

地すべりの地質学的認定 -四万十帯の地すべりを例として-

GEOLOGICAL IDENTIFICATION OF LANDSLIDES:

AN EXAMPLE OF A LANDSLIDE LOCATED IN SHIMANTO BELT

脇坂 安彦¹

Yasuhiko WAKIZAKA

¹独立行政法人土木研究所 (〒305-8516 つくば市南原1番地6)

E-mail: wakizaka@pwri.go.jp

Key Words: landslide, non tectonic fault, breccias, composite planar fabric

1. はじめに

地すべりの認定は、地すべりの地形的特徴、地質的特徴および計器観測の結果を指標として行われている。地形的特徴としては、馬蹄形状地形、頭部の崖地形、凹地地形があげられる。従来、これらの地形的特徴は、空中写真や地形図の判読により行われてきたが、近年、レーザープロファイラにより微地形などの詳細な地形情報が得られるようになり、地形判読の精度は向上している。一方、地質的特徴は、地表踏査やボーリング調査から得られている。従来のボーリングコアによる地すべりの認定は、すべり面粘土の存在、崩積土・粘性土などの地質性状、風化度、コアの形状、岩級区分などを指標に行われていた。しかし、渡・酒井¹⁾の分類のうち岩すべり、風化岩すべりの場合には、すべり面粘土は軟質であるため、採取されないことがある、すべり面粘土と断層粘土・熱水変質粘土・風化粘土の区別が困難なことがある、風化度は必ずしも地すべりと関係していないことがある、地すべりによって破碎されたコアと地質構造運動によって形成された断層破碎帯との区別が困難なことがあるなどの問題があった。そこで、脇坂ほか²⁾³⁾は、すべり面粘土と断層粘土・熱水変質粘土・風化粘土などを識別するため、これら粘土の鉱物学的性質の比較検討を行った。しかしながら、鉱物学的性質によって一部の断層粘土と熱水変質粘土は、他の粘土と識別できたが、すべり面粘土を他の粘土と識別することはできなかった。

近年、界面活性剤を用いた高品質ボーリング技術が開発され、地すべり土塊、断層破碎帯、沖積礫層などの硬軟の岩石が混在する個所のコアも乱さない状態で採取できるようになってきた。このボーリング技術により、従来、観察することが困難であった地すべり土塊内の微細な構成地質および構造を観察することが可能になってきた。

本文では、四万十帯内に分布する地すべりについて得られた高品質ボーリングコアの観察結果および周辺の露頭などの観察結果から、地すべり土塊に特徴的な角礫岩が存在し、これが地すべりの地質学的認定指標となることが判明したので報告する。なお、本文は脇坂ほか⁴⁾に若干の加筆を行ったものである。

2. 対象とした地すべりの概要

(1) 地形

対象とした地すべりは、標高約200~600mの東向き斜面に位置しており、地すべり付近の河床標高は約200mである(図-1)。西流していた河川は地すべりの北端部付近で南に向きを変え流下している。すなわち地すべりの北端部付近は河川の攻撃斜面となっている。

地すべりの平面形状は頭部よりも末端部の幅が狭く、ボトルネック状である。地すべり頭部はもともと緩斜面であったと思われるが、現在は改変されて農地となって

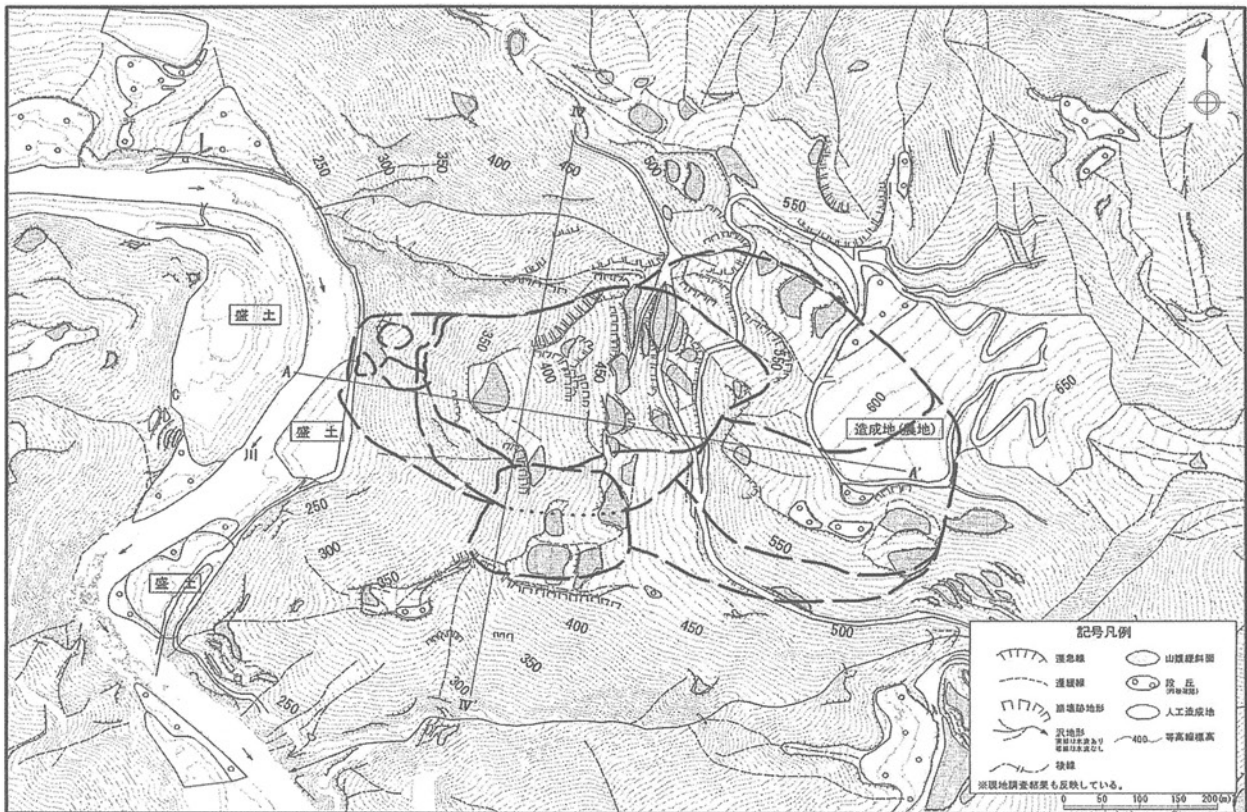


図-1 対象とした地すべり周辺の地形。対象地すべりの形状は、太破線で示されている。

おり、原地形の詳細は不明であり、明瞭な滑落崖は認められない。地すべりの地形を詳細にみると、標高 400m に連続性の良い遷急線、450m および 500m 付近に断続的な遷急線が分布し、それぞれの遷急線の上位には緩斜面が散在している。

(2) 地質

地すべりの基盤地質は、四万十帯で、主要な構成岩石は、粘板岩が優勢な砂岩・粘板岩の混在岩である。この混在岩の中に不規則な形状の砂岩ブロックが分布している。地層の走向は概ね北東-南西～東北東-西南西で、傾斜は 40° ～ 60° 北傾斜である。地すべりが存在する斜面は、東向き斜面であるため、地すべりの主測線方向に断面を切ると、地層はほぼ水平となる。地すべり周辺には、さまざまな走向の低角度断層、層理面走向、北西走向、東西走向、北東走向の中～高角度断層が分布している。

(3) 地すべりの調査・観測

地すべりには計 27 孔のボーリングが存在し、そのうち 19 孔が高品質ボーリングである。またこれらのうち 19 孔に孔内傾斜計、2 孔に多段式傾斜計、1 孔に垂直伸縮計が設置されている。

上記の動態観測の結果、累積的なせん断変位が認めら

れた付近の粘土質部を追跡することにより、対象地すべりは少なくとも 6 ブロックに区分される。

3. 地すべり土塊の地質性状

(1) 構造的な断層起源の破碎岩の性状

計 19 孔の高品質ボーリングコアの詳細な観察を行った。観察の結果、地すべりの範囲内にはさまざまな程度に破碎された岩石（割れ目の多い岩石～角礫岩）が存在すること、また、それらの一部には構造的な断層と考えられるものも含まれることがわかった。そこで、構造的な断層起源の破碎岩と地すべり起源の破碎岩の識別をするために、対象地すべり周辺の地すべり地域外における明らかに断層と考えられる破碎岩（両側に変位が認められる破碎岩）の観察を行った。

明らかに構造的な断層と考えられる破碎岩（いわゆる断層岩のうちの断層角礫および断層ガウジ）には、破碎がある程度進行した断層角礫の場合、なにがしかの面構造が確認できた。面構造の多くは、R1 面および P 面の複合面構造を構成する面である（図-2 参照）。一方、破碎が進行し、断層ガウジ状になっている場合には、面構造は確認されないか、Y 面に相当する縞状構造が観察された。

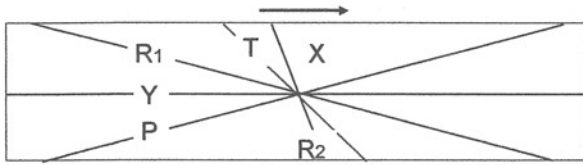


図-2 右横ずれ断層による複合面構造と各面の名称

また、断層角礫の粒度分布は、角礫（破碎岩片）と基質との間がほぼ連続的である。

以上のように、なにがしかの面構造が存在し、角礫と基質との間の粒度分布が連続的な角礫岩は、構造的な断層起源と推定される。

(2) 地すべり起源の破碎岩の性状

計器観測結果により地すべり土塊と推定された範囲内の破碎岩（割れ目の多い岩石～角礫岩）のうち、既述の性状によって断層起源と考えられるもの以外の性状は次のようなものである。

①角礫岩の一部には、高角度の開口割れ目を充填するように存在するものがある（ここではこれを Sh1 と表示、図-3 参照）。

②角礫状の破碎岩（角礫岩）には、断層起源の場合とは異なり、面構造は全く認められず、無構造である。

③角礫岩の角礫の粒径、角礫と基質の量比には様々なものがある（ここではこれらを角礫の径が大きく基質が少ないものを Sh2、角礫の径が小さく基質が多いものを Sh4 と表示。また、角礫を含まない細粒のものを Cl と表示、図-3 参照。写真-1 は Sh2 程度のもの）。角礫の粒径および角礫と基質との量比は、破碎の程度を表していると考えられる。

④角礫岩の角礫と基質の粒径の間には、不連続がある。すなわち、かなり細粒の基質の中に基質の粒径よりもはるかに大きな角礫が存在している。

⑤以上の特徴は、地すべりの頭部、末端部などの地すべり内の平面的位置、地表面付近、すべり面付近などの深度に限らず、あらゆる個所で観察される。

これらの角礫岩は、Lettis ほか⁹⁾のノンテクトニック断層に当たるものと考えられる。

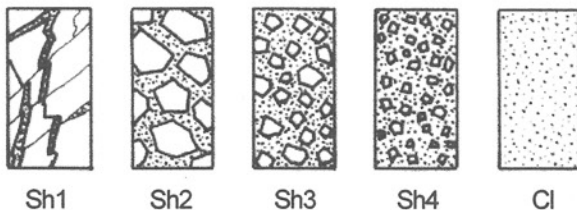


図-3 地すべり土塊中で観察されるさまざまな角礫岩。Sh1～Cl の区分は表-1 を参照。

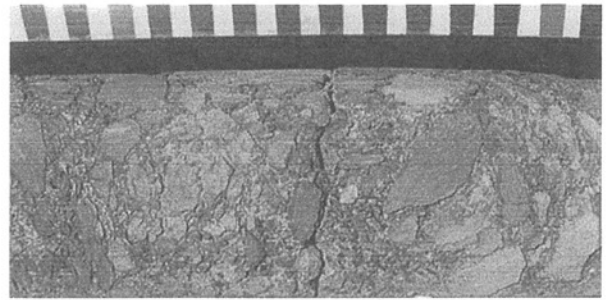


写真-1 地すべり土塊中の無構造な角礫岩のボーリングコアの例。Sh2 程度のもの。写真上部の黒のバーの幅は5mm である。

4. 地すべり起源の角礫岩の成因

地すべり起源と考えられる角礫岩を地すべり認定の指標とするには、その成因を明らかにしておく必要がある。地すべり起源の角礫岩の成因は次のように考えられる。まず、地すべり起源の角礫岩には面構造が認められず、無構造であることから、圧縮場で形成される横ずれ断層などとは、形成時の応力場が異なっていることが考えられる。地すべり起源の角礫岩の中には、開口割れ目を充填するように存在するものがある、地すべり土塊内には引っ張りによって形成されたと考えられる鋸歯状の割れ目が存在することから、地すべり起源の角礫岩は引張場で形成されていることが推定される。地すべり頭部には溝状の陥没地が形成されるなど、引張場であることが知られている。また、野崎⁹⁾は地すべりにはノンテクトニック⁹⁾なすべり面に対して反対側に傾斜する階段断層が存在することを報告し、それらの断層は伸張場における陥没構造であるとしている。これらのことと地すべり起源の角礫岩の形成の応力場とは矛盾しない。

引っ張り場において、すべりの最大傾斜と平行な方向にはせん断されることにより、破碎岩が形成され、一方、直角方向には開口割れ目が形成される。破碎岩と開口割れ目の形成が同時に行われるため、無構造の角礫岩が形成されるものと考えられる。

ただし、地すべり末端は圧縮場となるので、この部分に存在する無構造な角礫岩の成因については、さらに検討する必要がある。たとえば、地すべりの無構造な角礫岩が形成される原因として断層形成時との封圧の違いなどが検討する必要がある。

5. 地すべり起源と断層起源の破碎岩の識別および地すべりの認定と記載

既述のように明らかに断層起源と考えられる破碎岩と地すべり土塊内の破碎岩（角礫岩）の性状には、明瞭な違いが認められ（表-1）、それぞれの特徴によって相互を識別することが可能である。

したがって、地すべり起源破碎岩の分布から地すべり

表-1 地すべりおよび断層起源の破碎岩（角礫岩）を識別する特徴

記号	破碎の状態	構成物質		粒度分布		複合面構造	
		角礫	基質	地すべり	断層	地すべり	断層
		地すべり・断層共通					
Cl	粘土～砂	粘土～砂		連続		なし	
Sh4	角礫岩	細礫	粘土～砂	不連続	連続	あり	
Sh3		<3cm礫					
Sh2		>3cm礫					
Sh1	開口割れ目充填						

範囲の認定ができる。ただし、ここで留意しなければならない点がある。一つ目は、断層起源の破碎岩であっても必ずしも面構造が認められない場合があることである。とくにボーリングコアの場合は、常にXY面が観察できるわけではないので、面構造の推定にあたっては留意が必要である。この点に関しては、今後、X線CTの活用⁷⁾が有効となると考えられる。二つ目は、性状から断層起源とは考えにくい無構造の角礫岩は、計器観測によって地すべりと認定された深度よりも深い箇所にも、わずかではあるが存在することである。このようなすべり面よりも深部に存在する角礫岩の分布頻度は、地すべり土塊内に比べると非常にわずかである。

以上の留意点を考慮すると、地すべりの地質学的認定に当たっては、無構造で角礫と基質との粒径に不連続がある角礫岩の分布頻度・位置が指標になると考えられる。なお、このような角礫岩は、本文で対象とした地すべり以外にも、他の地域の四万十帯、秩父帯、片麻岩～花崗岩、第三系火山岩を基盤岩とする岩すべり¹⁾、風化岩すべり¹⁾にも存在しており、地すべり全体に存在する普遍的なものであると考えられる。

冒頭にも記したように、これまでの地すべり土塊のボーリングコアの記載は、岩質・岩相と風化度や岩級区分について行われており、地すべりを地質学的に認定する上で、適切ではなかった。既述のように高品質ボーリングコアが採取されるようになり、地すべり土塊内の地すべり滑動による破碎構造が観察できるようになった。したがって、地すべりを地質学的に認定するためには、この破碎構造を記載することが必要不可欠である。破碎構造は、表-1に一例を示したように破碎岩片（角礫）の大きさ・形状および破碎岩片と基質の量比によって、破碎の程度を区分して行うことが実用的であると考えられる。

なお、地すべり土塊の破碎度の分類は、森田ほか⁸⁾によっても既に行われている。

6. おわりに

地すべり土塊内には、無構造で角礫と基質との粒径に不連続がある角礫岩が存在し、その分布頻度が地すべり認定の指標となる。したがって、地すべりを対象としたボーリングコアの記載に当たっては、すべり面の記載のみならず、これらのような特徴に着目した角礫岩（破碎岩）の記載、すなわち岩石の破碎に関する記載が重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 渡 正亮・酒井淳行：地すべり地の概査と調査の考え方，土木研究所資料，第1003号，1975.
- 2) Wakizaka, Y., Ohara, M., Takahashi, T., Furuichi, H., Harada, M. and Tanaka, M.: Mineralogical and chemical properties of clays for discrimination of weak zone type, Proceedings 8th International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment, 359-367, 1998.
- 3) 脇坂安彦・小原雅人・原田政寿・高橋 努・田中政司・古市久士・大神明德：岩盤中の弱層を構成する粘土の鉱物化学的性質，土木技術資料，第44巻，第3号，34-39, 2002.
- 4) 脇坂安彦・上妻睦男・綿谷博之：地すべり土塊を特徴付ける角礫岩，平成21年度研究発表会講演論文集，日本応用地質学会，41-42, 2009.
- 5) Lettis, W. R., Kelson, K. I., Hanson, K. L. and Angell, M. A.: Is a fault a fault by any other name? adifferentiating tectonic from nontectonic faults, Proceedings 8th International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment, 609-629, 1998.
- 6) 野崎 保：ノンテクトニックな地質構造の一事例，平成17年度研究発表会講演論文集，日本応用地質学会，359-362, 2005.
- 7) 脇坂安彦・高橋 学：X線CTによる断層の内部構造の観察，平成19年度研究発表会講演論文集，日本応用地質学会，111-112, 2007.
- 8) 森田達之・吉村典宏・横山俊治：高知県打木地すべりの移動体の内部構造，平成14年度研究発表会講演論文集，日本応用地質学会，2002.

(2010. 5. 14 受付)