

### 38. 地下水研究 50 年史－斜面災害と地下水－ (5)

#### (7) 山体の緩みと地下水

##### a) はじめに

このタイトルで話をするのは少々気張りすぎているかもしれない。何故ならば“山体の緩み”という言葉は少々大袈裟ではないかという後ろめたさもさることながら、これを崩壊発生と結び付けて論証するだけのデータも情報も乏しいからである。あるのは筆者がこれまでに接してきた現場のありさまだけである。しかしこれまでの話の締め括りをするにはこの話題は避けられないような気がして、あえてこれを取り上げてみることにした。

##### b) 岩体の転倒とクリープ

山岳道路などでの開削工事の際には“山体の緩み”現象を直に目撃できる場合がある。開削という行為は機構的には河谷の浸食と同様なので、この短期間で生じるプロセスを拡張して長期現象の解明に繋げることは可能である。

写真 67 は開削工事が終了し、モルタルが吹き付けられた直後の状況で、写真の上部では緩んで開いた岩盤の裂け目に上部斜面から岩塊がこれに楔を打ち込むようにしてずり込んでいる様子が観察される。



写真 68 はその近接写真でこのまま放置されれば岩塊の転倒崩壊は逐次拡大する。また写真 69 は開口部が広がり、それを崩土が埋めて二重山稜の様相を呈するに至ったものである。

写真 67 峠道の拡張工事によって生じた斜面の変形(○部分)  
(最終的に一部ロックボルトにより固定して開通した。八王子市美山町)



写真 68 トップリングによる崩壊



写真 69 “ミニ”二重山稜

斜面の頂部では変位が累積したかたちに写真 70 のように深さ 1m 以上に達するトラフ状の陥没を生じるかたちとなり、雨水の浸透には都合がよい条件となるので、地中水の浸透、また斜面下部からの湧水が増加することになり、基盤地質の劣化は加速されることになる(写真 71)。なお地質は中生界の砂質粘板岩(小仏層群)からなる。



写真 70 斜面頂部の陥没

一方自然の状態ではこのように一挙に除荷が行われることはなく、きわめてゆっくりと行われるので、岩盤の変形はこれに追従してゆく



写真 71 モルタル吹付 斜面の下端部からの湧水

ことができ、いわゆる岩盤クリープと呼ばれる現象につながることになる。

筆者がこの現象に興味を持ったのは1970年代後半の筑波大学「大井川プロジェクト」に参加してからである。このプロジェクトの前半は南アルプスを南北に縦貫して流れる早川の下流域、特にその支流の雨畑川流域（図44）を対象とし、後半は大井川の支流東河内川流域と小河内川流域を対象として本題に関する研究をおこなった。その後、千葉大学に移ってからは学生指導の場としてこの地域を再びとりあげて研究を補った。

流域の地質は下位から上位へ古第三紀の瀬戸川層群、三倉層群、大井川層群からなり、主として粘板岩、千枚岩、砂岩から成る。地域の東部にはこれらに貫入した火砕岩（玄武岩、安山岩、凝灰角礫岩）が分布する。またこの貫入岩と同源の緑色岩類が他の岩体中に脈状をなして分布する。図中にも認められるが、この地域には大崩壊が目立ち、土砂の流亡が激しい。

ところで本文を草するに際し、先日（2013年5月）久しぶりにこの地に足を踏み入れたが、クリープ現象がよく観察できた雨畑川流域の露頭の多くは現在はモルタルで覆

われていたり、また金網が張られていて、当時の露頭は過去のものとなっていたのは残念であった。そこで以下に当時の幾つかの興味ある写真を掲げておくことにする（写真72, 73）。

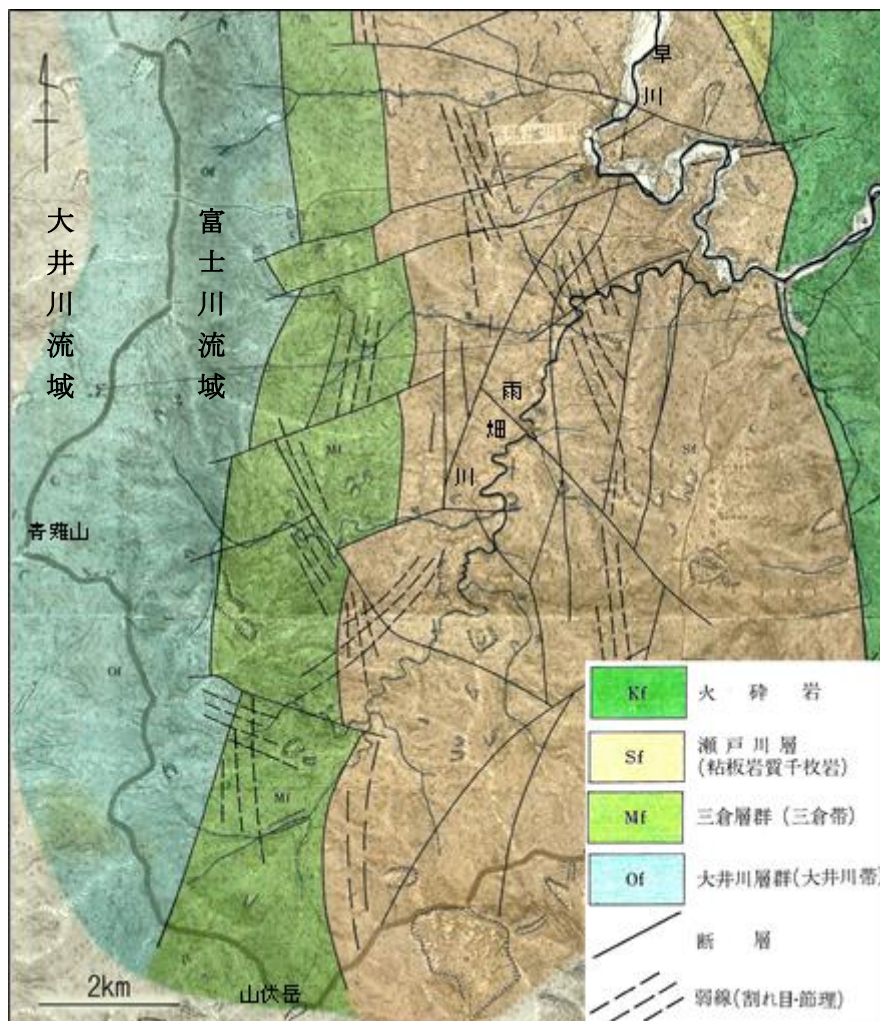
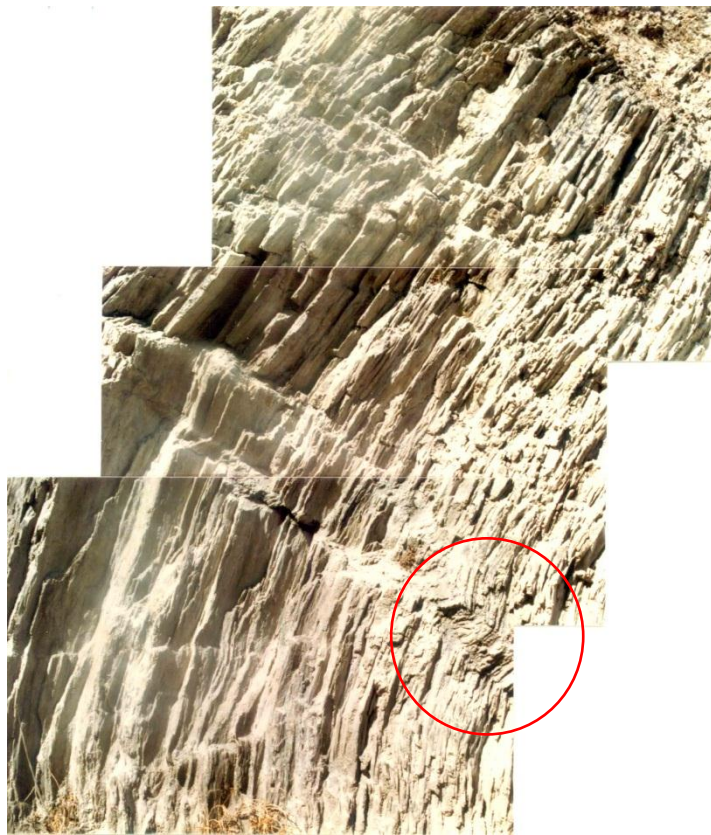


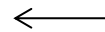
図44 雨畑川周辺の地質図

(出典：富士川砂防工事事務所管内地質図)



露頭の高さは約 8m、岩質は粘板岩質千枚岩。

全体として湾曲しているように見えるが破断面で区切られた一つ一つのブロックは平板状である。破断面には座屈現象もみられる (○印)。



変形は直角に折れ曲がって座屈している場合や連続的に波状に変形しているものなどがあって多様である。

座屈変形には層理面に沿って岩体がズレ動いたために空洞になっているところもみられる (矢印)。



写真 72 雨畑川流域の典型的な岩盤クリーブ

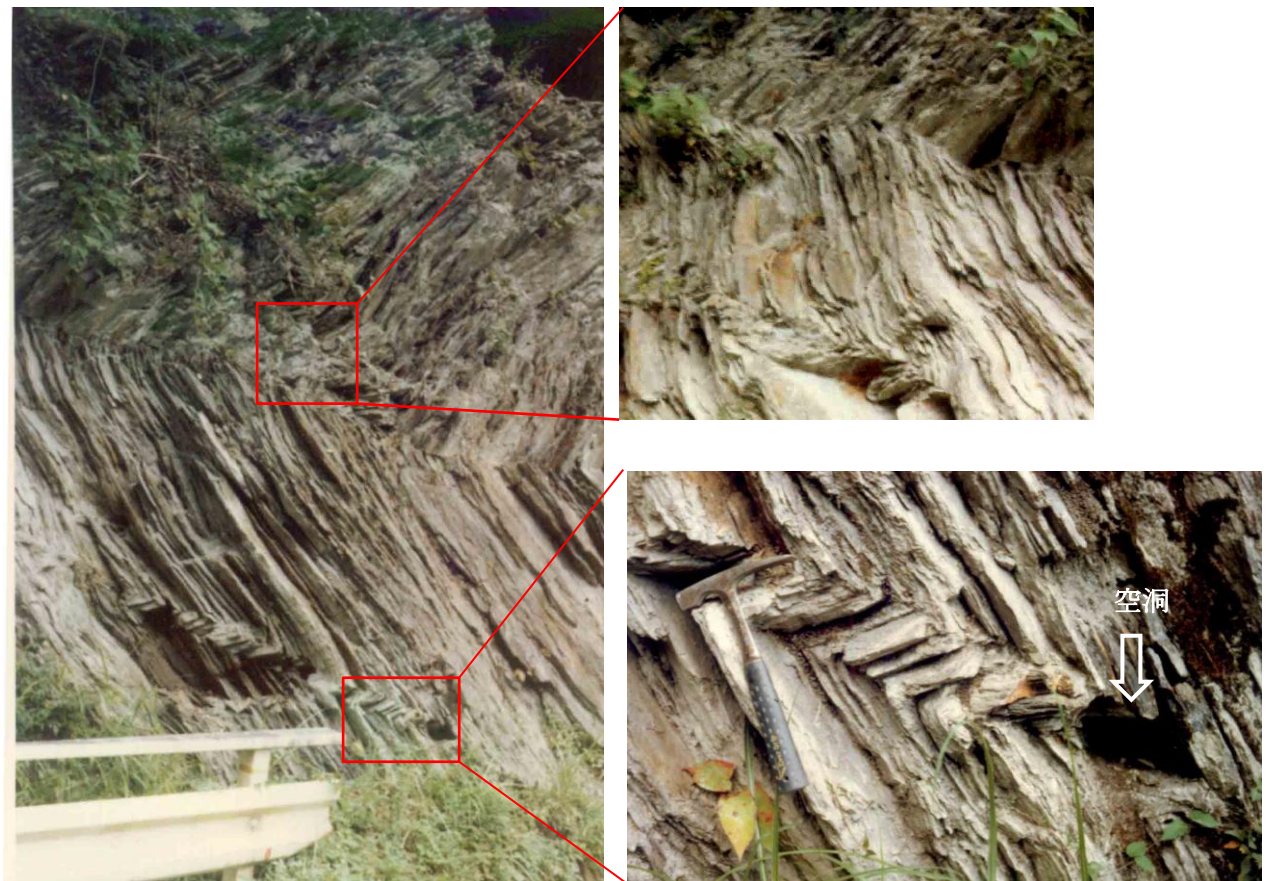


写真 73 クリーブ岩体に見る“座屈”

写真 74 は同じく井川雨畑林道で見られるものである。また写真 75 はその曲げ変形部分の薄片である。

この斜面の変形は道路開削に起因する転倒崩壊のようにみえるが、実際には右側の近接写真のように僅かに曲げ変形がみられ、また薄片にみるように曲げ方向に直交する無数の微小な白色脈が存在することから崩壊のバックグラウンドとしては長期間にわたる変形プロセスを考える必要がある。しかし上述のタイプや次に述べる規模の大きい岩盤クリープとは時間スケールのうえで同列には扱えないようにも思われる。写真 76 はこのことを示唆するような露頭といえ、未癒着のものから“座屈現象の化石”ともいえる周辺の岩体と一体化したものまでの各段階が観察される。

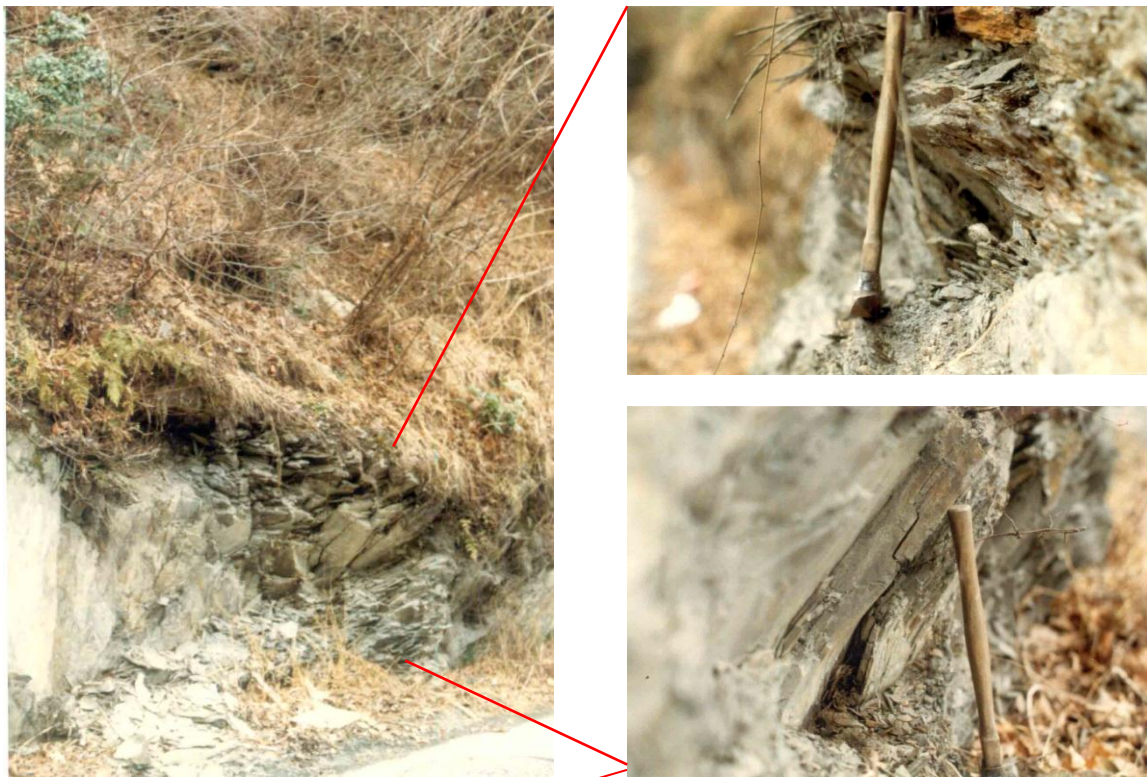
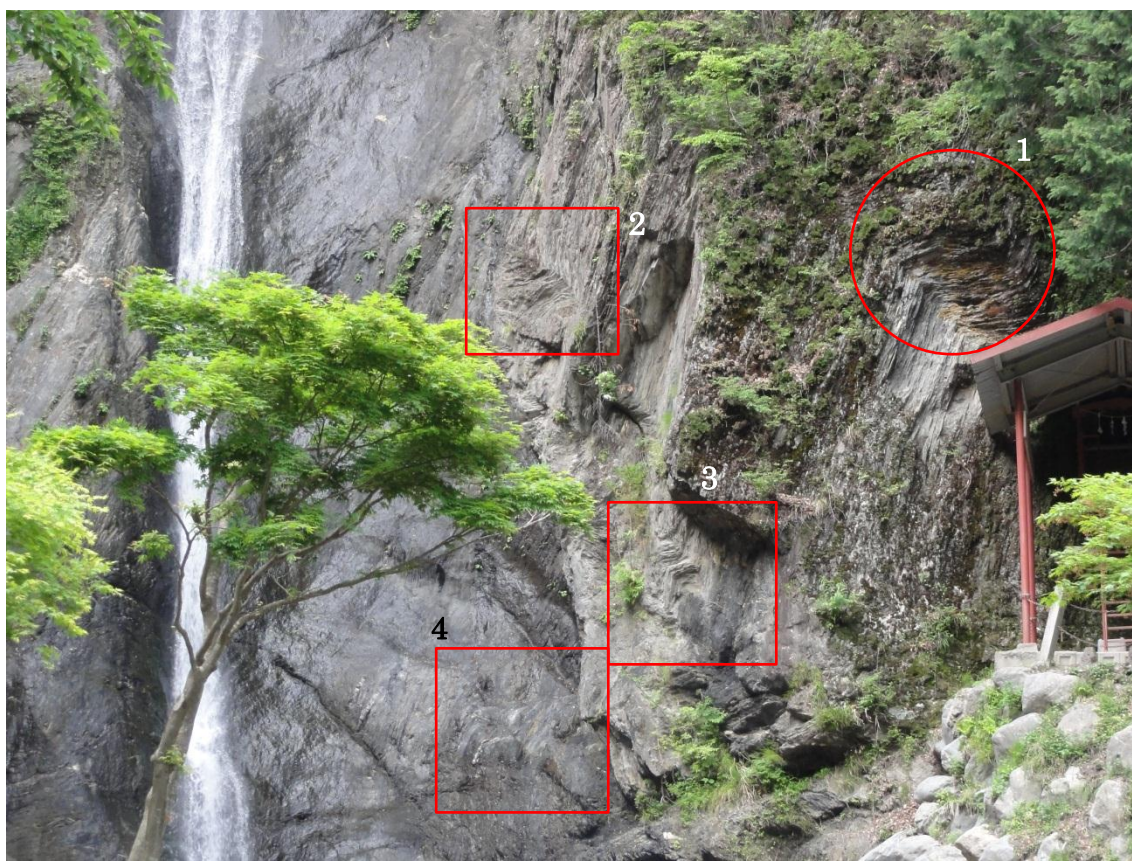


写真 74 道路切り取り面におけるトップリングとその近接写真  
(曲げ変形が認められる。山梨県早川町)



写真 75 曲げ変形の薄片 (原寸のほぼ 2/3 大)



2

3

4



写真 76 座屈変形の様々な段階

(番号の順に周辺の岩体との一体化が進行してきたように見える)

さてこの井川雨畑林道を西に進み、山伏峠を越えて大井川流域に入ると図 45 のように規模の大きい、また写真 77 のような典型的な岩盤クリープの発達を見ることができ、また山伏岳から笹山にいたる稜線部にはこれらに起因すると考えられている“多重山稜”がみられる。それらの間には写真 78 のようなトラフ状の線状凹地が存在し、多雨時にはポンディングを生じるものもある。

これらの凹地群と規模の大きい岩盤クリープの位置は対応していて、両者が密接な関係にあることがわかる。

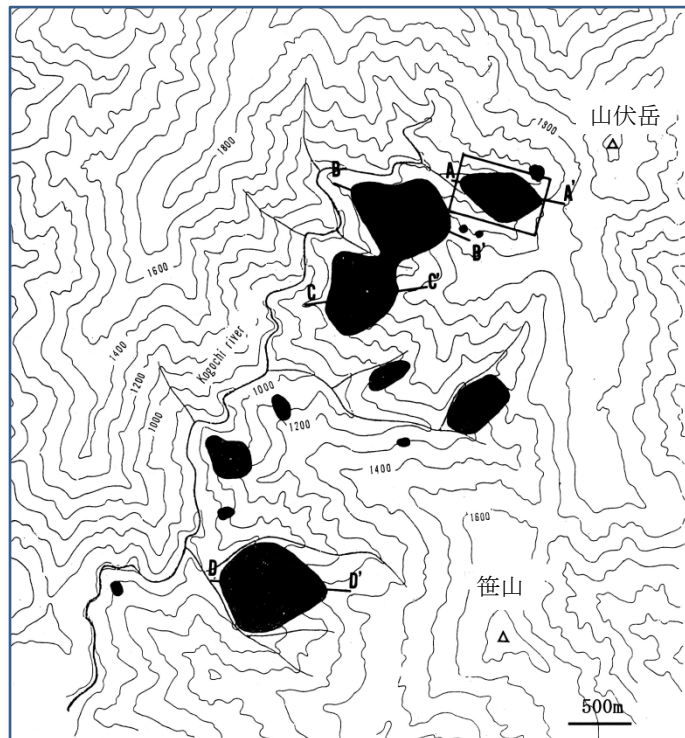


図 45 雨畑林道沿いに発達する岩盤クリープ(脚注)



写真 77 極度に進行した岩盤クリープ (基盤岩との境界面から地下水が滲出している)

脚注：久田健一郎・新藤静夫(1982)岩盤クリープと崩壊・二重山稜の成因に関する考察、文部省科研報告



写真 78 稜線部のトラフ状凹地

図 46 は図 45 の A-A' 地区の拡大であるが、この斜面の破線で囲まれた部分がクリープ岩体で、厚さは最大 50m 以上、延長は 800m 以上に達する。岩盤が脆弱になっていることと稜線部からの地下水流入が相俟って他地区に比べて崩壊が多発しているのが注目される（塗色部分）。

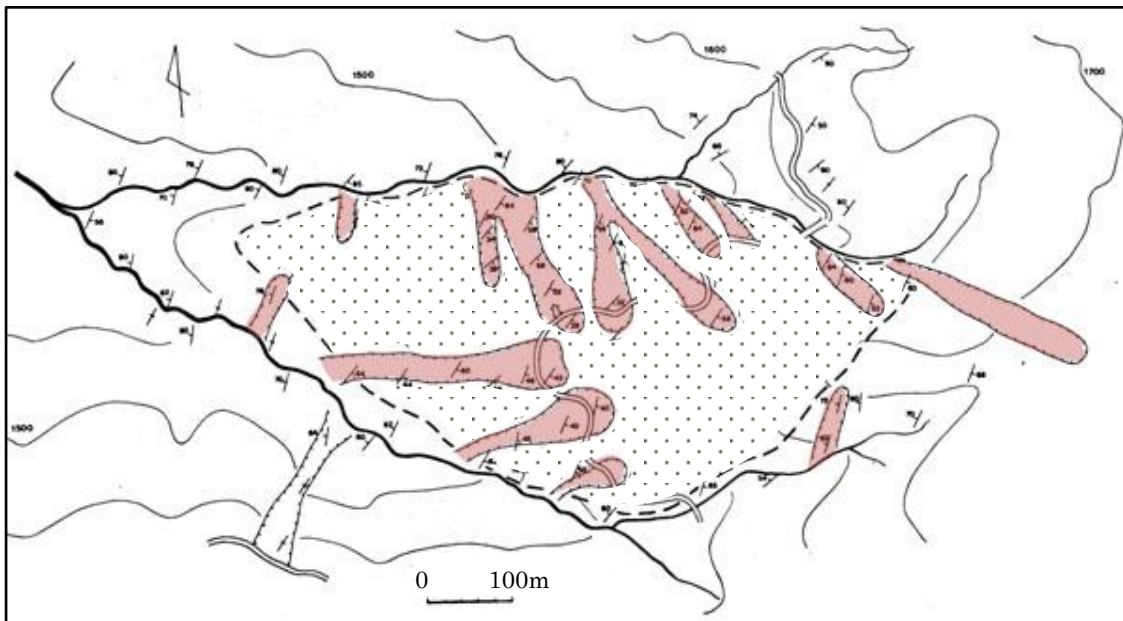


図 46 クリープ岩体の走向・傾斜と崩壊の分布前ページ脚注)

(周辺の岩体とクリープ部分の傾斜が逆転している)

なおクリープを生じている岩体と正常な岩体との境界部が両者を分ける谷中で観察できる場合がある。そこでは写真 79 にみるように“断裂”ではなく“振れ”をなして繋がっているのが指摘できる。ただクリープ側の岩体をよく見るとポキポキと折れた岩片の集合体のようになっていて、多くは脆性破壊的な変形をなしていることがわかる。このような現象の詳細を別の現場で観察しているのので、参考までに写真 80 に示しておく。





写真 79 クリープ岩体と正常岩体との境界部  
(上流から下流に向かって撮ったもの。右側がクリープ岩体)

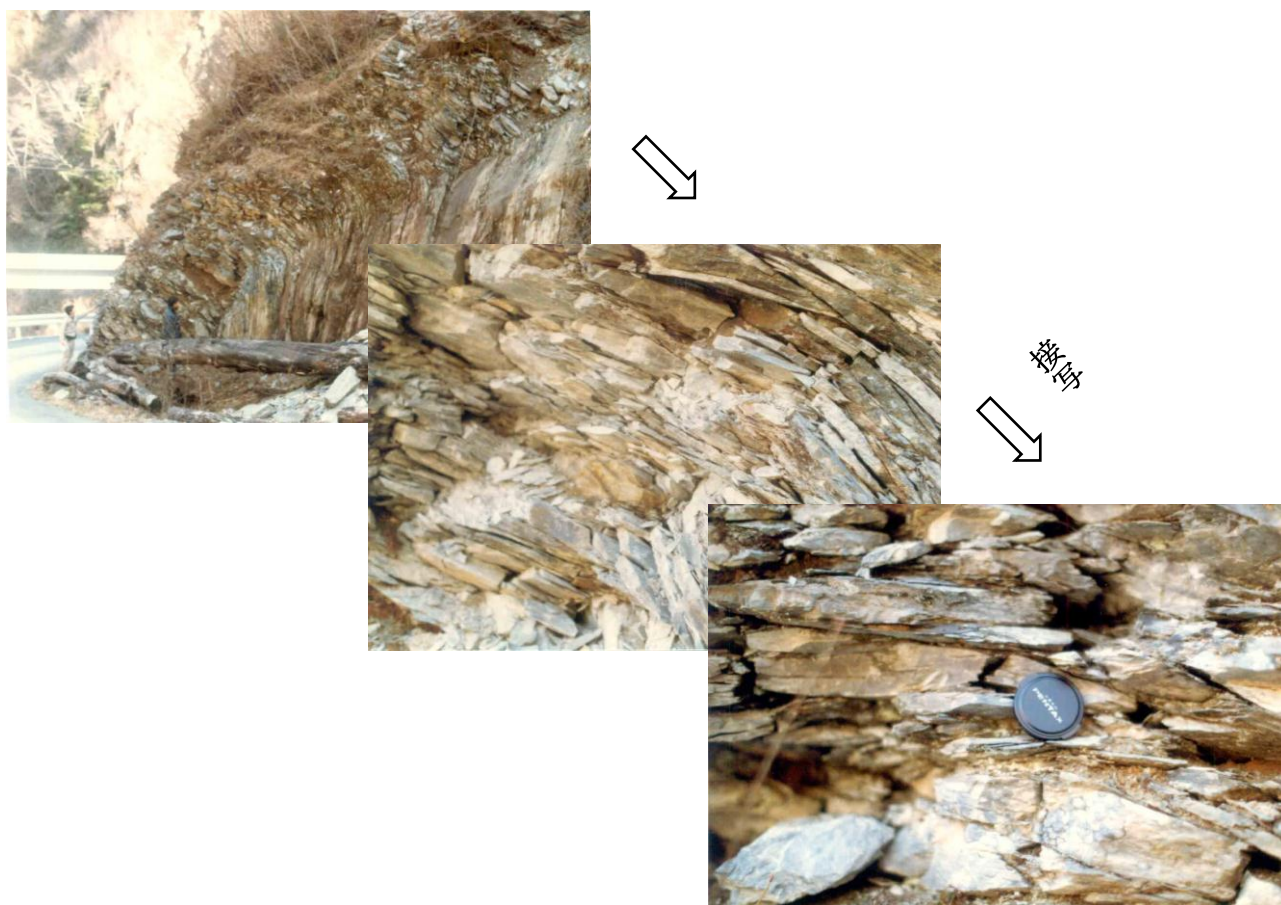


写真 80 クリープ岩体の変形 (山梨県早川町雨畑)

ところでこの地域を含む赤石山地の岩盤クリープの成因については山体の激しい隆起と河川の下刻によって出現した急傾斜面での重力性の変位とする考えが一般的であるが、筆者はそれだけでは説明しきれないように考えている。たとえば多摩川の支流秋川流域の標高 1,000m 以下の中～低山の従順山地ともいえる浅間尾根にも多重山稜、トラフ状凹地、岩盤クリープの発達を見ることができ、それはこの尾根の西方への延長にあたる小菅川と葛野川を限る山稜にも発達している可能性があり、一概に急峻地形だけでは説明できないような気がする。また図 45 の分布図をみてもクリープを起こした斜面と正常な斜面を分けた原因にはなお他に要因が関係しているように思われる。すなわち岩体の水理特性や鉱物化学特性、またその相乗効果なども関係しているのではないか？。たとえば岩盤クリープにいたる岩盤劣化の過程として、沸石脈<sup>脚注1)</sup>などが開いて降雨浸透を容易にさせるような場合などである。このような過程で生じる山体の乾湿や応力変化はさらにこれを加速させることになる。

このように岩盤クリープ現象は機構としては長大な時間を背景としたものと考えられるが、それに起因する崩壊という現在の事象につながることは間違いのないことで、とくに豪雨時の雨水浸透による山体地下水の水圧上昇は時に大崩壊をもたらす最大の要因となる。

このことに関して、かつて静岡大学名誉教授の徳山 明氏は大変興味ある観測を行ったことがある。氏はクリーピングの動きは地下水と密接に関係しているとの視点から、季節や気象条件と光波測量による精密な距離変化からクリーピングの動態を追究した。観測は図 47 のように複数の反射点をクリープを生じている斜面上にとり、測距儀を河床の岩盤上（固定点）に設置する

方法と、大井川を横断する方向にとるものの 2 通りとした。

これによるといずれの場合も夏以降秋から冬にかけて短縮する傾向、つまりクリープ岩体が斜面下方に向かって動いていることが認められた。その量は年間最大 45 mm に達した。

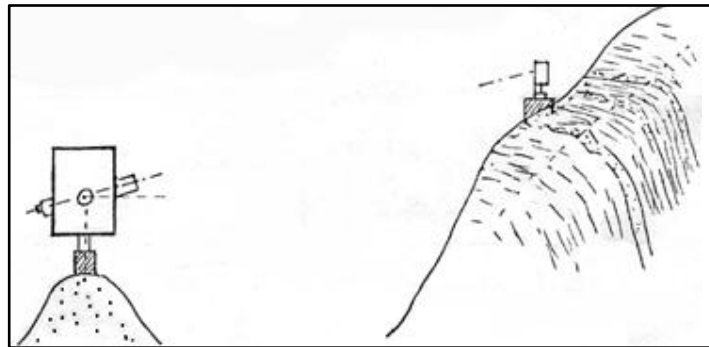


図 47 光波測量によるクリープ岩体の動態観<sup>脚注2)</sup>

なおこの年、約 10 km 離れた梅が島の降水量は 6 月に集中し、その量は 600 mm に達している。

脚注 1：給源は瀬戸川層群に挟在する輝緑凝灰岩と思われる

脚注 2：徳山 明他(1980):「フォッサマグナ地帯のクリーピングと光波測距儀による活動速度の測定」、第 17 回自然災害科学総合シンポジウム講演要旨

(図のタイトルは原文には付けられていなかったため筆者が補足した)

[補足]

岩盤クリープの多くは粘板岩などの層状の岩体にみられる現象であるが、中には塊状の岩体に発達していることがある。写真 81 はチャートであるが、明らかに塑性変形しているのが指摘される。



写真 81 チャートからなる岩盤クリープ (大井川支流東河内川、瀬戸川層群)

c) 岩体のすべり

小諸市街地の西、約 2 km にあって千曲川がその流路を北西方向から西に転じるあたりの右岸に“押出”という名の集落がある。図 48 にあるように千曲川がここで大きく南へ張り出すように湾曲しているのが目を惹き、地名のように北から南への地盤の動きから付けられたものかと思われされる。写真 82<sup>脚注1)</sup>にはこの湾曲に合わせたように 3 段ほどの河道の湾曲とこれに呼応する急崖が認められるが、これらはいずれも典型的な円弧型の地すべり<sup>脚注2)</sup>によって形成されたと考えられている (写真 83)。

このあたりの千曲川の河岸及び河床には上位から下位へ鮮新統～下部更新統の塊状溶岩・凝灰角礫岩、泥岩・砂岩・礫岩、青緑色礫岩 (写真 84) が堆積しており、それらの上に段丘砂礫層が堆積している。青緑色礫岩は写真に見るようになんかなり揉まれており、またその対岸 (千曲川右岸) への延長部分が写真 85 にあるように、下位層の上に乗っていることからみて、これが滑動土塊のスラスト面となっているものと考えられる。

さてこの地区の地すべりがクローズアップされたのは、1982 年 8 月 2 日に 10 号、9 月 12 日に 18 号と立て続けに通過した台風がもたらした記録的な大雨による家屋のひずみ、土地の変形、構造物等の被害であるが、それを拡大させた要因として、それに至るまでに続けられてきた下流域での砂利採掘、上流域での取水、当地区での護岸工事に伴う、迂回路工事などによる河床の低下によって、それまで屈曲部の地盤を支えていた河床礫が除去されたことが誘因とされたからである。その対策として写真 86 のよ

脚注 1: 山岸猪久馬他(1983):1982 年長野県小諸市の「地すべり」による

脚注 2: 千曲川阿岸から内陸部へと進行したものと考えられる

うに押し盛り土や河床の嵩上げによって地すべり活動を制御する工事が行われた。

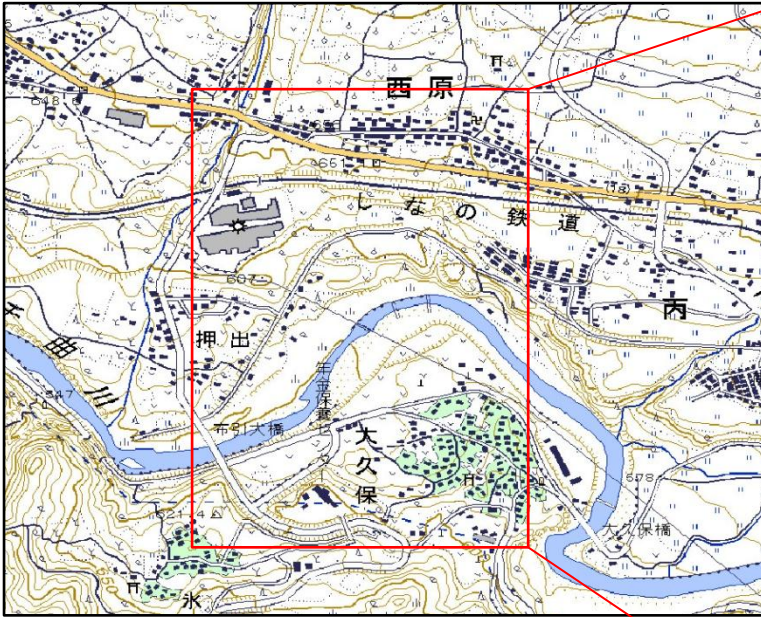


図 48 千曲川河岸の地形

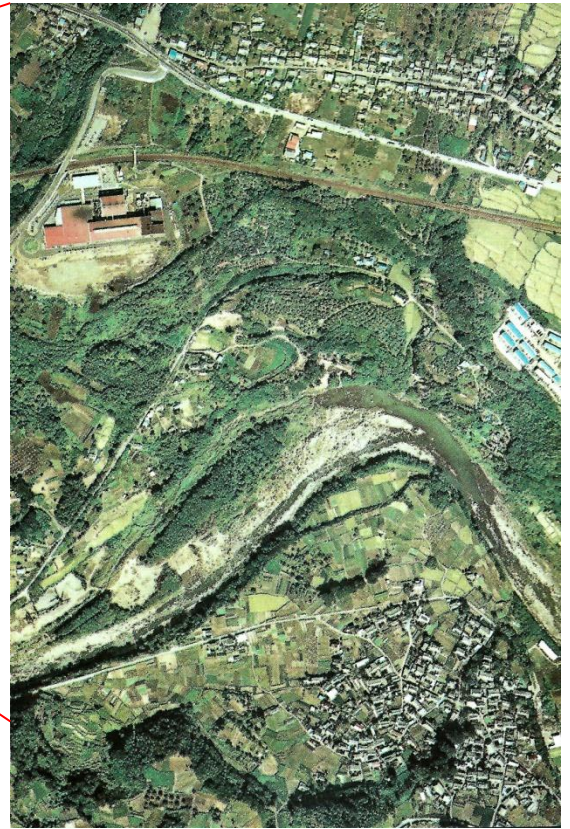


写真 82 千曲川河岸の急崖



写真 83 山側に傾いた地すべり土塊



写真 84 滑動土塊の最下部層 (右岸)



写真 85 スラスト部 (左岸)

なお当地の北に位置する浅間山の山麓から千曲川に至る広大な地域には写真 87 のような棚田がひろがっており、その灌漑水が浸透して地下水となり、地すべり活動に繋がっているのではないかという可能性もある。実際写真 88 のように水路や道路の変形もみられる場合があり、気になるところである。

最近（平成 25 年 4 月 30 日）「小諸市大久保の県道において地すべりの兆候が確認された」とのネット報道がなされた。写真 89 がその現場である。この場所は図 48 の布引大橋付近で今回の話題の近傍である。上述のように



写真 86 押さえ盛り土工事（図 48 の湾曲部）



写真 87 浅間山麓に広がる棚田

後背地域を含めた広域の地下水流動に関する地すべり機構を考える必要があるのかもしれない。



写真 88 道路の変状



写真 89 千曲川右岸の道路変状

（出典：長野県佐久建設事務所 Hp）

福島県会津若松市から西へ 80 km という山間部の大沼郡昭和村で、融雪および 80 mm に達する集中豪雨を誘因とする大規模な地すべりが起こり、田畑約 13,000m<sup>2</sup> を含む約 23,000m<sup>2</sup> が被害を受けた<sup>脚注)</sup>。1982 年 4 月 15 日夜から 16 日未明の間のことである。

最大幅約 30m の大きな亀裂が田畑を走り、いちばん深いところでは約 10m もあった。この地すべりは写真 90 のように、中新統の砂岩・泥岩互層、凝灰岩等からなる基盤の断裂・移動によってもたらされ、傾斜がきわめて緩く、かつ発生後急速に終息したという特徴があり、典型的な“岩盤すべり”といえる。

なお地すべりの発生場所は玉川左岸に認められる 3 段の平坦面のうち、下位の平坦面に発生したものである(図 49)。この地すべりの移動形態は Block gride あるいは Lateral spreading と

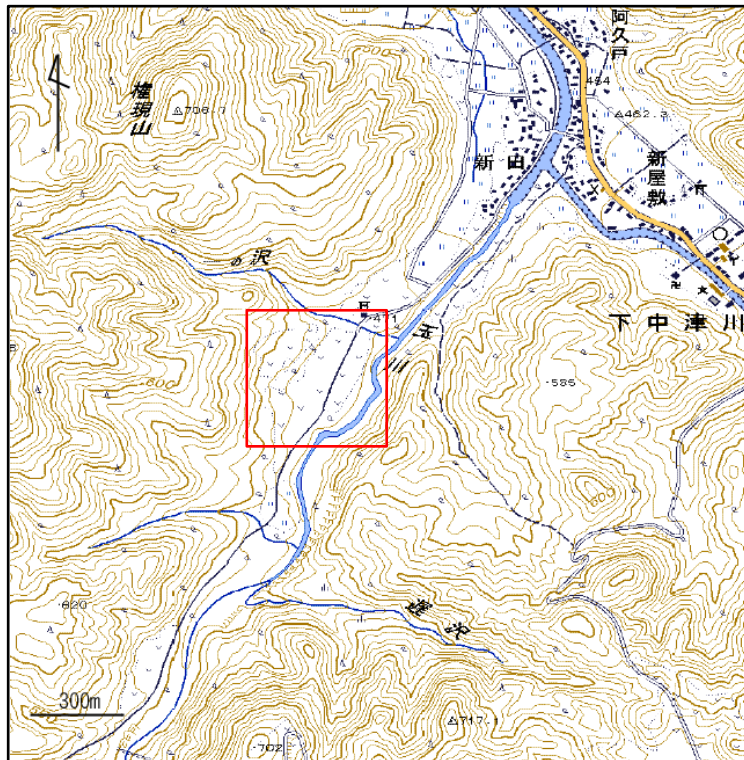


図 49 一ツ坪田地すべりの位置 (□印)

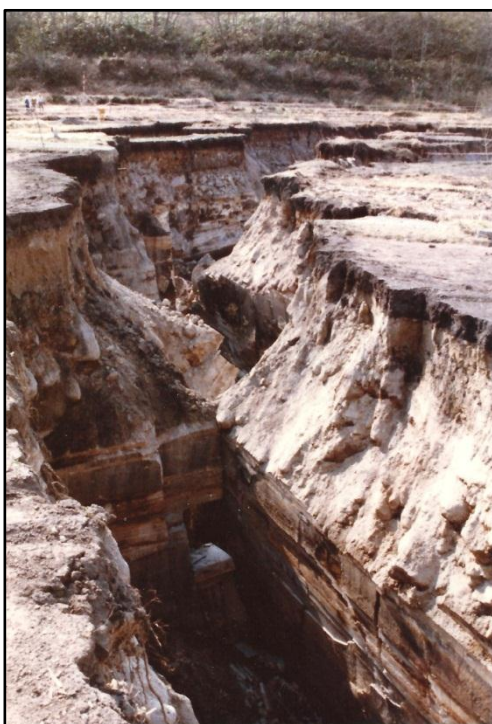


写真 90 地すべり頭部の断裂

呼ばれるものに当たると思われるが、きわめて短時間の現象だったという点で特記される。

移動方向はこの地区の東端を限る玉川に向かい、その移動距離は最大 20m に及んだ。そのため村道は写真 91 のように寸断され、河道は移動してきた土塊によって埋め立てられた(写真 92)。

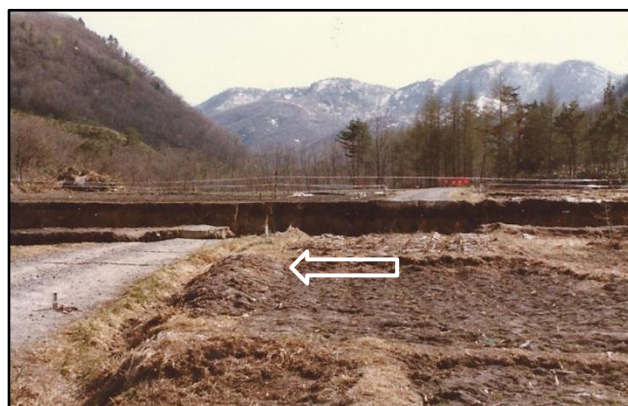


写真 91 寸断された村道 (矢印は地すべりの方向)

脚注：地元では“一ツ坪田地すべり”と呼ばれている

なお岩盤の上位は写真 93 のように扇状地性堆積物、旧河床堆積物などがこれを覆っている。またボーリングの結果、すべり面は新鮮岩盤の中にあり、その勾配は  $2\sim 4^\circ$  と地形の勾配とほぼ一致していることが示された<sup>次ページ脚注</sup>。



写真 92 河道の埋積



写真 93 基盤上の堆積物 (土石流～扇状地堆積物)

このような特異な形態の地すべりを発生させた原因として地質構造は勿論であるが、地下水の存在は無視できない。実際写真 94 にあるように地下水面は地すべり末端部ではかなり浅いところにあり、地すべり岩体の動態に大きく影響していることが推察される。

地下水の存在に関しては、守随治雄(1984)は詳細な調査を行い、図 50 を示して、地すべり頭部に分布する旧玉川の河床堆積物は背後から供給される地下水を地すべり地内の岩盤亀裂中に供給する役割を演じ、その地下水が地すべりの発生要因となったとしているが、筆者はこれとは一部異なる見解と、なお加えるべき見解を有している。すなわち、



写真 94 地すべり土塊中の地下水

- ① 守随によれば図 50 中湿地性堆積物とあるのは旧玉川河道が土石流堆積物によってせき止められてできた凹地に堆積したものとされている。この凹地の存在は写真 95 の航空写真でも認められるが、筆者はこれはかつての同じような形態の地すべりによって生じた陥没の跡と考えている。このあたりで玉川の河道が“コの字型”に屈曲しているのはこの考えと符合する (図 51)。

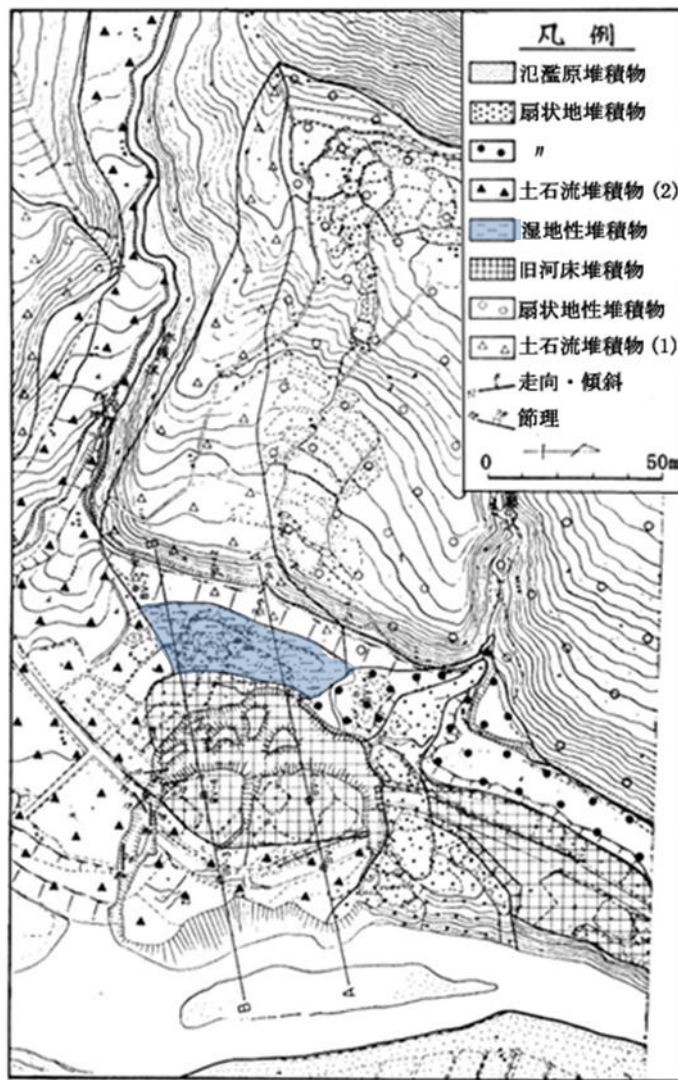


図 50 第四紀堆積物分布図<sup>(脚注)</sup>

- ② 航空写真に示した背後の破線の範囲はかつての崩壊地で、それを受け皿として集められた降水は地すべり地に効率よく供給されるかたちになっている。
- ③ またこの写真に○で示したのは取水堰で、この写真が撮影された昭和 51 年以前に建設されたものである。これまでの多くの事例のように、地すべりが発生した昭和 57 年までの間にこれより上流では河床が上昇し、下流では低下して“支え”を失うかたちになっていた。これは先に述べた小諸市の例のように地すべり発生の変因となったことは充分あり得ることである。

脚注：守随治雄(1984)「福島県一、坪田地すべりにおける粘土鉱物および水質の特徴について」応用地質 25 卷 1 号、23-33. による (着色部分は筆者が加筆)



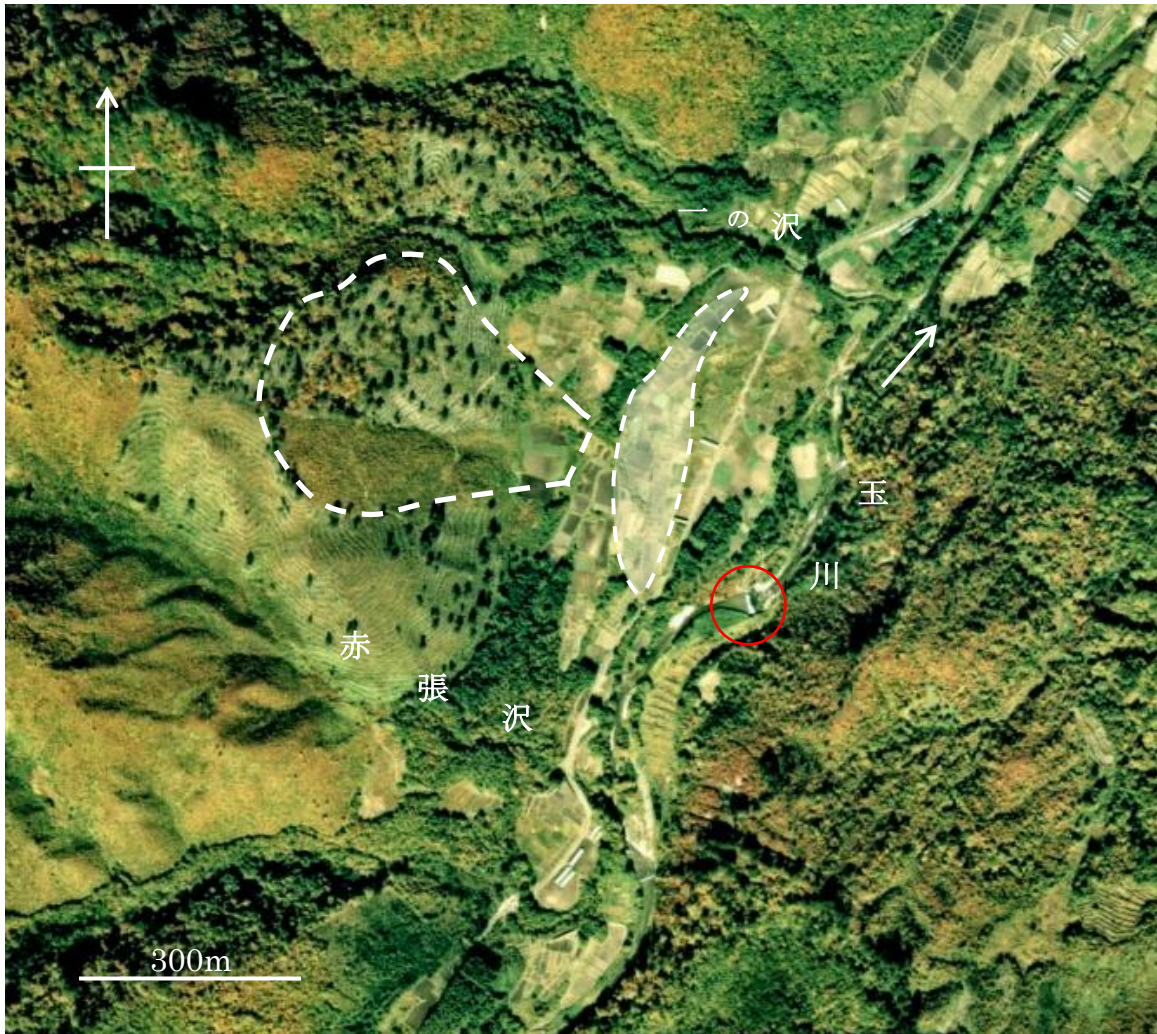
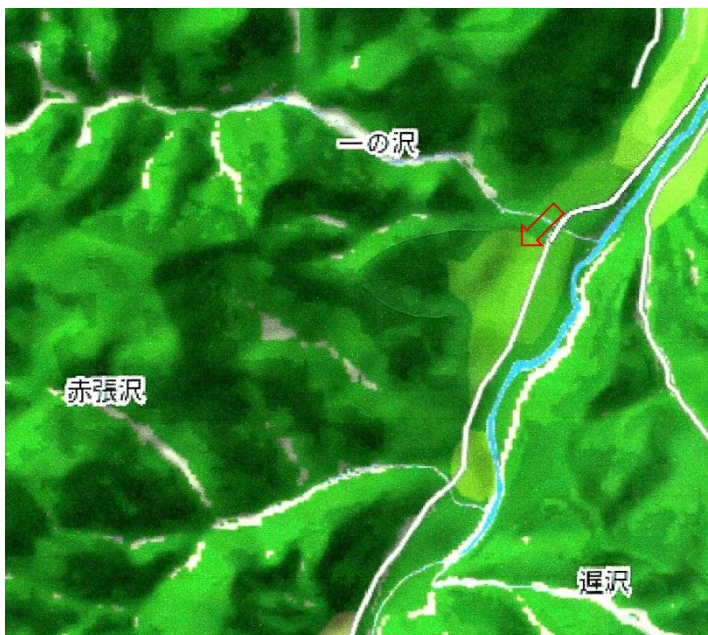


写真 95 地すべり地周辺の航空写真 (昭和 51 年撮影)



河道の屈曲と凹地帯、また背後の崩壊地が関連しているとすれば、この地すべりはこれらを背景としている可能性が考えられる。  
(矢印は凹地、写真 95 参照)

図 51 起伏図にみる地形の特徴(Mabion 都道府県地図による)