

岡山県旭町上西川地域における三郡変成岩の表層崩壊過程

新宮原 秀和*・平山 恭之*・津島 淳**・於保 幸正*

*広島大学総合科学部

**広島大学大学院生物圏科学研究科

Mass wasting process at the surface of the Sangun metamorphic rocks in Kaminishigawa area, Asahi-machi, Okayama Prefecture.

Hidekazu SHINGUBARA*, Yasuyuki HIRAYAMA*, Atsushi TSUSHIMA**, Yukimasa OHO*

* Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima, Kagamiyama 739-8521, Japan

**Graduate School of Biosphere Sciences, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima, Kagamiyama 739-8521, Japan

Abstract : The relation among microstructures, weathering and mass wasting of the Sangun metamorphic rocks in the Kaminishigawa area, Asahi-machi, Okayama Prefecture, was studied. Three stages of penetrative planar structures are recognized; S1 schistosity, S2 crenulation cleavage and S3 crenulation cleavage. The S2 cleavage is the most commonly observed structure. The degree of weathering is divided into two classes on the base of appearance; slightly weathered and highly weathered rock. The three types of mass wasting are also observed in this area; creep, slide and flow type. The S2 cleavage are bent and broken into several blocks in the creep type. The slide type is of rock block sliding along S2 cleavage. The flow type is of debris flow. The type of mass wasting, degree of weathering, and topographic position are mutually related: the slightly weathered rock and creep type are observed on the steep slope at the foot of the mountains; slightly weathered rock and slide type on the steep slope of the mountainside; highly weathered rock and flow type on the gentle slope near the top of the mountains.

Key words : mass wasting, weathering, Sangun metamorphic rocks

はじめに

変成岩分布地域は地すべりや崩壊などの土砂災害の発生しやすい場所として知られている(日本応用地質学会, 1999)。中国地方から九州にかけては低温高圧型の変成作用を受けた三郡変成岩が広く分布している。三郡変成岩は微小スケールとしては片理やちりめんじわへき開などの顕著な剥離面を持ち、地質図スケールでは数度にわたる複雑な褶曲構造を持つことを特徴としている。前者は地すべりや崩壊を助長する剥離面や弱線部の形成を促し、後者は岩盤すべりなどの方向を支配し

ているものと推定される。従って、変成岩地域における岩石の地質構造や微小変形構造と地すべり・崩壊との関係を明らかにすることは、変成岩分布域で将来起こりうる土砂災害を予測していく上で非常に重要である。しかしながら、片理やへき開と地すべり・崩壊との関係については幾つか研究がなされているが（例えば、藤田ほか、1976）、十分な調査、研究がなされている訳ではない。また、変成岩に片理やへき開が発達することは風化が進行しやすいという側面ももっている。この風化の側面から変成岩分布域における地すべり・崩壊についても考察する必要がある。

岡山県旭町地域は三郡変成岩の分布域の一つであり、地すべり・崩壊による地形変化のみられる地域である。筆者らは変成岩分布域において地すべり・崩壊の過程を明らかにするため、この地域に分布する三郡変成岩の地質および風化と地すべり・崩壊の状況を調査した。本稿では地形的位置と風化の状況およびそれらと地すべり・崩壊との関係について述べる。

地形概要

中国地方には大きく分けて3つの平坦面が存在していることが知られている（今村、1964）。それらは脊梁面（標高1000m程度）、吉備高原面（標高500-300m）、瀬戸内面（高度100m程度）と呼ばれており、中国地方の地形を規制する主要な要素となっている。これらの平坦面は主に北東-南西方向の河谷によって開析されているが、これらは中国地方に広く認められる北東-南西系の断層を弱線部として発達したものと考えられている。

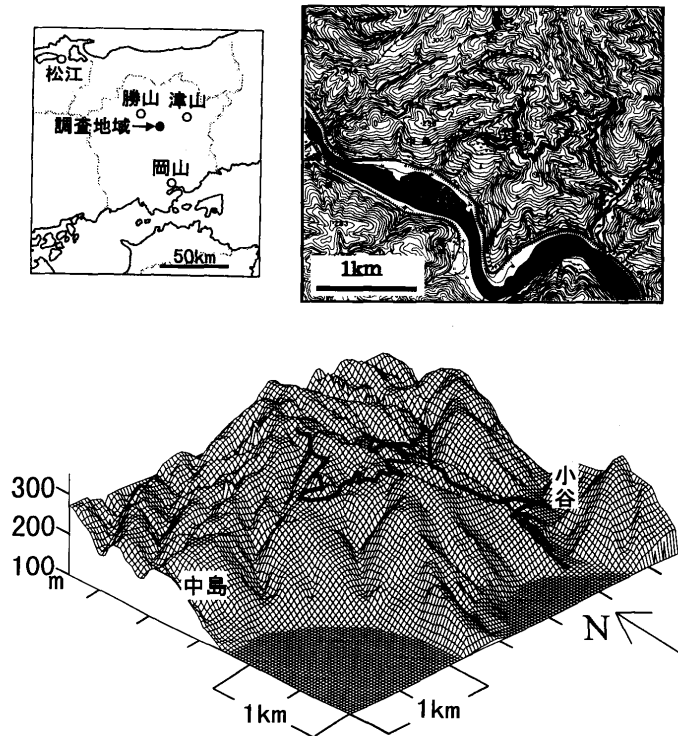


図1. 地形図（国土地理院発行、2万5千分の1地形図「西川」の一部を使用）および南西からみた調査地域の三次元的地形（実線は地形図上の小谷から大野畑に至る道を示す）

調査地域である岡山県旭町地域は岡山県の中央部に位置し(図1)、この付近の標高400-600mの山頂部は吉備高原面に対比されている。この地域の地形は、ほぼ北西-南東方向に流れる旭川とそれにほぼ垂直に交わる二次的な北東-南西方向の河谷によって大きく規制されている。これらの河谷の形成に伴う緩やかな侵食が現在も進行中で、そのため険しくはないものの平地の少ない山地地形となっている。なお、本調査地域の最も高い所は標高が356mの山頂であり、最も低い所は旭川に沿う谷で、標高が100mである。調査地域の地形をより詳細にみると、地すべりの結果生じたと考えられる滑落崖と崩土との組み合わせからなる馬蹄形の地形の存在が、地形図や空中写真の観察から確認される(図1、7-1)。これらの地すべり地形は本調査地域において、特に顕著に発達している。

地 質 概 要

1. 層 序

本調査地域である旭町地域には、三郡変成岩が広く分布している。三郡変成岩は、九州北部から中国地方東部にかけて分布する低温高圧型の変成作用を受けた結晶片岩である。その堆積年代は石炭紀~二疊系、変成年代は放射年代の測定から二疊紀~ジュラ紀であると推定されている(西村・柴田, 1989)。

本調査地域を含むより広い範囲での三郡変成岩の層序は、下位から上位に向けて、下部層・中部層・上部層の3つの地層に分けられている(Oho, 1989)(図2)。下部層は主にチャートラミナイト(Yoshida, 1981)とチャートからなり、一部に砂質岩を含む。下部層の厚さは、全体で500m以上である。中部層は、塩基性凝灰岩、泥質岩、砂質岩、チャート、チャートラミナイトからなる地層で、地層の厚さは約300mである。上部層は、酸性火山岩、塩基性火山岩、泥質岩からなる。本調査地域には、下部層が主として分布している。

本調査地域にみられる下部層は、主にチャートラミナイトとチャートとの互層からなり、少量の砂質岩を局所的に伴っている。チャートラミナイトは、チャート部と泥質部とが厚さ0.1mm~2mm程度で微細互層をなしている岩石である。チャート部は乳白色や灰白色を呈している。大部分は大きさ数 μm ~50 μm の微小の石英粒子からなり、少量の斜長石も含んでいる。泥質岩は暗灰色を呈しており、主に変成鉱物である白雲母や緑泥石から構成されている。後述するように片状構造が顕著に発達しているため、片理やちりめんじわへき開に沿って割れやすい。砂質岩は、灰白色~暗灰色を呈しており、片理が認められる。大部分は数 μm ~80 μm の石英粒子からなり、方解石や斜長石、少量の白雲母を含んでいる。また、砂質岩中には厚さ約0.8mmの石英層が、レンズ状に挟まれている場合もある。

2. 小構造

調査地域の旭町地域に分布する三郡変成岩は、形成時期を異にする3回の変形(D1、D2、D3)を受け、それぞれが小構造を形成している(Oho, 1988, 1989)。以下、形成時期の古い順に各変形の特徴について述べる。

1回目の変形(D1)は、軸面へき開としての片理(S1)を伴った褶曲(F1)を形成している。チャートラミナイト中ではF1がよく観察される。一般に等斜褶曲をなし、軸部では層厚は厚くなり、翼部では薄く引き伸ばされるが、時として途切れて無くなってしまうこともある。褶曲の波長は0.5mm~1mmである。S1は、顕微鏡下において、白雲母や緑泥石などの再結晶した葉片状鉱物の形態定向配列によって定義され、ほとんどの場合は層理面とほぼ平行である。再結晶した葉片状鉱物

の長径は $2\mu\text{m}$ から 0.1mm と様々である。2回目の変形(D2)は、S1を曲げる褶曲(F2)および、F2の褶曲軸面と平行なちりめんじわへき開(S2)を形成し、それに伴い線構造(L2)がつくられている。褶曲軸面の走向と傾斜は、後の褶曲のために様々な方向を向くが、北東-南西方向の走向を持つものが多くみられ、傾斜は南へ $40^\circ \sim 70^\circ$ である(第3、4図)。褶曲の波長は数mm~数cm、翼間の角度は $20^\circ \sim 60^\circ$ である。褶曲軸は北北東-南南西の方向を向き、プランジの値は $0^\circ \sim 40^\circ$ である。F2の褶曲の形態は山型の形をもつものが多い。顕微鏡下では、チャートラミナイトにおいてF2の微褶曲が顕著にみられる(図7-2、-3)。S2は、F2の翼部にそって形成されるdark seams (Durney, 1972)の定向配列によって示され、S1と高角度で斜交する場合がある。S2に沿って新しく再結晶した白雲母が形成されていることもある。線構造(L2)は、F2に関連して形成され、F2の微褶曲軸やS1とS2との交線として現れている。3回目の変形(D3)は、S1およびS2を曲げる開いた褶曲(F3)を形成し、軸面へき開としてのちりめんじわへき開(S3)を形成している(図7-3)。本地域では、D3に伴う変形構造については、その発達が弱く、頻繁には観察されないが、より広い地域の分布域で一般的に認められるものである(Oho, 1988)。F3褶曲の褶曲軸面の走向は、東西または北北東-南南西であり、傾斜は西あるいは東に $60^\circ \sim 80^\circ$ である。褶曲の波長は数mm~

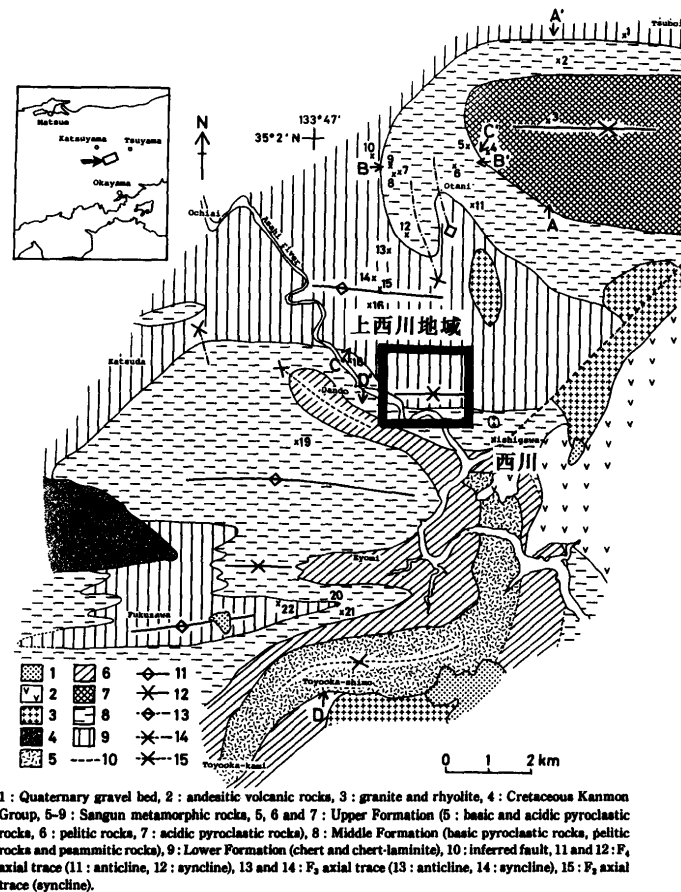


図2. 調査地域の地質構造的位罫 (Oho, 1989 からの引用)

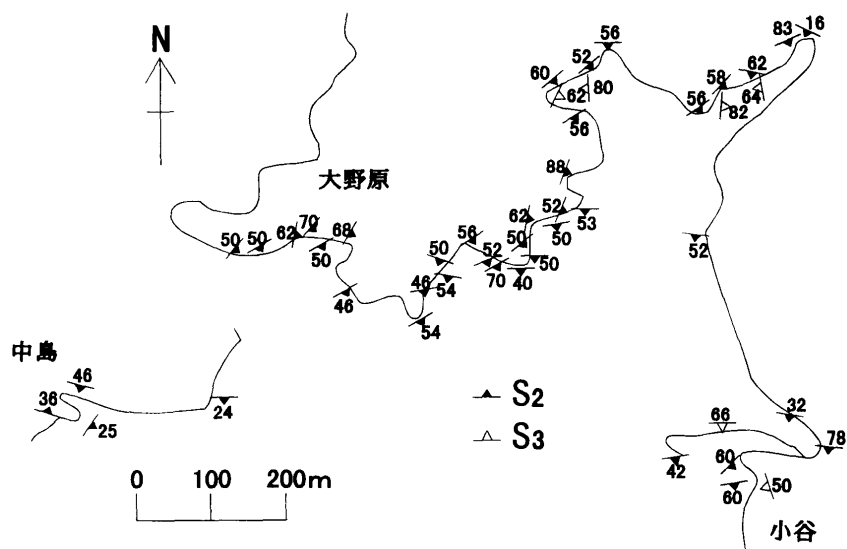


図3. ルートマップ

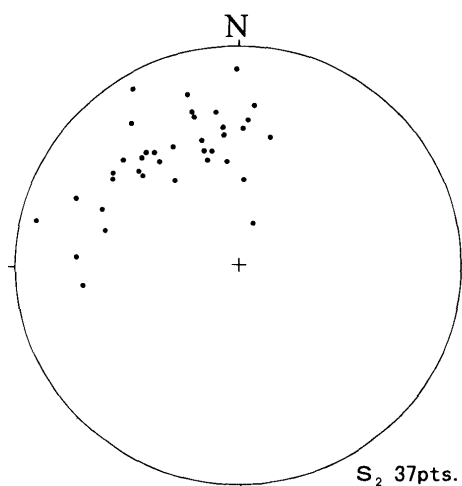


図4. S2へき開の極のシュミットネット投影図(下半球使用)

10cm、翼間の角度は $70^{\circ} \sim 120^{\circ}$ である。顕微鏡下では、チャートラミナイトでF3の微褶曲が観察される。S3は、S2ほど顕著に発達していないが、S2と同様F3の翼部に沿ってできるdark seamsの定行配列によって示され、S2と高角度で斜交する場合が多い。線構造(L3)は、F3に関連して形成され、F3の微褶曲の褶曲軸として現れている。

3. 大構造

調査地域の三郡変成岩は、小構造をつくる3回の変形を受けていることを前述したが、このうち2回目の変形(D2)と3回目の変形(D3)による褶曲構造が、大構造として地質図のスケールでも認め

ることができる(図2)。さらに、それらの褶曲構造を曲げるような4回目の変形(D4)による褶曲構造(F4)が認められる。4回目の褶曲(F4)の波長は数kmであり、褶曲軸の走向は東西である。本地域のやや南よりでは4回目の変形に伴う向斜構造が存在し、調査地域の北方に背斜構造が存在する。調査地域で観察される顕著な面構造は、ちりめんじわへき開(S2)であることが多く、その走向はおおむね北東-南西で、傾斜は南向きである。これは、本地域が上記の向斜構造と背斜構造との間に位置するためである。

三郡変成岩の風化

1. 露頭でみられる風化の状況

本調査地域には、前述したように三郡変成岩であるチャートラミナイトとチャートの互層がおもに分布し、少量の砂質岩がそれに伴っている。これらの岩石の風化の程度を、みかけ上、弱い風化と強い風化とに分けることができる(図7-4~8)。

弱い風化を受けた岩石は、部分的に変質がみられるものの、全体として原岩の組織を保持していることが多い。このような岩石は、標高100-150m付近の山体の下部および標高250-300m付近の山体中腹のチャートラミナイト、砂質岩で確認される。また、谷水などの水分が定常的に供給されている場所において顕著に認められる。変質した岩石の表面は灰白色や薄い茶色を呈しており、岩石の強度は低下し、破壊し易くなっている。岩石の切断面を観察すると、風化による変質がチャートラミナイトの泥質部に主に集中し、特に泥質部とチャート部との境界面付近での変質が激しいことが変色の状態から明らかである。このため、その境界部が非常に剥離しやすくなっている。一方、強い風化を受けた岩石は、原岩の組織が認められず、かなり土壌化の進んだ状態である。土壌化のため岩石は細粒化し、全体として茶色から赤褐色を呈するようになっている。細粒化した岩石中には5cm程度の大きさの岩片からなる粗粒部もしばしば認められる。強い風化を示す岩石は標高300m付近の山頂付近および標高250-300mの山体中腹の緩斜面に分布している。

2. 岩石のX線粉末回折分析

上述の2つの風化段階をもつ岩石からそれぞれ複数の試料を採取した。これらの試料を用いてX線粉末回折分析を行なった。

方法 採取した試料から、 $2\mu\text{m}$ 以下の粒子の定方位試料を作成し、X線回折装置を用いて含有粘土鉱物の同定を行なった。試料とした岩石は大部分がチャートラミナイトである。定方位試料には無処理のものに加えて塩酸処理、 550°C 加熱処理をしたものを準備した。定方位試料の作成方法は次のとおりである。採取した試料をハンマーミルを用いて細かく粉砕し、ふるいを使って $20\mu\text{m}$ 以下の粒子を集めた。さらに、これらを蒸留水中で分散させ、ストークス則に従い遠心分離機を用いて $2\mu\text{m}$ 以下の粒子のみを集めた。超音波洗浄によって再度蒸留水中で分散させ、懸濁液にした後に、スライドガラスに塗布し、自然乾燥させたものを定方位試料とした。なお、塩酸処理は $2\mu\text{m}$ 以下の試料を3N塩酸中で60分間煮沸し、遠沈洗浄を2回行った。 550°C 加熱処理として定方位試料作成後にヒーターを使い 550°C で2時間加熱した。使用したX線回折装置はマック・サイエンス(株)製のMac Science MXP3 diffraction systemである。X線源にはCuの $K\alpha$ 線を用い、管電圧は40kV、管電流は20mAとした。測定範囲および走査速度はそれぞれ 2θ で $2^{\circ}\sim 14^{\circ}$ 、 $1^{\circ}/\text{min}$ である。

結果 X線粉末回折による測定の結果、弱い風化および強い風化を示す三郡変成岩には、カオリナ

イト、白雲母、緑泥石、膨潤性粘土鉱物（パーミキュライト、スメクタイト）、緑泥石・膨潤性粘土鉱物混合層などの粘土鉱物が含まれていることが明らかとなった（図5）。これらの粘土鉱物の同定の根拠を以下に記述する。

無処理のそれぞれのピークのうち、7Åの底面間隔を持っている粘土鉱物としては、カオリナイトと緑泥石が考えられる。この2つの粘土鉱物を識別するため、塩酸処理を試みた。塩酸処理を行なうことで、緑泥石は溶解しピークが消えることが既に明らかになっている。その結果、無処理で7Åの底面間隔を持つサンプル(例えば②、⑩、⑪)のうち、ピークが消えてしまうサンプル②にはカオリナイトを含まず緑泥石を含むと判断される（図5）。一方、塩酸処理後もピークが残っているサンプル⑩、⑪にはカオリナイトは含まれているが、緑泥石が含まれているかいないかは塩酸処理だけでは判断できない。無処理のそれぞれのピークのうち、14Åの底面間隔を持っている粘土鉱物としては、緑泥石・パーミキュライト・スメクタイトが考えられる。この3つの粘土鉱物を識別するため、550°C加熱処理を試みた。結晶構造中に水分子層を含むパーミキュライトとスメクタイト

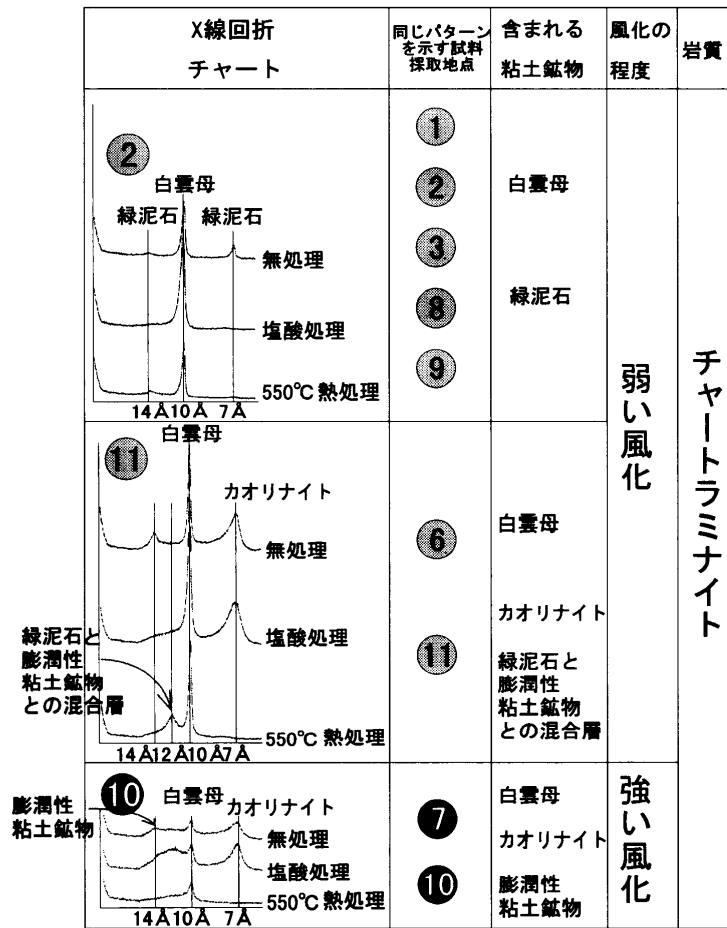


図5. X線粉末回折法による粒径2 μm以下の構成鉱物の同定と風化の程度との関係

は、550℃加熱処理を行なうことで層間水が失われて、底面間隔が9.5~10Åへと狭められる。また、14Åのピークが緑泥石のピークであれば、550℃加熱処理後もピークが残る。無処理で14Åの底面間隔を持つサンプル(②、⑩、⑪)のうち、550℃加熱処理後14Åのピークが消えてしまうサンプル(⑩、⑪)には、膨潤性の粘土鉱物であるパーミキュライトまたはスメクタイトが含まれていると考えられる。ピークが残っているサンプル②は緑泥石を含むと考えられる。以上のように、塩酸処理で7Åのピークが残っているサンプルでは、550℃加熱処理を行なうことにより緑泥石が含まれているかどうか判断できることになる。

12Åのピークは、10Åの粘土鉱物と14Åの粘土鉱物が混合層を形成することによってできた底面間隔である。この混合層の底面間隔は、2つの粘土鉱物の底面間隔の和の2分の1に相当している。12Åのピークが現われる混合層鉱物としては、白雲母・緑泥石混合層(無処理・550℃加熱処理の場合)、白雲母・膨潤性粘土鉱物混合層(無処理・塩酸処理の場合)、緑泥石・膨潤性粘土鉱物混合層(加熱処理の場合)がある。サンプル⑪において確認された12Åのピークは、無処理・塩酸処理時には明瞭ではないが、550℃加熱処理を行なうことで明瞭となる。従って、この底面間隔を形成している粘土鉱物は緑泥石と膨潤性粘土鉱物との混合層であると判断できる。また、10Å~14Åのなだらかなピーク(サンプル⑩)は、上記の3種類の処理だけでも鉱物の同定はできない。なお、10Åのピークはすべての処理サンプルで現われているが、このピークは白雲母のピークである。

崩壊移動の形式

本地域でみられる崩壊移動の形式として、大きく3つのタイプに分類することができる。すなわち、Creepタイプ、Slideタイプ、Flowタイプである(図8)(Selby, 1993)。

Creepタイプでは、岩盤クリープによる塑性変形によってS2が曲げられ、S2に平行な方向および直角な方向に割れ目が生じている(図7-4)。その結果、岩体はいくつかのブロックに分かれ、ブロックとブロックの間には隙間ができる。この隙間が大きくなると最後には崩壊に至るものと考えられる。剥離面はS2に沿って生じていることが多いが、チャートラミナイトではチャート部と泥質部との境界面が平行であることがほとんどであるため、この境界面に沿った剥離が特に顕著である。このCreepタイプは一般に標高100-150mの山体下部の斜面が急勾配な場所でみられる(図6)。露頭では、崩落には至っていないものの、S2に沿った剥離面が生じ、数cmの幅を持つ割れ目が生じている様子が頻繁に観察される。Slideタイプは岩盤すべりであり、標高250-300m付近の山体中腹において斜面が急勾配を示す場所で主にみられる。このタイプの崩壊では、岩石中のへき開S2が風化のために強度が弱くなり、クリープを起こすことなく、へき開がすべり面となることで崩落が生じている。そのため大部分のSlideタイプは、斜面の方向とへき開の方向がほぼ平行な場所で起こっている(図6、7-5)。このような場所は調査地域で頻繁に観察され、さらに、今後Slideタイプが起こりそうな場所も数多くみられる。露頭では、このタイプの崩壊によってすべり落ちた岩石が、落下する際の衝撃によって複数のブロックに分かれている様子も認められる(図7-6)。このブロックの大きさは、大きいもので長径が3m、短径が2m、厚さが1mである。

Flowタイプは岩屑流動が起きたものであり、標高300mの山頂付近や山体の緩斜面で見られる(図6、7-7、-8図)。この崩壊は、あらかじめ山体の緩斜面に蓄積されていた岩屑や土壌が、変形しながら崩れる流動崩壊である。そのため崩壊地の上部には急な滑落崖が現われ、その下部に崩土が溜まり緩やかな傾斜を形成している。Flowタイプでは移動土砂の量も多く、すべり面も地表面から1ないし2m付近にあるため、松や杉などの樹木が根もとから移動している場所もみられ

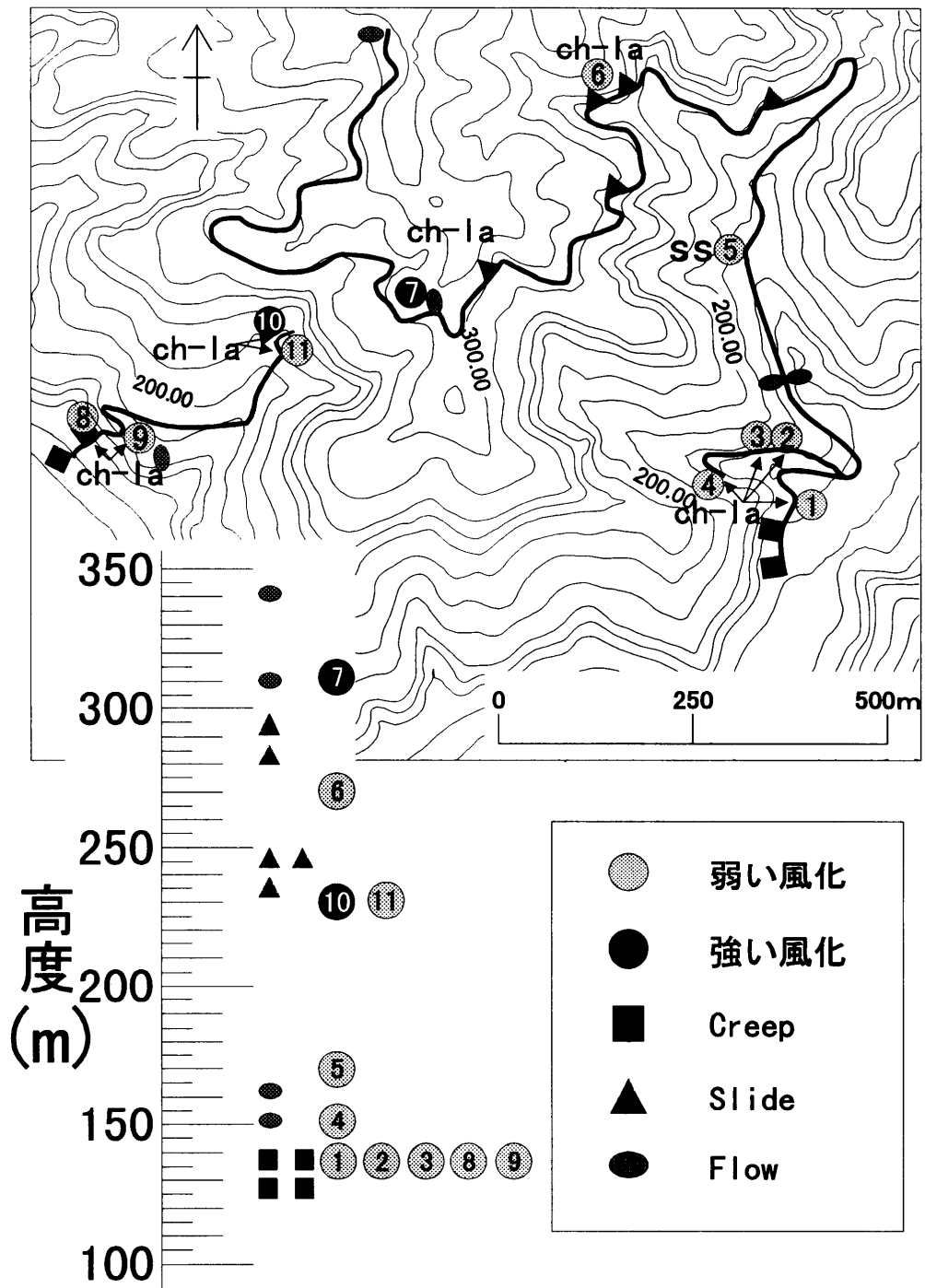


図6. 風化の程度、崩壊の形式と地形的位置との関係 (図中の番号は地点とサンプル番号を示す)

る。Flowタイプ崩壊後に崩積土中にすべり面が形成されると、再度崩壊が起こることになる。

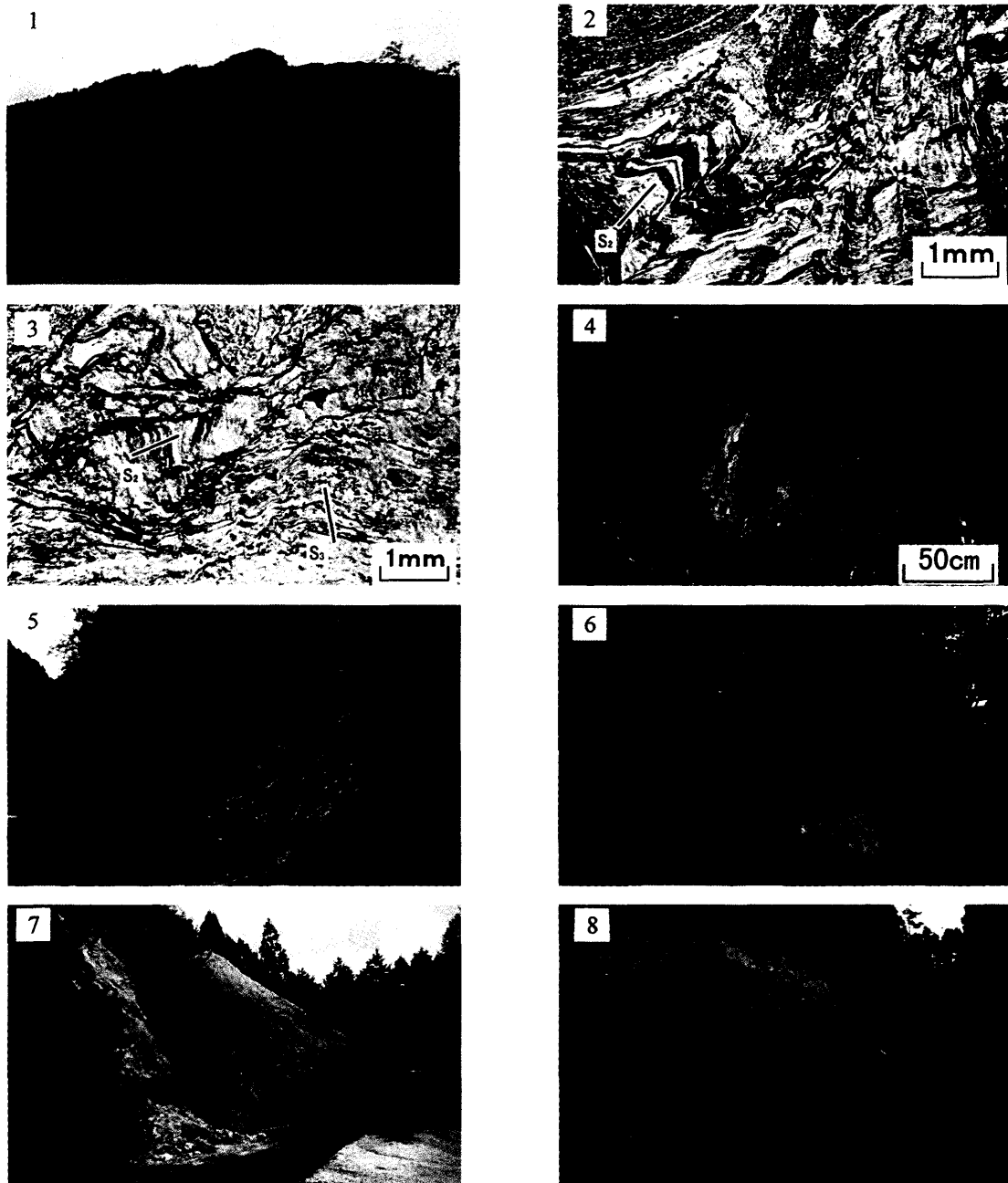


図7. 1 : 南から見た調査地域の地形. 2と3 : 三郡変成岩の微小構造の顕微鏡写真 (クロスニコル).
4 : Creepタイプ (地点1). 5と6 : Slideタイプ (地点6). 7と8 : Flowタイプ (地点7)

考 察

崩壊の形式と風化との関係は以下のようなものである（図8）。Creepタイプが起きていた場所の岩石（チャートラミナイト）は弱い風化を受けており、構成鉱物として白雲母と緑泥石が含まれている。一方、崩壊の形式がSlideタイプからFlowタイプに変わるに従って、岩石の風化の程度は強くなる。すなわち、Slideタイプを示す岩石は弱い風化を受け、粘土鉱物としては白雲母、カオリナイト、緑泥石と膨潤性粘土鉱物との混合層が認められる。また、Flowタイプを示す岩石は強い風化を受け、弱い風化を受けた岩石で認められる緑泥石が含まれなくなり、カオリナイトと膨潤性粘土鉱物が含まれるようになる。このようなチャートラミナイトに含まれる粘土鉱物の種類の違いから、SlideタイプやFlowタイプの岩石中に含まれるカオリナイト、緑泥石と膨潤性粘土鉱物との混合層および膨潤性粘土鉱物は、緑泥石が変化した結果、形成されたものと推定される。風化に伴って起きる緑泥石から膨潤性粘土鉱物への変化については、泥質岩について知られている（例えば、水谷、1976；Tsushima & Oho, in press）。三郡変成岩でもチャートラミナイト中の泥質な部分の風化によって緑泥石が変化するものと考えられる。以上のように、風化に伴う構成鉱物の変化が崩壊の形式に大きな影響を与えているものと推定される。恐らく岩石中に含まれる膨潤性粘土鉱物が水分の供給に伴い膨張し、それがFlowタイプで示されるような崩壊の起こるきっかけとなっているのであろう。

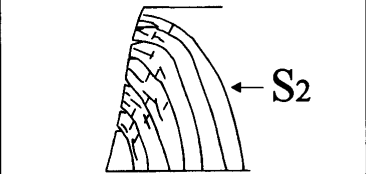
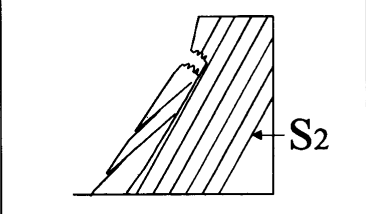
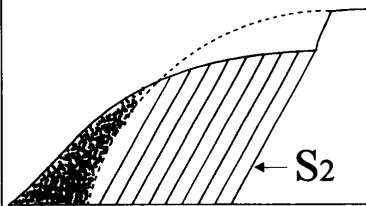
崩壊の形式	模式図	地形的位置	崩壊材料 (風化の程度)	含まれる 粘土鉱物
Creep		山体下部の急傾斜面	岩盤 (弱い風化)	白雲母 緑泥石
Slide		山体中部の急傾斜面	岩盤 (弱い風化)	白雲母 カオリナイト 緑泥石と 膨潤性 粘土鉱物との 混合層鉱物
Flow		山体上部 及び山体 中部, 下部 の緩傾斜面	岩屑 土壌 (強い風化)	白雲母 カオリナイト 膨潤性 粘土鉱物

図8. 崩壊の形式、地形的位置、風化の程度および主要粘土鉱物の関係

Creep およびSlideタイプは、風化があまり進んでいない場所で起きているが、これは山体の急傾斜面では、崩壊による削剥の速度が岩石の風化速度よりも速いためであると考えられる。なお、崩壊の形式としてはSlideタイプではあるが、土壌を伴って崩壊している場合もみられた。Slideタイプは、急傾斜面の場所で発生することから、土壌を伴うSlideタイプは、急な斜面の上部に土壌が蓄積している場所で起きていると推測される。一方、Flowタイプは、山頂付近で風化が進んでいる場所や山体中部および下部の緩傾斜面にかつて地すべりなどで移動、崩壊した三郡変成岩の岩屑が存在している場所で起きている。このような緩傾斜面では、物質の移動に伴う削剥の速度が小さいため、岩石が移動せずとその場で深層まで風化するものと考えられる。また、Slideタイプによって生産された小ブロックは、時が経つにつれて細かい岩屑となるため、Flowタイプの材料となるものと考えられる。本地域の中島地区では、岩盤の上に土壌や岩屑が蓄積されており、場所によっては土壌および岩屑が3m以上堆積している場所もみられた。このように緩傾斜面に土壌が大量に蓄積されている場所では、今後大規模なFlowタイプが発生する要素を持っていると推測される。

三郡変成岩の分布域では、へき開の存在は剥離面の形成を容易にし、CreepタイプやSlideタイプの崩壊によって比較的小規模な崩壊ブロックをつくる役割を持っている。このような崩壊岩石の小ブロック化は、崩壊による災害を小規模にしている。また、小規模な崩壊を頻繁に発生させることは、大規模崩壊を遅らせる役割を持っている。例えば、平成10年10月16日18時～10月18日1時に台風10号が中国地方に上陸した際に、この地域で崩壊が次々と発生している。観察された崩壊の形式はSlideタイプおよびFlowタイプであり、これらが3箇所以上発生していた。Slideタイプの崩壊の発生でみられるように、へき開は災害の小規模化を促す一方、へき開を通じて岩石の内部にまで水を供給することによって深層風化を促す役割も担っている。特に、緩傾斜の場合は、片理やへき開の存在によって水の通り道が多く存在するために、深層風化は急速に進むと考えられる。その結果、岩石全体の風化を促進し、最終的には、傾斜の緩やかな斜面に大量の不安定物質を蓄積し、大規模崩壊の素因になる可能性を持っている。

ま と め

1. 本調査地域の三郡変成岩は一般に風化作用を受けており、岩石の組織の保持状態に着目して弱い風化を受けた岩石と強い風化を受けた岩石に分けることができる。山体の高度の違いに応じて風化した岩石は特徴的な分布を示しており、ほぼ標高300m以上の山体頂部では強い風化を受けた岩石が多くみられ、標高100-150mの山体下部では弱い風化を受けた岩石が顕著にみられる。また、両種類の岩石をX線粉末回折で解析を行った結果、強い風化を受けた岩石は、弱い風化を受けた岩石に含まれていた緑泥石を含まず、膨潤性粘土鉱物やカオリナイトを含んでいることが明らかとなった。

2. 本調査地域に見られる崩壊現象としてはCreep、Slide、Flowタイプがみられ、それぞれの崩壊現象が起こる山体での位置は特徴的な分布を示す。すなわち、山体下部の急傾斜面ではCreepタイプがみられ、山体中腹の急傾斜面ではSlideタイプおよびFlowタイプがみられ、山体頂部の緩傾斜面ではFlowタイプが顕著にみられる。これは山体下部および中腹の急斜面では、崩壊による削剥の速度が岩石全体の風化速度よりも速いため岩石の風化があまり進んでいないこと、および、山頂付近や山体中部および下部の緩傾斜では削剥の速度が小さいため、岩石が移動せずとその場で深層まで風化していることによる。

3. 三郡変成岩の分布域では、へき開の存在は剥離面の形成を容易にし、CreepタイプやSlideタイプの崩壊によって比較的小規模な崩壊ブロックをつくる役割を持っている。しかしその反面、へき開を通じて岩石の内部にまで水を供給することで深層風化を促す役割も担っている。その結果、岩石全体の風化を促進し、最終的には、傾斜の緩やかな斜面に大量の不安定物質を蓄積し、大規模崩壊の素因になる可能性を持っている。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、総合科学部の藤井博信教授にはX線回折装置を使わせて頂いた。生物圏科学研究科石川千穂さんには研究を進めて行く上で様々な援助を頂いた。また、広島大学総合科学部地学系の諸先生方には有益な御助言を頂いた。ここに心から感謝の意を表します。

文 献

- Durney, D. W. (1972): Solution-transfer, an important geological deformation mechanism. *Nature*, 315-317.
- 今井外治 (1964) : 広島県の地形. 広島県地質図および同説明書, 9-16.
- 藤田 崇・平野昌繁・波他重熙 (1976) : 徳島県川井近傍の地すべりの地質構造規制. 地すべり, 13, 25-36.
- 水谷伸治郎 (1976) : 頁岩の風化—その変質過程の速度論的考察—. 新潟大地鉱研究報告, 第4号, 445-457.
- 西村裕二郎・柴田 賢 (1989) : “三郡変成帯”の変斑れい岩質岩石の産状とK-Ar年代. 地質学論集, no. 33, 343-357.
- 日本応用地質学会 (1999) : 斜面地質学—その研究動向と今後の展望—. 294p.
- Oho, Y. (1988) : Multiple deformations of the Sangun metamorphic rocks in the Asahi area, Okayama Prefecture, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 94, 411-417.
- (1989) : Superimposed folds of the Sangun metamorphic rocks in the Ochiai-Asahi area, Okayama Prefecture, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 95, 541-551.
- Selby, M. J. (1993): *Hillslope materials and processes*. Oxford University Press, Oxford, 451p.
- Tsushima, A. and Oho, Y. (1999): The mineralogical weathering of the mudstone in western to middle western Shimane Peninsula. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 105, 852-865
- Yoshida, S. (1981): Chert-laminite: its petrographical description and occurrence in Japanese geosynclines. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 87, 131-141.