

鹿島-満願寺断層に伴う花崗岩起源の赤色カタクレーサイト

横山幸子¹，大塚 勉²

¹ 信州大学大学院工学系研究科，² 信州大学全学教育機構

Red cataclasite from granite in Kashima-Manganji Fault,
Nagano Prefecture, central Japan

Sachiko Yokoyama¹ & Tsutomu Otsuka²

¹Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

²School of General Education, Shinshu University

キーワード：鹿島-満願寺断層，カタクレーサイト，断層破碎帯，熱水変質

Keywords：Kashima-manganji Fault, cataclasite, fracture zone, hydrothermal alteration

1. はじめに

鹿島-満願寺断層は、松本盆地西縁に沿って、長野県白馬村犬川から松本市梓川まで連続する断層である(平林, 1967; 加藤・佐藤, 1983)。断層地形がよく残されており、中北部では白亜紀花崗岩類を、南部では美濃帯中生界を変位させている。仁科ほか(1985)によれば鹿島-満願寺断層は延長28km、北北西-南南東走向を示し、西側隆起成分を持つ活断層である。しかし、活断層であることの直接的な証拠は示されておらず、これまで詳細な研究は行われていない。

今回、鹿島-満願寺断層の最もよく連続する鞍部地形がみられる大町市明沢において、カタクレーサイト帯および特徴的な脈状の断層岩が発見された。本研究では、明沢で見いだされた特徴的なカタクレーサイトについて、露頭スケールからマイクロスケールまで記載および粉末 X 線分析の結果報告を行う。

断層岩はその産状や形成過程から断層ガウジや断層角礫、カタクレーサイト、マイロナイト、シュードタキライトなどに区分されている(Sibson, 1977; 高木ほか, 1996 など)。しかし、近年ではこれらの分類では区分し難い粉碎型シュードタキライトや暗色脈といった断層岩も報告されている(林ほか, 1994; 狩野ほか, 2004; 森下ほか, 2006 など)。今回このようなタイプの断層岩が見いだされたので報告する。

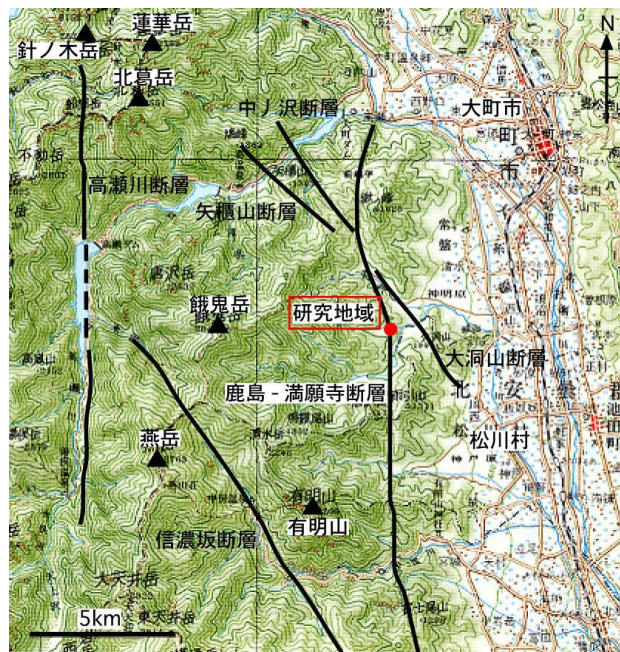


図-1. 研究地域の位置と周辺のおもな断層
20 万分の 1 地勢図「高山」に加筆

2. 地形・地質

研究地域は長野県大町市の南部、北アルプス餓鬼岳から松本盆地へ流入する乳川水系明沢の中流部である(図-1,2)。明沢の南北には、明沢と直交するように 5 つの分離小丘と鞍部がみられる。この鞍部の連続は鹿島-満願寺断層の活動によるものと考えられている(平林, 1967)。

研究地域北側の白沢・親沢合流点付近では、北西-南東走向を示す大洞山断層が鹿島-満願寺断層



図-2 研究地域周辺の地形と

断層のトレース

を切っていると考えられている(仁科ほか, 1985).

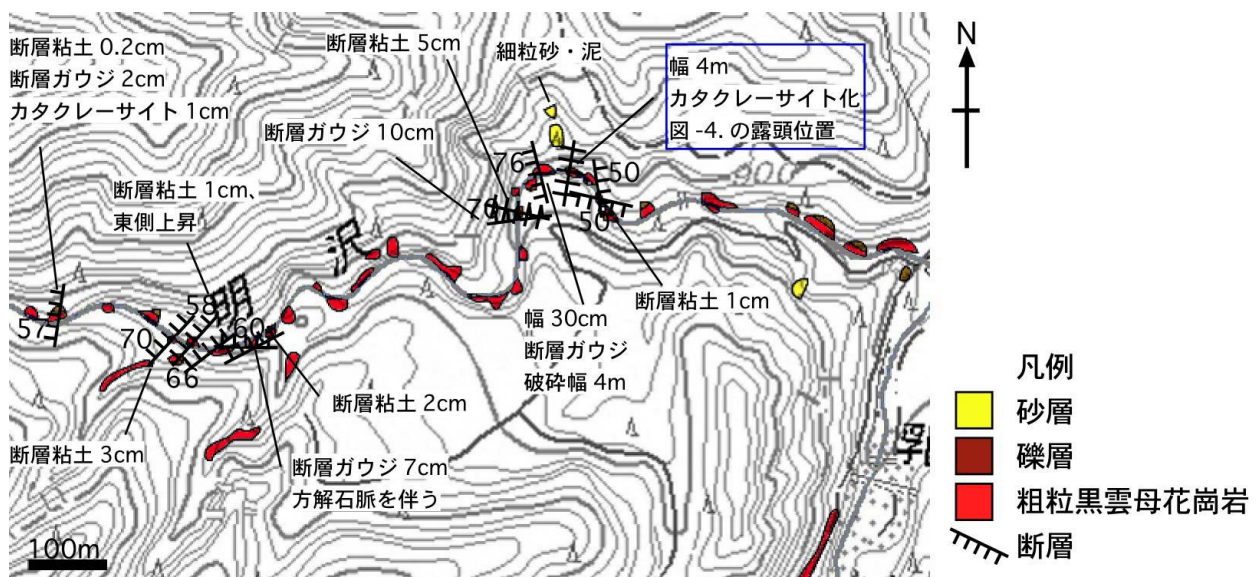
研究地域周辺には、白亜紀後期から古第三紀に貫入した有明 B 型花崗岩(加藤・佐藤,1983)と、それを不整合で覆う段丘堆積物および旧河床堆積物が分布している。有明 B 型花崗岩は一般に粗粒で塊状の黒雲母花崗岩であり、肉眼では桃色のカリ長石が特徴的である。加藤・佐藤(1983)によって、 $62.3 \pm 3.1\text{Ma}$ の K-Ar 年代が得られている。断層のトレース付近では、カタクレサイトや断層ガウジ化が顕著である。

3. 明沢で見いだされた断層岩

明沢と周囲の沢の断層鞍部付近では幅数 m～十数 m にわたって破碎されており、南北走向ないし北北西-南南東走向でほぼ垂直～高角度西落ちの断層が多数見いだされる(図-3.)。とくに明沢中流域では、ガウジ化を被っていないカタクレサイト帯が存在する。

3-1. メソスケールでの観察

明沢中流域では、河床に露出する花崗岩中に、幅 6m のカタクレサイト帯が見いだされる(図-4.)。カタクレサイトは塊状ないし一部で黒雲母が一定方向を向く片状組織を示す。カタクレサイトは一般に白色で、表面付近では風化により赤褐色を帯びることもある。カタクレサイト中に特徴的な暗赤褐色を呈する脈状の断層岩が存在する(図-5.)。ここでは、この脈を「赤色脈」、構成する岩石を「赤色岩」と呼ぶ。赤色脈の姿勢は、南-北走向で垂直である($N10^\circ E, 90^\circ$)。赤色脈と白色のカタクレサイトとの境界は明瞭で直線的であるが、一部に不明瞭で白色のカタクレサイトに漸移する部分もある(図-6.)。脈の厚さは最大 10cm で、平均 4cm である。一部に白色、青白色の部分もみられる。完全に固結しているが、ハンマーとの摩擦により傷がつく。細粒・緻密で、石英クラストを含む。肉眼で確認できる石英クラストは最大で 3mm 程度で、粒子の外形はやや丸みを帯びている。赤色脈は一般に塊状であるが、一部で葉片状組織がみられる。上方からの観察で



2万5千分の1地形図「大町南部」に加筆

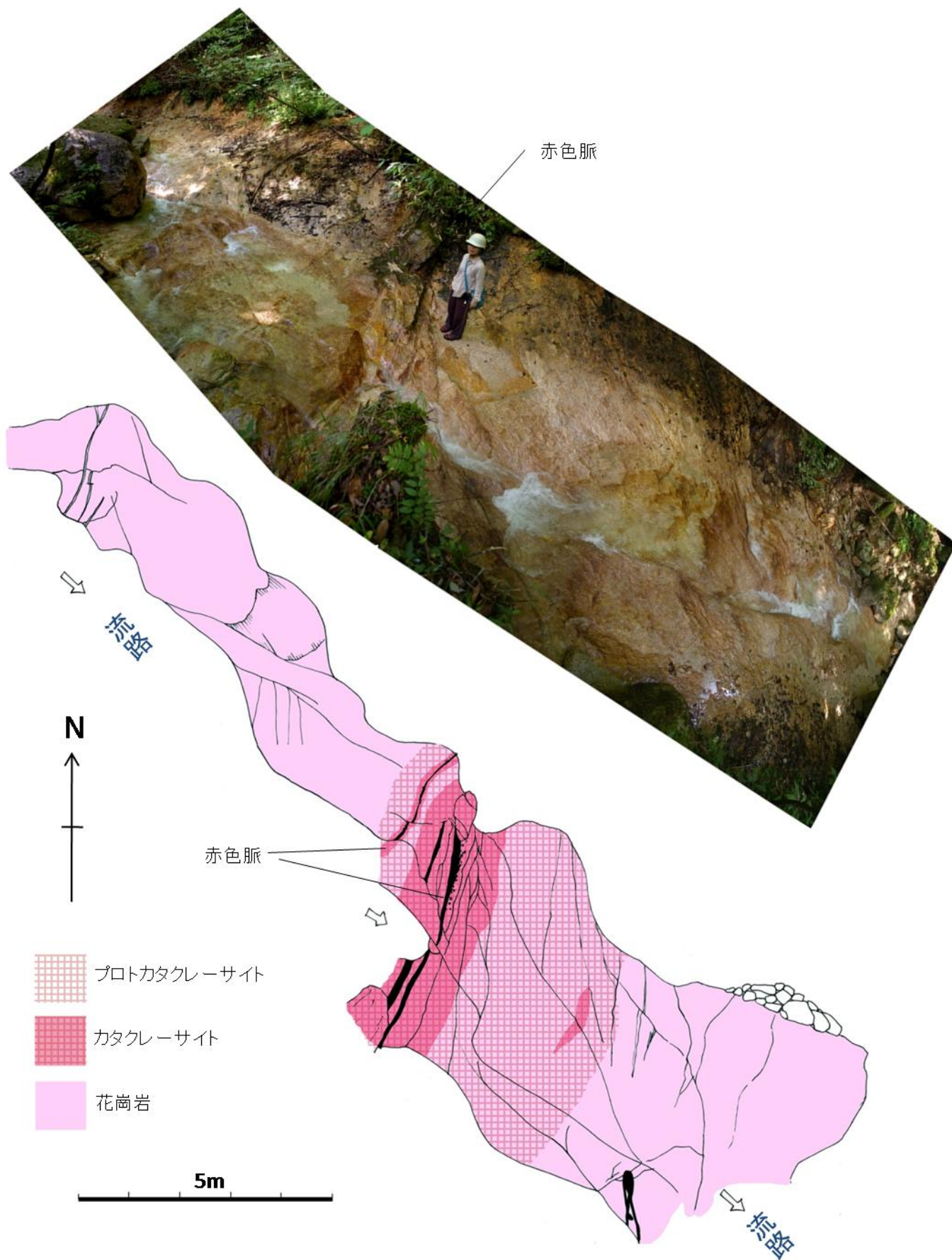


図-4 明沢におけるカタクレーサイト帯の露頭とスケッチ
写真とスケッチの範囲はほぼ同じ。



図-5. 赤色脈の露頭

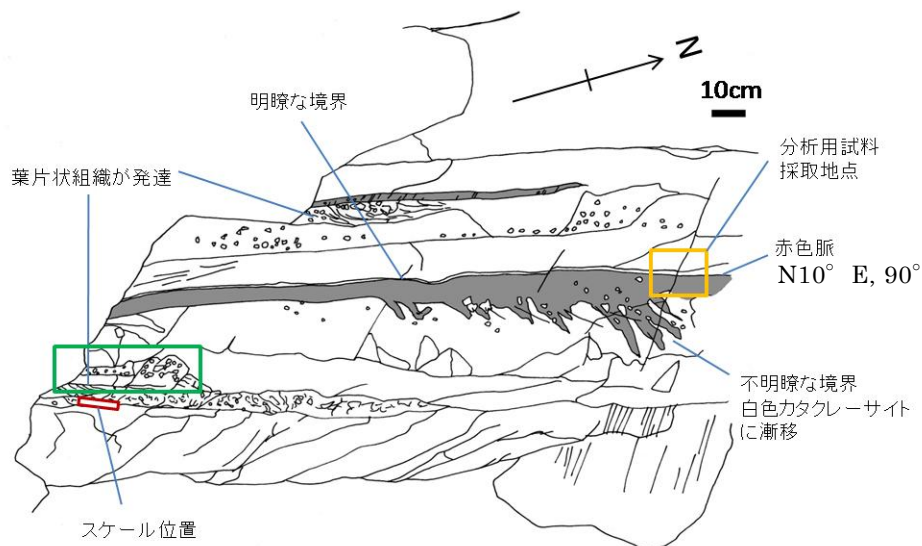


図-6. 露頭スケッチ

緑枠はサンプル採取位置

は左横ずれの剪断方向が読み取れる。

赤色岩の葉片状組織が発達する試料を採取して切断・研磨した(図-7)。赤色岩中の石英クラストおよびその周囲の黒雲母は一定方向に配列しており、主断層面にやや斜交する方向を示す。これは、Rutter *et al.*(1986)による複合面構造の P 面に相当し、左横ずれの剪断センスを示している。図-7.の右上部分(北西側)には、黒雲母・石英などがよく残されている白色カタクレーサイトが観察される。左下部分(南東側)の赤色岩および白色カタクレーサイトとの間には、破碎が著しく、鉍

物が微細な断片の集合体となり、有色鉍物がほとんど確認できない部分が存在する。これらを北西-南東方向の、左横ずれを示す小断層が切っている。

3-2. マイクロスケールでの観察

破碎を受けていない有明 B 型花崗岩は、主要構成鉍物として石英、カリ長石、斜長石、黒雲母を含む。石英は粗粒でほぼ長径 2.5mm 程度であるが、最大で 7mm に及ぶものも認められる。カリ長石はパーサイト構造が顕著に発達した径



図-7. 葉片状組織の発達するサンプル

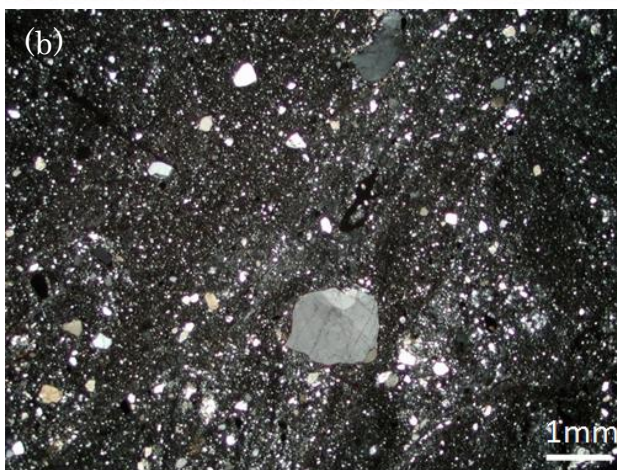
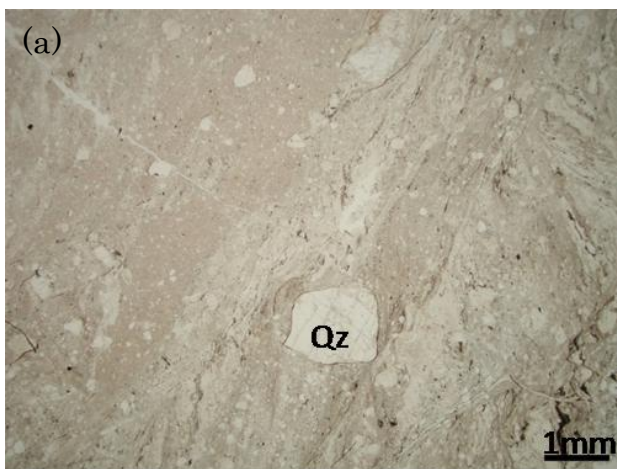


図-8. 赤色脈の偏光顕微鏡写真
(a)平行ニコル (b)直交ニコル Qz:石英

4mm~6mm の粗粒な結晶である。斜長石はほとんどが 1mm 程度の粒径で、鏡下ではアルバイト双晶がみられる。黒雲母は暗褐色～明褐色の多色性を示し、最大径 2mm である。

偏光顕微鏡下では赤色岩には、細粒で鉱物の同定が困難な基質部と石英のクラストが認められ

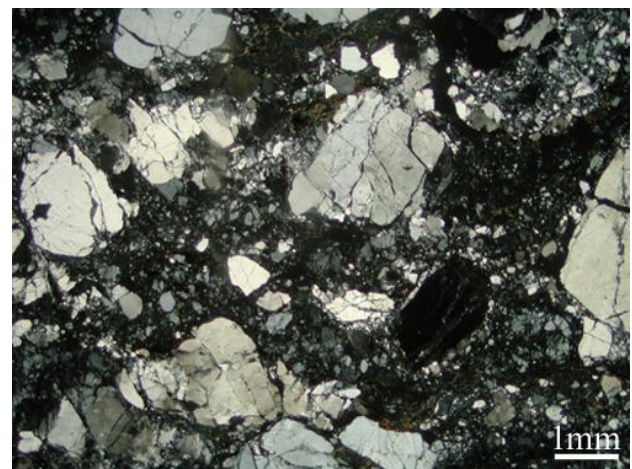


図-9. カタクレーサイトの偏光顕微鏡写真、直交ニコル

る(図-8.)。基質は総面積の約 90%を占める。オープンニコルでは、細粒基質部は透明に近い。基質は一部で色調の濃淡と褐色の鉱物による流動構造がみられるが、無構造であることも多い(図-8.)。石英のクラストは最大で 2mm 程度である。比較的大きな粒径の石英の周辺では、褐鉄鉱または針鉄鉱と推定される褐色の鉄鉱物が石英をとりまくように形成されている。石英のクラストは丸みを帯びており、波動消光が認められるものもある。一部で二次的に晶出したと考えられる、破碎された方解石が存在する。

二次電子線像(図-10.)では、クラストの粒子サイズは、長径 $1\mu\text{m}$ 以下から $100\mu\text{m}$ 以上まで多様である。クラストは丸いものと、周縁部が滑らかではなく角ばっているものが観察できる。画面上で凹凸が大きく見えるのは、軟質な基質が研磨の際に失われたためと考えられる。

一方、偏光顕微鏡下でのカタクレーサイトは、

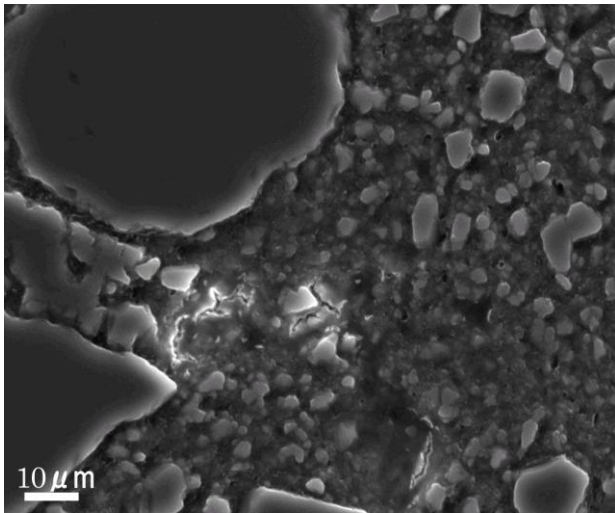


図-10. 赤色岩の二次電子線像

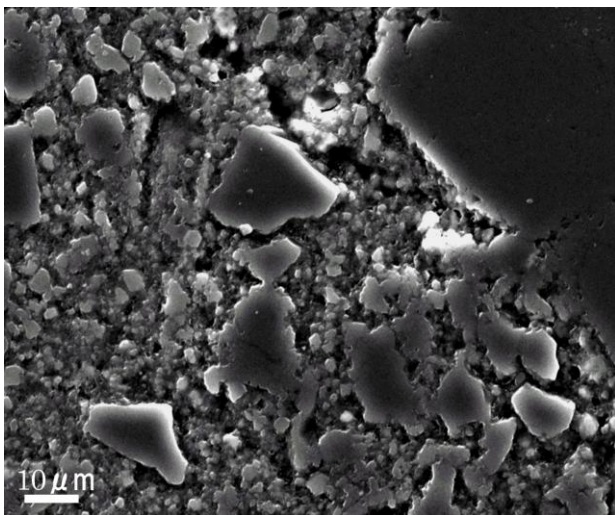


図-11. カタクレーサイトの二次電子線像

粒子が不規則に分布し、葉片状組織や動的再結晶の形跡は認められない(図-9.)。基質部分は同定の困難な極細粒の粒子によって構成される。基質部分の割合は赤色脈に比べてはるかに小さい。クラストは多くの場合断片化した石英やその集合体であり、非変形の花崗岩に多く含まれる長石類、黒雲母は、赤色岩に接近するにつれて見られなくなる。源岩の花崗岩には見られなかった白雲母・緑泥石・針鉄鉱が少量認められる。

二次電子線像(図-11)の観察では、長径数 $100\mu\text{m}$ ~ 数 mm の角ばった石英クラストと細粒な基質が見られる。クラストの平均粒径は赤色脈の平均粒径より大きい。クラストは、長径 $1\mu\text{m}$ 以下から数 mm まで多様なサイズを有する。

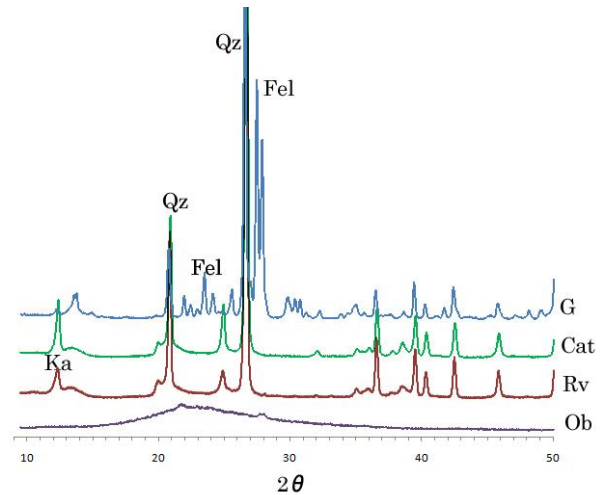


図-12. 粉末 X 線回折パターン

G:花崗岩, Cat:カタクレーサイト, Rv:赤色岩, Ob:黒曜石

3-3. 粉末 X 線分析

赤色岩に含まれる鉱物の同定およびガラスの有無を知るために粉末 X 線分析を行った。また、比較のため壁岩である赤色脈の直近のカタクレーサイト(以下このカタクレーサイトを壁岩カタクレーサイトと呼ぶ)、赤色脈の位置から 6m 離れた破碎を受けていない花崗岩、そして非晶質物質の存在を確認するための和田峠の黒曜石も同様に分析を行った。

分析には X 線回折装置(Rigaku GeigerflexRAD-III A)を用いた。回折条件は以下の通りである。ターゲット: $\text{CuK}\alpha$, グラファイトモノクロメーター使用, 電圧: 30kV , 電流: 40mA , 走査角度: 開始 50° 終了 10° , スキャン速度: $1^\circ/\text{分}$, 発散スリット: 1° , 散乱スリット: 1° 。

各資料の粉末 X 線回折パターンを図-12.に示す。母岩である破碎を受けていない花崗岩(G)は、 $2\theta = 27^\circ$ 付近と 21° 付近の石英のピーク、 $27^\circ \sim 28^\circ$ 付近と $22^\circ \sim 23^\circ$ 付近の長石類のピークが顕著に見られる。

壁岩カタクレーサイトの回折パターン(Cat)は、 27° 付近と 21° 付近の石英のピークが最も顕著に見られるが、花崗岩にはない 12° 付近と 25° 付近のカオリンの顕著なピークが現れる。花崗岩に顕著な長石類のピークは見られない。

赤色脈の回折パターン(Rv)にも、 27° 付近と 21° 付近の石英のピークが最も顕著に見られるが、 12° 付近と 25° 付近のカオリンのピークが認められる。これらの特徴は壁岩カタクレーサイトとほぼ同様の傾向を示す。

黒曜石(Ob)の場合には、 15° ~ 40° 付近のバックグラウンドに幅広のバンドが存在する。この幅広のバンドはガラスなどの非晶質物質の存在によって現れるものである。赤色脈にはこのような幅広のバンドは見られない。

4. 考察

メソスケール・マイクロスケールでの観察と粉末 X 線分析の結果をまとめると、明沢の赤色脈は以下のような特徴を持つ。

1. 細粒・緻密で母岩中に脈状をなす。
2. 周囲の岩石とは明瞭な境界で接する。
3. 基質中にガラスは存在しない。
4. 壁岩カタクレーサイトとほぼ同様の鉱物組成である。
5. 岩片は一見丸みを帯びて見えるが、充分拡大して観察すると角ばっているものもある。
6. 鉱物組成は大半が石英・カオリンからなる。
7. 溶融を示すような急冷構造やスフェルライトは確認できない。

もし赤色脈がシュードタキライトであるならば、急冷組織が確認できなくとも、岩片は融食により丸みを帯びていることが期待される。しかし、二次電子線像では、丸みを帯びたクラストとともに角ばったクラストが観察された。さらに粉末 X 線分析では、赤色岩中にはガラスのような非晶質物質は検出されなかった。そのため赤色脈は溶融起源のシュードタキライトである可能性は低い。断片化したクラストから断層岩であることは確実であるため、高木・小林(1996)の区分に従うと、赤色脈はウルトラカタクレーサイトに分類される。

赤色岩にはカオリンが多量に含まれ、壁岩カタクレーサイトの基質にはカオリンや少量の針鉄鉱、白雲母、緑泥石が存在する。こうした鉱物は母岩である有明 B 型花崗岩と異なっている。これは、中野ほか(2006)で示された熱水変質を被った花崗岩と同様の鉱物組成である。そのため、赤色脈と壁岩カタクレーサイトはともに熱水変質作用を受けているものと考えられる。この鉱物組成の変化は、熱水変質作用で有明 B 型花崗岩に含まれる長石類と有色鉱物がカオリンおよび針鉄鉱、白雲母に変化したためと考えられる。また、こうした変質はカタクレーサイト帯に限って観察でき、数 m 離れた非変形の花崗岩の露頭では見ら

れない。そのため、熱水変質が断層の活動と同時もしくはその後に破碎帯に沿って生じた可能性が高い。

赤色脈が後から断層の割れ目に沿って注入した粘土脈であるという可能性もあげられる。しかし、直近の壁岩カタクレーサイトも同様の鉱物組成を示すことと、周囲のカタクレーサイトが未破碎の花崗岩に漸移していることなどから、赤色脈が後から注入されて形成されたとは考えにくい。

鹿島・満願寺断層は、地形的な特徴をよく残すことから、活断層であるとされている。それに伴う断層ガウジも報告されており(平林,1984)、本研究地域でも、幅 4m にわたる断層ガウジを伴う破碎帯が見いだされた。しかし、今回見いだされたカタクレーサイト帯は完全に固結しており、明らかに断層ガウジとは異なっている。カタクレーサイトの形成場は一般に断層ガウジが形成される深度より深い(Scholz,1988; Passchier&Trouw,1996 など)。鹿島・満願寺断層の活動はカタクレーサイトの形成される深部(地下数 km~10km 程度)まで及んでいた。そして、隆起・上昇を受けて現在の位置に露出している。

5. まとめ

- 1)研究地域には、有明 B 型花崗岩が分布し、未固結断層岩およびカタクレーサイトを伴う断層によって破碎されている。
- 2)鹿島・満願寺断層は、左横ずれの運動センスを持ち、活動領域はカタクレーサイトの形成される深度まで及ぶ。
- 3)赤色脈は細粒・緻密なウルトラカタクレーサイトで、周囲のカタクレーサイトとともに熱水変質を受けている。

謝辞

本研究を行うにあたって、信州大学理学部の牧野州明准教授、同津金達郎氏および柏原秀雄氏には、薄片制作、電子顕微鏡および回折計による分析に関してご指導たまわった。また信州大学理学部地質科学科の層位・構造談話会のメンバーの方々には、フィールドに同行していただき、また多くのご助言を頂いた。以上の方々に、心より感謝申し上げる。

文献

- 1)平林照雄,1967,糸魚川・静岡線北部地域の地質

- 構造.長野県教育センター紀要,第1号,51-75.
- 2)平林照雄,1984,大町市史第1巻自然環境.3-332,大町市史編纂委員会.
- 3)狩野謙一・林愛明・福井亜希子・田中秀人,2004,糸魚川―静岡構造線活断層系,下田井断層に伴う粉碎起源のシュードタキライト.地質学雑誌,110,12,779~790.
- 4)加藤碩一・佐藤岱生,1983,5万分の1図幅「金沢」(10)第38号信濃池田地域の地質.地質調査所,93.
- 5)林愛明・松田時彦・嶋本利彦,1994,長野県飯田―松川断層沿いに産出するシュードタキライト:粉碎起源のシュードタキライト?.構造地質,第39号,51~64.
- 6)林愛明・嶋本利彦,1994,実験的に形成されたシュードタキライトの化学組成.構造地質,第39号,85~101.
- 7)森下知晃・荒井章司・脇元理恵・水田敏夫・石山大三・佐藤比奈子・梅香賢・藤沢亜希子・盛一慎吾・大世古光弘・森尚仁・山崎まゆ・山本真也,2006,石川県南部地域の第三紀流紋岩(医王山累層)中に産する暗色珪質脈の岩石学的特徴.地質学雑誌,112,4,273-283.
- 8)中野聰志・吉見典浩・富田克敏,2006,滋賀県田上花崗岩体の熱水変質.滋賀大学教育学部紀要・自然科学,No.56,pp35-49
- 9)仁科良夫・松島信幸・赤羽貞幸・小坂共栄,1985,長野県の活断層―活断層分布図と資料―.信州大学理学部紀要,Vol.20,No2.
- 10)Passchier,C.W.& Trouw,R.A.J.,1999,*Microtectonics*.Springer-Verlag,Berlin/Heidelberg,289p.
- 11)Rutter,F.H.,Maddock,R.H.,Hall,S.H. and White,S.H.,1986,Comparative microstructures of natural and experimentally produced clay-bearing fault gouges.*PAGEOPH*,124,3-30.
- 12)Scholz,C.H.,1988,The brittle-plastic transition and the depth of seismic faulting.*Geol.Rundsch.*,77,319-328.
- 13)Sibson,R.H.,1997,Fault rocks and fault mechanisms.*Jour.Geol.Soc.Lond.*,133,191-213
- 14)高木秀雄・小林健太,1996,断層ガウジとマイロナイトの複合面構造-その比較組織学.地質学雑誌,102,3,170~179.
- (原稿受付 2009.3.3)