

那珂川上流，五ヶ山地域の白亜紀花崗岩類に発達する断裂系

柚原 雅樹*・宇藤 千恵*・小路 泰之*・川野 良信**

(平成17年11月30日受理)

Fracture System in Cretaceous Granitic Rocks in the Gokayama Area,
Upper Reach of the Naka River, Fukuoka Prefecture

Masaki YUHARA*, Chie UTO*, Yasuyuki SHOJI* and Yoshinobu KAWANO**

(Received November 30, 2005)

Abstract

There are various fractures around the Itayatoge Fault System in the Gokayama area. The Itayatoge Fault System is NW-SE fault with fault gouge, and cut by NNE-SSW fault in this area. The minor fractures in this area are divided into four groups: minor fault with green fault rock (green minor fault), microcrack, joint, and minor fault with fault gouge. The formation history of the minor fracture system is divided into two stages. The green minor fault was formed at first stage. At early second stage, the microcrack was formed. The joint and minor fault with fault gouge were formed at latter second stage. A hydrothermal activity, which formed gold ore deposits and zeolite veins, took place in the second stage. The second stage corresponds to activity of the Itayatoge Fault System.

Key words: Fracture system, Cretaceous granitic rocks, Itayatoge Fault System, Gokayama area.

はじめに

福岡県那珂川上流の五ヶ山地域ならびにその周辺地域には白亜紀花崗岩類が広く分布し (Fig. 1; 唐木田, 1985; 久保ほか, 1993; 川野・柚原, 2005など), それらを切って北西-南東走向の板谷峠断層系が存在する (九州活構造研究会, 1989; 久保ほか, 1993). 九州活構造研究会 (1989) は, この断層系を確実度Ⅱ~Ⅲの活断層であるとしている. このような地質図規

模の断層の周辺には, その活動に伴う様々な変形構造が形成されており, それらの解析により断層の活動史を解明することが可能である (佐古・柚原, 2004など). また, そのような断裂を通路とした熱水活動は, 北部九州の白亜紀花崗岩体内で起こっている (柚原ほか, 2003, 2004, 2005a, 2005b; 佐古・柚原, 2004). 本地域においても, 様々な断裂が発達しており, 柚原・祐徳 (2005) は, その断裂が金鉱床を形成するような熱水の通路となった可能性を指摘した.

* 福岡大学理学部地球圏科学科, 〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1
Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

** 佐賀大学文化教育学部環境基礎講座, 〒840-8502 佐賀市本庄1
Faculty of Culture and Education, Saga University, Honjo 1, Saga 840-8502, Japan

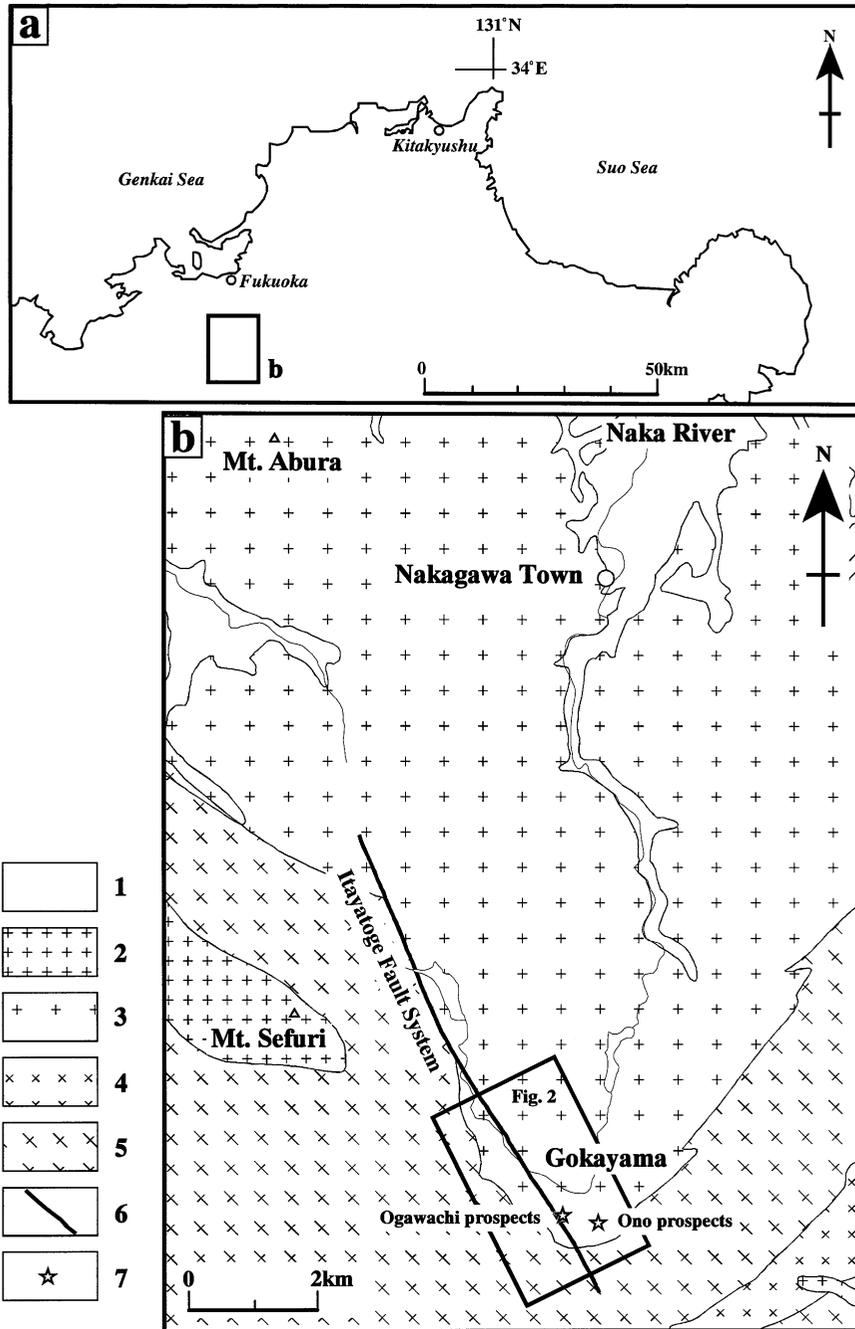


Fig. 1. Geological map of the around area of Nakagawa Town, Fukuoka Prefecture. a: location of Nakagawa Town, b: geological map of the around area of Nakagawa Town (modified from Kubo et al., 1993) and location of the Gokayama area and the gold prospects.
1: Quaternary system, 2: Saga Granite, 3: Sawara Granite, 4: Fukae Granite, 5: Itoshima Granodiorite, 6: fault, 7: gold prospects.

したがって、本地域における断層系の発達史の解析は、板谷峠断層系の活動史だけでなく、熱水活動を考える上でも重要であると考えられる。本報告では、板谷峠断層系周辺の白亜紀花崗岩類に発達する断層の種類、切断関係を報告し、板谷峠断層系を含めた断層系の形成史の解析を行う。

地質概説

五ヶ山地域周辺には、白亜紀花崗岩類が分布する (Fig.1; 久保ほか, 1993)。白亜紀花崗岩類は糸島花崗閃緑岩, 深江花崗岩, 早良花崗岩, 佐賀花崗岩に分類される (久保ほか, 1993)。那珂川上流部には, NW-SE 方向の長さ約 8 km の板谷峠断層系が分布し, 糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩の境界となっているが, 断層南側では両者の境界にずれを生じさせている。

糸島花崗閃緑岩は, 粗~中粒の片状普通角閃石黒雲母トータル岩~石英閃緑岩で, 花崗閃緑岩を伴う (唐木田ほか, 1994)。本花崗閃緑岩は, 結晶質石灰岩, 角閃岩, 泥質~マフィック

片岩の小規模なレンズ状岩体を包含する (Fig. 2; 川野・柚原, 2005)。本花崗閃緑岩について, $116 \pm 17\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代, $93.4 \pm 0.5\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代が報告されている (大和田ほか, 1999)。

深江花崗岩は, 調査地域の西方に小規模に分布する細~中粒の黒雲母石英閃緑岩~花崗岩である (唐木田, 1985)。本岩は, 糸島花崗閃緑岩に密接に伴った小岩体として産する (唐木田, 1985)。本花崗岩について, $86.7 \pm 2.2\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代が報告されている (大和田ほか, 1999)。

早良花崗岩は糸島花崗閃緑岩に貫入し, 粗粒岩相 (主岩相) と細粒岩相に分けられる (唐木田ほか, 1994)。前者は, 岩体の主部を構成しており, 後者は主に岩体の周縁部に分布する。両者は, 漸移関係にある場合や, 細粒岩相が岩脈として主岩相を貫く場合がある (唐木田ほか, 1994)。本調査地域では, 細粒岩相は糸島花崗閃緑岩との境界部に幅約 500m にわたり分布しており (Fig. 2; 川野・柚原, 2005), 主岩相を貫く産状も認められる。主岩相は, 粗粒斑状黒

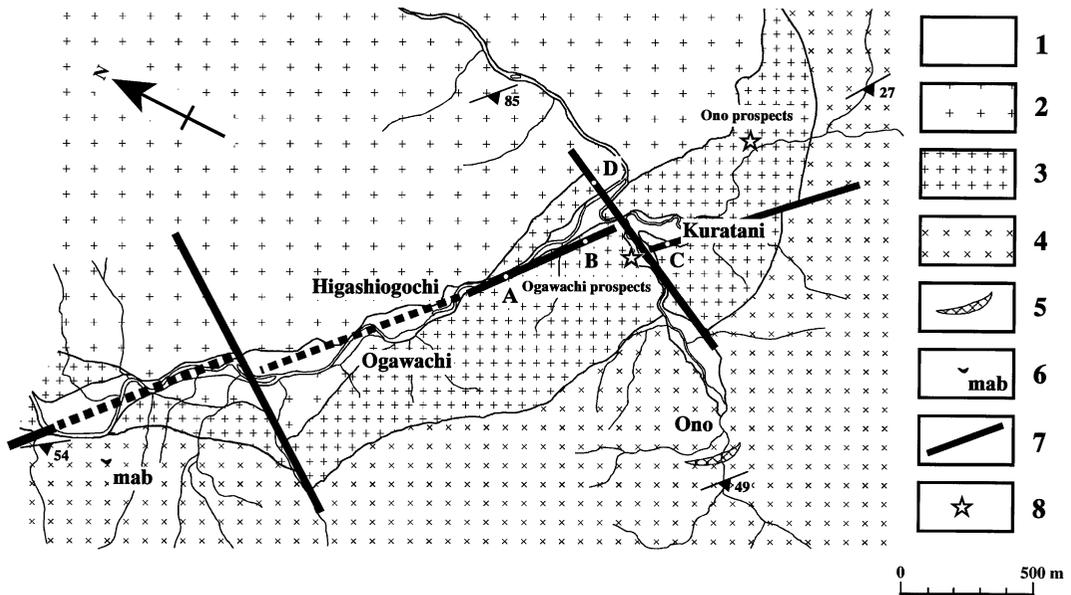


Fig. 2. Geological map of the Gokayama area (modified from Kawano and Yuhara, 2005). 1: Quaternary system, 2: Main facies of the Sawara Granite, 3: Fine-grained facies of the Sawara Granite, 4: Itoshima Granodiorite, 5: Amphibolite, 6: Marble, 7: fault, 8: gold prospects.

雲母花崗岩～花崗閃緑岩で、一般的に塊状であるが、弱い面構造が発達する場合もある。斑晶のカリ長石は最大数 cm に達する。細粒岩相は、細粒～中粒塊状黒雲母花崗岩～花崗閃緑岩である。本花崗岩については、 114 ± 11 Ma の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代、 105.2 ± 2.3 Ma の Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代が報告されている (大和田ほか, 1999)。

佐賀花崗岩は、背振山山頂周辺に分布する細粒塊状の両雲母花崗岩～黒雲母花崗岩で、糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩に貫入する (唐木田ほか, 1994)。本花崗岩について、 87.9 ± 18.2 Ma の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代、 82.6 ± 0.7 Ma の Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代が報告されている (大和田ほか, 1999)。

これらを、細礫～巨礫を含む砂礫からなる第四紀の河川堆積物が覆う。

断裂系の記載

本地域には地質図規模の断層 (Fig. 2) と露头規模の様々な小断裂が認められる。

地質図規模の断層

これらの断層は、板谷峠断層系に相当すると考えられ、大きく NW-SE 方向と NNE-SSW 方向の 2 方向のグループに分けられる。前者は 4 カ所で確認しており、後者は 2 カ所でその位置を確認している (Fig. 2)。そのうち小川内南東の A 地点では、断層の姿勢は $N53^{\circ}W/83^{\circ}SW$ で、幅約 2m のカタクレーサイトからなる破碎帯を伴う (Fig. 3a)。さらに南東の B 地点では、 $N31^{\circ}W/82^{\circ}W$ で、2 枚の厚さ 1～15cm の断層ガウジを伴う (Figs. 3b, c)。この断層は、周囲に発達する小断裂を切っている。さらに、この 10m 西側には厚さ 1～5 cm の断層ガウジを伴う断層 ($N13^{\circ}W/90^{\circ}$) が認められる (Fig. 3b)。これら 3 本の断層の周囲はカタクレーサイト化した白色変質花崗閃緑岩 (柚原・祐徳, 2005) であるが、その範囲を確定するには至らなかった。倉谷の C 地点では、断層の方向は $N42^{\circ}W/83^{\circ}NE$ で、厚さ 20cm の断層ガウジを伴う (Fig. 3d)。さらに幅 1m 以上のカ

タクレーサイトからなる破碎帯を伴う。破碎されているのは白色変質花崗閃緑岩である。東小川内南東の D 地点では、NNE-SSW 方向の断層が認められる。断層の姿勢は $N27^{\circ}E/87^{\circ}E$ で、厚さ最大 3 cm の断層ガウジを伴う (Fig. 3e)。断層の西側最大 30cm と東側最大 40 cm は、白色変質花崗閃緑岩からなる。

両グループの断層の直接的な関係は確認できていないが、D 地点近傍において、NNE-SSW 方向の断層ガウジを伴う小断層が、NW-SE 方向の断層ガウジを伴う小断層を右ずれで最大 1 cm ずらしていること (Fig. 3f)、小川内北西において、NNE-SSW 方向の断層の延長方向で糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩細粒岩相の境界にずれが生じていること (Fig. 2) から、NNE-SSW 方向の断層が NW-SE 方向の断層を寸断する右横ずれの断層であると考えられる (Fig. 2)。

露头規模の小断裂

調査地域に発達する小断裂は、緑色小断層、マイクロクラック、節理、断層ガウジを伴う小断層に区分される。緑色小断層は調査地域南東部の倉谷周辺に分布が限られ、マイクロクラックの大部分は地質図規模の断層の周辺に分布する (Fig. 4a) が、節理と断層ガウジを伴う小断層は調査地域全域にわたって分布する (Fig. 4b)。これらの断裂の方向は、E-W \sim $N78^{\circ}W/90^{\circ}\sim 80^{\circ}N$ (E-W 系)、 $N19^{\circ}E\sim N6^{\circ}W/85^{\circ}E\sim 79^{\circ}W$ (NNE 系)、および $N51^{\circ}W/53^{\circ}SW$ 、 $N72^{\circ}W/54^{\circ}N$ 、 $N44^{\circ}W/87^{\circ}SW$ (NW 系) に集中域を持つ (Fig. 5)。このうち、 $N19^{\circ}E\sim N6^{\circ}W$ 走向の NNE 系小断裂は NNE-SSW 方向の断層に、 $N44^{\circ}\sim 72^{\circ}W$ 走向の NW 系小断裂は NW-SE 方向の断層とほぼ平行である。

緑色小断層

緑色小断層 (Fig. 6a) は、厚さ 5 cm 以下の緑レン石、緑泥石、源岩の残存鉱物と考えられる石英、斜長石、カリ長石からなる緑色の断層岩を伴う (Fig. 7a)。緑色小断層は分岐している場合もあり、マイクロクラックや断層ガウジを伴う小断層によって切られる (Figs. 6b, 7b)。本小断層には、走向が $N20^{\circ}E$ のものと、E-

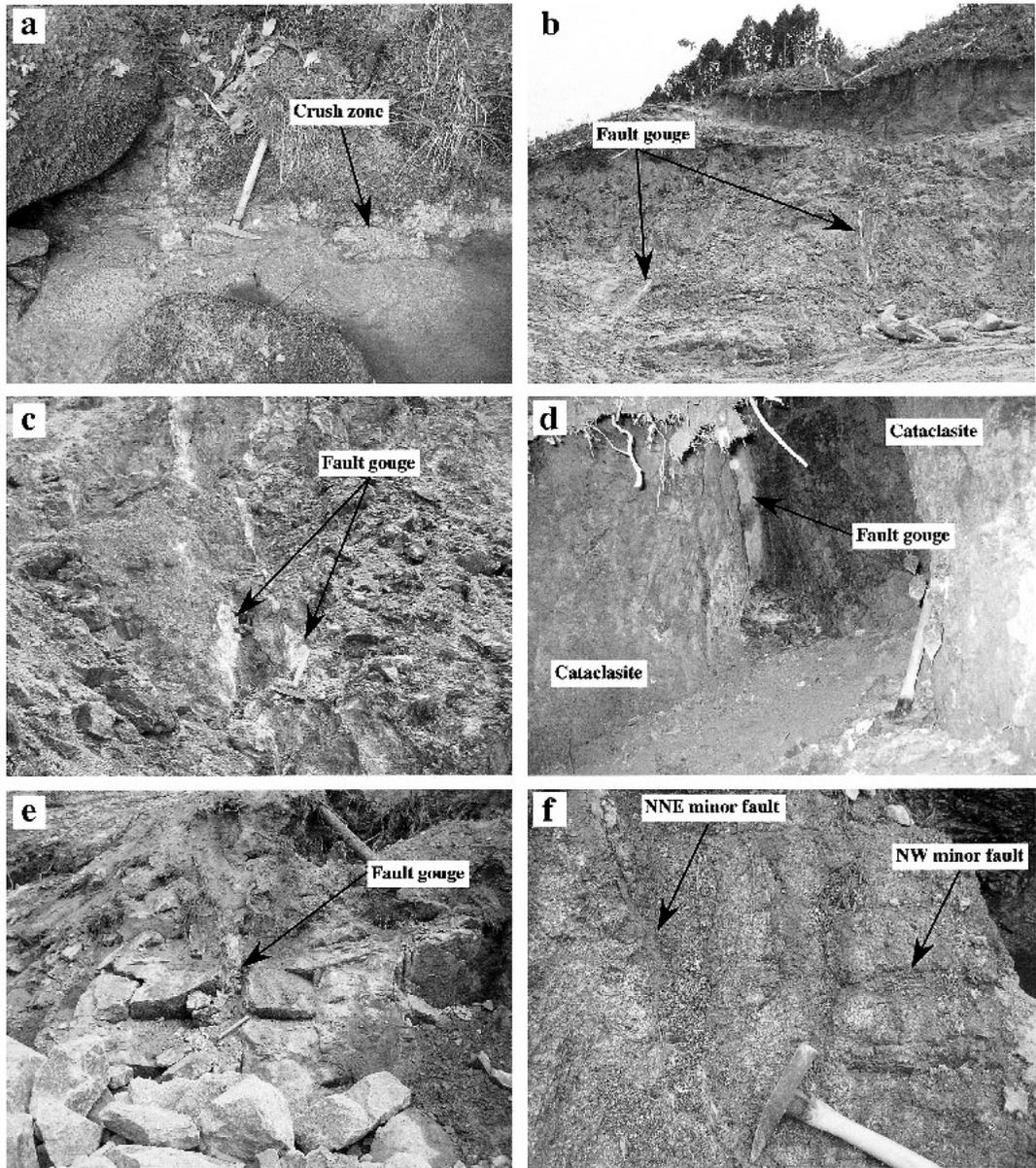


Fig. 3. Photographs of map-scale fault. a: crush zone of NW-SE fault at point A, b: NW-SE faults at point B, c: magnification of faults at point B, d: NW-SE fault at point C, e: NNE-SSW fault at point D, f: NNE minor fault cutting NW minor fault.

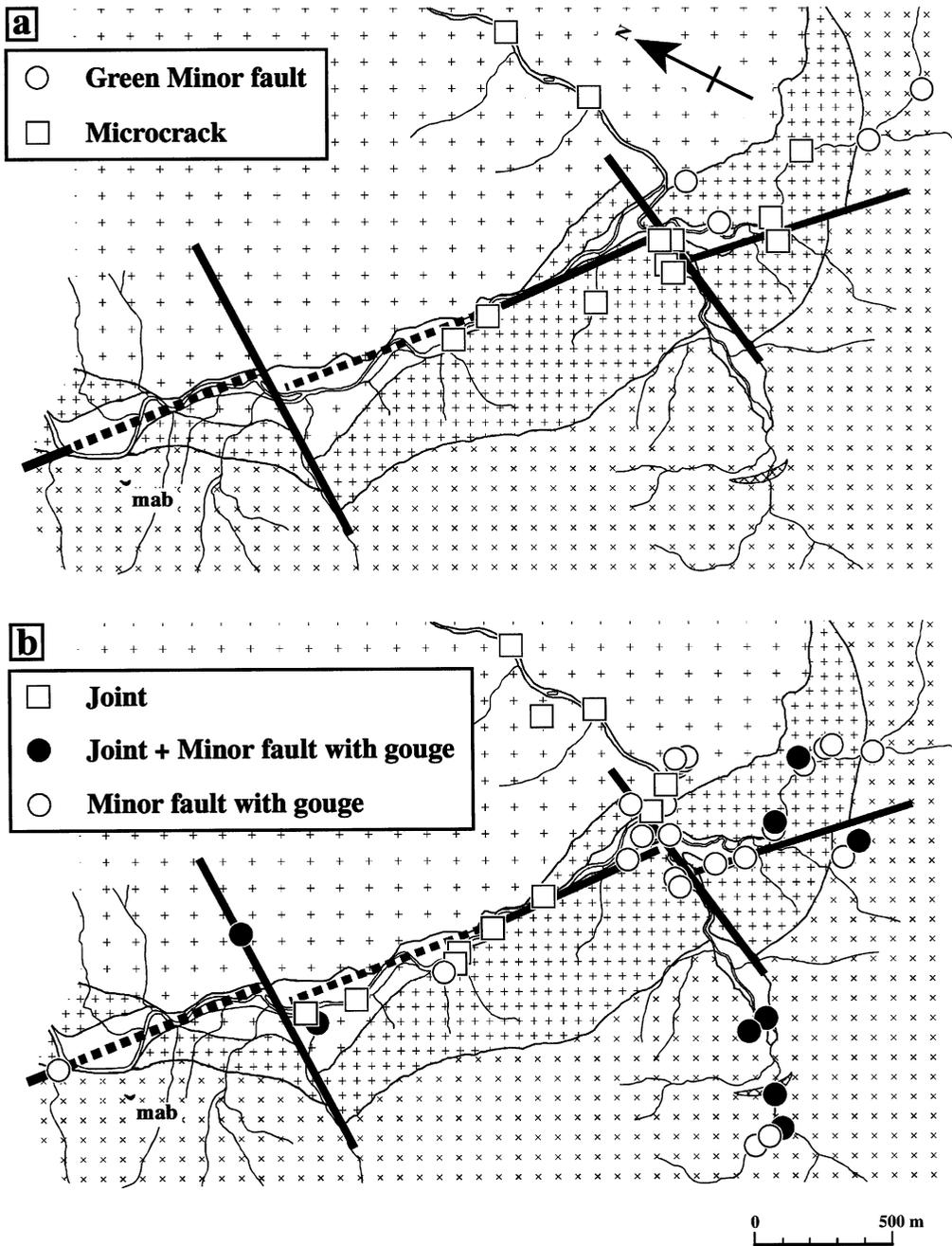


Fig. 4. Distribution of minor fractures.
a : green minor fault and microcrack, b : joint and minor fault with fault gouge.
Legend is the same as that in Figure 2.

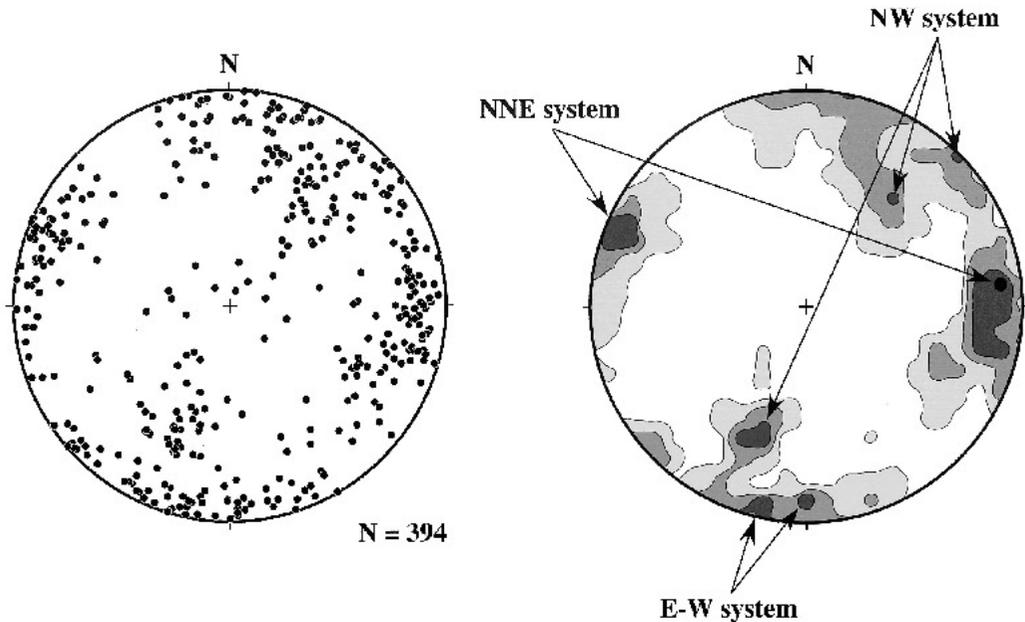


Fig. 5. Attitudes of minor fractures and contour diagram. Equal area and lower hemisphere projection. Contours indicate 1, 2, 3 and 4%.

W方向のものがある (Fig. 8)。前者は高角なもの、後者は中角なものが多い。また、条線の方向は2つしか測定できていないが、E-W方向の緑色小断層で $28^{\circ}/N84^{\circ}E$ と $8^{\circ}/S66^{\circ}E$ である (Fig. 9)。

マイクロクラック

マイクロクラックは、石英、斜長石、カリ長石を破断し (Figs. 7b, c)、最長1.5cm程度の長さを持つ。一部開口し赤鉄鉱に充填される場合もある (Fig. 7b)。マイクロクラックは緑色小断層を切る (Fig. 7b)。マイクロクラックと平行に発達する節理や断層ガウジを伴う小断層が認められる (Fig. 6c)。マイクロクラックの走向は、WNW-ESE方向で、傾斜は高角なものが多い (Fig. 8)。

節理

節理は、2~100cm間隔で発達し、一部開口している場合がある (Figs. 6c, d)。断層ガウジを伴う小断層に切られる (Fig. 6d)。この節理の姿勢は、前述のE-W系、NNE系、NW系に相当する領域に集中域を持つ (Fig. 8)。

断層ガウジを伴う小断層

断層ガウジを伴う小断層は、2~200cm間隔で発達し (Fig. 6e)、厚さ4cm以下で源岩の残存鉱物である石英、斜長石、カリ長石と粘土鉱物を含む白色の断層ガウジを伴う。NNE走向の小断層 (NNE系) には、濁沸石が伴われる場合がある (Figs. 6d, f)。緑色小断層、節理を切り、断層ガウジを伴う小断層に切られる (Fig. 6d)。断層ガウジが赤褐色化している場合があり、この場合、方向の異なる白色のガウジを切る。大野探鉱跡では、白色変質花崗閃緑岩を切る (Fig. 6g)。この小断層の姿勢は、前述のE-W系、NNE系、NW系に相当する領域に集中域を持つ (Fig. 8)。NNE系小断層がNW系小断層を切る場合と、NW系小断層がNNE系小断層を切る場合がある (Figs. 3f, 6f, h, i)。さらにNW系小断層がE-W系小断層を切る場合もある (Fig. 6j)。水平隔離は最大6cmである。NW系小断層は、8cm以下の破碎帯を伴う場合がある。破碎帯が沸石脈を伴うNNE系小断層を切る場合もある (Fig. 6k)。また、

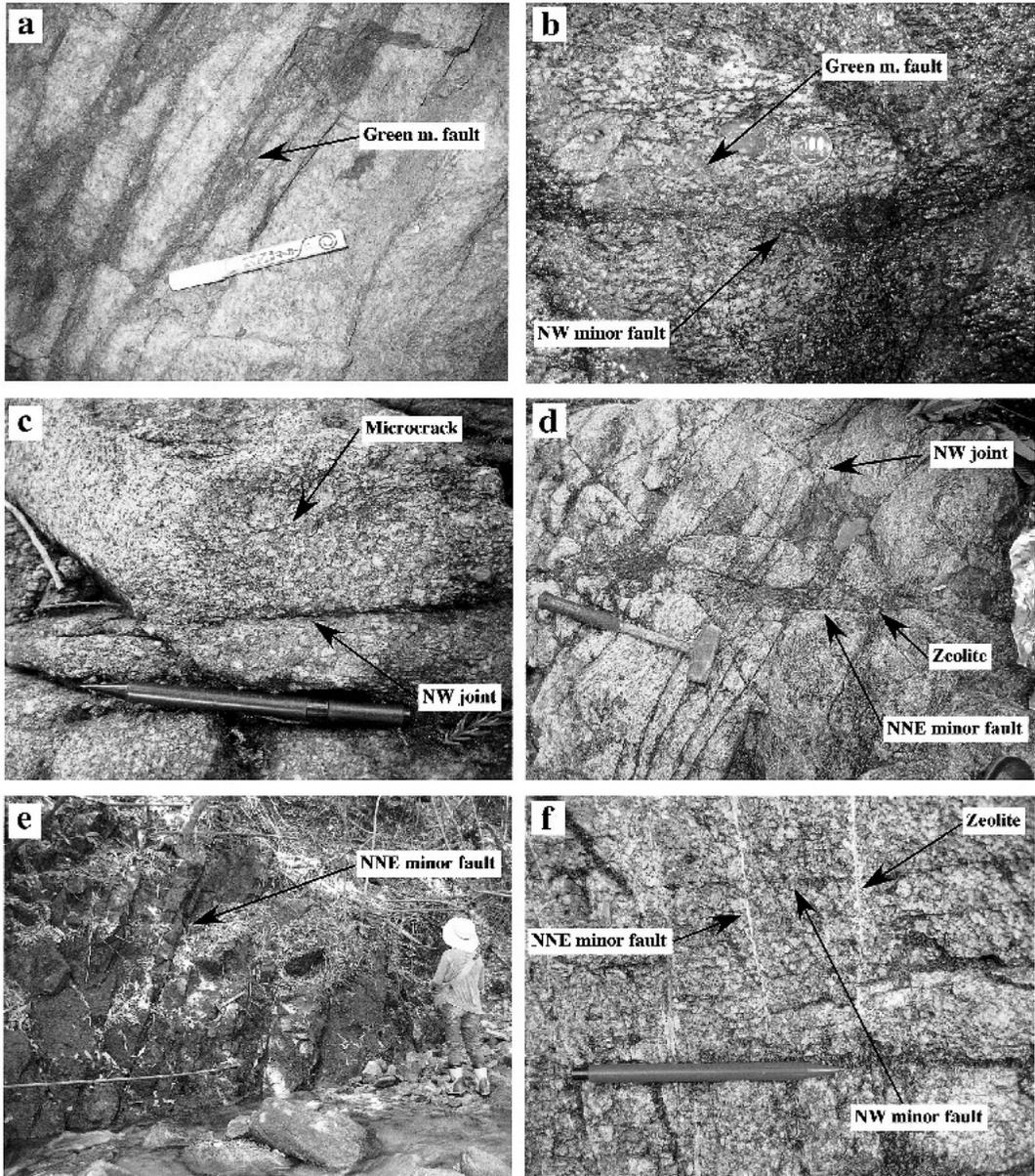


Fig. 6. Photographs of minor fractures.
a: green minor fault, b: NW minor fault with gouge cutting green minor fault, c: microcrack paralleling NW joint, d: NNE minor fault with zeolite vein cutting NW joint, e: NNE minor fault, f: NNE minor fault with zeolite vein cutting NW minor fault.

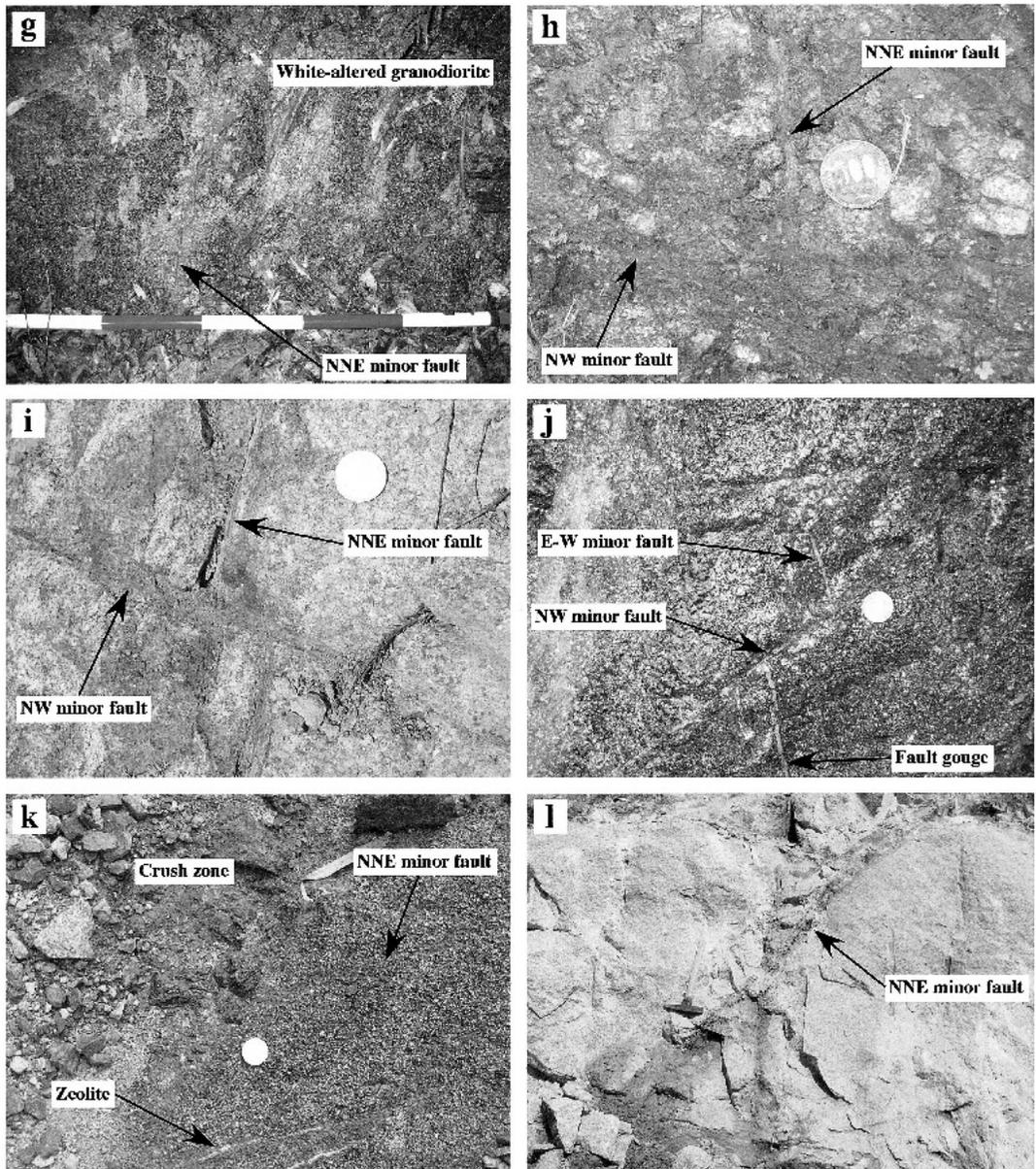


Fig. 6. (continued)

g: NNE minor fault cutting white-altered granodiorite at the Ono gold prospects, h: NNE minor fault cutting NW minor fault, i: NW minor fault cutting NNE minor fault, j: NW minor fault cutting E-W minor fault, k: crush zone cutting NNE minor fault with zeolite vein, l: NNE minor fault with brownish zone.

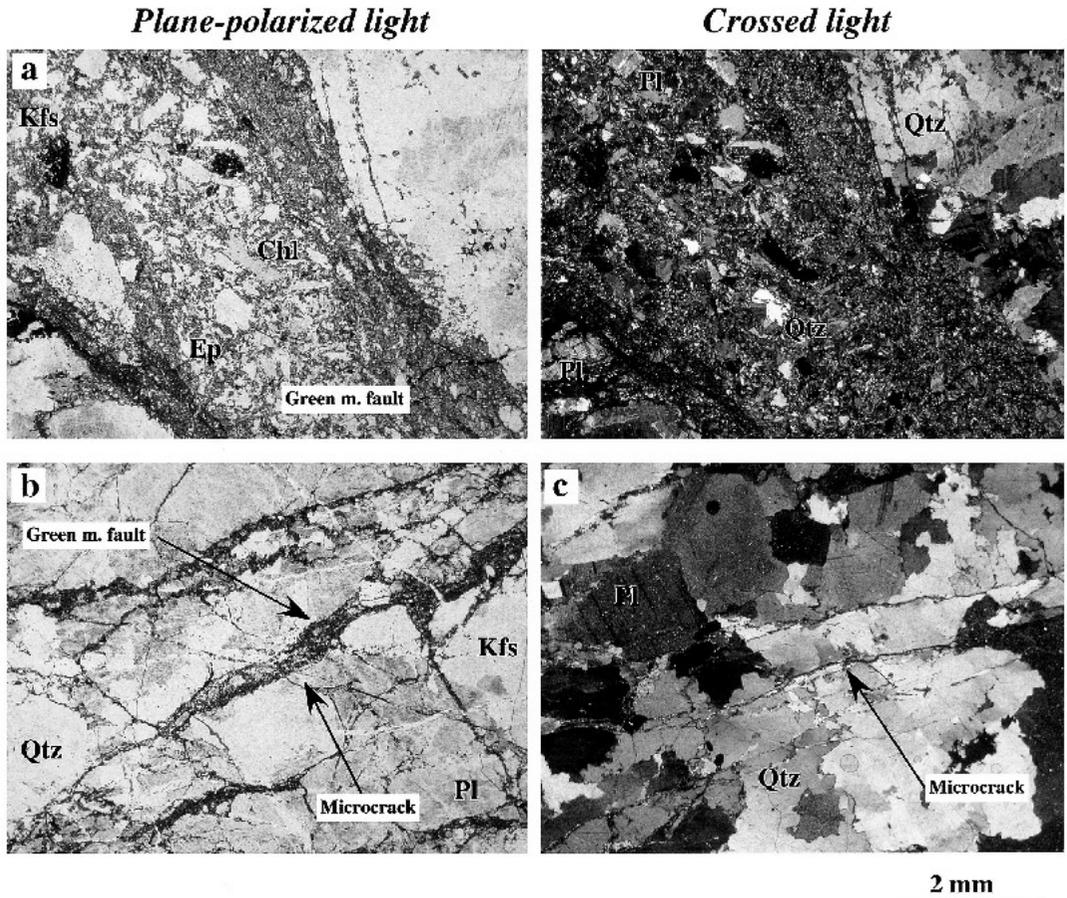


Fig. 7. Photomicrographs of fractures.
a: green minor fault, b: microcrack cutting green minor fault, c: microcrack.
Kfs: K-feldspar, Pl: plagioclase, Qtz: quartz, Ep: epidote, Chl: chlorite.

小断層に沿って周囲の岩石が赤褐色化している場合がある (Figs. 6i, l). 条線の方向は, NW系小断層でNW方向, E-W系小断層でSW方向, NNE系小断層でNE方向である (Fig. 9). いずれもプランジは低角である.

考 察

本地域に発達する小断層には明らかな切断関係が認められるため, 同時期に形成されたものではないと考えられる. そこで, 各小断層の切断関係から, 断層系の形成過程を解析した. その結果, 断層系の形成史は大きく2つのステー

ジに区分されることが判明した.

ステージ1では, 緑色小断層が形成される. この小断層は, 花崗岩類の構成鉱物の破壊を伴う剪断変形によって形成されたと考えられる. 2方向の緑色小断層が認められる. 剪断のセンスは不明であるが, E-W走向の緑色小断層では条線の方向がE~ESE方向であり, プランジ角が低角であることから, この緑色小断層は走向方向の水平に近い運動で形成された可能性が高い. これに対し, N20°E走向の緑色小断層は, E-W走向の緑色小断層の条線の方向とも直交することから, 別方向の剪断運動で形成された可能性がある. 緑色小断層形成に伴って,

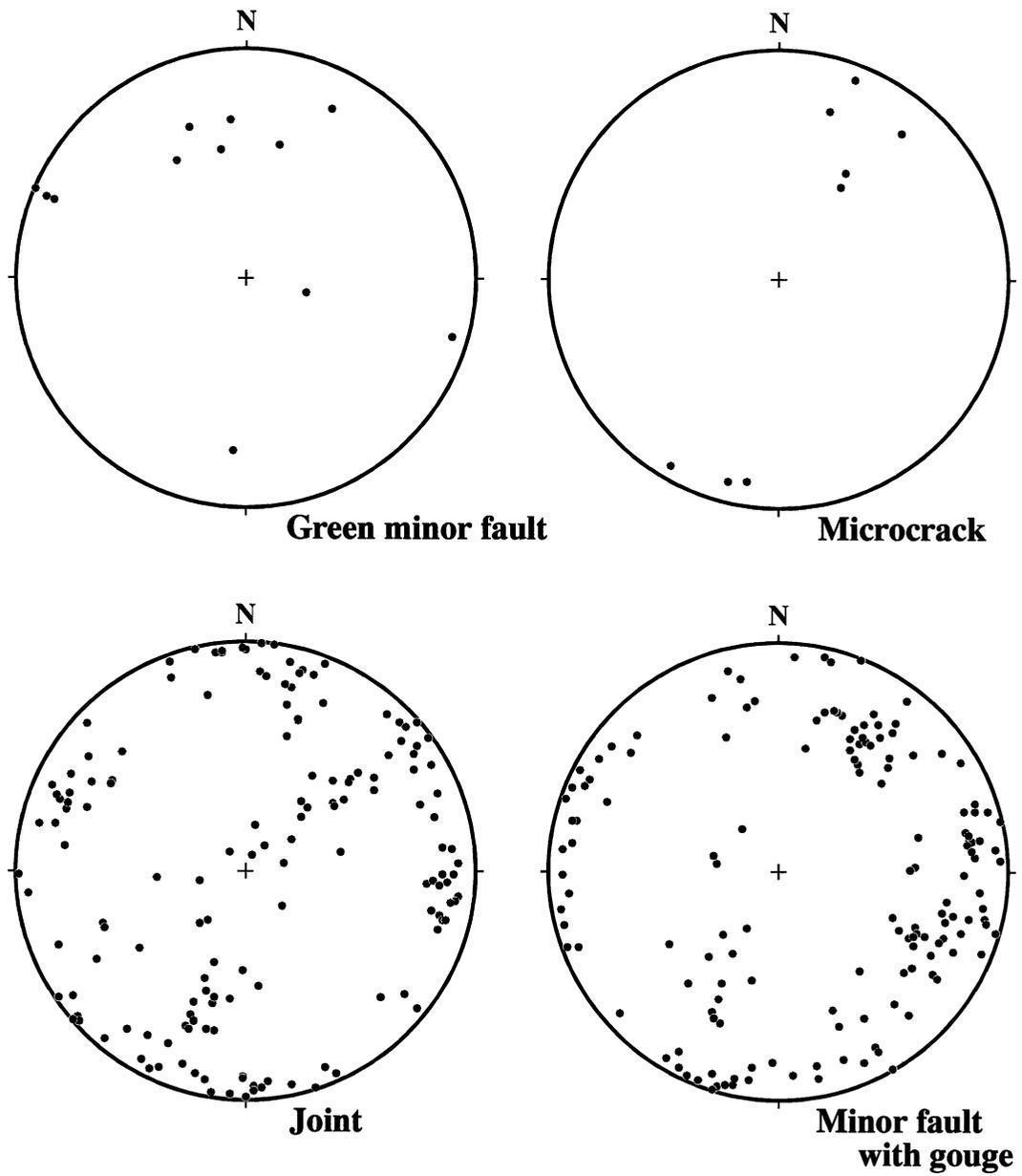


Fig. 8. Attitudes of minor fractures.
Equal area and lower hemisphere projection.

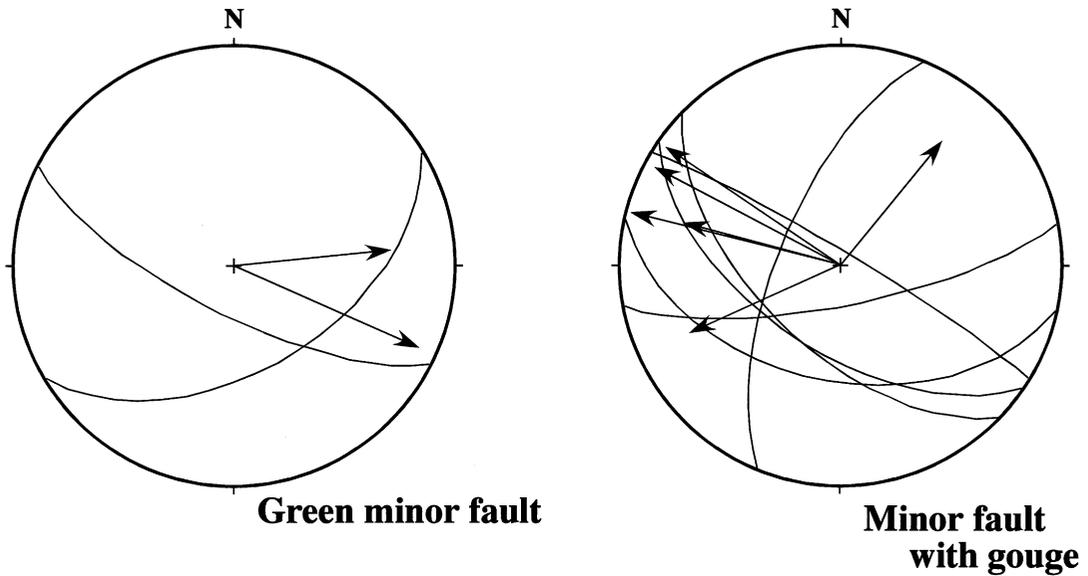


Fig. 9. Attitudes of striations of minor faults.
Equal area and lower hemisphere projection.

緑レン石と緑泥石が生成していることから、本小断層の形成条件は緑色片岩相程度であったと考えられる。

続くステージ2では、マイクロクラック、節理、断層ガウジを伴う小断層が形成される。マイクロクラックが節理や断層ガウジを伴う小断層と平行に発達することから、マイクロクラックが連続することによって節理が形成された可能性が高い。したがって、マイクロクラックの形成は、このステージの初期であると考えられる。本マイクロクラックは、傾斜が高角なものが多いこと、その姿勢が現在の地形（斜面の方向）と非調和のものが多いことから、山地の浸食・削剥による上載荷重の減少によって形成されると考えられているマイクロシーティング（千木良，2000など）やラミネーション（橋川，1980など）ではなく、変形作用によって形成されたものであると考えられる。そのような変形によるマイクロクラックは、小倉-田川構造線、田川断層周辺の添田花崗閃緑岩中にも認められる（佐古・柚原，2004）。その後、マイクロクラックの成長によって、節理が形成され、それを切ってもしくはそれと平行に断層ガウジを伴

う小断層が形成される。本小断層の条線の方向は、走向にほぼ平行で、プランジも低角であることから、それぞれ水平に近い剪断運動によって形成されたと考えられる。それぞれの方向の断層ガウジを伴う小断層は、互いに切断関係にあるため、ほぼ同時期に形成されたものである。濁沸石からなる沸石脈は、NNE系小断層にのみ伴われることから、この方向の断層が開口する時期があったと推定される。また、破碎帯にも切られることから、破碎帯を形成するような変形以前に形成されたと考えられる。さらに白色変質花崗閃緑岩を切る小断層の存在から、金鉱床を形成した熱水活動も小断層形成以前であり、その際、熱水は開口した節理あるいは断層を通過した可能性が高い。したがって、熱水活動が節理と断層ガウジを伴う小断層の形成途中で起こり、金鉱床とその周辺の変質岩、沸石脈が形成されたと考えられる。NW系小断層がNW-SE方向の断層と、NNE系小断層がNNE-SSW方向の断層とほぼ平行なこと、白色の断層ガウジを伴うこと、NW系小断層が破碎帯を伴うことから、これらの小断層は、地質図規模の断層、すなわち板谷峠断層系の活動と

同時期に形成されたと考えられる。断層ガウジの赤褐色化や小断層に沿った岩石の赤褐色化は、断層に沿って流れる地下水から鉄の酸化・水酸化物が沈殿したためであると考えられ、これらの断層の形成（ステージ2）以降に起こったと可能性が高い。

謝 辞

福岡県五ヶ山ダム建設事務所ならびに福岡県教育庁総務部文化財保護課文化財保護係の伊崎俊秋氏には、現地調査の機会を与えていただいた。さらに地元である福岡県筑紫郡那珂川町大野の築地蔵次氏、同町東小河内の伊藤博行氏、佐賀県神埼郡東脊振村小川内の武廣邦敏氏には現地調査に同行していただいた。福岡大学理学部地球圏科学科の上野勝美助教授には、本論文を査読していただき、有益な助言をいただいた。以上の方々から感謝いたします。

引用文献

- 千木良雅弘, 2000, 1999年広島豪雨災害による斜面崩壊と花崗岩のマイクロシーティング. 日本応用地質学会講演論文集, 45-48.
- 橋川邦武, 1980, 花崗岩体表層部に発達する面状破壊構造に関する研究. 広島大学地学研究報告, no. 25, 1-37.
- 唐木田芳文, 1985, 北九州花崗岩の地質学的分類. 日本応用地質学会西日本支部会報, no. 6, 2-12.
- 唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々和一豊, 1994, 福岡地域の地質. 地域地質研究報告書 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 192p.
- 川野良信・袖原雅樹, 2005, 福岡県五ヶ山周辺に分布する花崗岩類. 佐賀大学文化教育学部研究論文集, 10, 143-149.
- 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男・中島和敏, 1993, 20万分の1地質図 福岡. 地質調査所.
- 九州活構造研究会, 1989, 九州の活構造. 東京大学出版会, 553p.
- 大和田正明・亀井淳志・山本耕次・小山内康人・加々美寛雄, 1999, 中・北部九州, 白亜紀花崗岩類の時空分布と起源. 地質学論集, no. 53, 349-363.
- 佐古有希枝・袖原雅樹, 2004, 小倉-田川構造線, 田川断層周辺の添田花崗閃緑岩に発達する断裂系. 福岡大学理学集報, 34, (2), 45-58.
- 袖原雅樹・鮎沢 潤・古川直道・毛利順子・江川貴司・木村靖幸・関 友美子・黨 洋一郎・猪俣拓郎・加治屋 佑・伊藤裕之・押川美佳・瀬戸間洋平・高橋美佳・前垣内勇作・田中聖太・中村良司・高本のぞみ・沖 聡・久次賢介・佐志篤史・稲永康平・川添 司・中村浩則・藤木道雄・中村賢司・杉原 薫・杵山哲男, 2003, 福岡県津屋崎, 北崎トータル岩中に発達する断裂系. 福岡大学理学集報, 33, (2), 65-76.
- 袖原雅樹・鮎沢 潤・大平寛人・西 奈保子・田口幸洋・加々美寛雄, 2005b, 福岡県福津市渡半島に分布する白亜紀花崗岩類の放射年代から見た熱水活動の時期. 岩石鉱物科学, 34, 275-287.
- 袖原雅樹・鮎沢 潤・宇藤千恵・吉塚雅輝・福島千晴・江藤雅佳子・植田康一・梶原良兵・八塚慎也・足立兆玄・福井祥規・菱川一磨・小路泰之・原 啓二郎・島田 優・岡 大翼・古賀奏子・小川秀和・中原慎太郎・石原与四郎・田口幸洋, 2005a, 福岡県志賀島南端部の白亜紀深成岩中に発達する断裂系. 福岡大学理学集報, 35, (2), 67-84.
- 袖原雅樹・三井洋平・宇藤千恵・内田貴之・草本和慶・山王堂信雄・溝口哲幸・中村一貴・平 泰輔・早川直樹・中尾智子・山崎則子・小野剛晴・長通隆次・小田弥生・向井 樹・宮崎広征・西 亜紀奈・江島 舞・古野奈津子・今福太郎・久次賢介・石原与四郎・鮎沢 潤・杵山哲男, 2004, 福岡県津屋崎, 北崎トータル岩中に発達する断裂系 (その2). 福岡大学理学集報, 34, (2), 73-88.
- 袖原雅樹・祐徳信武, 2005, 那珂川上流, 五ヶ山地域の金探鉱跡周辺に認められる早良花崗岩の変質. 福岡大学理学集報, 35, (1), 49-73.