

笏谷石と緑色凝灰岩類の化学組成

吉澤 康暢*

The chemical compositions of Shakudani Ishi and Green Tuff
in Fukui Prefecture, Central Japan
Yasunobu YOSHIZAWA*

(要旨) 日本地質学会は、創立125周年の記念事業のひとつとして、平成28年に全国47都道府県について、その県に特徴的に産出する岩石を「県の石」として選定した。福井県の石には、福井市足羽山で産する「笏谷石」が選ばれた。笏谷石は日本海の形成期(新生代新第三紀前期中新世)の火山活動で、水中あるいは陸上に流れ出した火砕流堆積物であると考えられている。岩質はデイサイト軽石火山礫凝灰岩である。笏谷石および県内外で産する、笏谷石とほぼ同時期か、その前後の時代に噴出した緑色凝灰岩類39試料について蛍光X線分析をおこない、岩石中に含まれている主な化学組成を比較検討した。その結果、それぞれの岩石に含まれるSiO₂ wt.%をはじめ、MgO, Fe₂O₃, Na₂O, CaO, K₂O wt.%などの化学組成に特徴的な違いが見られた。SiO₂ wt.%から笏谷石はデイサイト質。上野石、下新庄石、別畑石は安山岩質。滝ヶ原石、浜住石は流紋岩質。半田石は玄武岩質であった。

キーワード：笏谷石、緑色凝灰岩類、化学組成、七ツ尾口坑道

1. はじめに

笏谷石は主に福井市足羽山に分布する笏谷層から産出し、その岩質はデイサイト軽石火山礫凝灰岩である。笏谷層は、足羽山の主体部を構成し、新生代新第三紀前期中新世の糸生層最上部の足羽山層に位置づけられている(吉澤, 1976, 2008)。また、放射年代値は、約18Ma(鹿野ほか, 2007)と考えられている。

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ように、笏谷石の採掘の歴史は古く、福井城の石垣をはじめ石仏、墓石、鳥居、玉垣、狛犬、建築材料などあらゆるものに利用され、1999年9月まで採掘が続けられてきた。笏谷石は、どの時代においても人々にとって生活に欠かせない有用な石材であった。それは、適度な堅固さと彫刻し易さを持ち、ツルヤ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ためと考えられている。福井の歴史や文化を語る時、笏谷石の存在は欠かせないものとなっている(吉澤, 2008)。

笏谷石の蛍光X線分析については、2008年に足羽山を構成する主な凝灰岩類16箇所(図1)、16試料について分析をおこなっている(吉澤, 2008)。今回その分析値について詳細に再検討を行った。さらに、足羽山西墓地の地下にある、笏谷石の旧採掘跡“七ツ尾口坑

道”(塚野ほか, 1965)内部9箇所で(図2)、笏谷石9試料を採集した。七ツ尾口坑道の入坑可能な距離は約350mで、この内部に堆積している笏谷層は一つの大きなかたまりではなく、4~5回の“雲”と呼ばれる堆積物を境に複数層堆積している。七ツ尾口坑道内部の笏谷石の化学組成の違いを知るため、9試料について蛍光X線分析をおこなった。また、笏谷石とほぼ同時期に噴出した県内外の緑色凝灰岩類のうち、和田石、滝ヶ原石、櫛石、後山石、熊坂石、宮谷石、浜住石、竹田石、上野石、下新庄石、別畑石、半田石についても蛍光X線分析を行い、それぞれの岩石に含まれる特徴となる化学組成値を得ることができた。

2. 分析試料の採集地点

足羽山に分布する笏谷石および緑色凝灰岩類について、これまでに①②朝日山不動寺の「ごまんど石」(図1)、③④招魂社下南側石切り場の笏谷石、⑤⑥招魂社下南側石切り場の凝灰質砂岩層、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、⑨⑩石切不動明王の緑色細粒凝灰岩、⑪⑫加茂河原の笏谷石、⑬⑭弘法大師堂付近の溶結凝灰岩、⑮⑯忠霊場裏の溶結凝灰岩の合計16箇所、16試料について、蛍光X線分析結果(表1)を得ている(吉澤, 2008)。今回、これらの分析値の再検

*福井市自然史博物館 〒918-8006 福井県福井市足羽上町147

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

討により、足羽山に分布する緑色凝灰岩類の識別について有効な試料を得ることができた。

また、新たな追加試料として、江戸、明治、大正、昭和と笏谷石の採掘を続けてきた七ツ尾口坑道内部のA, B, C, D, E, F, G, H, Iの9箇所(図2)から、笏谷石9試料を採集した。この他、笏谷石とほぼ同時期か、その前後の時代に噴出した県内外の緑色凝灰岩類の試料採集は、和田石(鯖江市和田町)、滝ヶ原石(小松市滝ヶ原町)、柵石(あわら市柵町)、後山石(あわら市後山町)、熊坂石(あわら市熊坂町)、宮谷石(あわら市宮谷町)、浜住石(福井市浜住町)、竹田石(坂井市丸岡町山竹田)、上野石(福井市上野町)、下新庄石(鯖江市下新庄町)、別畑石(福井市別畑町)、半田石(福井市半田町)の12箇所、14試料である。このうち、和田石、滝ヶ原石、浜住石、上野石、別畑石、半田石の各試料は現地で採集し博物館に収蔵したものを使用した。残りの柵石、後山石、熊坂石、宮谷石、竹田石、下新庄石の各資料は、昭和27年に博物館が採集した収蔵標本を使用した。

3. 分析試料の肉眼および顕微鏡観察結果

新たに蛍光X線分析をおこなった試料23個(表2)について、肉眼および双眼実体顕微鏡による観察と写真撮影(写真1~23)を行った。標本の表面を詳細に観察すると、色や組織に大きな違いがみられた。これらの特徴をもとに、緑色凝灰岩類を識別することが可能である。緑色凝灰岩類の表面組織の違いは、基質の色や粒径、含まれている火山礫の種類、大きさ、形、割合などが判断材料となる。識別した特色は次の通りである。

- ・七ツ尾口坑道内部A:(写真1) 暗紫色で、大きさが雑多な礫が多く、品質は良くない。
- ・七ツ尾口坑道内部B:(写真2) 美しい青緑色で、軽石は緑泥石化している。軽石礫がわずかに溶結している。石英粒子は少なく良質な石材。Fに似ている。
- ・七ツ尾口坑道内部C:(写真3) 淡青緑色で、礫は小さく良質な石材。
- ・七ツ尾口坑道内部D:(写真4) 淡暗紫色で、小さい礫が多い。Gに似ている
- ・七ツ尾口坑道内部E:(写真5) 淡青紫色で、わずかに溶結している。Cに似ている。
- ・七ツ尾口坑道内部F:(写真6) 美しい青緑色で、軽石は緑泥石化している。わずかに溶結している。石英粒子は少なく良質な石材。Bに似ている。
- ・七ツ尾口坑道内部G:(写真7) 淡褐色で、小さい雑多な形の礫が多い。Dに似ている。
- ・七ツ尾口坑道内部H:(写真8) 淡青紫色で、軽石は緑泥石化している。小さい礫が多い。
- ・七ツ尾口坑道内部I:(写真9) 淡緑黄色で、風化が進んでいる。軽石は一部緑泥石化している。基質は粗い。
- ・和田石(鯖江市和田町):(写真10, 13) 美しい青緑色で、軽石は緑泥石化している。良質な石材。笏谷石に似たデイサイト質火山礫凝灰岩である。部分によっては、小さい雑多な形の礫が多く基質は粗い。
- ・滝ヶ原石(小松市滝ヶ原町):(写真11, 12) 淡緑青色で、硬く良質の石材、礫は小さいが黒っぽく目立つ。江戸時代から採掘されてきたデイサイト質火山礫凝灰岩で、滝ヶ原町で現在も採掘が続けられている。笏谷石に比べて中に含まれている火山礫が小さい。堅牢な石材で切り口のエッジが鋭く、長年経過しても石材の角や稜が崩れることがない。石材の色は、採掘直後は淡緑青色であるが、風化が進むと淡黄褐色に変化する。小松城や金沢城の石垣にも一部使用されてきた。坂井市丸岡町にある国の重要文化財「丸岡城」の屋根瓦(石瓦)にも使用されている。
- ・柵石(あわら市柵町):(写真14) 淡緑青色、色や形が雑多な小さい礫が多い。
- ・後山石(あわら市後山町):(写真15) 淡緑青色、色や形が雑多な小さい礫が多い。柵石に似る。
- ・熊坂石(あわら市熊坂町):(写真16) 白っぽく、緑泥石化した軽石礫が多い。多孔質。
- ・宮谷石(あわら市宮谷町):(写真17) 白っぽく、緑泥石化した軽石礫が多い。多孔質。
- ・浜住石(福井市浜住町):(写真18) 白っぽく、緑泥石化した大きな軽石礫が多い。最も多孔質。
- ・竹田石(坂井市丸岡町山竹田):(写真19) 細粒の凝灰質泥岩、火山豆石を多く含み風化が進む。
- ・上野石(福井市上野町):(写真20) 茶褐色で、粘土分の多い凝灰岩。火山礫は小さい。
- ・下新庄石(鯖江市下新庄町):(写真21) 暗茶褐色、基質が少ないラピリストーン。
- ・別畑石(福井市別畑町):(写真22) 暗褐色で、基質が少なく、暗緑色の火山礫が密集したラピリストーン。別畑町で現在も採掘が続けられている石材で、笏谷石と比べ色彩の美しさは欠くが、建築・土木用石材としての価値は高い。
- ・半田石(福井市半田町):(写真23) 文殊山北麓の福井市半田町で採掘されていた赤褐色の特徴的な石材。火山礫は小さく少ない。赤褐色の凝灰岩類は県内では他に類例がない。JR大土呂駅のプラットホームや半田町の寺の鐘楼の石垣などに利用されてきた。

4. 蛍光X線化学組成分析結果

笏谷石および緑色凝灰岩類の分析用岩石試料は、ダイヤモンドカッターで大割切断した後、X線分析測定用金属容器に入る大きさに細断した。金属容器に入る試料の大きさは、直径32mm～48mm、厚さ5～10mmで、分析する表面はカーボランダム（3000番）でいねいに研磨した。試料表面を水洗した後、一次乾燥の後、二次乾燥は真空吸引乾燥を行った。その後、蛍光X線分析装置に組み込んだ。X線分析には一資料あたり約20～25分を要した。

蛍光X線分析は、福井県工業技術センターの蛍光X線分析装置（Rigaku ZSX 100e）により定性分析と定量分析を行った。その結果はSQX分析結果（単位wt.%）として表1、表2を得た。

表1は、足羽山を構成する各岩層の分析結果で、その数値は発表済である（吉澤，2008）。この表の試料番号、①②の朝日山不動寺（ごまんど石）、③④の足羽招魂社下石切場（下部層）、⑨⑩の石切不動明王（緑色岩）、⑪⑫の加茂河原（越前石KK縦坑）の各試料は笏谷層から採集したもので、いわゆる“笏谷石”（デイサイト軽石火山礫凝灰岩）そのものである。これらは、足羽山における採掘場所の違いとして選んだものである。⑤⑥の足羽招魂社下石切場（上部層）、⑦の愛宕橋火山豆石層、⑧の朝日山不動寺タービダイトは、足羽山を構成する笏谷層と小山谷層（デイサイト溶結火山礫凝灰岩）との中間層で、成層した細粒な砂岩・泥岩互層である。⑬⑭の弘法院大師堂、⑮⑯の福井忠霊場の試料は、足羽山を構成する小山谷層の試料で、笏谷石とは異なり、陸上に流れ出した火砕流堆積物（デイサイト溶結火山礫凝灰岩）である。

表2は、表1と比較するために選んだ笏谷石をはじめ、県内外の緑色凝灰岩類の分析結果である。表2の試料番号①～⑨は、“七ツ尾口坑道”内部の9地点（図2）の結果である。試料番号⑩～⑲は、県内外の緑色凝灰岩類の分析結果である。

表1、表2で分析した化学成分は、いずれもNa₂O、MgO、Al₂O₃、SiO₂、P₂O₅、SO₃、K₂O、CaO、TiO₂、MnO、Fe₂O₃、BaOである。これ以外に微量ではあるが、Cr₂O₃、As₂O₃、NiOについても分析結果を示した。これらの分析結果からは、笏谷石をはじめ、それぞれの緑色凝灰岩類を区別する特色を読み取ることができる。次に分析結果について考察する。

さらに、分析結果を理解しやすくするため、SiO₂成分を横軸に、上記各成分を縦軸にとったSiO₂変化図（図3）をMgO、Fe₂O₃、Na₂O、Al₂O₃、K₂Oそれぞれについて作成した。

5. 考察

県内外には笏谷石とよく似た緑色凝灰岩類が多種類存在する。これらの岩石名や産地の同定には肉眼および双眼実体顕微鏡観察による鑑定は有効な方法である。しかし、肉眼による鑑定には岩石学の専門知識と鑑定のための訓練が必要であり、すぐに使える方法ではない。その点、蛍光X線分析は、化学組成が数値で出てくるので、その数値の違いにより産地の特定が可能となる。今回、笏谷石と緑色凝灰岩類の試料について、蛍光X線化学組成分析をおこなった結果、同定に利用できる有効な分析値を得ることができた。これらの分析値について考察をおこなう。

笏谷石の肉眼および顕微鏡観察による特徴をまとめると、表面の色は美しい青緑色で、水に濡れると青緑色が濃くなり鮮やかさが増す性質がある。その基質は細かく、火山礫は小さくて少ない。礫種はデイサイトおよび軽石が多い。

表1、表2より笏谷石の化学組成はSiO₂が63～69wt.%でデイサイト質である。⑪⑫の加茂河原（越前石KK縦坑）産の笏谷石はCaOが5.8～6.2wt.%で、他の場所の2～10倍も多く含まれている。これは、笏谷石堆積後の熱水変質により、方解石などCa分の多い鉱物が二次的に多く生成されている可能性がある。表1の①②朝日山不動寺（ごまんど石）の笏谷石は、笏谷層の最下部にあたり（吉澤，2008）、デイサイト質の大きな白い角礫を含む。K₂O、Fe₂O₃、SO₃の値が多くNa₂O、CaO、P₂O₅が少ない。この石材は、笏谷石の平均的な岩質に比べると、表面の組織、化学組成ともに異質な存在である。足羽山西端に位置する⑨⑩の石切不動明王（緑色岩）の笏谷石は、Na₂O、CaO、P₂O₅が少なく、K₂Oが多い。笏谷層の上位に堆積している⑬～⑯の溶結凝灰岩はNa₂O、P₂O₅、TiO₂が多く、K₂O、SO₃が少ない。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値は、どの成分についても他の凝灰岩類とは異なる。

表2の①～⑨七ツ尾口坑道内部の笏谷石A-I地点では、火山礫の大きさや基質との割合のほか、表面全体の色や風化などに違いが認められた。蛍光X線分析結果においても、七ツ尾口坑道内部のD、G、I地点において、SiO₂が69%と他より多く、CaO、Fe₂O₃、MgOが少なかった。

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。この断層を境に、北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、階段状に地下深くに分布している。

表2の笏谷石と県内外産の緑色凝灰岩類との比較で肉眼的に顕著な違いがあったのは、半田石、上野石、下新庄石、別畑石、浜住石、熊坂石、宮谷石、滝ヶ原石であ

る。半田石は岩石表面の色が赤褐色で他とは異質な存在、上野石は泥成分が多いためか茶褐色、下新庄石、別畑石は暗褐色で基質が少なく火山礫が密集したラピリストーンである。浜住石は白っぽく流紋岩質で、緑泥石化した大きな軽石礫が多い。熊坂石、宮谷石も白っぽく緑泥石化した軽石礫が多い。滝ヶ原石は流紋岩質で硬く、火山礫が小さく雑多な色のものが混じっている。また、風化が進むと淡緑青色から淡黄褐色へと変化し、笏谷石とは異なる特色を持つ。

県内外緑色凝灰岩類の化学組成比較では、⑩⑬の和田石について、和田石1は2015年に採集したもので、和田石2は1952年に採集したもので何れも当博物館所蔵標本である。和田石1と2の二つの分析データに違いがみられる。これは、同じ産地であっても岩層に変化があり、試料採集のポイントの違いと考えられる。⑪⑫の滝ヶ原石はSiO₂が75wt.%以上と最も高い数値で流紋岩質である。また、Al₂O₃、P₂O₅、TiO₂、CaO、Fe₂O₃が少ない。滝ヶ原石の旧西山と新本山の採掘場の差はほとんどなく、K₂Oの値にわずかな違いがみられた。⑭柵石と⑮後山石は肉眼観察も化学組成もあまり差がなく良く似ている。⑯熊坂石と⑰宮谷石も肉眼観察、化学組成ともに大きな差がない。⑱浜住石はSiO₂が71.6wt.%、⑲竹田石はSiO₂が75.7wt.%といずれも流紋岩質である。⑳上野石㉑下新庄石㉒別畑石の化学組成は良く似ており、SiO₂の値はそれぞれ57.6wt.%、60.2 wt.%、60.3 wt.%で安山岩質である。他にFe₂O₃、TiO₂が多い。㉓半田石は表面の色が赤褐色で、SiO₂が51.3wt.%と低く玄武岩質である。また、MgOが14.1wt.%と特に多く、Fe₂O₃が9.1wt.%と多い。さらに他の凝灰岩類には含まれていないCr₂O₃、As₂O₃、NiOが認められることから、緑泥石を多く含んでいると考えられる。今回調査した緑色凝灰岩類の中では特異な存在である。

図3は、SiO₂wt.%を横軸にとり、縦軸にはMgO、Fe₂O₃、Na₂O、Al₂O₃、K₂O各wt.%をとったSiO₂変化図で、今回分析した表1、表2の全データをプロットした分散図である。測定値は、SiO₂が63~70wt.%のデイサイト質に集中している。Fe₂O₃図では、SiO₂ wt.%が増加するほどFe₂O₃ wt.%がほぼ直線状に減少する傾向が読み取れる。これは、非アルカリ質のカルク・アルカリ岩系マグマから形成された緑色凝灰岩類の特色と一致する。つまりマグマの化学組成が、玄武岩質から安山岩質、デイサイト質、流紋岩質へと移行したと考えられる。MgO図、Al₂O₃図では、それぞれの数値の変化の幅が少なく、一か所にはほぼ集中している。この組成の数値幅の少なさは、今回分析した緑色凝灰岩類に共通の特色である。これは、緑泥石の存在や長石類の風化が進んでいるためと考えられる。

6. おわりに

以前から福井城の石垣をはじめ、丸岡城の石瓦や牛ヶ島の石棺の石材の産地を特定をしたいと考えていた。この度、足羽山の七ツ尾口坑道内部をはじめ、足羽山に分布する笏谷石および県内外に分布する緑色凝灰岩類の化学組成について蛍光X線分析を行うことができた。その結果、笏谷石および緑色凝灰岩類を鑑定するための多くの分析値を得ることができ、石材の産地を特定できる可能性がでてきた。

しかし、X線化学組成分析に使用した岩石標本の表面の大きさは、直径が32mm~48mmと小さなものであり、付近一帯を代表する岩石試料としては点のデータでしかない。正確さを求めるためには、さらに多くの試料を採集し、それらの平均値で議論する必要があると考えている。

また、笏谷石および緑色凝灰岩類の同定には、X線化学組成分析データのみによらず、肉眼や顕微鏡による鑑定も重要なポイントであり、合わせて判断することが重要であると考えている。

今回得られた化学組成値を、遺跡などから出土する石材の分析値と照らし合わせるにより、多くの疑問を解決できるものと期待している。しかし、遺跡からの発掘資料など文化財的なものは非破壊による鑑定が必要な場合が多いので、蛍光X線分析が使える例は少ないと思われる。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、笏谷石および緑色凝灰岩類の化学組成分析は福井県工業技術センターの蛍光X線分析機器を使用させていただいた。その際、担当の真木教雄氏には機器の使用法や測定データの解析方法についてご指導をいただいた。また、小松市滝ヶ原の荒谷石材店経営者荒谷 薫氏には滝ヶ原石の標本を提供いただいた。以上の方々に深く感謝いたします。

引用文献

- 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
塚野善哉・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、福井大学学芸学部紀要、II、73-86
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、2008、福井市足羽山の笏谷石と旧採掘坑道の陥没、福井市自然史博物館研究報告、(55)、33-46

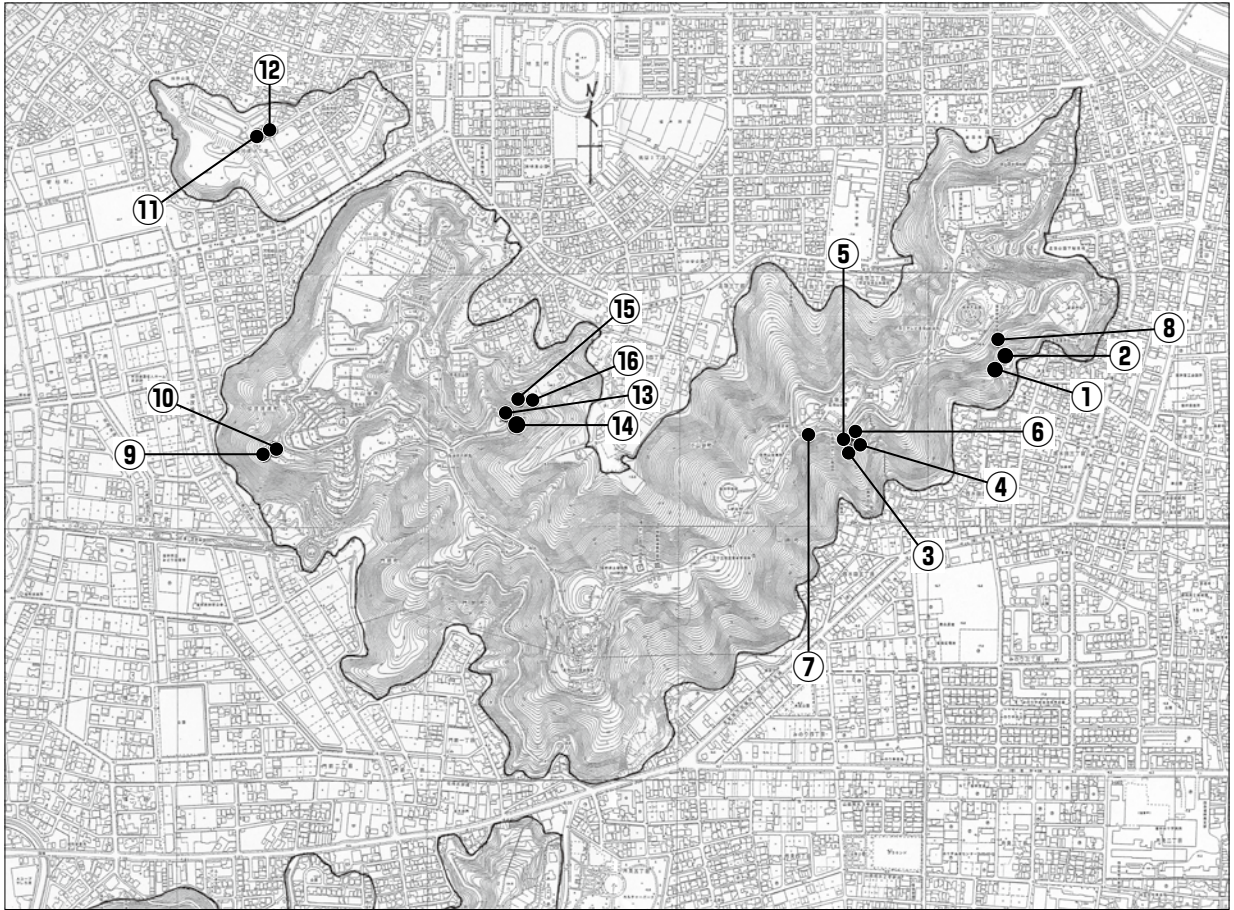


図1：足羽山の笏谷石および緑色凝灰岩類の試料採集地点①～⑯

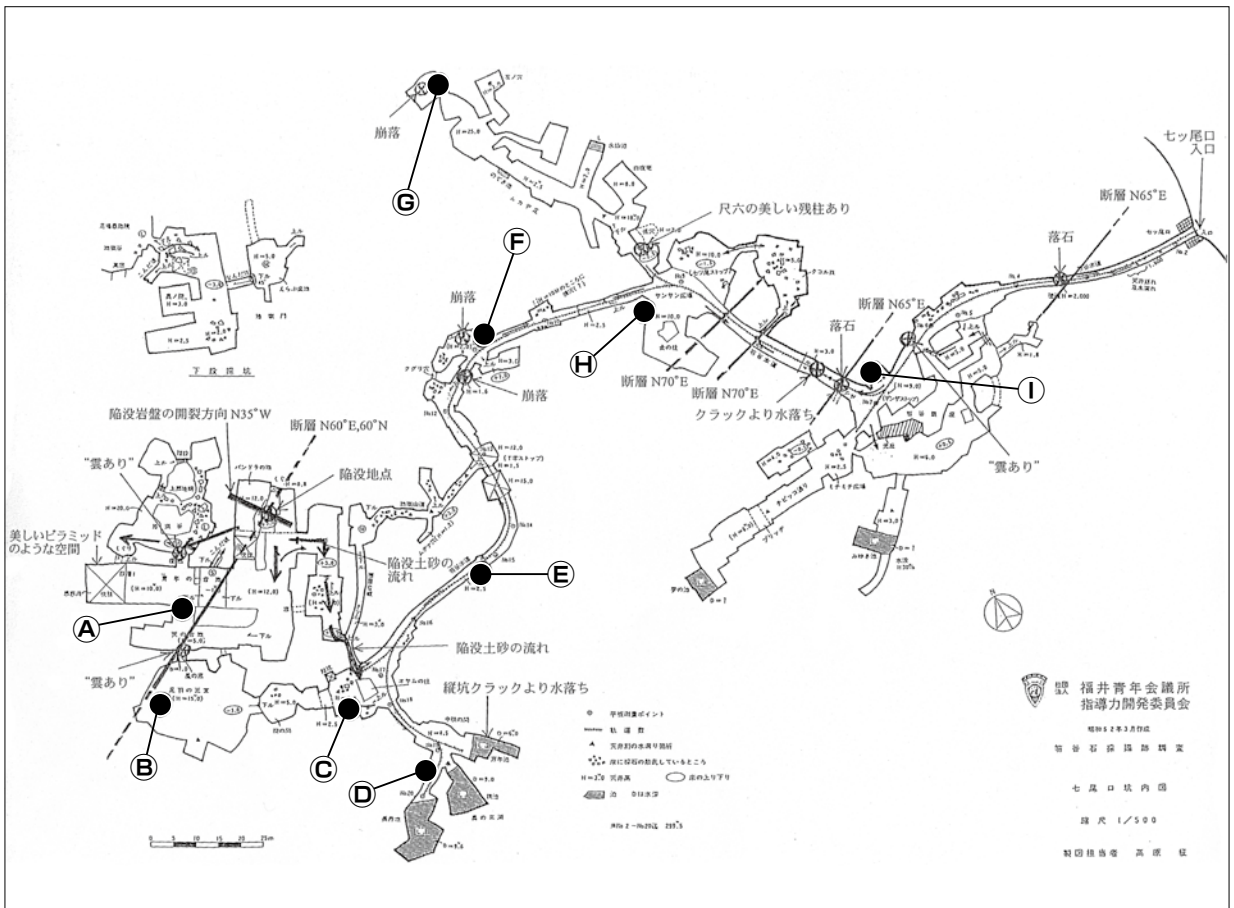


図2：足羽山の“セツ尾口坑道”内部の試料採集地点①～⑩。(福井青年会議所1977年に地質構造加筆)

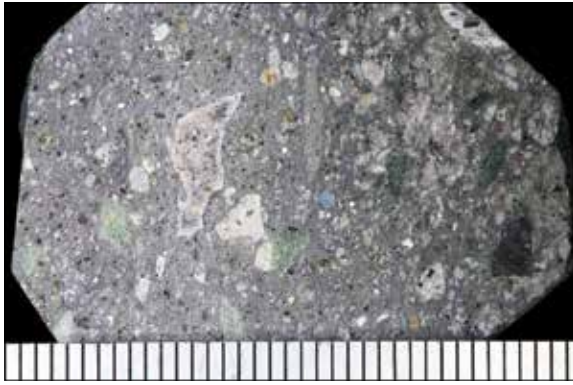


写真1 笏谷石, 七ツ尾口坑道A

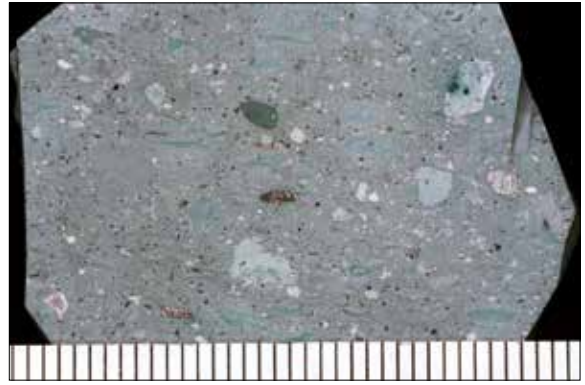


写真2 笏谷石, 七ツ尾口坑道B

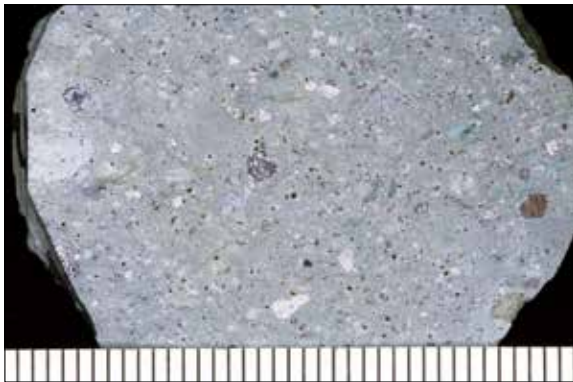


写真3 笏谷石, 七ツ尾口坑道C

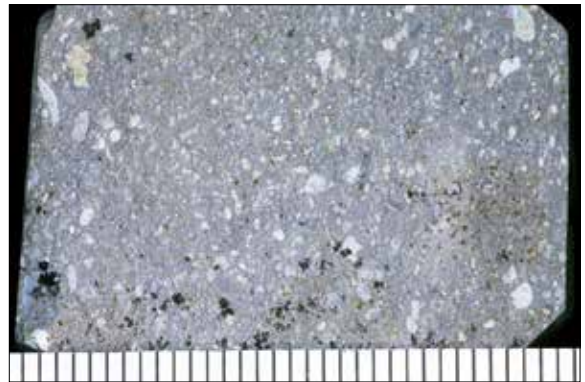


写真4 笏谷石, 七ツ尾口坑道D

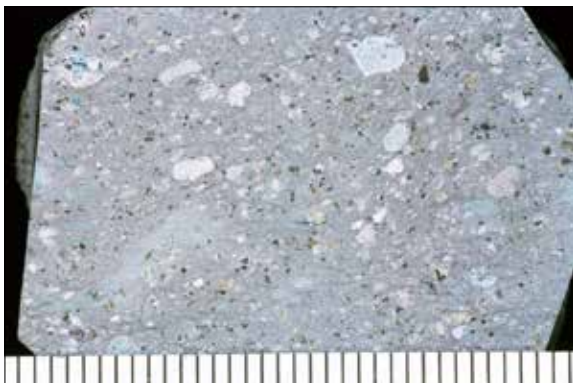


写真5 笏谷石, 七ツ尾口坑道E

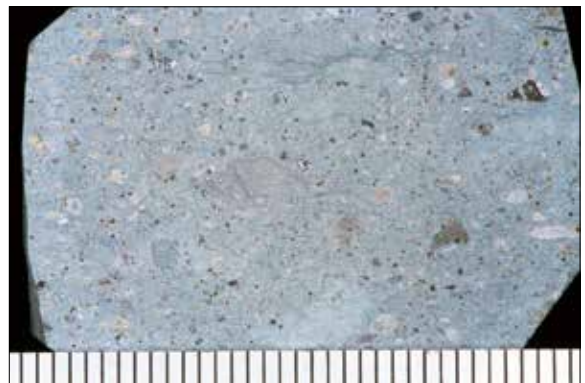


写真6 笏谷石, 七ツ尾口坑道F

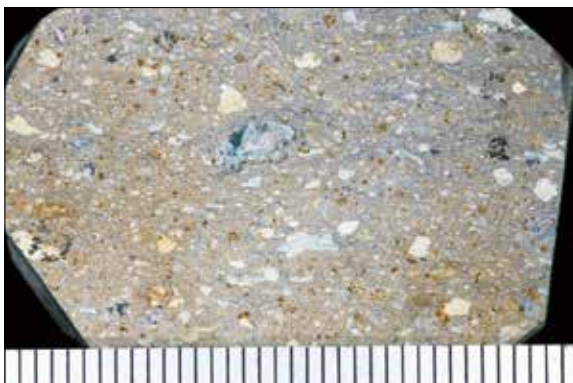


写真7 笏谷石, 七ツ尾口坑道G

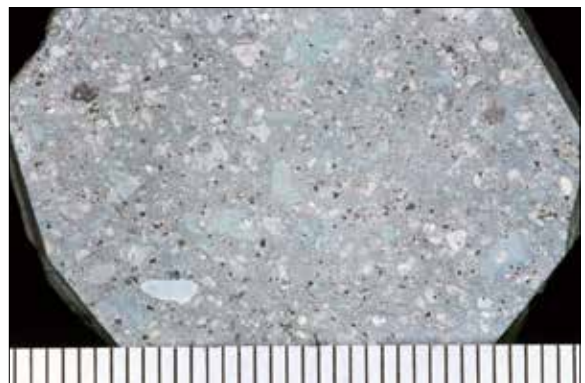


写真8 笏谷石, 七ツ尾口坑道H

笏谷石と緑色凝灰岩類の化学組成

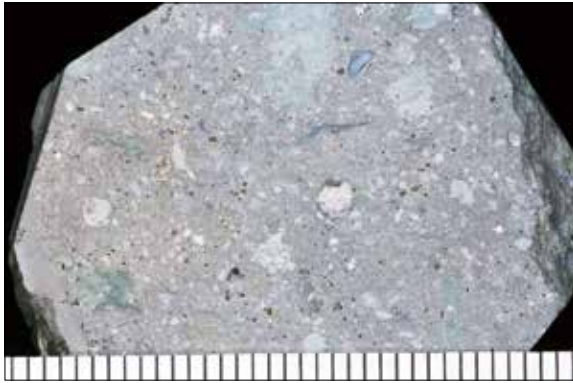


写真9 笏谷石, 七ツ尾口坑道I

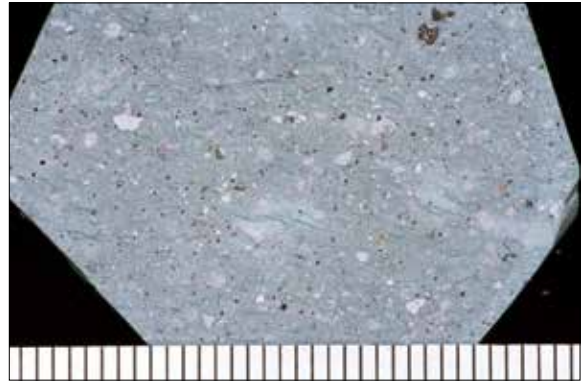


写真10 和田石1

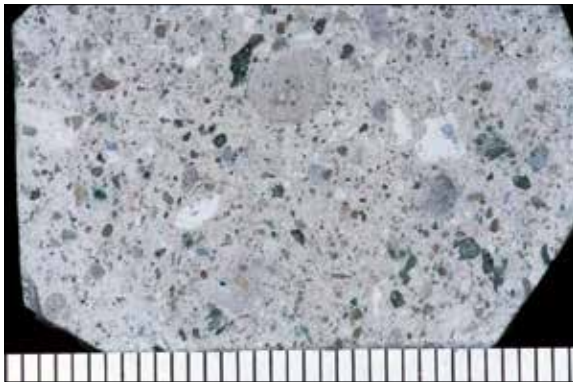


写真11 滝ヶ原石 (旧西山)

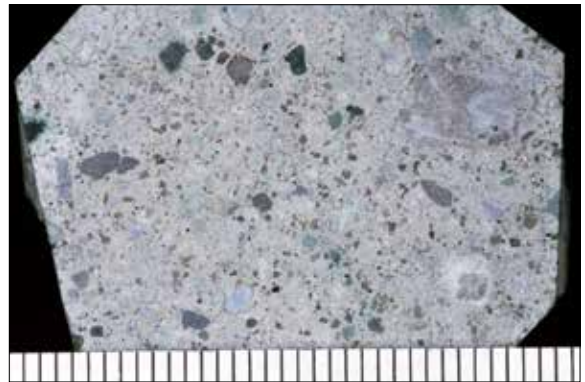


写真12 滝ヶ原石 (新本山)

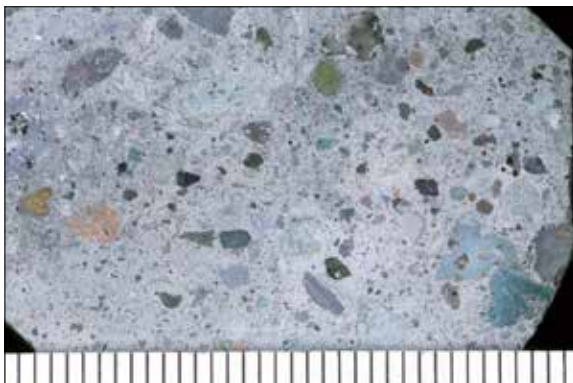


写真13 和田石2

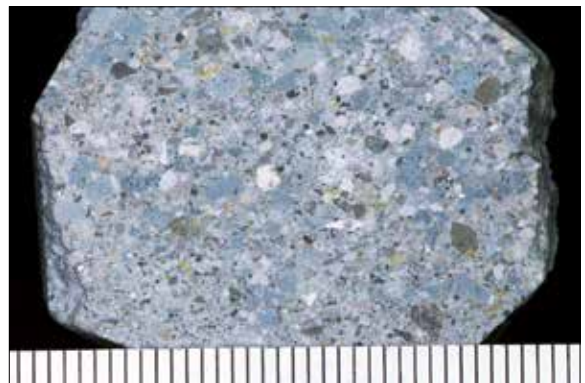


写真14 櫛石 (坪江)

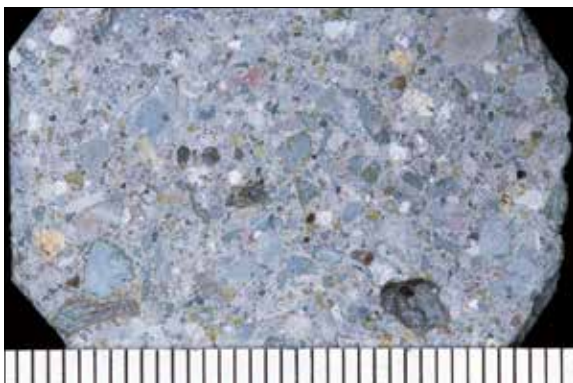


写真15 後山石

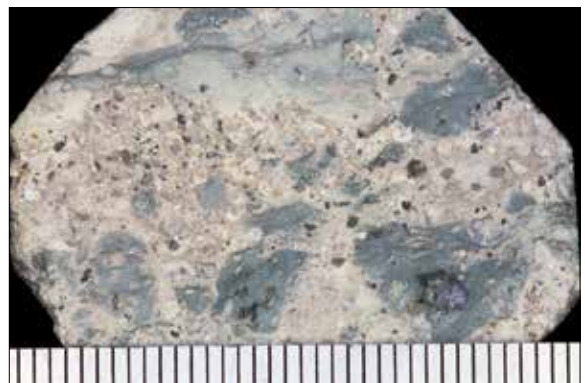


写真16 熊坂石

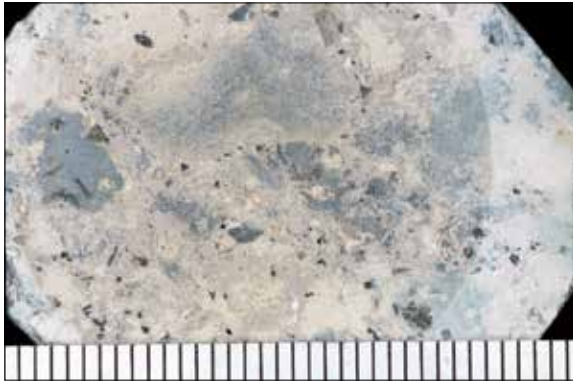


写真17 宮谷石

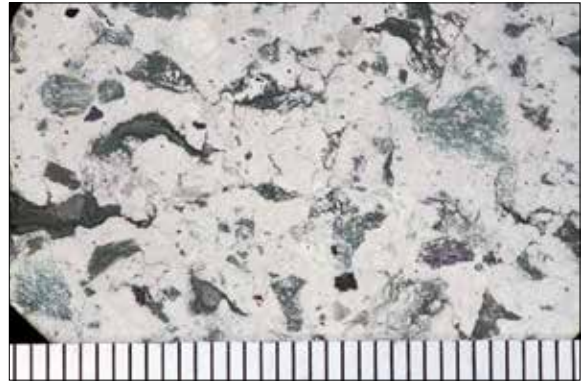


写真18 浜住石

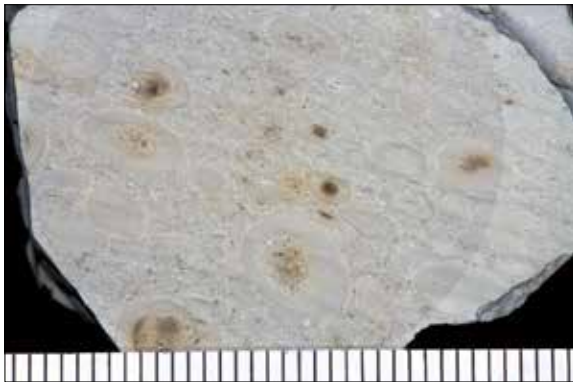


写真19 竹田石 (火山豆石)

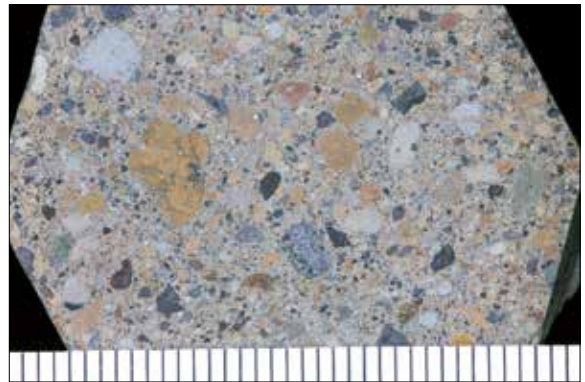


写真20 上野石

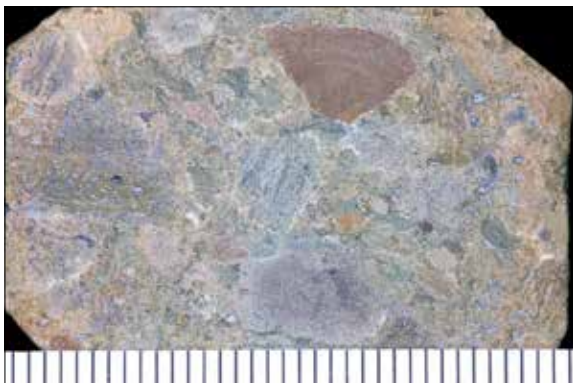


写真21 下新庄石

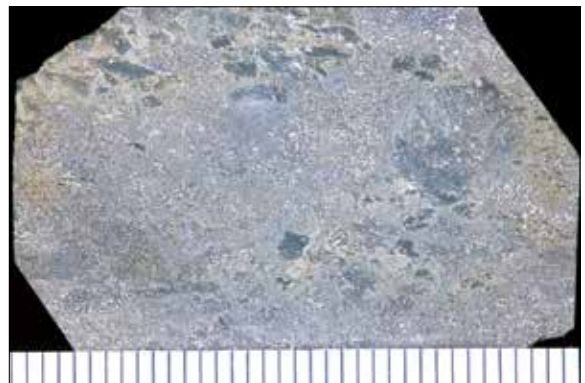


写真22 別畑石

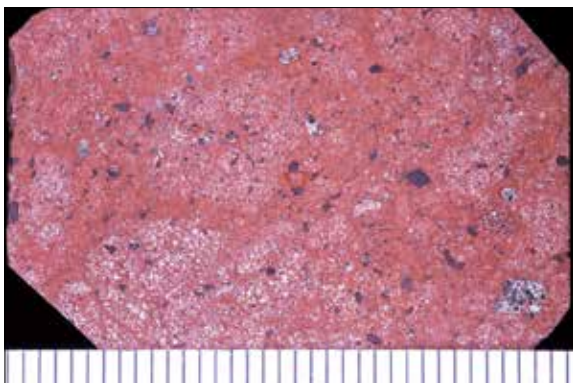


写真23 半田石

※各写真下部の1目盛は1mmを表す.

表1：足羽山の笏谷石および緑色凝灰岩類の化学組成SQX分析結果 (単位：wt.%)

試料番号	試料採集地点	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	BaO	Cr ₂ O ₃	As ₂ O ₃	NiO
①	朝日山不動寺 (ごまんど石)	2.6631	1.7095	17.6743	65.0612	0.0360	0.4897	5.0213	0.6667	0.5873	0.0621	5.2442	0.1770			
②	朝日山不動寺 (ごまんど石)	2.5645	1.8275	17.5553	65.6849	0.0314	0.2154	4.8050	0.5925	0.5669	0.0590	5.4513	0.1478			
③	足羽招魂社下石切場 (下部層)	3.0888	2.5262	15.8364	67.2515	0.1750	0.0170	3.4391	1.8060	0.5578	0.1509	4.8943	0.0828			
④	足羽招魂社下石切場 (下部層)	3.0614	2.5891	16.1707	66.6780	0.1861	0.0206	3.4269	1.8643	0.6112	0.1928	4.8883	0.1204			
⑤	足羽招魂社下石切場 (上部層)	2.4262	2.0286	16.1703	68.8562	0.1539	0.0093	3.4610	1.4243	0.6702	0.0860	4.4482	0.1165			
⑥	足羽招魂社下石切場 (上部層)	2.3436	2.1885	16.4382	68.2055	0.1547	0.0114	3.5223	1.3902	0.7317	0.0962	4.6506	0.1062	0.0031		
⑦	愛宕橋火山豆石層	0.0479	1.1271	22.8129	67.3158	0.0795	0.0522	3.2273	0.0494	0.6153	0.0118	4.4258	0.1483			
⑧	朝日山不動寺タービダイト	1.7502	0.9494	11.7711	77.8345	0.1078	0.0191	2.7055	0.4310	0.4651	0.0502	3.6772	0.1026			
⑨	石切不動明王 (緑色岩)	1.9816	1.7468	17.2251	69.6121	0.0911	0.0135	4.5707	0.3578	0.5671	0.0639	3.5583	0.0905			
⑩	石切不動明王 (緑色岩)	2.6871	1.9935	17.6353	67.7647	0.0686	0.0249	4.4275	0.3272	0.5066	0.0760	4.3141	0.0548			
⑪	加茂河原 (越前石 KK 縦坑)	4.1880	1.9727	16.1322	62.8001	0.2017	0.0415	2.5221	6.2116	0.8027	0.1438	4.9516	0.0729			
⑫	加茂河原 (越前石 KK 縦坑)	4.3277	1.8864	16.3750	63.1002	0.2038	0.0196	2.5538	5.8468	0.7625	0.1431	4.5846	0.1002			0.0050
⑬	弘法院大師堂	4.7781	1.7533	17.0877	66.3177	0.2666	0.0106	2.3399	1.7770	0.7724	0.0974	4.5164	0.1089			
⑭	弘法院大師堂	4.7695	1.6874	16.8023	66.7645	0.2404	0.0091	2.3689	1.7462	0.7056	0.1400	4.4292	0.1452			
⑮	福井忠霊場	4.2464	1.6782	18.3197	66.3383	0.2459	0.0087	2.6715	0.6004	0.8379	0.0523	4.7729	0.0903			
⑯	福井忠霊場	4.1123	1.6515	17.3018	67.3639	0.2617	0.0118	2.4567	0.5972	0.9682	0.0366	4.8168	0.0976			

表2：笏谷石および県内外産緑色凝灰岩類の化学組成SQX分析結果 (単位：wt.%)

試料番号	試料採集地点	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	BaO	Cr ₂ O ₃	As ₂ O ₃	NiO
①	笏谷七ツ尾口坑道-A	3.6860	2.2774	16.5292	63.5779	0.2065	0.0321	2.6624	3.9714	0.8743	0.1130	5.9026	0.0789			
②	笏谷七ツ尾口坑道-B	3.8056	2.3799	16.7102	64.9052	0.1588	0.0436	3.0636	2.8704	0.7808	0.1068	5.0169	0.0656			
③	笏谷七ツ尾口坑道-C	3.7215	2.1730	16.2451	64.6603	0.1857	0.0367	2.8356	3.8534	0.9186	0.1105	5.0828	0.0717			
④	笏谷七ツ尾口坑道-D	3.7300	1.3266	16.9643	69.6072	0.1373	0.0199	2.4582	0.5970	0.7535	0.1385	4.1177	0.0678			
⑤	笏谷七ツ尾口坑道-E	4.7024	2.1002	16.4605	65.4289	0.2142	0.0125	2.1396	3.4267	0.7447	0.0806	4.5499	0.0707			
⑥	笏谷七ツ尾口坑道-F	3.1815	2.4841	16.6725	64.8441	0.1952	0.0198	3.1292	3.3594	0.7890	0.0898	5.0902	0.0619			
⑦	笏谷七ツ尾口坑道-G	3.0875	1.5950	16.9353	68.7245	0.2283	0.0213	3.0114	0.6345	0.8130	0.0386	4.7369	0.0902			
⑧	笏谷七ツ尾口坑道-H	3.5591	2.6927	16.9194	64.1442	0.2042	0.0210	2.7893	3.4947	0.7821	0.0980	5.1617	0.0611			
⑨	笏谷七ツ尾口坑道-I	3.3546	2.1148	14.9794	69.8248	0.1852	0.0275	2.3111	1.7714	0.7329	0.1189	4.4395	0.0592			
⑩	和田石 1	3.5636	2.5481	16.3289	66.3861	0.1878	0.0299	2.9754	2.4852	0.7290	0.1045	4.4876	0.0763			
⑪	和田石 2	3.5035	1.6288	15.0350	66.1446	0.1393	0.1083	3.7730	4.0161	0.3872	0.1078	4.8761	0.1379			
⑫	滝ヶ原石旧西山	3.0773	1.1725	12.6709	75.5495	0.0290	0.0385	4.1326	0.9599	0.1917	0.0619	1.9460	0.1009			
⑬	滝ヶ原石新本山	4.1106	1.5243	12.6503	75.1874	0.0728	0.0449	1.9724	1.4844	0.3324	0.0842	2.3552	0.1078			
⑭	樺石 (坪江)	5.1234	4.9092	15.6184	59.1652	0.2605	0.1134	0.1235	3.1982	0.9544	0.2993	10.0793	0.0572			
⑮	後山石	4.5821	3.3555	15.4175	63.2016	0.2170	0.2767	1.4258	3.6567	0.7137	0.2004	6.7644	0.0829			
⑯	熊坂石	2.8783	4.2699	15.7608	66.3822	0.1273	0.1067	3.0833	0.9285	0.5382	0.1734	5.3906	0.1207			
⑰	宮谷石	2.3588	4.9003	16.0626	67.8884	0.0629	0.0807	3.4928	0.5464	0.2750	0.1135	3.4575	0.0998			
⑱	浜庄石	4.4906	0.9461	13.3706	71.6164	0.0648	0.7009	3.5833	2.0610	0.3623	0.0792	2.4710	0.0984			
⑲	竹田石	2.4391	0.9548	14.9070	75.6969	0.0260	0.0338	2.4657	0.3683	0.2330	0.0275	2.6844	0.0733			
⑳	上野石	4.3503	4.6404	15.5406	57.5823	0.3522	0.0339	1.3725	4.1830	1.3048	0.1895	10.2620	0.0802			
㉑	下新庄石	3.9068	3.1061	15.6063	60.2269	0.4796	0.0824	2.0588	5.4193	1.2934	0.1542	7.4438	0.0978			
㉒	別畑石	3.5181	3.2096	15.8479	60.3090	0.5281	0.0883	2.7488	4.9431	1.3020	0.1474	7.1257	0.0868			
㉓	半田石	4.1760	14.0848	14.4080	51.3246	0.2591	0.0127	2.1671	2.7757	0.9508	0.1259	9.0964	0.0740	0.1199	0.0058	0.0329
試料番号	試料採集地点	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	BaO	Cr ₂ O ₃	As ₂ O ₃	NiO

※表中のセルに着色してある部分は、各組成の平均的な値と比較して差があるもの。

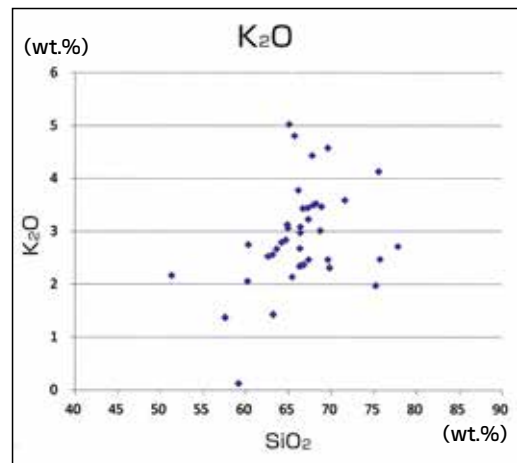
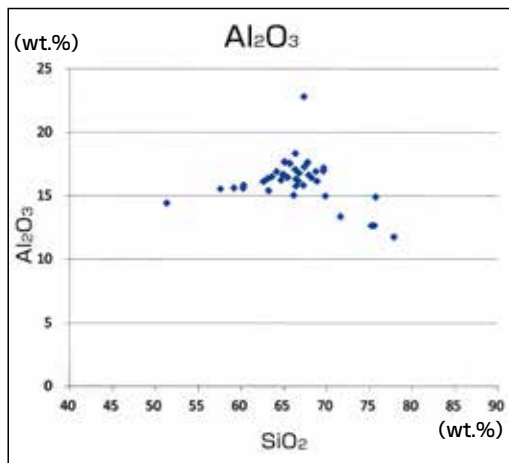
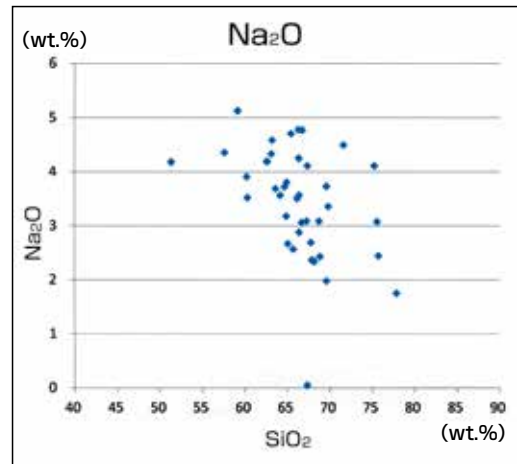
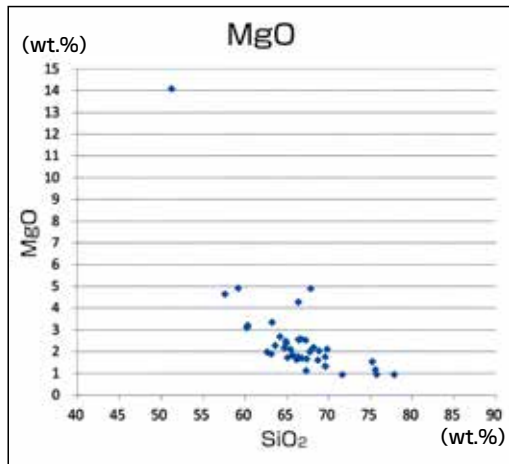
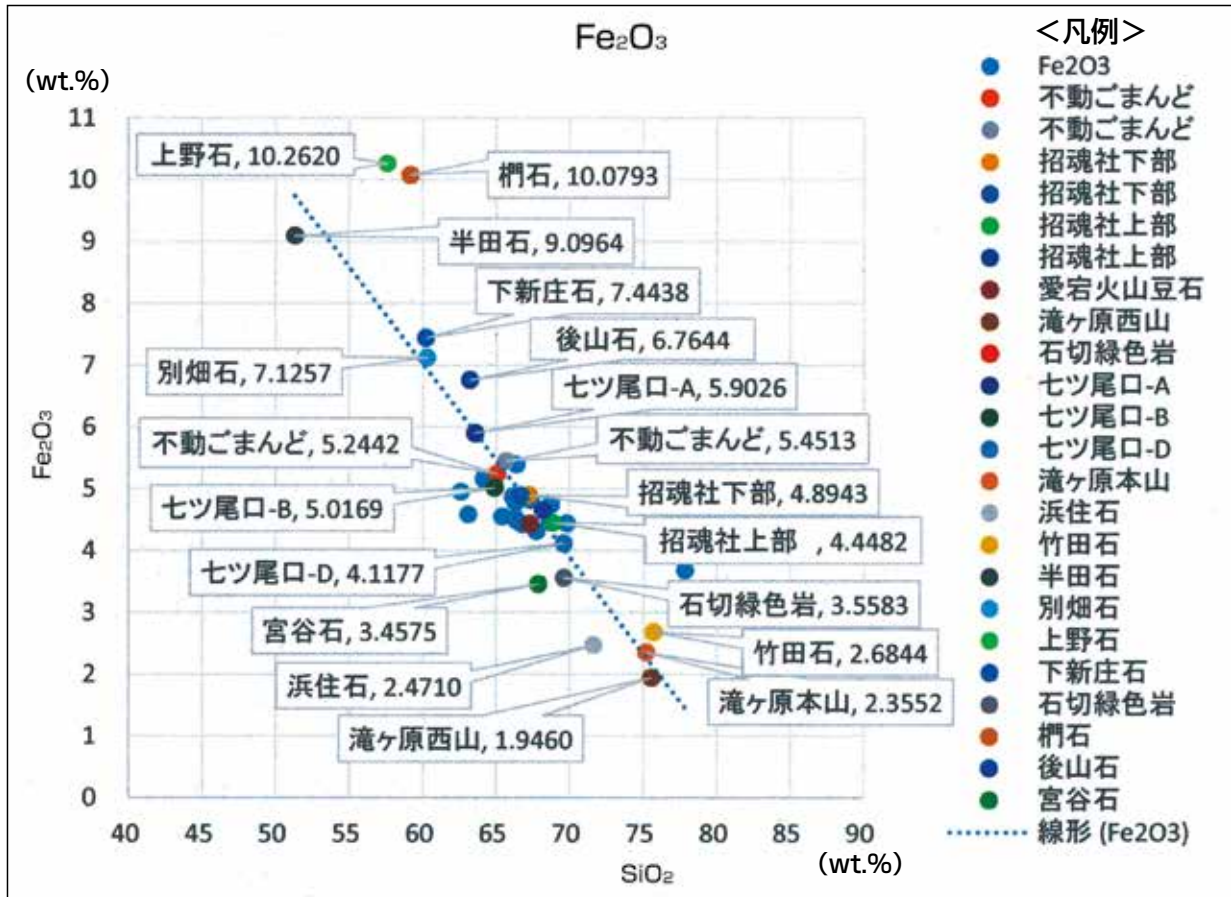


図3：表1、表2の全試料のSiO₂変化図