

鳥取県日野川上流域における花崗岩斜面中のシーティング節理

加古 満則*・横田修一郎**

Sheeting joints developed in granitic rocks in the upper Hino River, Tottori, Japan

Mitsunori Kako* and Shuichiro Yokota**

Abstract

Low angle sheeting joints, which lie sub-parallel to gentle mountainous slopes, are frequently observed in exposures of granitic rocks. They may develop depending not only on rock textures and weathering condition, but also topographic conditions including river dissection. An area in which sheeting joints were developed was found in the headwaters of the Hino River, Tottori, Japan. Micro sheeting, which is a zone of dense cracks concordant with the sheeting joints, was also observed. Low relief surfaces and deep river dissection characterize the area topographically.

The dominant trends of the sheeting joints are almost same as the mountainous slopes facing the valley, whereas average dip is gentler than the slopes. However, the sheeting joints are not present in narrow and shallow valleys. Based on these geometrical relations, the sheeting joints are believed to have formed due to stress balance by release of steep valley slopes related to rapid dissection by rivers. This may support the model presented by Hashikawa for similar features found in the Hiroshima area.

Key words: joint, sheeting, granite, slope, erosion, Tottori

はじめに

花崗岩の岩盤中には規則的な節理系の発達していることが多く、場所によってはシーティング節理 (sheeting joints) とよばれる低角の節理の見られることがある。シーティング節理は緩い山腹斜面などにほぼ平行した節理であり、一般には山地の浸食・削剝によって局所的に上載荷重の減少を生じ、これに起因した引張応力で形成されると考えられている (Price, 1966)。

岩盤の露出した山腹斜面や切土法面にこのようなシーティング節理が存在していれば、節理面に沿った落石や崩落が発生しやすい。たとえば、1999 年広島豪雨災害では土石流発生に関わる斜面崩壊には斜面と同方向のシーティング節理の関与が指摘されている (横田ほか, 1999; 千木良, 2000 a)。また、山口市鳴滝地区では 1999 年にシーティング節理の発達した花崗岩斜面において幅約 40 m、高さ約 35 m の崩落が発生した (西川ほか, 2001)。両例に見るように、花崗岩地帯のシーティング節理はその形態や方向が岩石のマサ状風化とともに斜面安定評価の上でも重要な要素といえる。

地形的になだらかな中国山地は全国的にみても花崗岩が広

く露出している地域の 1 つである。このうち、広島市周辺地域の花崗岩中にはシーティング節理が明瞭であり、その形態や形成機構に関してこれまでいくつかの研究がなされてきた (橋川・宮原, 1974; 橋川, 1978, 1980)。その結果、シーティング節理は緩傾斜地形面を深く開析する河谷の谷壁斜面に現れ、節理面方向は緩傾斜地形面とある程度調和的であることが報告されている (橋川, 1978, 1980)。

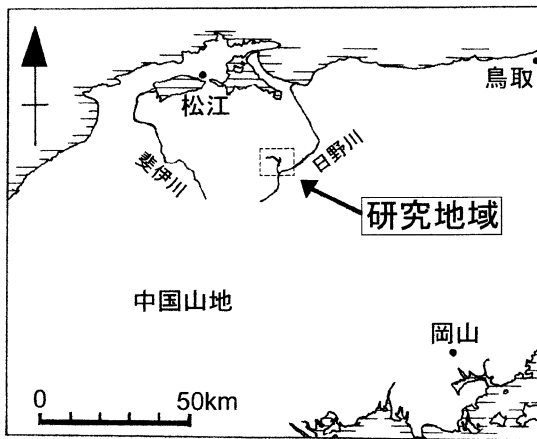
一方、中国地方のなかでも山陰側では、花崗岩の露出が広いにもかかわらず、シーティング節理の存在はこれまであまり知られていなかった。こうしたなか、筆者らは今回山陰側の鳥取県日野川上流域 (第 1 図) においてシーティング節理が比較的良好に発達している地域を見いだした。日野川上流域は単に風化花崗岩が広く分布しているだけでなく、地形的には緩斜面が深く開析された地域であり、シーティング節理の形成はこれとも関わっている可能性がある。そこで、この地域におけるシーティング節理の方向・形態を調査し、シーティング節理と地形変化との関係について検討した。その結果は将来的にはシーティング節理の具体的な形成機構解明にも資するであろう。

花崗岩岩盤の風化過程とシーティング節理の形成

地学辞典の「シーティング節理」(横田, 1996) によれば、シーティング節理 (sheeting joint) の形成は削剝による上載荷重の減少によるという考え方が一般的であるものの、岩石中の弱い planar structure (鉱物の配列面) に平行なもののよう

* 島根大学総合理工学部 (現在, (株)シマダ技術コンサルタント)
Present address: Shimada Technical Consultants Co., 228 Hashima-cho, Yasugi, Shimane 690-0014, Japan.

** 島根大学総合理工学部地球資源環境学科
Department of Geoscience, Shimane Univ., 1060 Nishikawatsu, Matsue 690-8504, Japan.



第1図 対象地域の位置図

初生的な環境による可能性もある。また、Price (1966) は、上載荷重の減少や温度変化といった要因の他に、長石や苦鉄鉱物など造岩鉱物の膨張をも要因の1つに指摘している。

系統的な節理面の形成には一般に様々な要因が考えられるが、なかでも花崗岩の場合には冷却・収縮時の熱応力や構造運動に伴う応力などが関わっていると考えられ、場合によってはそれらが複合している可能性もある(横田, 1974)。シーティング節理もこうしたものの1つといえる。

花崗岩のような完晶質で粗粒の岩石では、複合した物理・化学的風化によって鉱物粒子が分離 (grain disintegration) し、最終的には“マサ”にいたる。しかしながら、岩盤としてみれば、風化によって単に鉱物粒子の分離のみが進行するわけではなく、様々なクラック (割れ目) の発生も粒子の分離と同時に、あるいはこれに先行して進行すると考えられる。

花崗岩中にはシーティング節理とともに、さらに細かい低角の割れ目として、マイクロシーティング (Folk and Patton, 1982; 千木良, 2000 b) あるいはラミネーション (Twidale, 1973; 橋川・宮原, 1974; 橋川, 1980) とよばれるものがある。これらもシーティング節理と類似の地形環境で発達していることが指摘されている(橋川, 1980)。したがって、シーティング節理はこのようなマイクロシーティングとともに、花崗岩岩盤が緩み、風化していく一連の過程で形成されるのであろう。

日野川上流域の地形・地質概要

節理面方向を測定し、研究対象とした地域は鳥取県西部を流れる日野川上流域であり(鳥取県日野郡日南町, 第1図)、なだらかな中国山地の北東部に相当する。日野川支流印賀川の菅沢ダムとその貯水池(日南湖, 第2図参照)の周回道路に沿った切土法面では花崗岩岩盤が広く露出しており、そこでは系統的な節理がよく観察できる。

第2図は研究地域を含めた周辺の地形概要である。これは1/25,000地形図をもとに埋谷幅250mの接峰面図として作成したものである。この地域には標高450~500mの定高性を

もった浸食小起伏面(緩斜面)が広がっており、とくに印賀川上流域では平坦性が明瞭である。一部には小起伏面から突出する標高600~700mの残丘(monadnock)も認められる。

図に示すように、印賀川は上流域では南東方向に流下しているが、大宮ダムの下流約2kmで南西方向に向きを変え、菅沢ダム貯水池の日南湖となっている。日南湖内の谷地形は図では表現されていないが、ダム建設前の空中写真に基づけば、大宮ダム付近から日南湖上流の屈曲点付近までは谷は浅く、谷底は細長い平坦地となっている。一方、日南湖付近から下流では河谷は深くなり、菅沢ダム付近は比高150m前後の深いV字谷となっている。したがって、日南湖の周回道路(標高約380m)は当初の河床からの比高が約90mで40°前後の急な山腹斜面、あるいは急斜面から緩斜面への移行部に相当する。

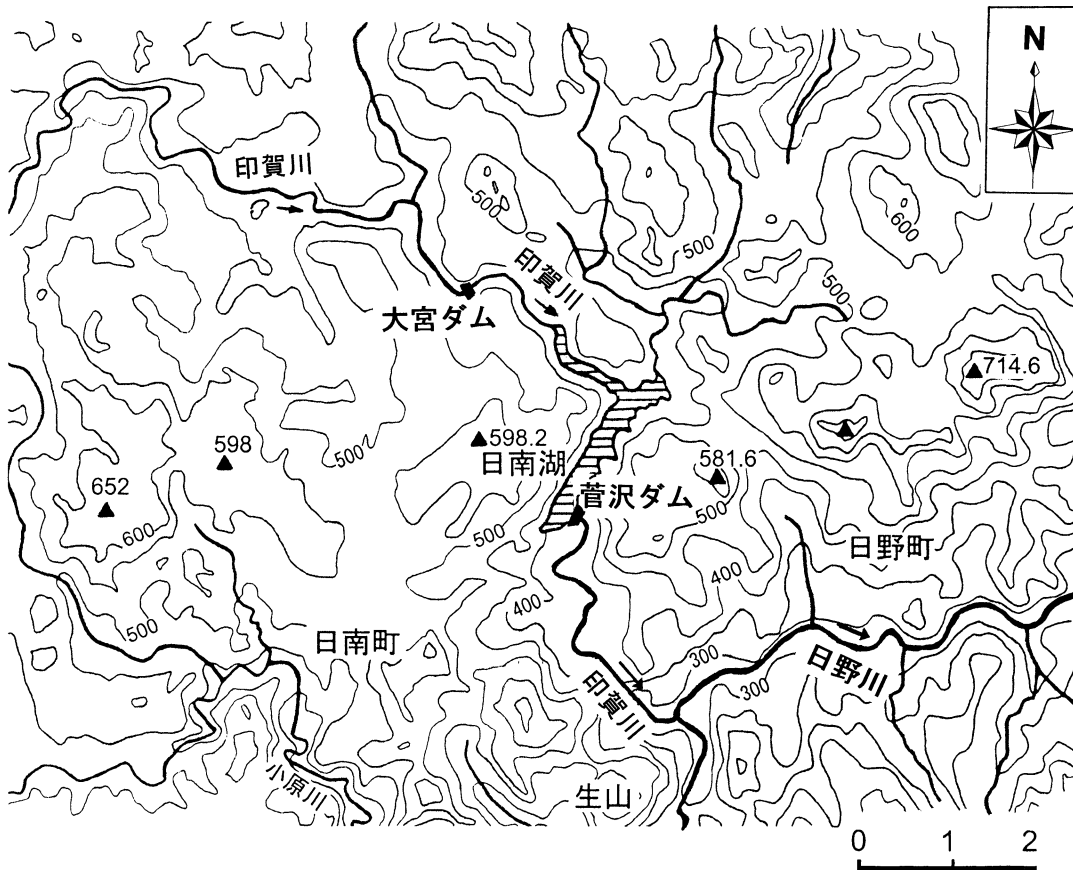
菅沢ダムから下流になると印賀川は再び南東方向に流下し、日野川と合流する。印賀川によって開析されるまわりの山稜・山腹には標高450~500mの浸食小起伏面以外にもいくつかの平坦面が認められる。現河床面を基準とした平坦面の比高は80m, 105m, 150m, 230m, 300mなどである。こうした比高は上流にいくにつれて小さくなる傾向があり、浸食が下流から上流に向かって進行してきたことを物語っている。

研究地域を含む周辺の地質概要を第3図に示す。これは山陰バソリス研究グループ(1982)、飯泉・山陰バソリス研究グループ(1983)、服部・片田(1964)、寺岡他(1996)をもとに作成したものである。当地域には根雨花崗岩体(山陰バソリス研究グループ, 1982)とよばれる中粒~粗粒の黒雲母花崗岩が広く分布している。根雨花崗岩体は図に示すように三郡変成岩類(主に泥質片岩)や古期の火成岩類を貫いている。また、K-Ar法およびRb-Sr法による根雨花崗岩体の年代は59~64Maである(河野・植田, 1966)。

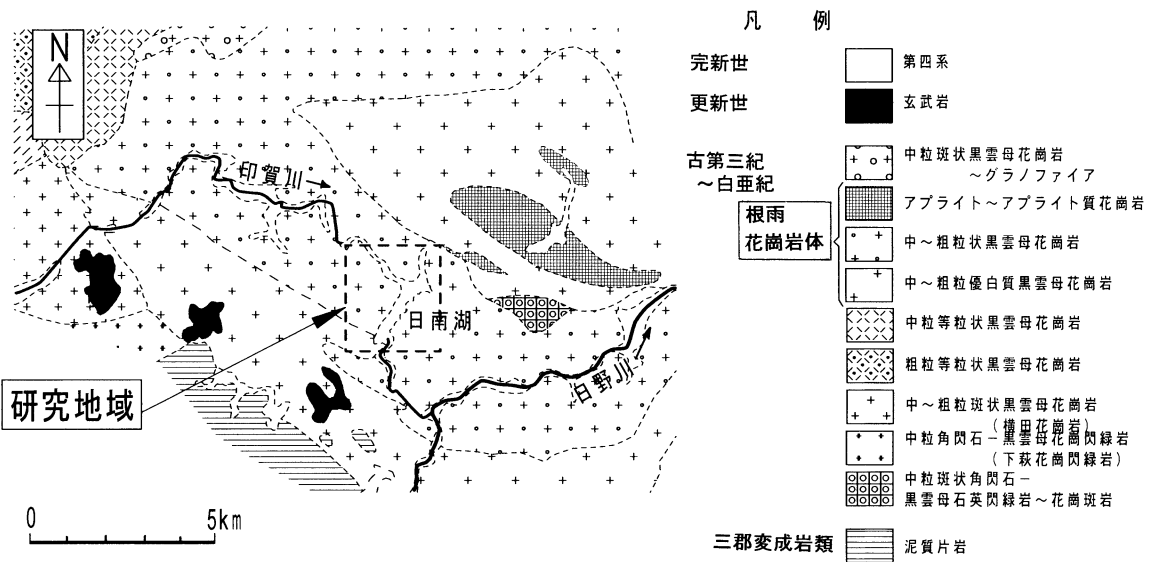
根雨花崗岩体中にはアプライト脈と安山岩岩脈がいたるところで認められ、方向としてはNW-SEの他にNE-SWが目立つ。アプライト脈は根雨花崗岩体の一連の活動中に形成されたと考えられている(山陰バソリス研究グループ, 1982)。1/50,000「根雨」図幅説明書(服部・片田, 1964)でも、この地域の岩脈ではNW-SE方向など方向性が明瞭なことが指摘されている。

印賀川流域、とくにその南西方には玄武岩溶岩が点在し、断片的ながら花崗岩体を覆っている。時代的には更新世と推定されている(鷹村, 1973; 岡田, 1981)。また、大宮ダム下流などでは花崗岩上に花崗岩の垂円礫などが散在している部分がある。全体によく締まっていることから、更新世ないしそれ以前と推定される。これらは部分的に約1mの黒色土壌によって覆われている。

なお、研究地域は2000年10月6日に発生した鳥取県西部地震の震央から約10km南であり、上述した岩脈の卓越方向ならびにphoto lineamentsの卓越方向(後述)の一部は地震の震源断層(NW-SE方向)とほぼ同方向である。



第2図 対象地域周辺の地形概要. 1/25,000 地形図を用いて 250 m の埋谷接峰面図として表現している.



第3図 対象地域を含む周辺の地質概要. 主に山陰パソリス研究グループ (1982) に基づく.

測定地域の山腹斜面と花崗岩岩盤

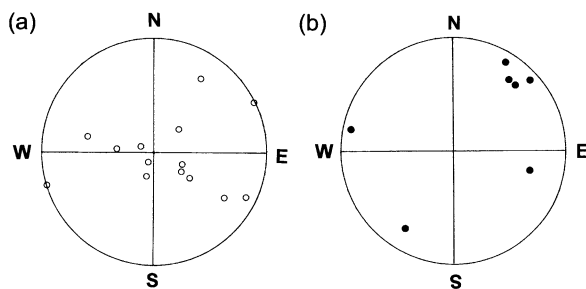
第4図には節理面方向測定の対象とした日南湖周辺の地形を示す。日南湖（貯水位標高約 380 m）の東西両岸は急斜面となっているが、標高 450 m 付近を境に高標高部では緩傾斜面となっており、とくに東岸側（左岸側）では 2 段の浸食

小起伏面が認められる。湖岸の斜面はほぼ NE-SW 方向に延びているが、いくつかの小さな谷が切れ込んでおり、とくに東岸では顕著である。

空中写真（1/10,000）の判読では、この地域には photo lineaments が多数認められる。連続性はよくないが、印賀川の流下方向である NE-SW または NW-SE 方向が卓越してい



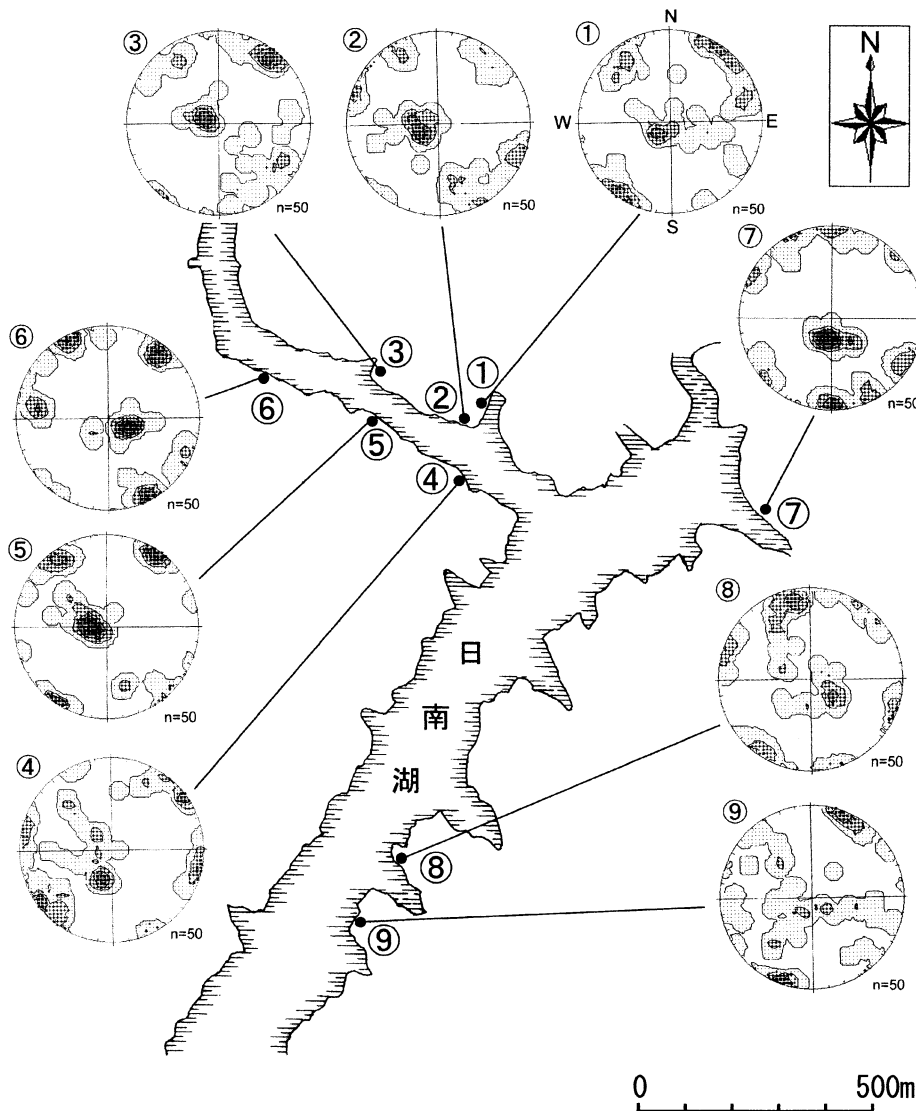
第4図 日南湖周辺の地形と photo lineaments. Photo lineament は 1/10,000 空中写真の判読による。また、確認したアプライト脈と岩脈の走向傾斜も示している。地形図は日南町地形図 (原縮尺 1/5,000, 等高線間隔 10 m) を使用。



第5図 日南湖周辺におけるアプライト脈と安山岩岩脈の走向傾斜。シュミットネットの下半球投影。(a) アプライト脈、(b) 安山岩岩脈

る。個々の photo lineaments の箇所は現地では同方向の熱水変質部などであることが多い。第4図には photo lineaments とともに現地で確認したアプライト脈と安山岩岩脈の走向傾斜をも図示している。この地域におけるそれらの走向傾斜の分布を第5図 (a), (b) に示す。測定個数は必ずしも多くないが、アプライト脈では NE-SW 走向で様々な傾斜角のもの、また安山岩岩脈では NW-SE 走向で垂直に近いものが卓越している。

日南湖岸に露出している花崗岩は新鮮で硬質な状態から、マサ状に風化して鉱物粒子が分離したものなど様々である。岩盤としてみると、岩石中に微小クラックが発達したもの、節理が密集したものといったいくつかの風化レベルがある。マサ状を呈する部分の厚さは、尾根では10 m 前後に達している。



第6図 日南湖岸で測定した節理面方向の π -ダイアグラム. 図中の①~⑨は測定箇所 Loc.1~9. シュミットネットは下半球投影で移動平均したもの. 各箇所それぞれ50個ずつ測定した. 等値線は0-4-8-12-16%.

節理面方向の測定結果

節理面方向の測定は標高約380mの貯水池周回道路の切土法面などで行った. 測定箇所は上流NW-SE方向の支谷の両岸で6箇所(Loc.1~6), 日南湖南東岸で3箇所(Loc.7, 8, 9)の計9箇所であり, それぞれにおいて節理面の走向傾斜を50個ずつ測定した(第6図). 測定に際しては各露頭内に水平なラインを設定し, これと交差する節理面を測定していく方法をとった.

各測定点で得られた節理面の π -ダイアグラムを第6図に示す. これはシュミットネット(下半球)に投影し, 移動平均して作成したものである. 走向傾斜のパラッキは大きいものの, いずれの箇所においても高角な節理面と低角の節理面が認められる.

高角節理面についてみると, 上流のNW-SE方向の谷に沿ってはこれと同走向ないしその直交方向が目立つ. また, NE-SW方向の主谷に沿っても互いに直交するNE-SWと

NW-SEの両方向が認められる. 一方, 低角節理面については, Loc.1~3ではNW-SE方向で北東に緩く傾斜したものが, およびNE-SW方向で南東に緩く傾斜したものが確認できる. Loc.4~6では, 前者に加えてNE-SW方向で北西に緩く傾斜したものが確認できる. また, 日南湖東岸のLoc.7~9においてはNE-SW方向で北に緩く傾斜したものの他に, NW-SE方向で北東に緩く傾斜したものも認められる.

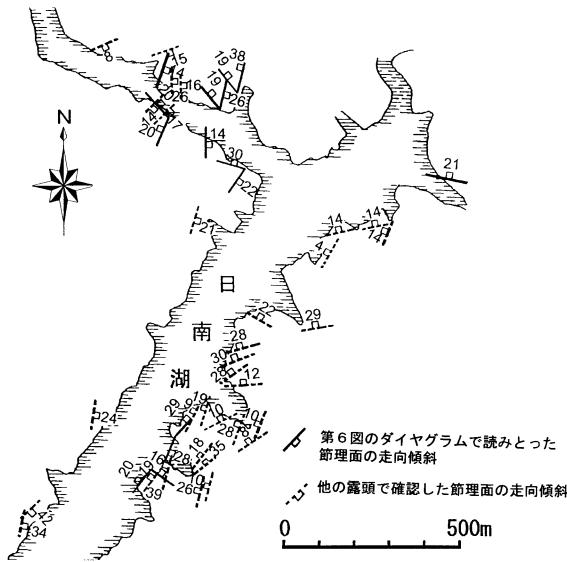
第1表にはLoc.1~9の π -ダイアグラムから読みとった個々の卓越方向を示す. 低角節理面がいずれの露頭にも認められるとともに, 場所によっては低角のなかに2方向が存在していることがわかる.

シーティング節理の方向

節理の形成機構は一般に様々なものが混在していると考えられるため, 実際に測定した個々の節理面に関する具体的な形成機構は明確ではないが, ここでは上記の低角節理を「シー

第1表 π -ダイアグラム(第6図)で得られた節理面の卓越方向(走向・傾斜)の値. 低角節理(シーティング節理)と高角節理に分けて, それぞれの卓越方向を示している. 露頭番号 Loc.1~9 は第6図の①~⑨に対応.

露頭番号	低角節理(シーティング節理)		高角節理	
Loc.1	N39° W/19° N	N16° E/38° W	N50° W/86° N	
Loc.2	N37° W/19° N	N17° E/26° E	N18° E/90°	
Loc.3	N20° E/14° E		N54° W/80° S	
Loc.4	N71° W/30° N	N39° E/22° E	N35° W/90°	
Loc.5	NS/14° N		N57° E/86° S	
Loc.6	N25° E/20° W	N41° W/20° N	N52° W/81° S	N64° E/87° N
Loc.7	N79° W/21° N		EW/81° N	
Loc.8	N41° E/29° N	N22° E/28° E	N74° E/79° S	
Loc.9	N57° W/16° N	N35° E/20° W	N68° W/86° N	



第7図 シーティング節理の走向傾斜. 図中の走向傾斜は第6図の各ダイアグラムから読みとった低角節理面の卓越方向とともに, 断片的な露頭で確認した低角節理面の走向傾斜も示している. なお, ダイアグラム中ない露頭で低角節理面が2方向以上認められる場合には, それらすべてを示した.

ティング節理」とよぶことにする. 代表的なシーティング節理の露頭での状況を第12図(a), (b)に示す. 急斜面に1~2m間隔で現れるものや, 5~10cm間隔で細片状を呈するものがある.

第7図は日南湖付近におけるシーティング節理のみの走向傾斜を示したものである. これには, 第6図の各ダイアグラムから読みとった低角節理面の卓越方向とともに, 他の断片的な露頭で確認した低角節理面の走向傾斜も合わせて示している.

これによれば, 日南湖主谷の両岸だけでなく, 上流 NW-SE の支谷両岸においても, NE-SW の走向で北西~南東側に緩傾斜したシーティング節理が多数認められる. 日南湖の西岸では東側に 20~40°, また東岸では西側に 15~40° で傾

斜したものが多く, これらはそれぞれの場所における山腹斜面あるいは谷壁斜面と同方向である. 一方, 上流 NW-SE の支谷の両岸では NE-SW 走向のシーティング節理は, むしろ山腹斜面とは斜交ないし直交方向となっている. すなわち, シーティング節理面の方向は日南湖の主谷を横断する方向では谷壁斜面と調和的であるが, 上流の支谷では谷壁斜面とは無関係であり, むしろでも主谷に調和的であるようにみえる. そこで, 次にこの地域のシーティング節理の全体的なトレンドと谷地形との関係について検討する.

シーティング節理と谷地形

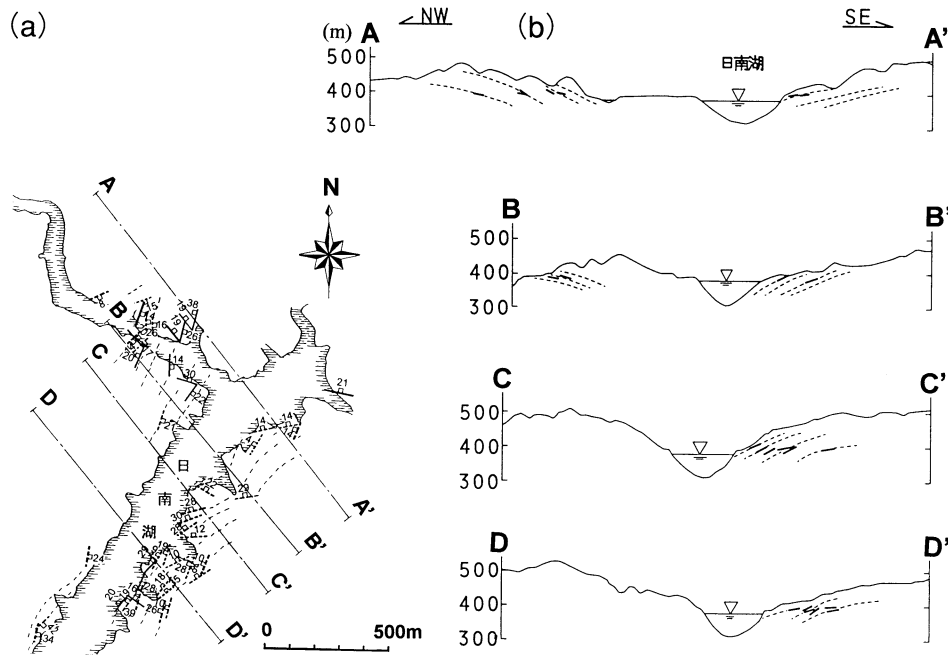
第8図(a)は第7図のシーティング節理の走向傾斜をもとに大局的な走向トレンドを破線で表したものであり, また(b)は日南湖主谷を横断する NW-SE 方向の4断面にシーティング節理面の方向を投影したものである. ここでも節理面の方向とともに全体的な傾斜トレンドを点線で示している. いずれの断面図上においても日南湖東岸では北西側に傾斜し, また日南湖西岸ではデータは少ないが, 南東側に傾斜している. 結果として, シーティング節理面は日南湖の深いV字谷の谷壁斜面と調和的に形成されていることが分かる. A-A'やB-B'のように, 上流 NW-SE の支谷両岸のシーティング節理面も日南湖の主谷方向に調和的であることが読みとれる. シーティング節理面と高標高部の山腹緩斜面の傾斜角については前者の方がやや急なようである.

上記のような関係に基づけば, ここでのシーティング節理はV字型の深い谷壁の開析と密接な関係をもって形成されたと考えられ, こうした関係は橋川(1980)が指摘した斜面表層の応力状態を反映した形成モデルを支持するものである.

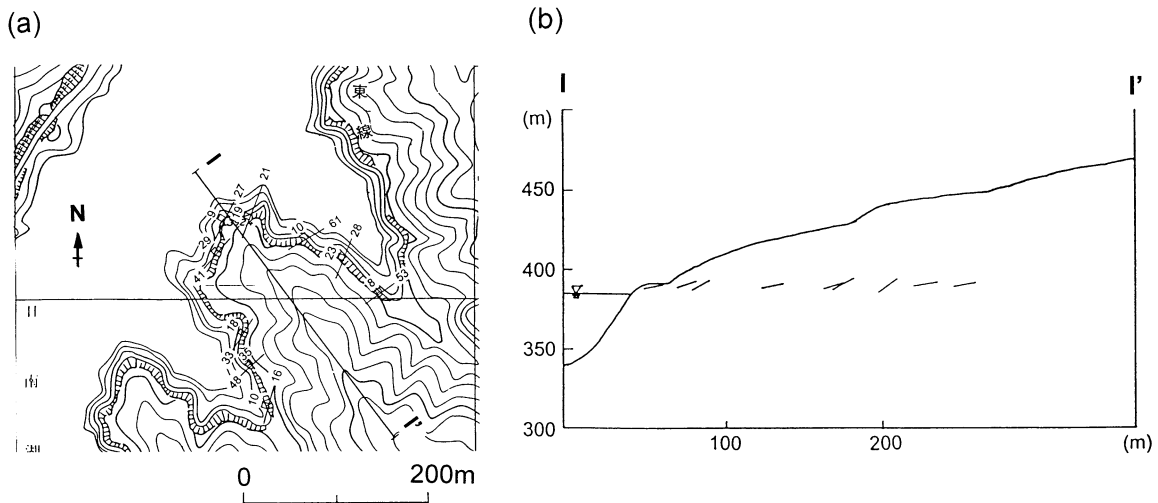
また, 前述したように日南湖岸の山腹斜面は多くの切れ込みがあるが, シーティング節理面はこうした微小な谷地形とは対応していない. 言い換えれば, 大局的な地形, すなわち現在より少し前の原地形に近いものに対応している.

このような微小な谷地形との関係をみるため, 日南湖東岸の地形的に入り込んだ部分でシーティング節理面と山腹斜面との関係を調べてみた. 第9図は張り出した尾根を縦断する地形断面図(I-I')に周辺のシーティング節理面の傾斜を投影したものである. これによれば, シーティング節理は埋谷接峰面図で表されるような大局的な地形と調和的であることが分かる. 前述したように, 上流の谷(NW-SE方向)のように谷が浅く狭い場合には対応したシーティング節理が現れていないことに注目すれば, シーティング節理はこのような小規模の谷(幅ならびに深さ)では形成されにくいであろう.

緩傾斜した浸食基準面から深い河谷が形成され, 谷壁斜面の拡大に伴ってシーティング節理が形成されたとすると, その形成は第10図のようなイメージとなる. 深いV字谷が形成され, 拡大していくにつれて斜面より少し緩い傾斜のシーティング節理が形成されていく. ただし, その後, 深い河谷の周辺に新たな支谷の浸食が始まっても, 谷の規模が小さいうちは, それに支配されたシーティング節理は生じにくい.



第8図 日南湖周辺の各地点におけるシーティング節理の分布とその走向ならびに傾斜トレンド。
 (a) シーティング節理の分布と走向のトレンド。破線は走向トレンドを示している。(b) シーティング節理の傾斜トレンド。破線は日南湖の横断面における傾斜トレンドを示している。



第9図 尾根の縦断方向(I-I')におけるシーティング節理の傾斜。
 (a) 日南湖東岸から張り出した尾根付近のシーティング節理の走向傾斜。断面I-I'は第8図におけるD-D'の一部。(b) 断面I-I'上に投影したシーティング節理面の傾斜。

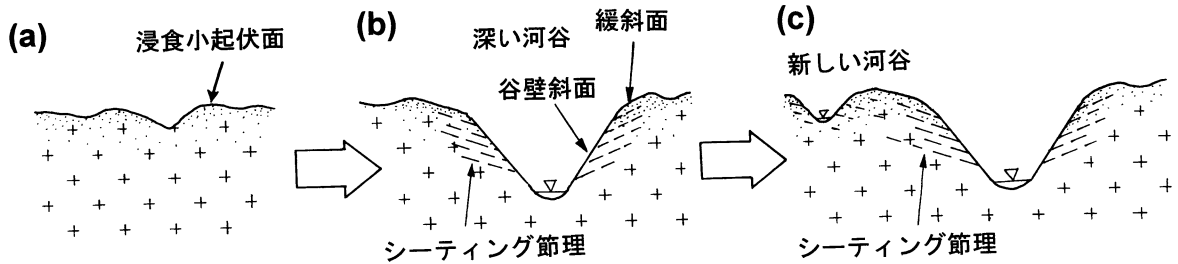
本地域の場合、花崗岩体上に載っている玄武岩溶岩の形成を更新世とすれば、河谷の深い下刻も更新世以降であろう。したがってシーティング節理の形成もこれ以降と推定される。

シーティング節理と道路法面(切土法面)

冒頭で述べたように、シーティング節理は緩傾斜で斜面と同方向のことが多く、落石や崩落の地質的素因になり得る。そこで、日南湖東岸の斜面において山腹斜面の傾斜角とシーティング節理面の傾斜角の関係を調べた。第11図は個々の測定地点における掘削前の山腹斜面の傾斜角 θ_1 とシーティ

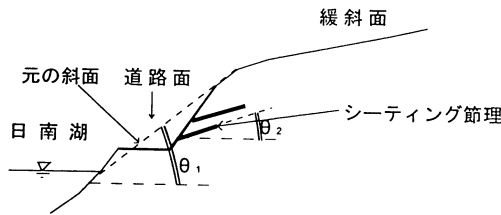
ング節理面の傾斜角 θ_2 を両軸にとって両者の関係を示したものである。

いずれも緩傾斜であるが、全体的な傾向として、 $\theta_1 > \theta_2$ の場合が多いようである。とくに $\theta_1 > 30^\circ$ の山腹斜面では、いずれも $\theta_1 > \theta_2$ であった。こうした関係が普遍的に存在すれば、シーティング節理の発達した地域での岩盤斜面の掘削形状決定にはこうしたものを十分考慮する必要がある。事実、シーティング節理面は崩落時のすべり面となりやすく、2000年10月の鳥取県西部地震においても、この地域でシーティング節理面に沿った崩落・落石が多数確認できた(横田・加古, 2001; 横田他, 2001; 横山他, 2001)。

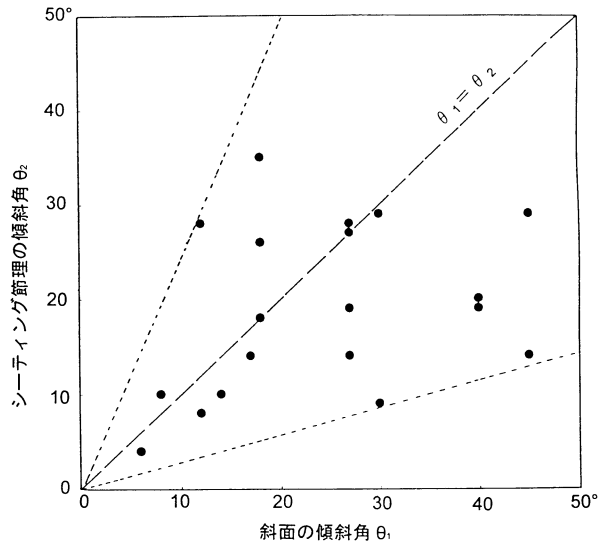


第10図 考え得る地形発達史とシーティング節理形成のイメージ。

(a) 浸食小起伏面の一部分が浸食され、河谷が形成されはじめる。(b) 幅広く、深い河谷が形成される。谷壁斜面・緩斜面と同方向にシーティング節理が形成される。(c) 別の場所に新しい河谷が形成されはじめる。浅く狭い河谷の場合、それに対応するシーティング節理は形成されにくい。



第11図 掘削前の山腹斜面の傾斜角 θ_1 とシーティング節理面の傾斜角 θ_2 の関係。



マイクロシーティング

この地域ではシーティング節理とともにそれに平行したマイクロシーティングとよばれる数 mm 間隔の微小クラックが認められる。露頭で見られる代表例を第13図(a)に示す。ここでは約4 mm 間隔の微小クラックが密集しており、それらはシーティング節理面に平行であった。微小クラックはシーティング節理を挟んで上下数cmの範囲に集中しているが、それより上下は新鮮な岩石となっている。この部分から採取した岩石試料を同(b), (c)に示す。これらは、試料を赤色のシアノボンドで固めた後、露頭に鉛直方向に切断し、約2cm四方に整形したものである。試料中の微小クラックは長石や石英の鉱物粒子をも切って連続しているとともに、鉱物粒界に沿った箇所もある。

こうした微小クラックはシーティング節理に平行なものだけでなく、部分的には高角節理面に平行したものも認められる。マイクロシーティングの形成機構については、橋川(1980)では、花崗岩中には無数の潜在的なクラックが存在し、それらが最も破壊されやすい方向に顕在化してマイクロシーティングが形成される可能性を指摘しているが、他にも様々な考えがなされている(千木良, 2000 b; 藤田他, 2001 など)。

いずれにせよ、これらについては人工的な切土法面での不安定性とともに今後の課題であろう。

まとめ

山陰側ではこれまであまり知られていなかったシーティング節理の発達地域を鳥取県西部の花崗岩地域で見いだすとともに、そこでのシーティング節理の方向を谷地形との関係で検討した。結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 日野川上流の根雨花崗岩体中にシーティング節理の発達域を確認した。ここではこれに調和的なマイクロシーティングとよばれる微小クラックの存在も確認した。
- (2) シーティング節理の発達域は標高450 m ~ 500 m の浸食小起伏面が河谷によって深く開析されつつある地域であり、40° 前後の急な谷壁斜面、ならびにそこから高標高部の緩傾斜面にいたる間に認められる。
- (3) 多数の節理面方向の測定結果に基づく、シーティング節理の多くはそれの現れている谷壁斜面および緩斜面と同走向でかつ同方向に傾斜している。また、傾斜角は緩斜面と同じかわずかに急なものが多い。
- (4) 底が浅くかつ幅の小さな谷ではそれに対応するシーティ

ング節理はほとんど認められず、たとえ認められても他の深い谷に対応するものである。したがって、こうした地域ではシーティング節理は自然斜面とは必ずしも同走向ではない。

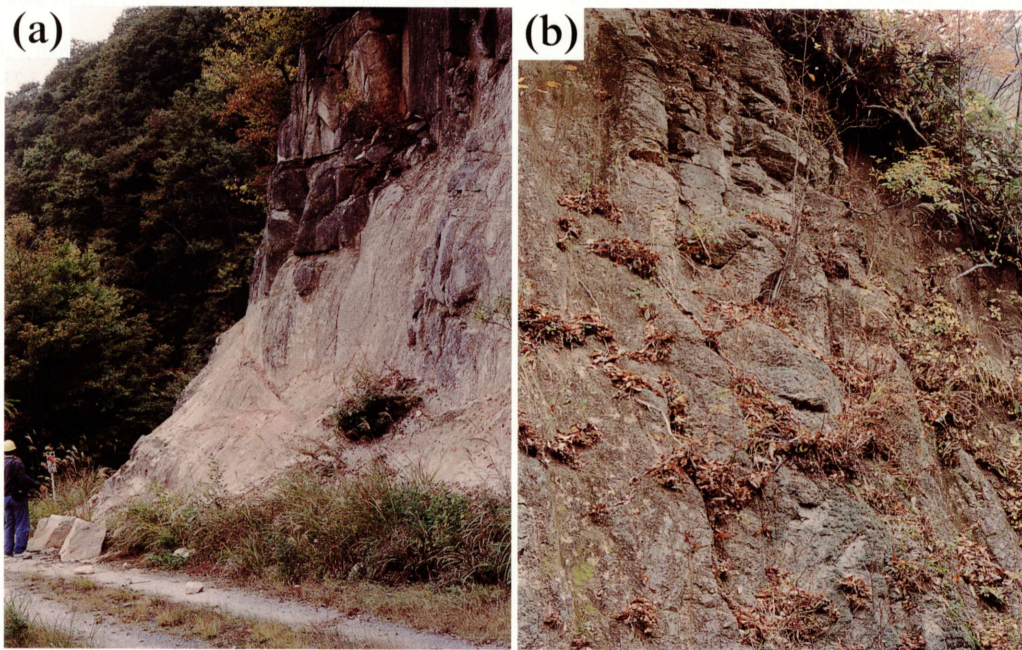
- (5) シーティング節理面と自然斜面の間のこのような関係に基づけば、それらは深い河谷の形成に伴って谷壁斜面で生ずる局所的な応力バランスに起因すると考えられ、これは広島地域における橋川(1980)の解釈を支持するものである。

文 献

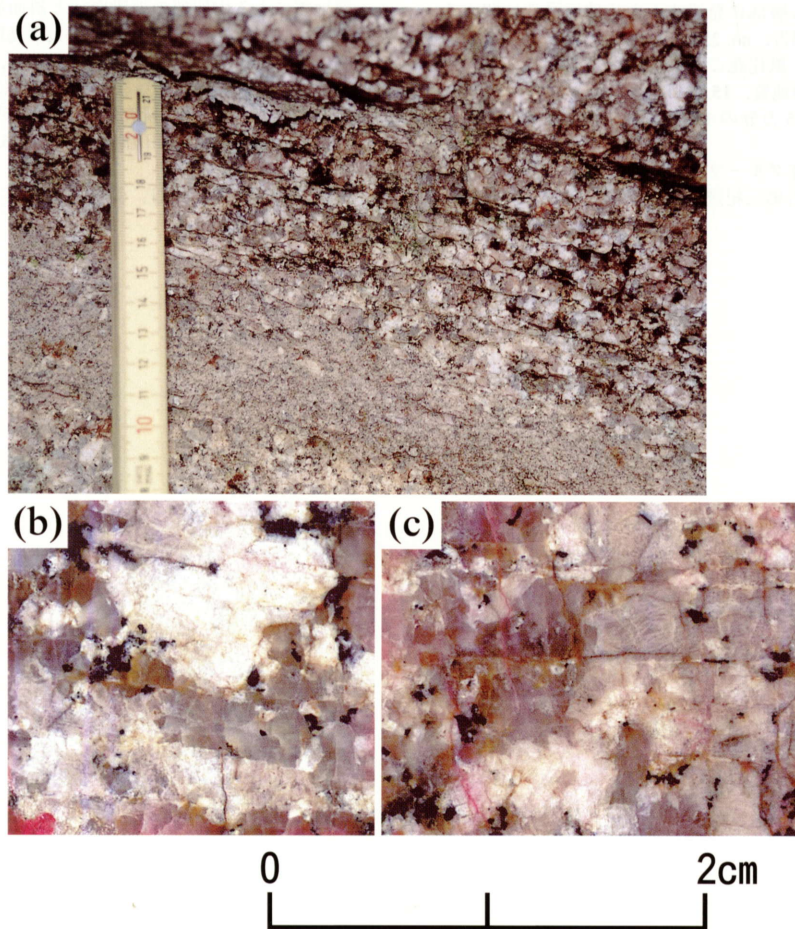
- 千木良雅弘, 2000 a, 1999年6月広島県集中豪雨による斜面崩壊多発の地質的素因, 1999年6月西日本の梅雨前線集中豪雨による災害に関する調査研究(研究代表者: 福岡捷二), 33-46.
- 千木良雅弘, 2000 b, 1999年広島豪雨災害による斜面崩壊と花崗岩のマイクロシーティング, 日本応用地質学会講演論文集, 45-48.
- Folk, R. L. and Patton, E. B., 1982, Buttressed expansion of granite and development of grus in Central Texas, *Zeitschrift für Geomorphologie N. F. Bd.*, **26**, 17-32.
- 藤田勝代・菊川浩喜・横山俊治, 2001, 小豆島池田町の花崗岩類に発達するシーティング ジョイントの分布と形態, 日本地質学会関西支部会報, no. 127, 25.
- 橋川邦武, 1978, 開析ペディメントにおける花こう岩類の風化構造—広島市西部の深層風化帯について—, 応用地質, **19**, 45-59.
- 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.
- 橋川邦武・宮原健二, 1974, 風化花こう岩類の構造とその工学的意義について(その1), 応用地質, **15**, 1-11.
- 服部 仁・片田正人, 1964, 5万分の1地質図「根雨」および同幅説明書, 地質調査所, 49 pp.
- 飯泉 滋・山陰バソリス研究グループ, 1983, 鳥取県西部～島根県東部に分布する白亜紀～古第三紀侵入岩類の相互関係, *MAGMA*, no. 67, 7-11.

- 河野義礼・植田良夫, 1966, 本邦火成岩の K-Ar dating (V) — 西南日本の花崗岩類, 岩鉱, **56**, 191-211.
- 西川直志・北村晴夫・石田 毅・澤田晴彦, 2001, 山口県鳴滝地区岩盤崩落対策の概要, らんどすらいど, no. 17, 3-23.
- 岡田昭明, 1981, 鳥取島根県境付近に分布する新生代玄武岩類の古地磁気, 鳥取大学教育学部研究報告, 自然科学, no. 30, 71-84.
- Price, N. J., 1966, *Fault and Joint Development in Brittle and Semi-brittle Rock*, Pergamon Press, Oxford, 176 pp.
- 山陰バソリス研究グループ, 1982, 根雨花崗岩体—山陰帯におけるバソリスの研究(その1), 地質学雑誌, **88**, 299-310.
- 鷹村 権, 1973, 中国地方新生代玄武岩類の岩石学的並びに岩石化学的研究, 広島大学地学研究報告, no. 18, 1-167.
- 寺岡易司・松浦浩久・牧本 博・吉田史郎・神谷雅晴・広島俊男・駒澤正夫・志知龍一, 1996, 20 万分の一地質図幅「高梁」, 地質調査所.
- Twidale, C.R., 1973, On the origin of sheet jointing, *Rock Mech.*, **5**, 163-187.
- 横田修一郎, 1974, 滋賀県湖南山地における花崗岩中の節理系, 地質学雑誌, **80**, 205-214.
- 横田修一郎, 1996, シーティング節理, 新版地学事典, 550-551, 平凡社(東京)地学団体研究会編.
- 横田修一郎・森山哲朗・安藤進一・浜崎 晃・大坂 理, 1999, 地質的にみた広島市亀山地区の土砂災害, 日本応用地質学会中四国支部平成11年度研究発表会論文集, 21-24.
- 横田修一郎・加古満則, 2001, 鳥取県西部地震による山間部の地盤変状と斜面崩壊, 2000年10月鳥取県西部地震による災害に関する調査研究, 平成12年度科学研究費補助金(特別研究促進費)研究成果報告書(研究代表者: 梅田康弘), 137-141.
- 横田修一郎・島根大学鳥取県西部地震災害調査団, 2001, 鳥取県西部地震による山間部の地盤変状と斜面崩壊の調査, 鳥取県西部地震災害調査報告書, 35-50, 島根大学鳥取県西部地震災害調査団.
- 横山俊治・水口真一・横田修一郎, 2001, 鳥取県西部地震による落石特性, 2000年10月鳥取県西部地震による災害に関する調査研究, 平成12年度科学研究費補助金(特別研究促進費)研究成果報告書(研究代表者: 梅田康弘), 142-146.

(受付: 2002年10月1日, 受理: 2002年10月28日)



第12図 日南湖周辺における花崗岩中のシーティング節理の状況。
(a) 大宮ダム下流約1 km 左岸, (b) 日南湖東岸



第13図 花崗岩中のマイクロシーティングの例。
(a) 露頭で見られるシーティング節理に平行なマイクロシーティング (大宮ダム下流左岸), (b) および (c) 岩石中の微小クラック。石英粒を切ってクラックが延びている。なお、クラックはシアノボンドで赤色に着色してある。