

11. 四国中央部における泥質片岩で発生した深層崩壊の地質学的背景

Geological condition of deep-seated landslides in pelitic schist area, central Shikoku

○山崎新太郎〈京都大学防災研究所〉

Shintaro Yamasaki

1. はじめに

泥質片岩は四国中央部の三波川変成コンプレックスに広範囲に分布し、地すべり多発地帯を形成している。泥質片岩は片理面に沿って剥離しやすいことや、その片理面に沿ってほとんど強度を持たない炭質物薄層が含まれていることも地すべりが発生しやすい素因となっている。

(Yamasaki et al., 2016)。泥質片岩地帯では、それらの素因のために特に流れ盤に緩慢な運動を伴う徐動性地すべりや重力斜面変形が多発する状況が知られている。徐動性地すべりのすべり面深度は時に数十メートルに達し、断層破碎帯に類似したシルト程度の粒子からなるすべり層が形成されている場合が多い。

一方で、泥質片岩に発生する深層崩壊については、その発生環境については十分な理解がされていない。すべり面が風化層内に形成されている厚さ数メートル以内の崩壊が泥質片岩地域では報告されている（例えば、2018年豪雨による大豊町立川上流域の崩壊、四国山地砂防事務所、2019に多く記載されている崩壊例）が、風化層の基底をさらに越えた厚さ10mを越える深層崩壊事例は、風化層内にすべり面を持つものとは異なる別のメカニズムの崩壊であると考えられる。20世紀以降、四国中央部では泥質片岩地の深層崩壊事例が複数あり、同一箇所でも崩壊が繰り返されている地域もある。今回、筆者は大歩危南方・吉野川中流域の3箇所の崩壊地の地質構造と地形発達を調査した。この分析には国土交通省・四国山地砂防事務所が取得した1m DEMを効果的に援用した。結果、雨水の直接透水経路となりうる深部までの鉛直姿勢開口亀裂が形成される特徴的な地質構造が見いだされた。さらに、本論では河川侵食が関係して崩壊が繰り返し発生していることを指摘する。

2. 調査箇所のそれぞれの地質と地形特徴

筆者が調査を行った3箇所の崩壊地について、その地形・地質について概説する。

一つは、高知県大豊町豊永付近の崩壊地である。2022年現在この崩壊地のサイズは高さ約120m、幅は約100mである。1947年撮影の空中写真には既に小崩壊地の可能性のある地表面が確認できるが、確実に崩壊地と判別できるのは1983年以降である。それ以後、現在に至るまで同一地点で崩壊を繰り返している。2022年春に調査を行ったところ、崩壊後の露岩地では石英と雲母類の構成が異なる2種類の泥質片岩が分布しそれが斜面中腹部の水平に近い姿勢を持つ断層によって区分されていた。そして両岩相共に、鉛直に近い波長1m以下の褶曲軸面を持つ正立褶曲が複数発達し、多数の鉛直方向の亀裂が認められた。鉛直方向の亀裂は開口しているものも多くあった。なお、斜面は吉野川の水衝部にあたるため、河川侵食が崩壊を発生させていることが推定できた。

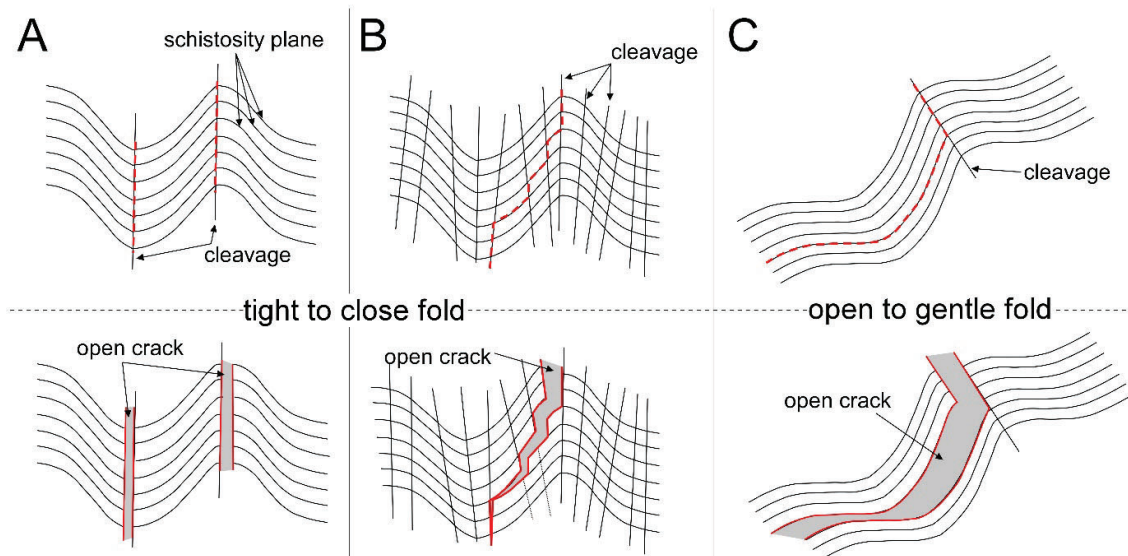
もう一つは、高知県大豊町岩原付近の崩壊地である。この崩壊地はトウジ山崩壊地と呼ばれ、古くは1687年に崩壊した記録があり、それ以降、近年では2018年まで複数回に亘って崩

壊を繰り返している（四国山地砂防事務所，2004）．崩壊幅は約300m，長さは約400mである．崩壊地の上部は珪質片岩，滑落崖直下から下部は泥質片岩からなり，岩相境界から考えられる大局の構造は受け盤である．ここでも両岩相共に鉛直に近い褶曲軸面を持つ正立褶曲が複数発達し，多数の鉛直方向の亀裂が認められた．その波長は珪質片岩部分では数メートル以上の波長であるが，泥質片岩では1m以下の波長のものもある．鉛直方向の亀裂は開口しているものも多くあった．地形的には，崩壊斜面は谷中谷の上端付近にあたり，遷急点の遡上が斜面を不安定化させていると考えられた．

最後は，徳島県三好市西祖谷山村有瀬の崩壊地ならびに，変形が進行中の重力斜面変形である．変動域では多数の亀裂が形成されて，さらに下端部では崩壊が発生している．その変動域の幅は約150m，長さ約230mである．砂質片岩および珪質片岩の岩相境界，層理面から考えられる地質構造は水平に近いが，または受け盤構造であるが，泥質片岩には鉛直に近い波長1m以下の褶曲軸面を持つ正立褶曲が複数発達している．さらに，亀裂も鉛直方向に発生しているものが多くあった．ここでも変動域は谷中谷の上端付近にあたり，遷急点の遡上が斜面を不安定化させていると考えられた．

3. メソスコピックなスケールの正立褶曲と開口亀裂の形態

これまで示してきたように，共通する地質として泥質片岩の存在および，それに顕著に発達する波長1m以下の規模の正立褶曲の存在がある．このメソスコピックなスケールの褶曲には軸面に平行な劈開が発達していることが多くあり，その劈開に沿って同じく鉛直に近い姿勢の亀裂，開口亀裂が多数発達している．さらに劈開から片理面を貫通して連続的な亀裂が形成されている場合も多い（図－1）．劈開の発達する泥質片岩は河床では堅硬であり，開口は認められないが，斜面上の法面では亀裂が開口し，さらに岩片化しているものが多く認められる．つまり，劈開に伴う亀裂は重力斜面変形と共に開口し，強度を失っているものと推定される．また，鉛直方向に開口するために，上方からの雨水または地下水の浸透経路となっていると考えられ，有瀬地



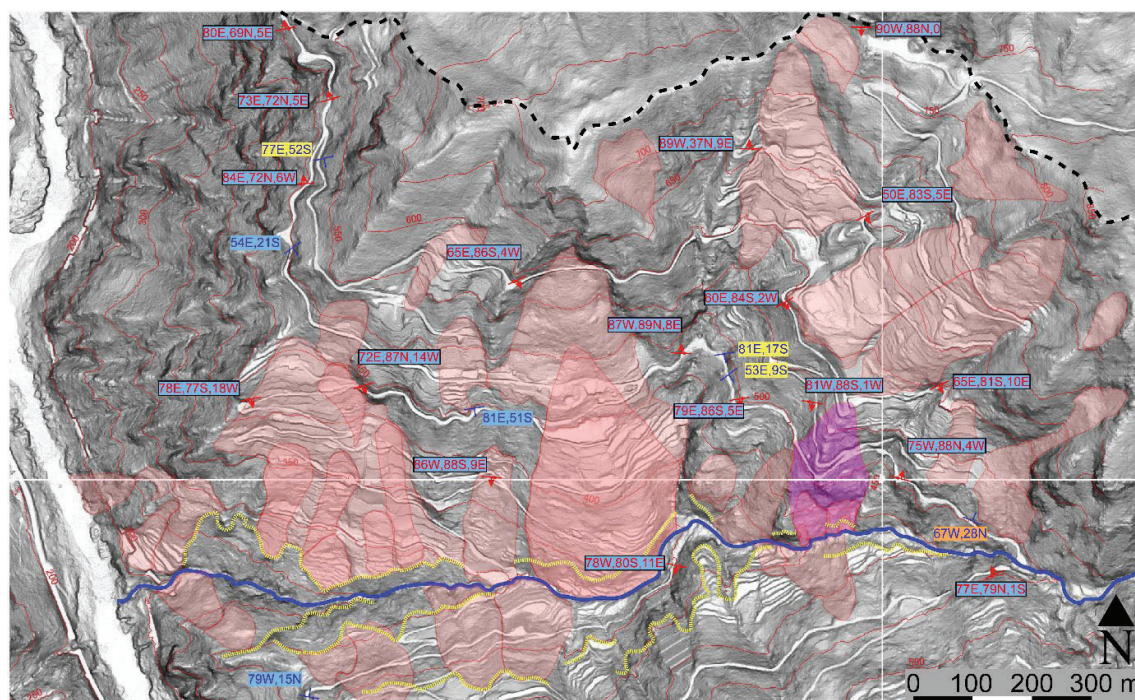
図－1 正立褶曲の発達する泥質片岩に形成された劈開と亀裂の模式的形態（下断は重力斜面変形などの伸長変形が進展した場合に想定される開口亀裂の模式的形態）

域に施設された排水トンネル工の地下約 70 m 付近の切羽では褶曲軸面に沿う開口亀裂からの湧水が確認された。岩原付近の崩壊地上方のメソスコピックな正立褶曲は、波長が北側地域に比べて開いたものが多い。この場合、片理面に沿って変形が発生した場合、流れ盤すべりに近い形態となるが、変位の拡大と共に比較的幅の広い透水経路が岩盤上部に形成されることになる（図－1）。岩原の崩壊地では、崩壊後の斜面に褶曲軸部が露出した円筒状の地形が露出している場合がある。

4. 地域に共通する地質特徴と深層崩壊の発生場を決定する要因

上記に示してきた3箇所の崩壊地は、いずれも吉野川中流部・大歩危南方に位置し、この周辺では多くの泥質片岩露頭にメソスコピック褶曲が発達していた。その褶曲軸面の姿勢は地域的な共通性があり、概ね東西走向である。また、筆者らの調査では鉛直褶曲は砂質片岩や緑色片岩には発達しておらず、珪質片岩では比較的波長が大きく開いた褶曲となり、泥質片岩では短波長の閉じた褶曲となる。軸面劈開も泥質片岩に発達していることが多い。

岩相分布に注目すると、大歩危南方地域は、比較的水平的な構造からなり、尾根の上部を珪質片岩や砂質片岩などの比較的侵食に強い岩石が分布している。周辺は、河床からの比高が1000 mに近く、大規模な溪谷を形成しているが、これが地すべり・崩壊が頻発する地域であるにも関わらず大比高斜面を維持している理由と思われる。一方で、本論で述べてきたメソスコピック褶曲は層理面、岩相分布とは関係なく形成されており、層理面および片理面形成後に生じた後生変形である。



図－2 徳島県三好市西祖谷山村有瀬付近のグリッドサイズ 1 m の DEM より作成した傾斜量図に、判読した古い地すべり痕跡（ピンク）、現在活発な重力斜面変形（紫）、河川（境川）に平行に発達した遷急線（黄）、地質構造データを重ねたもの。黒で囲んだ数字は、褶曲軸面の走向、傾斜、ヒンジ線の傾斜を示している。それ以外は片理面の走向、傾斜である。青は泥質片岩、黄色は砂質片岩、橙色は珪質片岩の露頭である。破線より北は地形分析域の外。

層理面の姿勢や主たるそれと一致する片理面（四国地域では層面片理面となっている場合が多い）の姿勢よりも軸面劈開の発達と方向に地すべりの分布が規制されていると考えられる。防災科学技術研究所の地すべり地形分布図と20万分の1地質図「高知」（第2版）を重ねて分析すると、大歩危南方地域にも地すべり地形が多く分布しているが、必ずしも層理面の傾斜が大きな場所に地すべりが多発しているような特徴は見えない。従って、大歩危南方地域では、深層崩壊および徐動性の地すべりも含めて、軸面に平行に形成された劈開、そしてそれに接続する褶曲の翼に沿う急傾斜の片理面の双方に規制される東西走向―準鉛直姿勢の分離面またはすべり面が地すべりの素因と考えられる。本論で挙げた3例はいずれも北方向または南方向に移動していることが想定される崩壊地であり、有瀬周辺の古い地すべり地形も南または北斜面に発達し、吉野川沿いの西斜面には発達していない。これは地すべり地形も含めてその発生が東西走向の軸面劈開起源の亀裂系に支配されているためと考えられる（図-2）。なお、このメソスコピック褶曲を含む変形帯は四国中央部におけるせん断変形が著しい地域として清水構造帯（小島・光野，1966）として知られるもの、または三波川変成コンプレックスの重複変形ステージであるDu変形（青矢・横山，2009ほか）と認定されるものに特徴が類似しており、清水構造帯に関しては、その重要性が応用地質学的に重要であることは古くから指摘がある（例えば、鈴木，1998：青矢・横山，2009）。

地域には数多くの地すべり地形が存在するがその中でも崩壊を繰り返すなどの活動的な場所は、河川の発達によるものと考えられる。一つは、豊永の崩壊にあるように河川の水衝部である。もう一つは上野・田村（1992）も指摘する谷中谷の上端である。この場所では、河川侵食によって遷急点の遡上が発生し、その周辺の斜面下部で侵食が活発になる。そのため、重力斜面変形が発生し、斜面崩壊が頻発する。岩原および有瀬の例はそれに該当する。

文 献

- Yamasaki S, Chigira M, Petley DN (2016): The role of graphite layers in gravitational deformation of pelitic schist, *Engineering Geology*, 208, 29-38.
- 四国山地砂防事務所（2019）：平成30年7月豪雨―土砂災害対応の記録，国土交通省四国山地砂防事務所。
- 四国山地砂防事務所（2004）：四国山地の土砂災害，国土交通省四国山地砂防事務所。
- 小島丈児・光野千春（1966）：5万分の1地質図幅「川口」，地質調査所。
- 鈴木堯士（1998）：四国はどのようにしてできたか―地質学的・地球物理学的考察，南の風社。
- 青矢睦月・横山俊治（2009）：日比原地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），産業技術総合研究所・地質調査総合センター。
- 上野将司・田村浩行（1992）：地すべりの形状，規模および分布に関する検討，応用地質年報，14, 1-13.

謝 辞

航空測量データや露頭の観察機会を国土交通省四国山地砂防事務所に提供頂いた。また京都大学防災研究所徳島地すべり観測所の荒井紀之氏には重要な露頭や写真をご提供頂いた。