岩手県南西部川尻・焼石岳地域の地すべり地形について

Landslide Tracks in Kawajiri & Yakeishi-dake Area southwest part of Iwate Prefecture

多田 元彦*
Motohiko TADA

大河原 正文*
Masafumi OKAWARA

千田 成人*
Naruto CHIDA

Abstract

A large number of landslide track is topographically recognized in the southwestern district of Iwate prefecture, which is situated in the eastern part of the "Green Tuff region". Understanding the conditions of landslide generation, geological features in the district have been investigated by comparing the distribution map of landslides with the distribution map of gentle slopes, the restored contour map, and the geological map. Although geologic condition of the district is somewhat peculiar since it had suffered strong mineralization in addition to the "Green Tuff" alteration, followings have been clarified;

- 1) In the case that a flat surface exists on a summit or mountainside of the mountainous area, the flat comes into a recharge area of groundwater. Therefore, where is a slope of low gradient lower in altitude than the flat, the watertable under the slope is raised and become easy to generate landslide.
- 2) In the area in which a potential lifting zone exists, landslides are ready to generate because unstable slopes are formed along the zone.
- 3) In the area where faults or fault zones area are developed, landslides with a linear headscarp, instead of a crescent-shaped scarp, are formed owing to the effect of structural controle in the fractured Neogene strata.
- 4) Strata including layers of muddy rock and/or acidic tuff are ready to cause landslide, because the lalyers are easy to suffer argillization.
- 5) In the studied district, landslides are developed well especially in the area which had suffered deep weathering, geothermal alteration and mineralization, as compared with areas without alteration.

キーワード: 緩傾斜地・切峰面図・潜在的隆起帯・地域地質図

1. はじめに

奥羽脊梁山脈の東部にあたる岩手県南西部地域は、グリーンタフ地域の東部にもあたり、黒鉱型鉱床の鉱化作用による熱水変質、温泉等による地熱変質、風化変質や続成変質などにより、新第三系の地層が広く粘土化を受けた地域であって、古期地すべり地形が多数分布している地域でもある。このように粘土化した地層であるため道路整備による道路拡幅工事、奥地開発による大規模林道造成工事などでは、崖崩れがしばしば発生し、工事が難渋している。これらの工事などで、古期地すべり地形の頭部載荷や末端部土留め抵抗体の除去によって、人為的に古期地すべりの再発を惹起せぬかと危惧されるところでもある。大八木(1991)により指摘されている様¹⁾²⁾³⁾に、単発的に発生した地すべり災害にはその現象発生の要因の一つとして人為作用を無視できない場合があると

言っているが、岩手県内でも土木工事によって地すべりを誘発したものが、数例みられる。このような人為的誘因により、古期地すべりの滑動の再発や新しい地すべりの発生を防止するため、地すべりの素因を環境因子⁴⁾と物質因子⁴⁾の両面から明らかにする必要がある。また、高野(1979)も言っているように古期地すべり地の表示をすることによって、人為的に再活動を発生させないようにする⁵⁾ことも必要であろう。

このように古期地すべりの再発や新しい地すべりの発生を防止するため、まず、この地域の地すべりの地形的要因と地質的要因について検討を加え、この地域の「地すべりの発生の場」を認識する必要がある。

そのために、この地域の地すべり地形分布図、緩傾斜地分布図、埋谷切峰面図、地域地質図を作成して、それらを重ね合わせて、地すべり地形との関係を解析することにより、「地すべりの発生の場」について考察した。

この論文での検討地域の範囲は、国土地理院発行5万分の1地形図幅の川尻と焼石岳の北半分(以下「当地域」

* 岩手大学工学部

と言う。)の範囲の地域を取り扱い、検討することとし、この地域を岩手県南西部と名付けておく。

2. 地すべり地形の分布について

広範囲の地形を立体的に観察する場合に、空中写真を利用して地形を判読することは有効な手段なので、地すべり地形の認定は空中写真の判読に依ることにした。使用した空中写真は林野庁撮影のものである(表-1)。

地すべり地形の空中写真による判読マニュアルは、今まで多数提案されているが、米国ハイウェイ調査委員会のバーンズ(1958)の地すべりの模式図⁶⁾を参考にして、地すべりの地形要素の名称を和訳した武田・今村(1976)による地形名称と判読方法に従った⁷⁾。ただし地すべり崩壊の予知ではなく、地すべり崩壊の「場」を地形的、地質的に取り扱うので、滑落・移動・堆積の地すべり活動の場、即ち滑落崖から舌端部までの地すべり活動に擾乱された地域のみを図示することにした。形成時期は問わないで、空中写真で地すべり地形と判断できるものを地すべり地形と認定し、疑わしいものについては現地踏査をして確認した。

清水(1983)の提案している、崖地形の不明瞭な短いリッジ、崖地形の明瞭な小崖地形(逆向き小崖地形)、活断層の低断層崖などの小崖地形については、地すべり崩壊予知の重要な要素であるが、ここでは地すべり崩壊の予知ではなく、地すべり崩壊の場を扱うので、小崖地形については地すべり地形内の小崖地形のみに限った⁹⁾¹⁰⁾。土石流堆積物については、焼石岳北西方、三界山南方の地すべり崩壊土と崩壊土砂から土石流へ発達した土石流堆積物が連続しているので区分が困難なため、地すべり崩壊土に含めたものもある。また、駒ヶ岳北方、焼石岳周辺と焼石岳の東方から南東部の崩壊土にも泥流堆積物があるが、区分が難しいので、この地域の泥流堆積物も崩壊土に含めた(図-1)。

当地域の地すべり地形の分布図で目につくのは、焼石岳周辺とそれから続く南東部の石渚ダム北方の大地すべり地形群とそれと隣り合わせの経塚山南方の大地すべり地形群であり、それと駒ヶ岳北方の大地すべり地形群である。さらに南本内川中流から鷲之巢上流にかけての

NW-SE方向に並んだ五つの大型地すべり地形である。その他の散在的な地すべり地形にも、NW系、NE系の方向性を持って配列している傾向が読み取れる。

3. 地すべり地形と緩傾斜地について

地すべりの発生する場は、急傾斜地より緩傾斜地の方が多いと言われている²⁾。岩手県南西部の国土地理院発行5万分の1地形図幅、鶯宿、新町、川尻、六郷東半分の地すべり地形の傾斜を調べたことがある(未公表)が、それによると表-2のとおりであって、傾斜 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ の傾斜地にある地すべり地形は64.5%であった。この地域は本論文と重複する地域もあるため、本論文の地域と同様の地形が発達しているものと考えられるので、このデータを使用して、当地域の地すべり地形と緩傾斜地との関係を検討するため、傾斜 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ の緩傾斜地分布図を作成した(図-2)。

それによると新第三系堆積前の原地表面の地形的高まりと推定される鷲ヶ森山、牛形山、柴沢山、大森山には広い山頂緩傾斜地はなく、内因的地質作用によると考えられる前塚見山、兎森山、三森山、蟻森山、鞍掛森山、経塚山、焼石岳、笹森山には山頂平坦部があり、それから斜面下方へと続く緩傾斜地の緩い斜面に地すべり地形がみられ、山頂平坦面が地すべり地形にとって重要な意味を持つことが推定される。特に駒ヶ岳北方と、焼石岳東方から南東方にかけては、山頂平坦地から続く斜面下方の緩傾斜地に大規模な地すべり地形群がみられる。

駒ヶ岳北方の大規模地すべり地形群の地形的上部には経塚山から続く広い緩傾斜地があり、そこが地下水の涵養地となって、地すべり地へ地下水が供給されているものと考えられる。

焼石岳山頂近くの緩傾斜地には、泉水沼と湿地帯があり、古くから地下水の豊富な場所と考えられ、地形的下部には地すべり湖沼群が多数みられる。この地域は地下水面の高い地域で、石渚ダム西方には湖沼群、北方には地図には表示されていないが広大な湿地帯が形成されていることが踏査で判った。

石渚ダムから北方に続く経塚山南方の地すべり地形群は、仙人断層が胆沢川断層、下嵐江断層および前川断層

表-1 研究で使用了空中写真

撮影地区番号	コース番号	フィルム番号	撮影地区番号	コース番号	フィルム番号
山728	C8	7~29	山728	C16A	1~4
	C9	1~20		C17	1~22
	C10	1~21		C17A	1~3
	C11	1~21		C18	2~19
	C12	2~20		C19	2~21
	C13	2~20		C20	3~21
	C14	3~22		C21	2~18
	C14A	1~3			
	C15	3~20			
	C16	1~20			
			使用した空中写真の枚数	計	307枚

(1975年 林野庁撮影)

表-2 岩手県南西部の傾斜 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ の緩傾斜地にある地すべり地形の個数

地形図幅名		鶯宿	新町	川尻	六郷東半分	計	割合%
傾斜	10°未満	3	3	16	6	28	7.8
	10°以上15°未満	11	21	46	32	110	30.6
	15°以上20°未満	11	20	54	37	122	33.9
	20°以上	8	10	48	34	100	27.8
計		33	54	164	109	360	100.0
10°以上20°未満		232ヶ所		64.5%

図-1 川尻・焼石岳地域地すべり地形分布図

に分岐する地点にあたり、地盤がブロック化されているところで、地下水位も高く湖沼群も湿地帯も形成されているところにある。

この様に、大規模地すべり地形や地すべり地形群が存在するところには、山頂平坦地やそれに続く緩傾斜地があり、そこが地下水の涵養地になっていて、それより地

図-2 緩傾斜地分布図

図-3 埋谷切峰面図

形的下部に緩傾斜地があると、地下水が供給されて、その緩傾斜地に地すべりが発生するという傾向が読み取れる。

4. 地すべり地形と埋谷切峰面図について

地殻表層の変動に起因する斜面の不安定化は地すべりの素因の一つであり、それを認識する方法としては切峰面図を使用する方法がある。現在の斜面形も考察の対象とすると埋積法による切峰面図が適当と考えられ、しかも作成が簡便であるので作成、使用することにした。

使用した埋谷切峰面図は、国土地理院発行の5万分の1地形図を利用して、幅500mまでの谷を埋めて作成した当地域の埋谷切峰面図である(図-3)。

作成した埋谷切峰面図を概観すると、当地域に発達している水系・山系はNE系、NW系、N-S系、E-W系の構造方向に支配されて形成されていることがさらにはっきりとする。このように構造方向が地形に表現されるのは、侵食作用によるもので、侵食作用が面的削刻から線的侵食へ移り変わる時に、水系の線的侵食は新第三系岩類の弱線部から始まるので、これらの方向の潜在的弱線があったことになり、山系の高まりは侵食前の原地形面の高まりか、その後の地殻変動による高まりであろう。そのような新第三系岩類の弱線部を形成した地殻変動は、大槻(1989)が指摘している、鉾脈の貫入裂縫^{れつほう}の方向性からNEとNW方向のセットとNSとEW方向のセット¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾があることから推定できる。

更に、埋谷切峰面図から読み取れることは、E-W方向の和賀川の河川勾配は緩く、切峰面等高線300mが西方に深く切り込んでいるのに対し、同じ方向の胆沢川の河川勾配は急であることである。河川の侵食は気候に大きく左右されると言われているが、和賀川と胆沢川とは直線距離で約20kmしか離れておらず現在の気候条件はほぼ同じであることから、地すべり地形が形成された時期も気候条件は同じだったと考えられる。同じだったと考えると胆沢川の河川勾配が急であるのは胆沢川流域の地盤隆起が考えられる。焼石岳山塊の横岳に先第三系が分布していることから焼石岳山塊周辺は構造的隆起帯と見ることができる。焼石岳周辺に大規模地すべり地形群が分布しているのは構造的隆起帯であるから、斜面の不安定化をきたしたからであろう(図-4)。

また、仙人山東方から南部の経塚山東方に連なるN-Sの構造方向みられるが仙人断層に依るものである。このような地質構造方向を示す切峰面図を地すべりとの関係からみると、焼石岳周辺とそれから続く南東斜面、経塚山南部および駒ヶ岳北方地域に大規模な地すべり地形群があり、構造的隆起部の周辺には、地すべり地形が発達することが読み取れる。

焼石岳周辺は横岳付近に先第三系の地層が分布していること、潜在的なNW系とNE系の隆起帯の交点に当たり、山頂平坦部が広く、地下水の涵養地となり、地すべり地形が形成されたものと考えられる。焼石岳南東斜面は流れ盤斜面を形成しているので、地すべり多発地帯になっていると推定される。

駒ヶ岳北方はNE系の潜在的隆起帯の幅広い緩傾斜面を形成していて、地下水涵養地を冠頂部に持つ地域に地すべり地形が形成されている。

尿前沢上流部の経塚山南方にある地すべり地形群は前述のようにN-S系の仙人断層から分岐したNE系の胆沢川断層、下嵐江断層、前川断層の分岐点に当たり基礎岩盤が破碎されて、ブロック化していて、直線状の滑落崖をもった地すべり地形群が発達している。

5. 地すべり地形と地質について

当地域北部の当楽沢にNNW方向の荒沢森背斜¹⁵⁾¹⁶⁾があり、それに沿って古生界ペルム系の先第三系と新第三系最下位層の大荒沢層が分布している。その背斜隆起帯は、その東を走る仙人断層に接してから断層の西側を南部に方向を換える。その荒沢森背斜の一部は、夏油温泉付近で西に分岐して、鷲ヶ森山と卯根倉沢上流に新第三系最下位層の大荒沢層を分布せしめている。その背斜隆起部の北方延長部には本屋敷南方の石英斑岩類、川尻東方の石英斑岩などで、先第三系の高まりを暗示させる隆起帯を形成している。この分岐した隆起帯と荒沢森背斜との間の凹部には大石層が広く分布していて北へプランジした向斜部を形成している

一方、仙人断層の東部の地域においては、西部と異なった地層が累重していて、NS方向の仙人断層とNNE方向の綱取断層とに挟まれたY字形とV字の部分には大石層が分布し、綱取断層東部では、下位層から鈴鴨川層、綱取層、菱内層、国見山酸性火山岩、本畑層が順に分布している。

当地域南部の地質については、小出川流域、胆沢川流域さらに焼石岳山塊の横岳に先第三系が、一部花崗岩類を伴って分布している。これらはNNE方向の桑原岳背斜¹⁷⁾の北北東延長部にあたっていて、前述の荒沢森背斜の隆起帯に続いているものと考えられている¹¹⁾。

この桑原岳背斜の西翼には、大荒沢層、小出川層、西小沢層、東山流紋岩部層などが分布し、東翼には下位層から、大荒沢層、小出川層、前川層、下嵐江層、瑞山層、大平層、国見山安山岩、新期火山噴出物が分布している。

当地域の地質の概略について述べたが岩層については表-3を見ていただきたい。地すべり地形と地質との関係は両者を重ね合わせて考察することとし、主たる地すべり地形ごとに検討してみたい。

表—3 地質図の凡例

[illegible]

图-4 川尻・焼石岳地域地質図

白田ほか (1986), 島弧横断ルート No. 18 (本荘—横手—川尻—北上)⁽⁵⁾

島弧横断ルート No. 19 (飛鳥-鳥海山-湯沢-水沢)¹⁷⁾, 北村 信編

新世代東北本州弧地質資料集，宝文堂より一部加筆

駒ヶ岳北方の地すべり地形群は、新期火山噴出物と国見山安山岩との境界部付近に端を発し、北東方向に滑った地すべり地形群で、その北東方の地形的下部には、西から、綱取層、菱内層、本畑層が分布している。これらの構成岩相のうち、泥岩、シルト岩および酸性凝灰岩は粘土化し易い岩相⁽⁸⁾⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾⁽²¹⁾であるから地すべり地形が多発したものと考えられる。

焼石岳北方の地すべり地形群は、更新世の活動と考えられる焼石岳噴出物である新期火山噴出物、その下位層は大石層上部の酸性凝灰岩および火山礫凝灰岩からなっている。大石層上部層の酸性凝灰岩は火山性地熱作用で変質され、粘土化されているから、それが地すべりの滑材となって、地すべりが発生し、地すべり地形が多数みられるものと考えられる。

焼石岳南東部とそれに続く石刈ダム北方の地すべり地形群は、焼石岳に端を発し、火山性地熱作用を受けた新第三系の大荒沢層、小出川層、前川層、下嵐江層からなり、これらの新第三系の地層の流れ盤斜面上に地すべり地形が形成されている。その地形的下部(石刈ダム北方)には前川層、下嵐江層が北東方に開いた緩いセミベーズン構造を形成しており、その中心に、新第三系上位層の瑞山層、国見山安山岩、焼石岳火山噴出物を主体とした第四系の新期火山噴出物が堆積している。そのセミベーズン構造の東側の跳ねかえりの翼部が土留めの作用をしているらしく、地すべりの活動方向が南方に向きを換え、石刈ダム北岸から胆沢川北岸(左岸)に滑動方向が移ってきている。昭和63年の8月の大雨によって、石刈ダムの北岸の谷子沢の上流部で地すべりが発生し、大崩壊した傷跡がなまなましく残っている。当地区の地質は泥岩からなる前川層と酸性凝灰岩からなる下嵐江層であり、仙人断層から分岐した前川断層でブロック化されている地区でもある。

経塚山南方の地すべり地形の分布している地域の地質は、新第三系の酸性凝灰岩を主体とした下嵐江層、第四系鮮新統の国見山安山岩、焼石岳安山岩を主体とした新期火山噴出物が広く被覆している。この地域は、ちょうど仙人断層南方延長部にあたり、仙人断層が胆沢川断層、下嵐江断層および前川断層に分岐する地域に当たっていて、新第三系がブロック化されている地域でもある。滑落崖は直線状をなし、連続性に富んでいるので、胴切り断層も含めて仙人断層に起因した滑落崖と推定される。

三森山北方の大規模地すべり地形は、黒沢層、一部花山層の上に焼石岳安山岩の火山噴出物からなる新期火山噴出物が薄く被覆したところに発生している。おそらく酸性凝灰岩を挟んでいる黒沢層内に地すべりが発生したものと推定され、副崖面、縦走断層がすべり方向に直角に発達し、波打ったようにウングレイト(undulate)

した模様がみられるが、バーンズの横走隆起(transverse ridge)であろう⁹⁾。

鷲之巢川上流から南本内川を経て卯根倉沢中流にかけてのNW方向に連なる五つの大型の地すべり地形は前述したように、この地域の潜在的な新第三系の弱線のNE-NW系のセットのひとつの割れ目に沿って形成されたものかも知れない。この五つの大型地すべり地帯の北東側には、前述のように基盤の盛り上がりを反映していると考えられる石英斑岩とデイサイトの巨大な貫入岩体が並列しているので、その貫入時に熱変質を受けて粘土化したものかも知れない。

それら五つの地すべり地形を北西側からみると、鷲之巢川上流の地すべり地形は小撃沢層の酸性凝灰岩を伴った泥岩の流れ盤斜面に形成されたものである。それより南東側にある大型地すべり地形は、大石層上部の川尻凝灰岩部層の酸性凝灰岩内にあり、粘土化の激しい岩層内に形成されている。さらに南東側にある南本内川に面した地すべり地形は、粘土化され易い川尻凝灰岩部層と岩滑沢泥岩部層内に形成されている。その南東方にある地すべり地形は岩滑沢泥岩部層内の流れ盤斜面に形成されている。白倉山東方から牛形山西方にかけての地すべり地形は、白倉山東方では卯根倉沢の谷頭部の地すべりで、焼石岳による新期火山噴出物、その下位に大石層下部の変朽安山岩からなり、流れ盤斜面上において滑っている。牛形山西方の地すべり地形は、大石層下部の変朽安山岩の上に、焼石岳による新期火山噴出物が被覆しているところに形成されている。

このように地すべり地形の発達している地域を、地質の面から検討すると地すべりを発達させている地層には酸性凝灰岩か泥岩が挟在されているし、これらの岩層が挟在されていない地層の地域においては、流れ盤斜面か、基礎岩盤が断層でブロック化されている斜面上に地すべり地形が発達している。

水沢中流と兎森山南方、夏油温泉北方の大型地すべり地形については、地すべり粘土の問題と併せて稿を改めて報告したい。

6. まとめ

岩手県南西部の国土地理院発行5万分の1地形図の川尻、焼石岳の地すべり地形を写真判読をして、どのような地学的条件の場所に地すべり地形が形成されているか調べた結果、この地域では次の事が言えることが判った。

- ① 山地の山頂平坦地、中腹緩傾斜地がある場合、その緩傾斜地は地下水涵養地となり、地形的下部に緩傾斜地があると、地下水位を高めて地すべり地を形成し易い。
- ② 基盤の古生界の地層が内座層として分布する。地層

の配列がそれを中心に分布する。その付近の河川勾配が急である。その付近で地すべり地形・小崖地が多数みられる。切峰面等高線の密の部分で囲まれている、などで、潜在的隆起帯と考えられる焼石岳周辺を中心に放射状に、地すべり地形が発達し、白倉山・牛形山周辺地域は、焼石岳から外側に向かって滑動した地すべり地形がみられる、駒ヶ岳周辺地域の地すべり地形も、焼石岳から外側へ向かって滑動した地すべり地形が発達している。このように、潜在的隆起帯の存在する地域は、不安定斜面を形成するので、地すべり地形が発達している。

- ③ 経塚山から尿前沢上流にかけてのように、仙人断層の南延長部にあたる地域には、直線状の滑落崖・側方崖を示す地すべり地形が発達している。断層または断層帯が発達している地域は、新第三系の地質が破碎されていて、馬蹄形の滑落崖・側方崖ではなく、断層に調和的な直線状の滑落崖・側方崖を持つ地すべり地形が発達する。
- ④ 風化作用・地熱作用および鉱化作用などを受けた地域は、受けなかった地域に比べ、新第三系が粘土化されており、地すべり地形の発達が著しい。地熱作用や鉱化作用を受けなかったと考えられる前塚見山・オガラ森山周辺には、地すべり地形の発達はみられない。

参考文献

- 1) 大八木規夫 (1991) 自然災害とその研究史, 地学雑誌, 第 10 巻第 1 号, pp. 79~92
- 2) 高橋博・大八木規夫・大滝俊夫・安江朝光編纂 (186) 斜面災害の予知と防災, 白亜書房, p. 95
- 3) 羽田野誠一・大八木規夫 (1986) 斜面災害の予知と防災, 5 章地形的位置, 白亜書房, pp. 95~154
- 4) 植村武 (1982) 地すべりをどう観るか, URBAN KUBOTA 20, pp. 52~55
- 5) 高野秀夫 (1979) 旧地すべり地表示の必要性について, 地すべり 56, Vol. 15, No. 4
- 6) Varnes, D. J. (1958) Landslide type and process. in ECHERL, E. B., ed., Landslides and Engineering Practice: U. S. Natl. Research Council, Highway Research Board, Spec. Rept. 29, pp. 20~47
- 7) (1972) A classification on landslides. 地すべりと対策に関する研究討論会概要, 地すべり学会, pp. 65~79
- 8) 武田裕幸・今村遼平 (1976) 建設技術者のための空中写真判読, 共立出版
- 9) 清水文健 (1985) 東北地方の大規模地すべり地形, 地すべり, 第 21 巻第 4 号, pp. 31~37
- 10) (1983) 空中写真判読による地すべり地形の判読と表現方法, 地すべり, 第 19 号巻第 3 号, pp. 10~16
- 11) 大槻憲四郎 (1989) 鉱脈による新第三紀東北本州弧の構造応力場復元, 地質学論集, 第 32 号, pp. 281~304
- 12) 大沢穰 (1963 a) 東北地方中部における新第三紀造山運動および鉱化作用, 岩鉱, 50, pp. 167~184
- 13) 佐藤比呂志・大槻憲四郎・天野一男 (1982) 東北本弧における新生代応力場変遷, 構造地質研究会誌, No. 27, pp. 109~121
- 14) 佐藤比呂志 (1986) 東北地方中部地域 (酒田-古川間) の新生代地質構造発達史, 東北大学地質古生物研究邦文報告, No. 89, pp. 1~45
- 15) 臼田雅郎 (1986) 島弧横断ルート, No. 18, 第 2 巻, その 6, 北村信編, 新生代東北本州弧地質資料集, pp. 18-1~18-14
- 16) 竹内常彦ほか 16 名 (1967) 昭和 41 年度広域調査報告書「和賀雄物地域」, 通商産業省, pp. 1~21
- 17) 臼田雅郎 (1986) 島弧横断ルート No. 19, 第 2 巻, その 7, 北村信編, 新生代東北本州弧地質資料集, pp. 19-1~19-15
- 18) 須藤俊男 (1953) 粘土鉱物, 岩波全書, pp. 152~194
- 19) 長沢敬之助編 (1967) 粘土ハンドブック, 技報堂出版, pp. 999~1038
- 20) 中村浩之 (1972) 黒色泥岩地帯における地すべりの土質工学的特性, 地すべり, 第 9 巻第 2 号 33~43
- 21) 水谷伸治郎, 堺田直志 (1974) 凝灰岩の変質に関する実験的研究, 自然災害特別研究成果, No. A-50-6, 第三紀層の地すべり発生と予測の研究

(原稿受理日 平成 3 年 9 月 2 日)