近でお墓が一部傾くという前兆現象があったようである。陥没穴の形状はすり鉢状で、穴の東西の長さは約27m、南北の長さは約35m、深さ約18mで体積が約3000 m^3 (福井市, 2008)という大きさであった(写真52,53,54)。早朝であったため、人や車などが巻き込まれていなかったのが不幸中の幸いであった。陥没原因については、現在のところ、笏谷石の旧採掘坑道天盤の厚み不足、岩盤の風化による劣化や亀裂の進行、集中豪雨による天盤上の埋め土の重量増加などであると考えられている。

足羽山の笏谷石の採掘の歴史は山頂古墳群の石棺にみられるように、古墳時代にさかのぼる。古い時代には露天掘りによる採掘で、西墓地をはじめ、足羽山各所に大規模な露天掘り跡が残っている。西墓地表面が平坦面となっているが、これは大規模な露天掘りによる採掘で、足羽山の他の部分と同様に、盛り上がっていたはずの山頂部が無くなった状態と考えられる。それは、戦前の航空写真や明治時代の古い地形図などに、採石場がいくつもしるされていることなどからも分かる。

福井城の石垣は、現在は内堀のみ残されている。実際はこの外側に三重の堀が取り巻いていて、その規模たるや全国的にも有数の城郭を誇っていたのである。外堀は全て埋められ、現在は福井の中心部の市街地となっている。地下には今でも想像を絶する規模の石垣が埋もれていると考えられるが、これら石垣の石材は全て笏谷石なのである。これら大量の笏谷石が築城のため足羽山から採掘されたのであるが、切り出した笏谷石を運搬する足羽川の水運の役割がかなり重要な要素になっ

ていたものと考えられる。当時の足羽川の流路は現在とは異なり、大きく蛇行し足羽山の山麓部に接近して流れていた。現在の内堀の石垣の石材を見る限り、全て笏谷石ではあるが、その石材の岩質はそれぞれ異なっている。つまり、足羽山から笏谷石として採掘したものではあるが、同じ笏谷石でも採掘する場所によって火砕流のソースや流れた時期、堆積した順序や場所などによる岩質の違いがあるためである。

陥没直後、陥没部の穴の形状をはじめ、開裂した岩盤の形状や風化の度合いについて詳細に観察した。西墓地の地表面から岩盤の割れ口までの深さは、約18mで、その下部には暗黒の空洞(坑道)がパツクリと口を開けていた(写真57)。すり鉢状の穴の斜面は急角度で、すべり残った墓石や残土はほとんどなく、すべてのものが穴底に吸い込まれていた。

地表面から穴底の岩盤までは、主に礫混じりの砂礫層で埋められていた。礫のほとんどは、笏谷石の扁平な破片の集まりで、その配列方向はほぼ同じであった(写真55,56)。このことより、すり鉢状の穴周辺を構成する堆積物は人為的な埋め土と考えられる。笏谷石採掘坑道の天盤の上に約18mの埋め土が堆積していることになる。これら大量の埋め土はいつ頃のものであろうか。おそらく、古い時代の露天掘り時に廃棄された笏谷石片の捨て場であった可能性が高い。

穴底の岩盤は、笏谷石を採掘した旧坑道の天盤で、以前に調査した経験から、七ツ尾口旧坑道(図1)の延長部の最奥と考えられた。表面から見る限り、岩盤の風化や劣化がかなり進んでおり、もとの笏谷石の色とは異なり、淡赤色を呈していた。岩盤の厚さも数メートル以下と考えられた。また、岩盤にはある方向に決まった割れ目が幾本も認められ、構造的に断層などの弱線部であるように観察された(写真58,59)。岩盤の開裂の方向($\text{N}35^\circ\text{W}$)は、内部にある坑道の伸びの方向とは一致しない(写真60,61)。また、七ツ尾口坑道内部の通称足羽の王室付近の星の窓にある、笏谷石中の断層破碎帯(写真18)の方向($\text{N}60^\circ\text{E}$, 60°N)や小山谷断層、笏谷断層の方向とはほぼ直交する。

西墓地一帯には、入坑が不可能な未知の旧採掘坑道の空洞が数多く存在する(写真6,7,9,10,11,12)。この空洞が原因の小陥没が、これまでも幾度か発生している。七ツ尾口旧採掘坑道に入ってみると、坑道内部の笏谷石の岩盤には、多数の断層破碎帯や無数のクラック等が存在する(写真14,15,16,17)。また、天盤が落盤し、大岩塊が坑道床に多数散在しているところもある(写真62,63,64)。今後、入坑に際しては十分な注意と安全対策が必要である。さらに、ボーリング等による地下空洞の実態調査もすすめていく必要があると考えている。

謝 辞

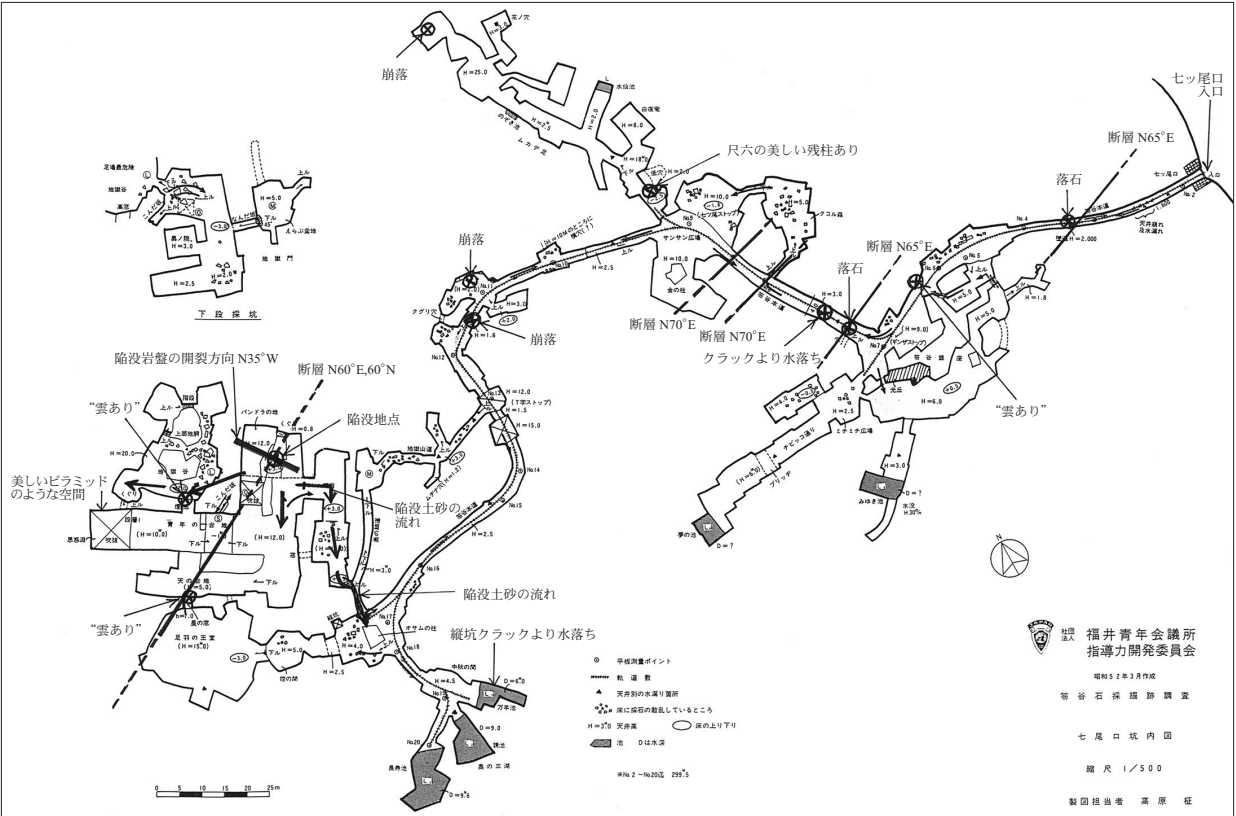
本研究をまとめるにあたり、福井市建設部公園課の職員の方々には西墓地陥没事故発生箇所岩盤の調査に同行していただくとともに、安全の便宜をはかっていただきました。越前石株式会社の福島喜二郎氏には、セツ尾口旧採掘坑道および石切不動旧採掘坑道の調査を許可していただきました。有限会社梶谷石材店の梶谷末信氏には、採掘坑道跡の詳細なガイドおよび笏谷石採掘の方法や歴史について説明をしていただきました。以上の諸氏に心より深く感謝申し上げます。

参考文献

福井市，2008，足羽山公園西墓地陥没対策誌，福井市建設部公園課，1-74
市川新松，1933，福井県鉱物誌，市川鉱物研究室，1-85

鹿野和彦・山本博文・中川登美雄，2007，5万分の1地質図幅「福井地域の地質」，地質調査総合センター。
三浦 静・吉澤康暢，1987，5万分の1土地分類基本調査「大聖寺」，表層地質図及び各論，福井県。
塚野善蔵・三浦 静・安川克己・宮永剛太郎，1965，福井市足羽山北西部の洞窟(採石跡)に関連した重力異常について，福井大学芸紀要，Ⅱ，73-86。
安野敏勝，1979，福井県の下部中新統(糸生累層)中に発見された海成層について，瑞浪市化石博物館研究報告，(6)，155-157。
安野敏勝，1988，福井市南部の下部中新統糸生累層からニシン科魚類を発見，福井市立郷土自然科学博物館同好会報，(35)，31-35。
吉澤康暢，1976，地質教材研究，足羽三山の地質と笏谷石について，福井県教育研究所紀要，(69)，111-118。
吉澤康暢，1977，福井県竹田川中流域の地形と地質，福井県教育研究所紀要，(71)，111-121。
吉澤康暢，1988，越廼村誌本編，第三章地形・地質，越廼村，24-60。
吉澤康暢，1998，5万分の1土地分類基本調査「永平寺」，表層地質図及び各論，福井県。

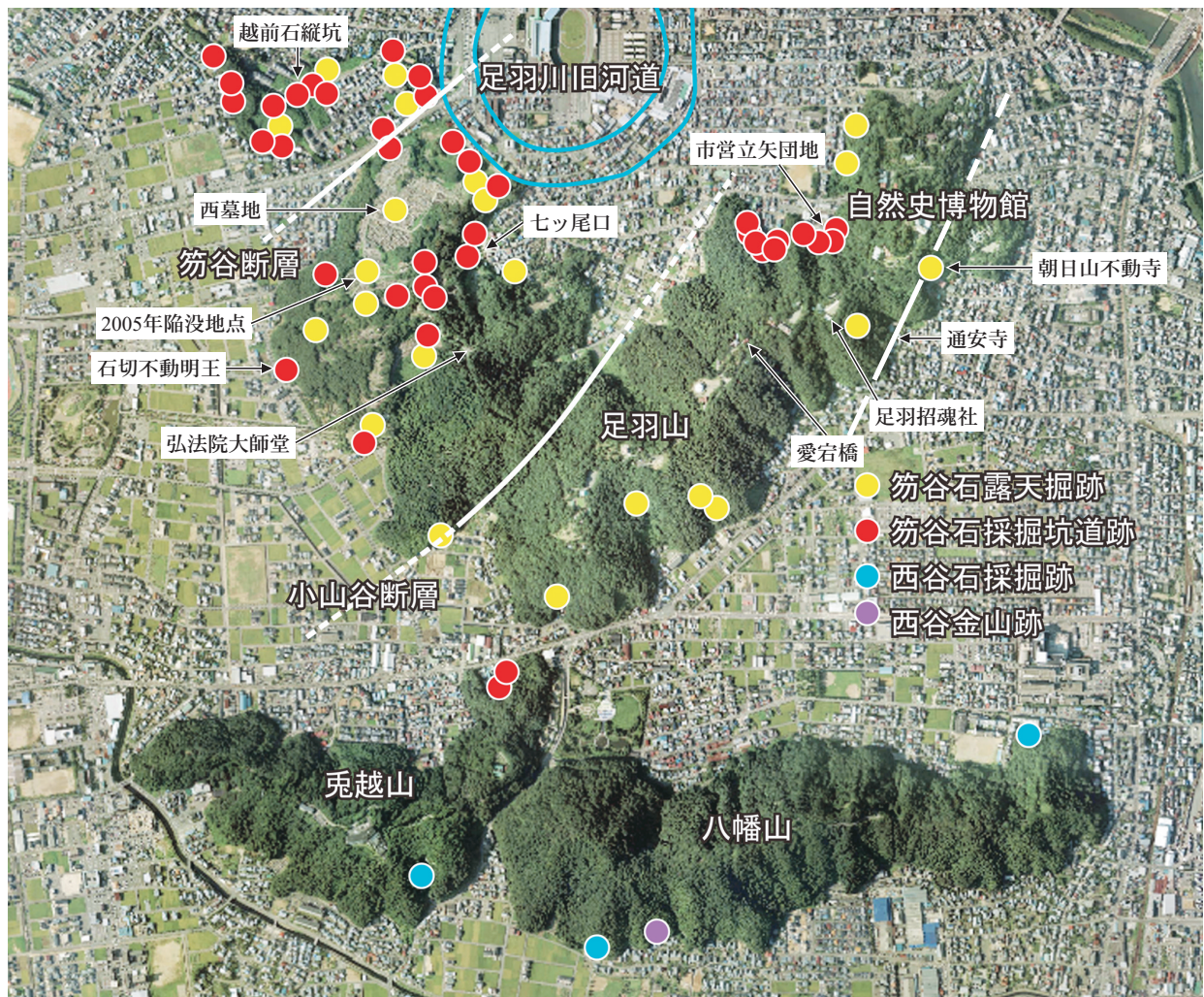
(図1) セツ尾口旧採掘坑道図(福井青年会議所1977年に地質構造加筆)



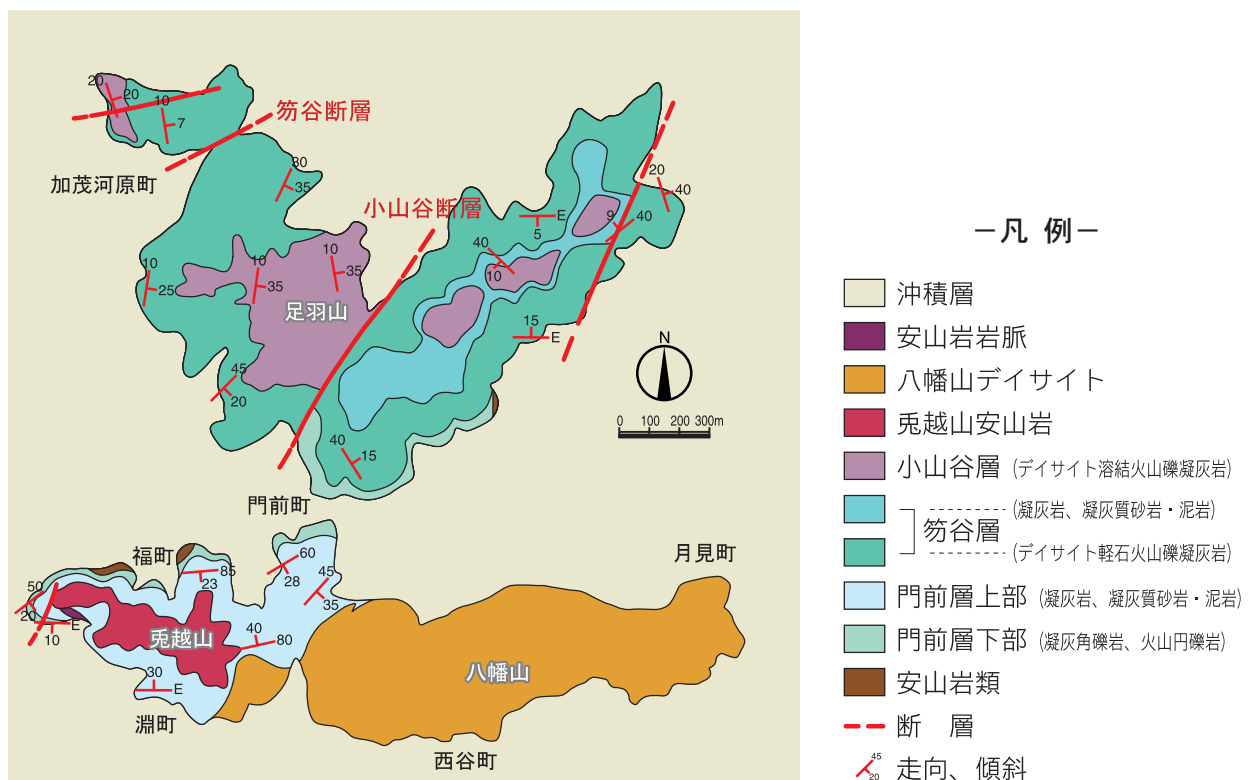
(表1) 笏谷石の化学成分S Q X分析結果

(単位: 質量%)

試料番号	試料採集地点	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
①	朝日山不動寺(ごまんど石)	2.6631	17.6743	65.0612	5.0213	5.2442	1.7095	0.6667
②	朝日山不動寺(ごまんど石)	2.5645	17.5553	65.6849	4.8050	5.4513	1.8275	0.5925
③	足羽招魂社下石切場(下部層)	3.0888	15.8364	67.2515	3.4391	4.8943	2.5262	1.8050
④	足羽招魂社下石切場(下部層)	3.0614	16.1707	66.6780	3.4269	4.8883	2.5891	1.8643
⑤	足羽招魂社下石切場(上部層)	2.4262	16.1703	68.8562	3.4610	4.4482	2.0286	1.4243
⑥	足羽招魂社下石切場(上部層)	2.3436	16.4382	68.2055	3.5223	4.6506	2.1885	1.3902
⑦	愛宕橋火山豆石層	0.0479	22.8129	67.3158	3.2273	4.4258	1.1271	0.0494
⑧	朝日山不動寺タービダイト	1.7502	11.7711	77.8345	2.7055	3.6772	0.9494	0.4310
⑨	石切不動明王(緑色岩)	1.9816	17.2251	69.6121	4.5707	3.5583	1.7468	0.3578
⑩	石切不動明王(緑色岩)	2.6871	17.6353	67.7647	4.4275	4.3141	1.9935	0.3272
⑪	加茂河原(越前石KK縦坑)	4.1880	16.1322	62.6001	2.5221	4.9516	1.9727	6.2116
⑫	加茂河原(越前石KK縦坑)	4.3277	16.3750	63.1002	2.5538	4.5846	1.8864	5.8468
⑬	弘法院大師堂	4.7781	17.0877	66.3177	2.3399	4.5164	1.7533	1.7770
⑭	弘法院大師堂	4.7695	16.8023	66.7645	2.3689	4.4292	1.6874	1.7462
⑮	福井忠霊場	4.2464	18.3197	66.3383	2.6715	4.7729	1.6782	0.6004
⑯	福井忠霊場	4.1123	17.3018	67.3639	2.4567	4.8168	1.6515	0.5972



(図2) 笊谷石などの探掘跡分布図



(図3) 足羽三山の地質図 (吉澤康暢, 1976に一部加筆修正)



写真1 朝日山不動寺の笏谷石露天掘り跡



写真2 セツ尾口旧坑道入口



写真3 石切不動明王坑道入口

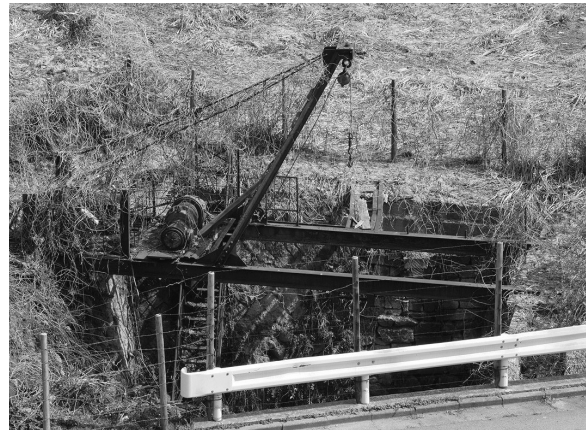


写真4 越前石KK旧縦坑道入口

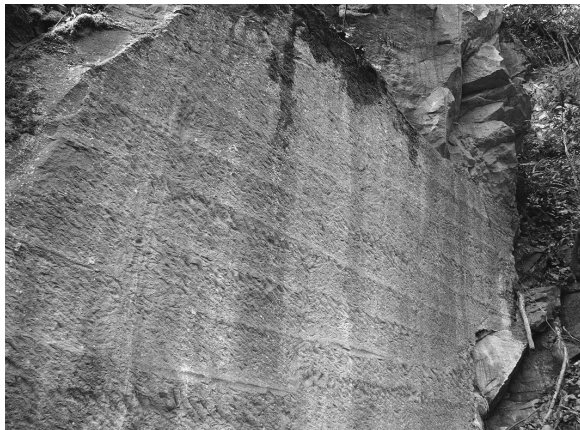


写真5 足羽招魂社下笏谷石露天掘り跡



写真6 西墓地地下東側の採掘坑道入口



写真7 西墓地陥没箇所上部の坑道入口



写真8 西墓地地下西側の露天掘り跡



写真9 弘法院大師堂西側墓地の露天掘り跡と坑道入口



写真10 市営立矢団地裏側の笏谷石採掘坑道入口



写真11 若杉付近の採掘坑道入口



写真12 加茂河原団地上部にある坑道入口



写真13 西墓地陥没部付近にあったセツ尾口坑道の通気口

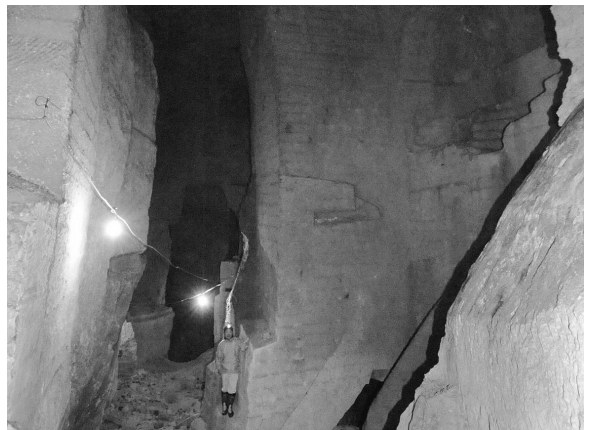


写真14 セツ尾口坑道内部サンサン広場付近

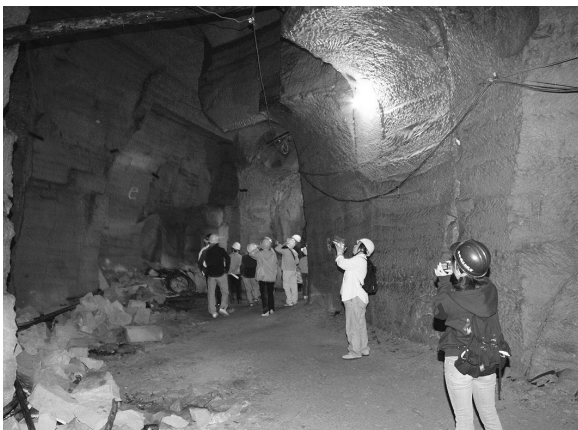


写真15 セツ尾口坑道内部笏谷銀座付近

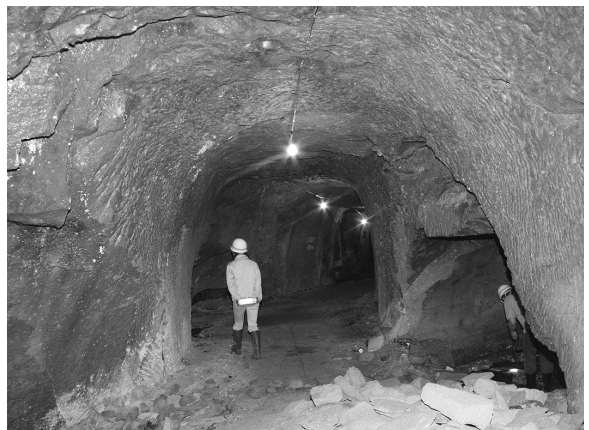


写真16 セツ尾口坑道内部ムカデ足付近

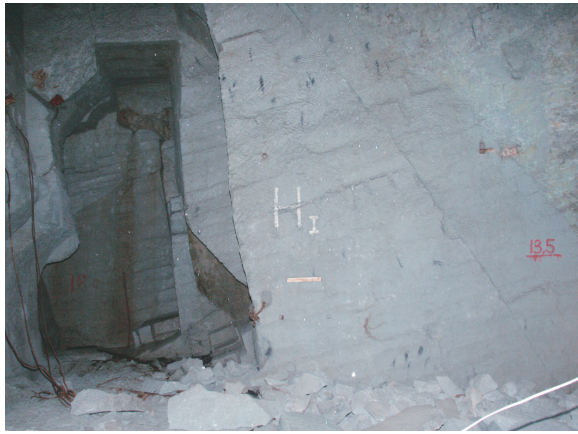


写真17 セツ尾口坑道内部足羽の王室付近



写真18 セツ尾口坑道内部にある笏谷石の断層破砕帯 (N60°E, 60°N)

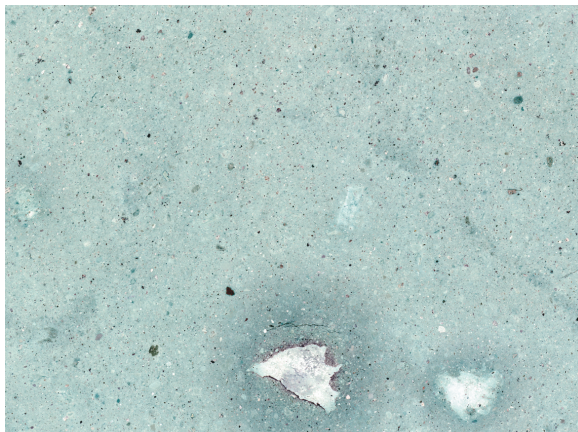


写真19 石切不動明王産の笏谷石(青手, 緑色の細粒凝灰岩)

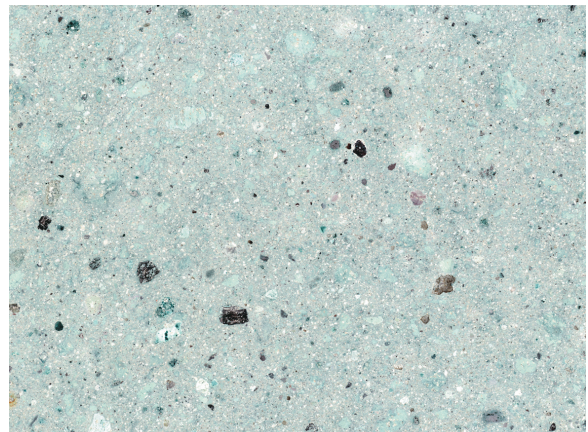


写真20 加茂河原産の笏谷石(中手, デイサイト軽石火山礫凝灰岩)

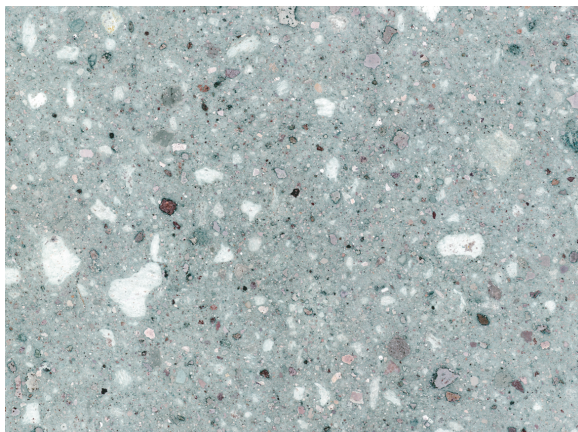


写真21 朝日山不動寺産の笏谷石(ごまんど石)

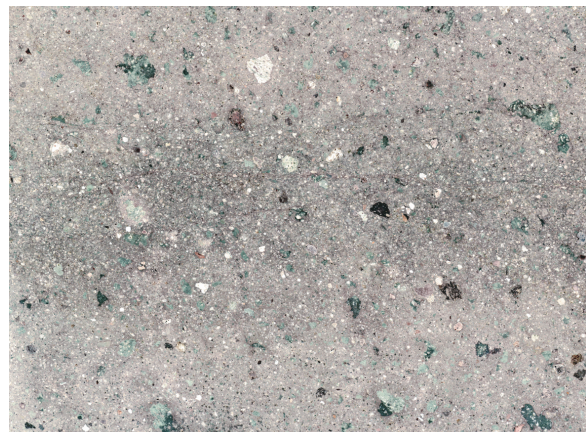


写真22 加茂河原産の笏谷石(黒手)

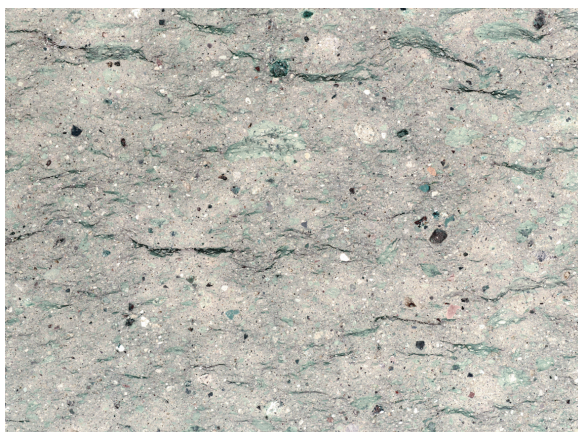


写真23 加茂河原産の笏谷石(雲, 弱溶結部)

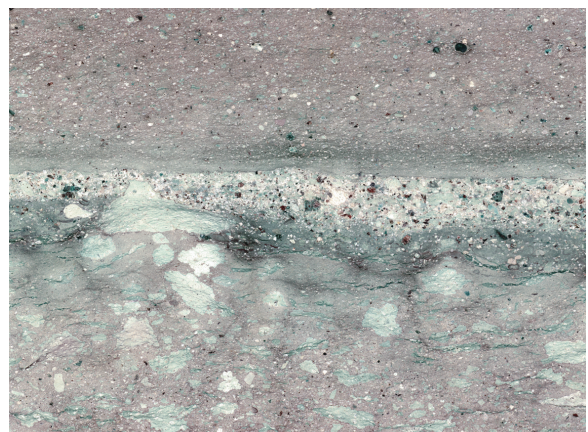


写真24 加茂河原産の明瞭な“雲”構造

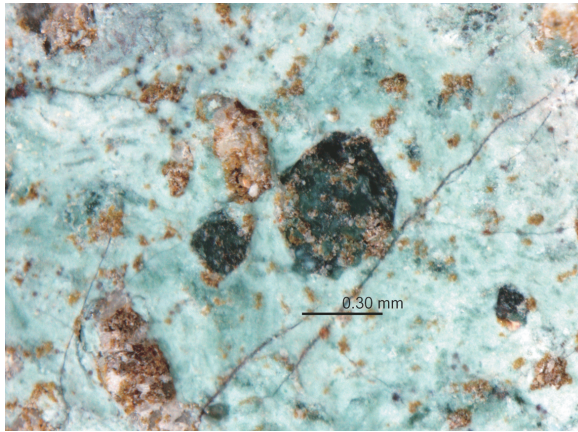


写真25 笏谷石表面の拡大, 中央の結晶は, 磁鉄鉱

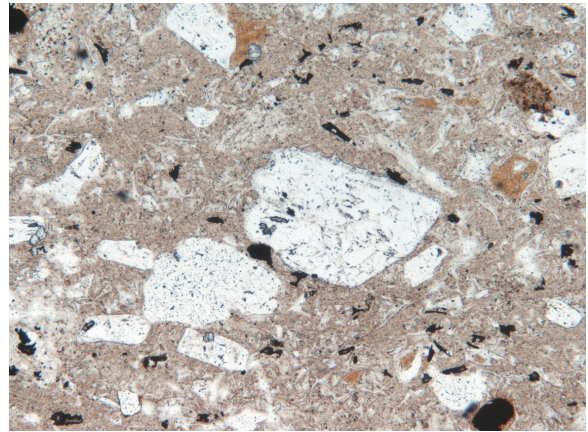


写真26 笏谷石の斜長石の結晶(25倍, 下方ポーラー)

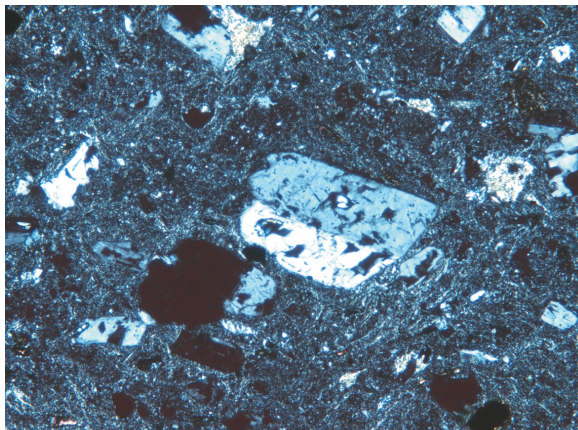


写真27 笏谷石の斜長石の結晶(25倍, 直交ポーラー)

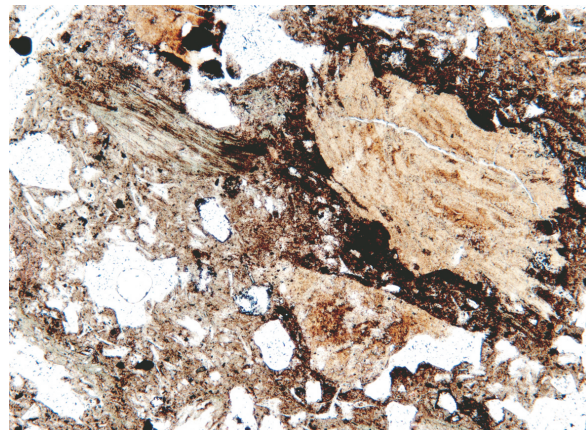


写真28 笏谷石中の軽石礫(25倍, 下方ポーラー)

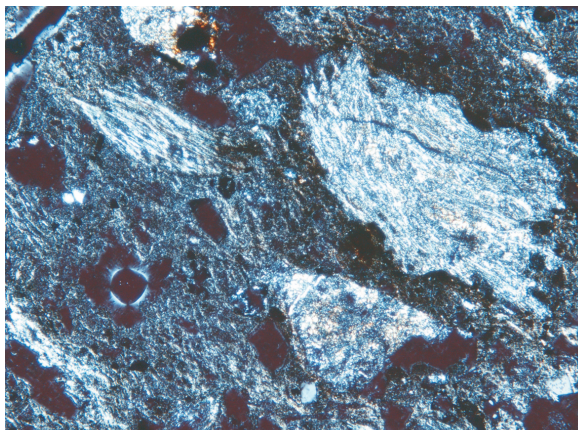


写真29 笏谷石中の軽石礫(25倍, 直交ポーラー)



写真30 セツ尾口坑道内部で見られる笏谷石中の“雲”

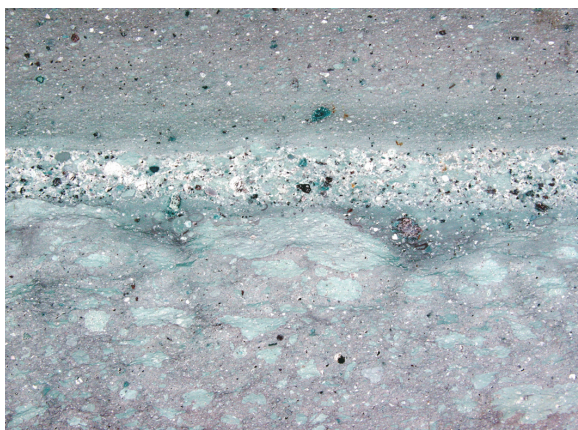


写真31 加茂河原産の明瞭な“雲”構造の拡大



写真32 笏谷層最下部ノジュール含有層



写真33 通安寺付近産出のノジュール

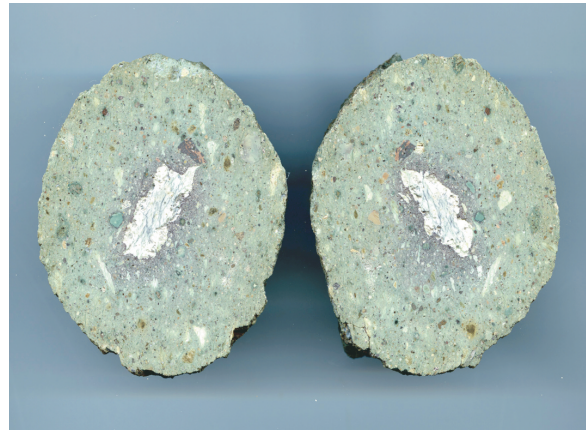


写真34 ノジュールの切断面の白い中心核

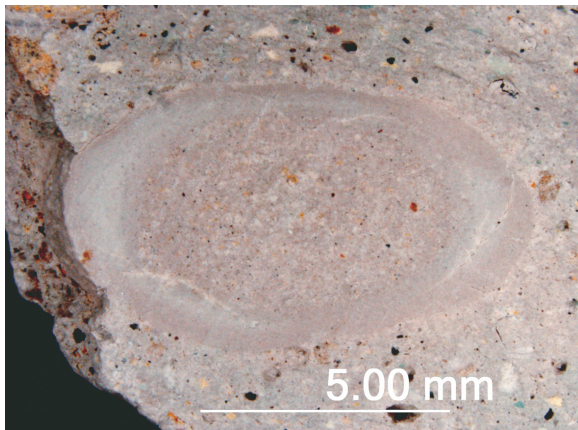


写真35 愛宕橋付近のアクレッシヨナリラピリ

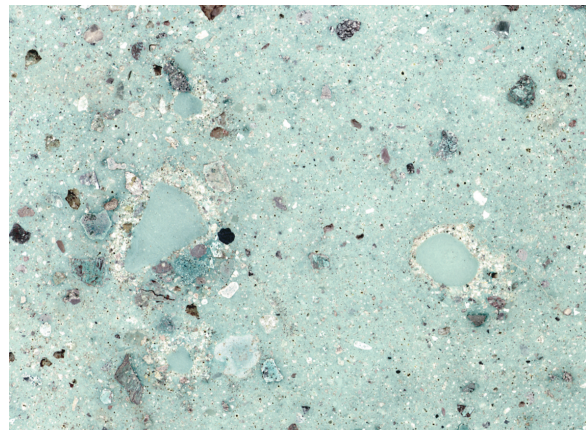


写真36 加茂河原産笏谷石中のアルモードラピリ



写真37 石切不動明王坑道入口付近の石質凝灰岩

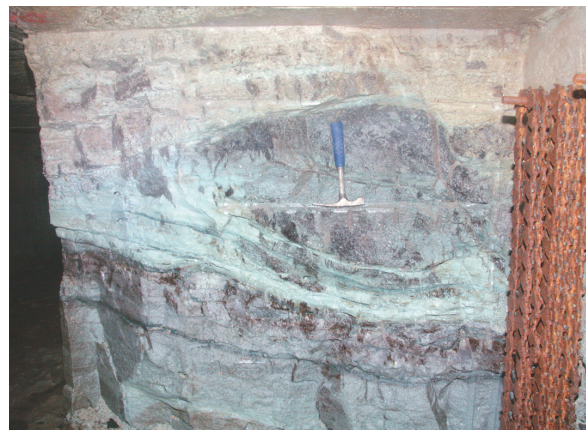


写真38 石切不動明王坑道内部で見られるサージ堆積物



写真39 石切不動明王坑道内部で見られるサージ堆積物

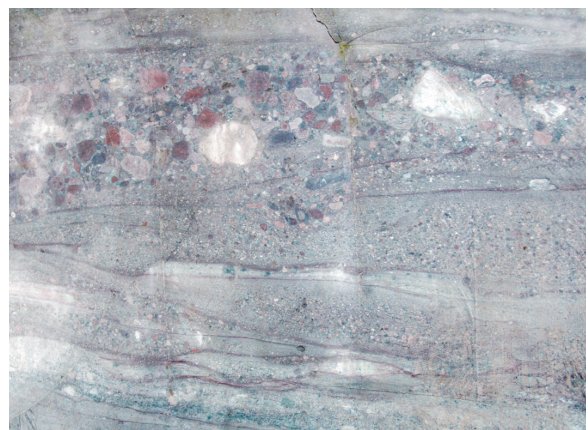


写真40 石切不動明王坑道内部で見られるサージ堆積物



写真41 朝日山不動寺露天掘り跡最上部でみられるタービダイト層



写真42 不動寺最上部の笏谷層がタービダイト層と断層で接する

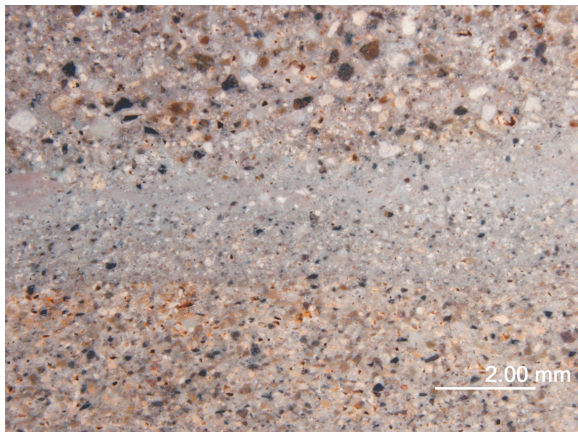


写真43 不動寺タービダイト層中の凝灰質砂岩・泥岩互層部の顕微鏡写真

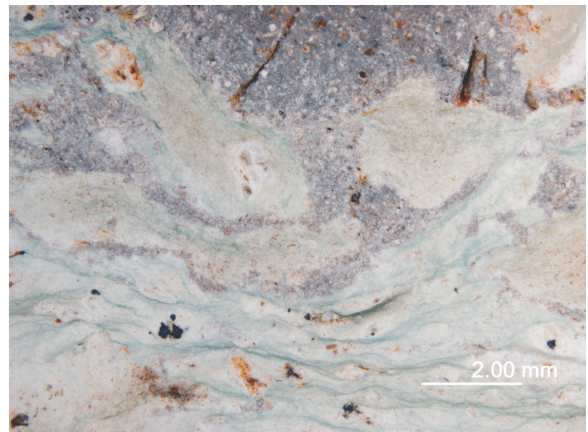


写真44 不動寺タービダイト層中の凝灰岩(下部)と砂岩(上部)との接触部

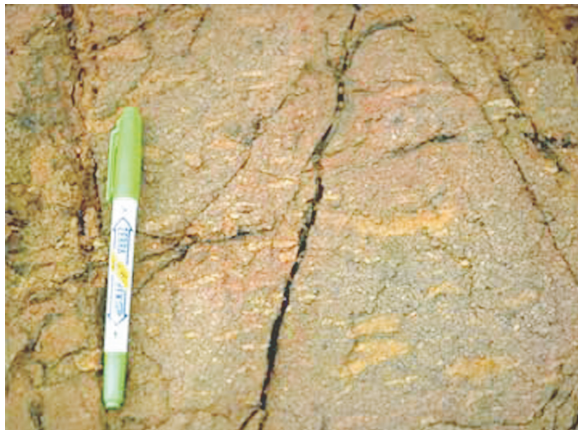


写真45 小山谷層のデイサイト溶結火山礫凝灰岩層表面の黒色レンズ

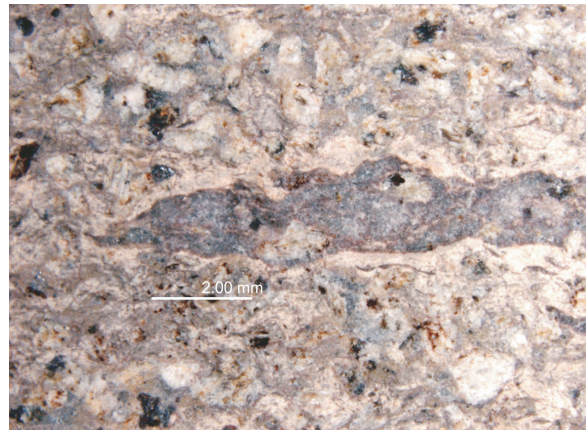


写真46 デイサイト溶結火山礫凝灰岩表面の拡大, 中央は黒色レンズ

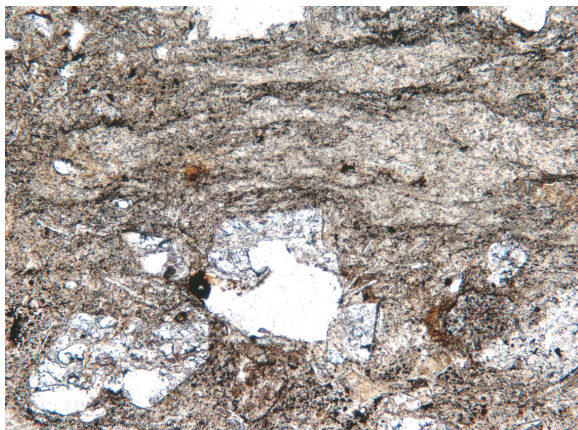


写真47 デイサイト溶結火山礫凝灰岩の斜長石の結晶, 明瞭なユータキシティック組織(25倍, 下方ポーラー)

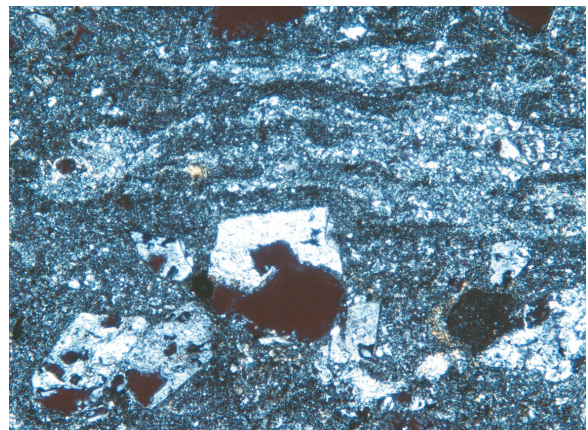


写真48 デイサイト溶結火山礫凝灰岩の斜長石の結晶(25倍, 直交ポーラー)

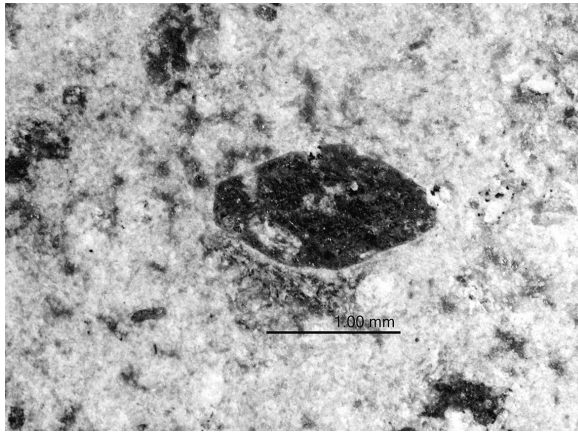


写真49 八幡山デイサイト表面の拡大, 中央の結晶は角閃石

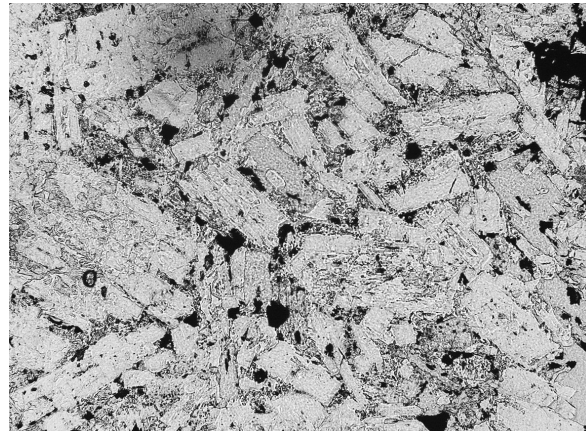


写真50 八幡山デイサイトの斜長石の結晶(25倍, 下方ポーラー)

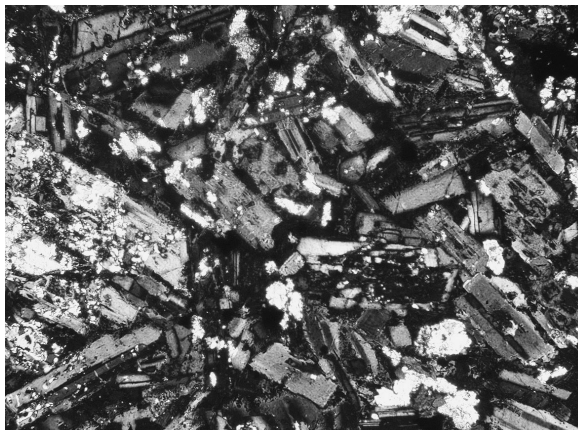


写真51 八幡山デイサイトの斜長石の結晶(25倍, 直交ポーラー)

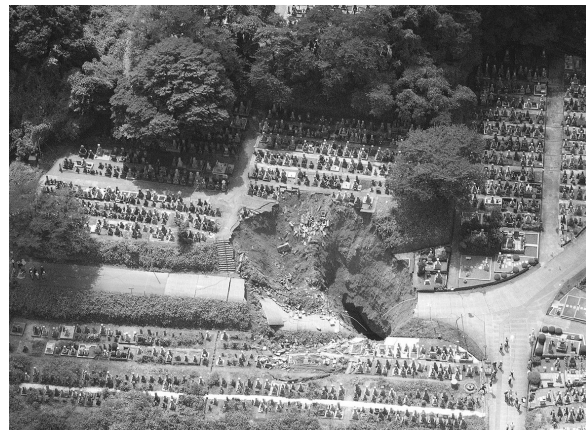


写真52 平成17年8月16日未明西墓地で陥没発生



写真53 陥没直後の崩壊地周辺



写真54 陥没地付近の様子



写真55 陥没地の垂直断面を見ると, 上部のほとんどは埋め土からなっている

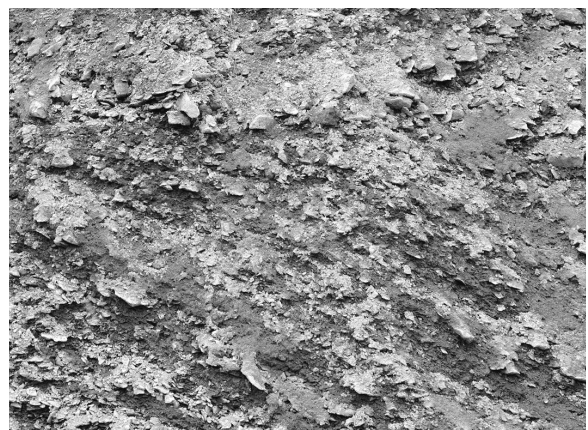


写真56 陥没地の断面で見られる埋め土の拡大(笏谷石の破片が平行に並ぶ)



写真57 陥没穴底の岩盤の破断口



写真58 風化で劣化した笏谷石の破断口とその奥の空洞(坑道)



写真59 陥没穴底の破断口と空洞(坑道)の拡大



写真60 セツ尾口坑道内部より見上げた陥没地岩盤の破断口



写真61 内部より見上げた破断口の拡大, 上部に小さな横坑入口が見える



写真62 セツ尾口坑道内部に流れ込んだ陥没土砂



写真63 セツ尾口坑道内部の地獄谷を埋め尽くした陥没土砂(写真64と同じ位置)



写真64 陥没以前, 土砂で埋まる前の地獄谷, 青手の美しい笏谷石が産出した