

Q 地すべり調査の基準書では、地質構造を調べるようにとありますが、層理以外に注意する地質構造がありますか？

地すべりと地質構造との観点で見ると、以下のような地質構造に起因する地すべりの事例が多く見られます。

A ①流れ目の層理、片理に沿う、②卓越する流れ目の節理に沿う、③流れ目の断層に沿う、④卓越する流れ目の劈開面に沿う、⑤褶曲軸の落としの方向が流れ目となっている、⑥巨大オリストリスの塊状岩塊が流れ目をなす、⑦流れ目の変質帯に沿う、⑧鉛直に近い層状岩盤のトップリングによる、⑨背後に安山岩の地下水貯留槽をもつ第三紀層すべり。

①～⑦に共通していることは連続する弱層が流れ目（盤）をなしていることです。

この他、⑧のトップリングによる地すべりの発生事例もあり、地質構造が概ね鉛直に近く、地形的には半島状に伸びる尾根を横断するように開削した時に発生することが多いようで、地形効果が認められます。⑨では水理地質構造と関連しています。

（1）地すべりと地質構造は関係が深い

岩盤すべり、風化岩すべりと呼ばれる地すべりでは地質構造との関係を明らかにすることが重要です。

文献¹⁾によれば、四国の三波川帯、みかぶ緑色岩類、秩父帯剣山層群における地すべりでは、片理面あるいは層理面の最大傾斜方向と地すべりの滑動方向との交角が30度以内となる流れ目の地すべりは4割程度であるとしています（図-1）。このデータは、層理面^{注1)}、片理面^{注2)}以外の地質因子で地すべりが発生することがあることを示唆しています。文献²⁾は、四国で発生している地すべりを概観し、地すべりと地質構造との観点で見ると以下の地すべりの事例が多いとしています。

- ① 流れ目の層理、片理に沿う地すべり
- ② 卓越する流れ目の節理^{注3)}に沿う地すべり（図-2）
- ③ 流れ目の断層に沿う地すべり
- ④ 卓越する流れ目の劈開面^{注4)}に沿う地すべり
- ⑤ 褶曲軸の落としの方向が流れ目となっている地すべり
- ⑥ 巨大オリストリス^{注5)}の塊状岩塊が流れ目をなす地すべり
- ⑦ 流れ目の変質帯に沿う地すべり
- ⑧ 鉛直に近い層状岩盤のトップリングによる地すべり
- ⑨ 背後に安山岩の地下水貯留槽をもつ第三紀層地すべり^{注6)}

前述の①～⑦の地すべりに共通する点は、地質構造に起因した連続する弱面（層）が流れ目を形成していることとあります。⑧は層理や片理などが概ね鉛直に近い受け盤側斜面において、特に半島状に突き出た尾根の先端を切土したり、尾根を横断するように開削したときに発生することが多いようです。地質調査の際には、地質構造と地形の両方に着目する必要があります。⑨は下位に軟質層の上に安山岩などの硬質層が重なる二階建て構造（キャップロック構造）に起因した地すべりです。硬質層に発達する節理が地下水貯留槽となり、その地下水が軟質層を劣化させたり、節理に沿ってブロック化した硬質層が軟質層に沈み込んだりして、地すべりを促進させます。また、これら第三紀層中の堆積岩にはしばしば熱水変質や風化で生じたスメクタイトが含有され、スメクタイトに富む地層が流れ目を形成していると、その地層にすべり面が形成される可能性が高くなると考えられます。

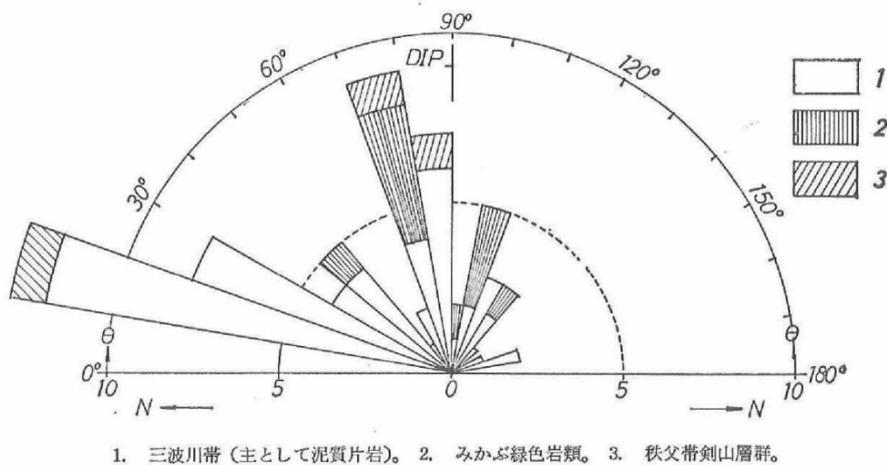
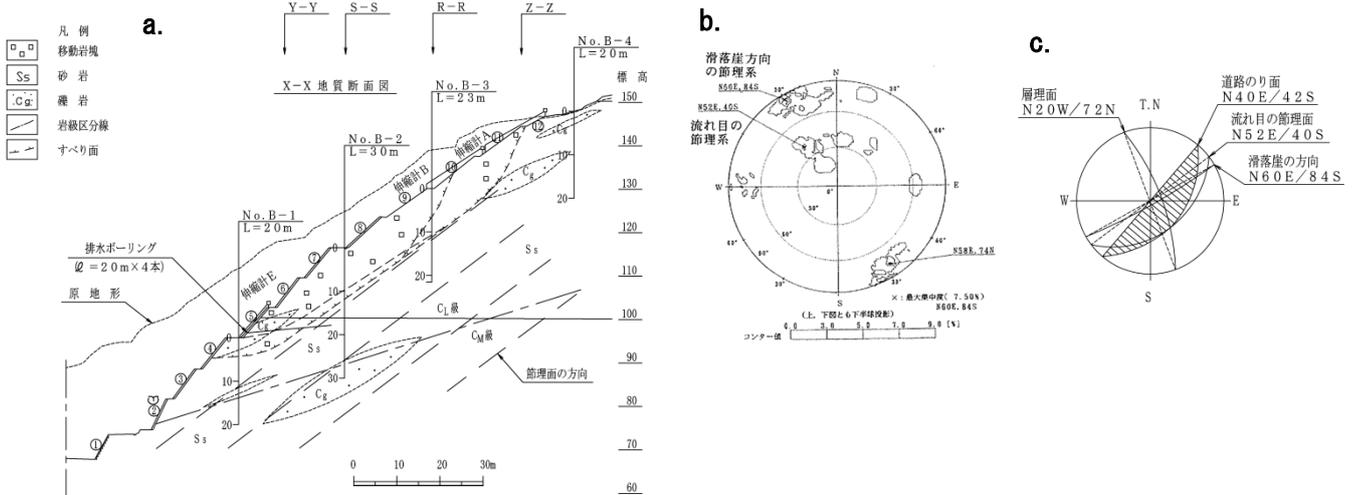


図-1 層理片理面の傾斜方向と地すべりの滑動方向とのなす角 θ と地すべり地の個数の関係¹⁾



a: 卓越する流れ目の節理に沿う地すべり断面
 b: 流れ目の節理系の集中度（シュミットネット下半球投影）、c: 流れ目の節理面と道路のり面の方向（ウルフネット下半球投影）

図-2 流れ目の節理が卓越する斜面の地すべりの事例²⁾

(2) 受け盤構造における地すべり評価は今後の研究課題

風化によって劣化した岩盤が地質構造と無関係に受け盤斜面で地すべりが発生することがあります。また、応力場として斜面では下方に向かって応力が流れ、せん断応力（すべろうとする力）が働いています。

文献³⁾は、斜面のクリープによる不安定化を原因とする受け盤構造の地すべりを報告しています（図-3）。また、文献⁴⁾では、受け盤構造における重力性の地層の転倒変位に伴う開口亀裂の発生、雨水流入の繰り返しによる斜面の不安定化の進行が、受け盤斜面での地すべり・崩壊の発生要因であると考察しています。また、文献⁵⁾は、緩みや風化によって斜面が不安定となり受け盤でも地すべりや崩壊が発生するとし、風化も取り上げています。斜面の上位、下位で風化程度が急激に異なる斜面は古期の風化岩すべりでしばしば見られ、受け盤構造である事例も見られます。

四国三波川帯のつえ谷では、山頂に二重山稜をもつ大規模斜面変動が見られ、上部は受け盤の地すべりの兆候、下部は厚い崩積土の地すべりのようで^{6) 7)}、大規模斜面変動の一部が受け盤でも地すべりを起こすことがあるようです。

受け盤斜面の安定性の評価に際しては、前述の流れ目の弱層が分布していないか、斜面に地すべりの兆候を示すような微地形がないか、などの検討が望まれます。どのような受け盤斜面なら不安定斜面と評価するか、地形的要因や片状岩盤が急傾斜構造の場合の岩盤クリープ⁸⁾であることが大きい要因と思われるのですが、その評価手法は今後の検討課題であると考えられます。

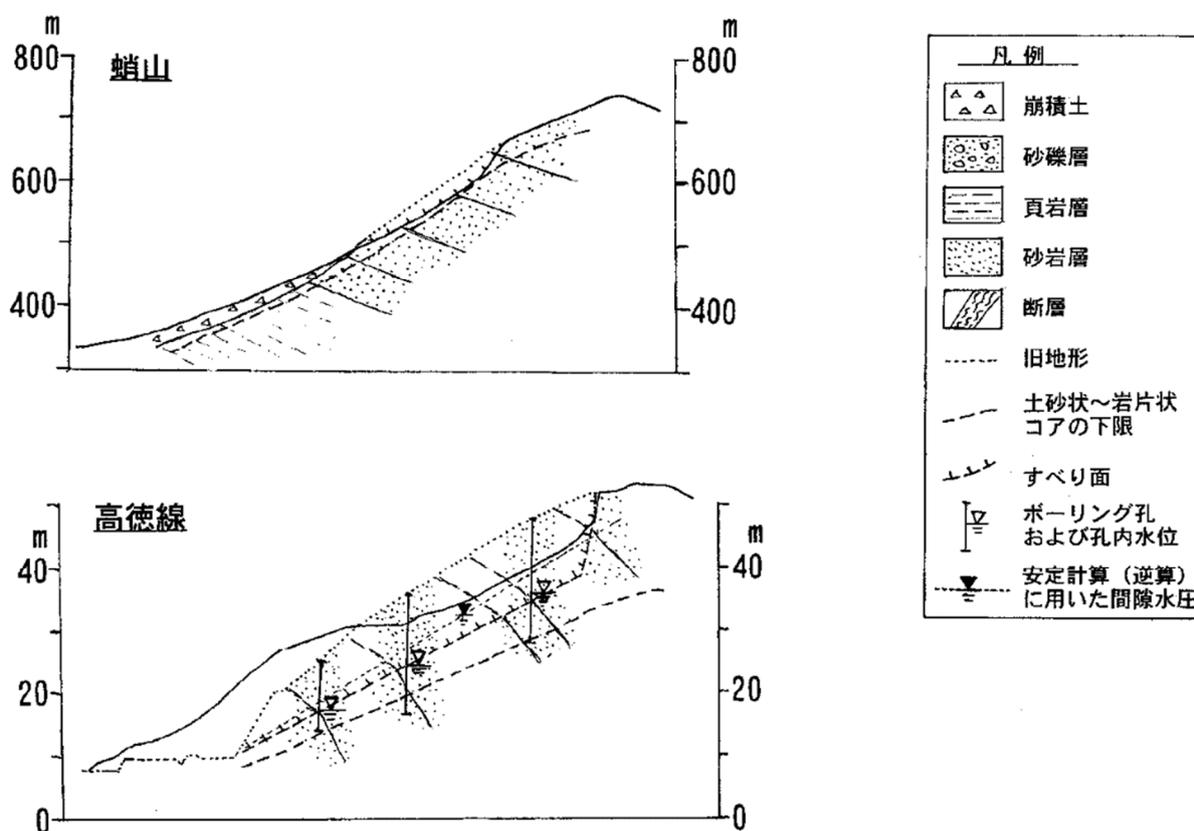


図-3 受け盤構造をなす和泉層群の地すべりの事例³⁾

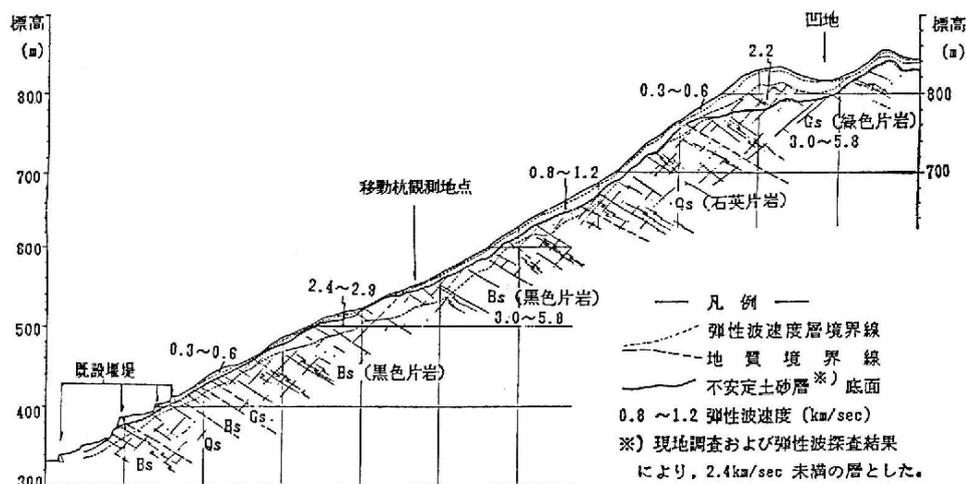


図-4 四国三波川帯、二重山稜をもつつえ谷の地質構造、
上部は受け盤構造で地すべりの兆候あり⁶⁾

【用語の解説】

- 注1) 層理：砂、泥、火山灰などが堆積するとき、堆積条件の違いで構成粒子の粒径が変化する。その結果生じた粒径が異なる粒子群と粒子群の境界面を層理（面）と呼ぶ。一般には肉眼で識別できるものに対して用いられ、地層の断面で見ると筋の積み重なりに見える。
- 注2) 片理：変成作用によって生じた細密な面状構造。高压高温条件下で晶出した柱状や板状の変成鉱物が面状に配列してできる。層理に比べて、面からの剥離性が強い。片理の存在は変成岩であることの証拠になる。
- 注3) 節理：岩盤（地層や岩石）に生じた割れ目で、割れ目を境に両側の岩盤にずれ（ずり変位）を伴わないのが特徴。なお、ずれを生じている割れ目は断層と呼ばれる。節理にはさまざまな成因のものがあり、マグマの冷却（花崗岩）や、侵食・隆起で地下にあった岩石の応力が解放されることで生成される。
- 注4) （岩石の）劈開：変成作用によって生じた細密な面状構造。片理よりも、ずっと低い温度・圧力条件で生成。いろいろな成因・形態の劈開があるが、泥質の低変成岩である粘板岩（スレート）がもつ剥離性は劈開（スレート劈開）に起因している。
- 注5) オリストリス：地層としての連続性がなく、細粒の破断した基質中に多種類の岩石からなる礫・岩塊が混じり合った地質体を混在岩（メランジュ）と呼んでいる。今日、メランジュは成因を問わずに使われている。そのうえで、海底地すべりが起源と考えられる堆積性メランジュはオリストストロームとも呼ばれ、礫や岩塊をオリストリスと呼ぶ。岩塊の大きさは数 cm から数 km 程度である。
- 注6) 第三紀層地すべり：「第三紀層地すべり」は、古第三紀から新第三紀の地層の地すべりに対する用語で、東北日本の地すべりとして広く知られています。近年、地質年代の表現として「第三紀」という言葉は使われなくなりましたが、広く使われていることから、ここではそのまま「第三紀層地すべり」の用語を用います。

【引用文献】

- 1) 藤田 崇・平野昌繁・波田重熙 (1976) : 徳島県川井近傍の地すべりの地質構造規制, 地すべり, Vol. 13, No. 4, pp. 25-36.
- 2) 菅原大介・田村栄治・藤川 聡 (2018) : 47. 四国の地すべり—地質構造に着目して—, 平成 29 年度研究発表会講演論文集, 日本応用地質学会中国四国支部, pp. 95 - 96.
- 3) 上野将司 (2000) : 四国における和泉層群の地すべりの特徴, 応用地質, 41 巻, 5 号, pp. 267-278.
- 4) 上野将司・市原 健・森川倫人・山本定雄 (2001) : 受け盤構造における崩壊機構の検討, 平成 13 年度研究発表会講演論文集, 日本応用地質学会中国四国支部, pp. 97-102.
- 5) 山本茂雄・黒木公正・山口弘志 (2004) : 受け盤構造における地すべり発生事例, 第 2 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 土木学会関西支部, pp. 151-153.
- 6) 高橋尚城・綱木亮介・白川 勝 (1985) : 大規模崩壊地つえ谷の調査と対策, 新砂防, Vol. 38, No. 4, pp. 28-32.
- 7) 木下博久・山田琢哉・藤本耕次・林 孝標・平澤良輔・尾嶋百合香 (2016) : 四国三波川帯の大規模地すべりの発生年代と地質的素因に関する考察, 地盤工学会四国支部平成 28 年度技術研究発表会講演会概要集, pp. 51-52.
- 8) 横山俊治 (2016) : 10.7.2 初生変形, 日本地方地質誌・四国地方, 日本地質学会編, pp. 459-465.

(回答者 田村 栄治)