

地すべり地における凹地の意義

松尾行洋*

A significance of depressions in landslide areas

by

Yukihiko MATSUO

(Abstract)

This paper presents a consideration on the relationship between the three occurrences of landslides, which have lately occurred in the Hokuriku district, and the depressions found at the sliding areas.

The three landslide areas are as follows: Torigoe-mura, southwest of Tsurugi City, Ishikawa Prefecture; the boundary between Tsubata City of Ishikawa Prefecture and Oyabe City of Toyama Prefecture; and Oshimizu-cho in Hakui-gun of Ishikawa Prefecture.

The depressions were judged to be traces caused by changes of preexisted older landslides in the above-mentioned three sliding areas. The author has investigated the role played by the depressions in the recent landslides, and has reached the following conclusion:

In these landslide areas, the depressions changed to a slip cliff, so that a great quantity of water concentrated and infiltrated into an old slip plane which had existed in the downstream from the depression, and raised the pore water pressure, subsequently causing the new landslide.

Such a depression found in an old landslide area can possibly serve as a hot lead to landslide prediction.

Key words: landslide, depression, landslide prediction, older landslide, new landslide.

キーワード: 地すべり, 凹地, 地すべりの予測, 旧期の地すべり, 新しい地すべり

I ま え が き

近年, 大規模な旧期の地すべりが注目され, 論文の発表や国土地理院の未公表地図による検証が行われるようになってきている。このような旧期の地すべりは, その多くが空中写真では比較的容易に識別されるが, 現地踏査で実証的に裏づけされた例は余り多くはない。発表されている論文の多くは, 旧期の地すべりと最近発生した二次的な地すべりとの関連で論じられているが, 藤田(1982)や藤田ら(1982)は, 古い地すべり期に発生した平行正断層型亀裂によるブロックの転倒による溝状地形ないしは地溝状の地形が, 新しく発生する地すべりを規制することを指摘し, この見地から地すべり発生地の予測が可能であることを論じている。

本論で言う凹地とは, こうした地すべり地内の緩斜面あるいは平坦面にみられる, 溝状あるいは地溝

* 新潟大学積雪地域災害研究センター研究生

状地形の総称で、その規模は幅、深さともに1 m未満から100 m程度のもので広い範囲に渉り、多くは直線に近い平面形状を呈する。この凹地の識別に際しては、ガリヤリル、およびトップリング（急傾斜斜面における地塊の転倒現象）によると判断されるものは除外した。

筆者は、日常の業務の中で、最近発生した地すべり地に旧前から凹地が存在していた事実を知り、これを調査した結果、これらの凹地が旧期の地すべりによる変動地形の痕跡であると推定するに至った。また、かなりの数の地すべりにおいて既存の凹地が新しく発生する地すべりの冠頭部や側縁部を規制する実例を見た。本論文では石川県における3例を記述し、最後に若干の検討を加える。

本論文の調査、執筆に際し、内山地すべりの現地でご指導頂いた、新潟大学積雪地域災害研究センターの藤田至則教授と青木滋教授、大阪工業大学の藤田崇教授、草稿を査読して頂いた同センターの藤田至則教授と高浜信行助教授、ならびに調査と資料提供の便をはかられた石川県金沢市の北国鑿泉株式会社の尾蔵一郎社長を始めとする方々に記して厚くお礼申し上げる。

II 新しい地すべりの発生と既存の凹地の関連性

1 鳥越村地すべり

A 発 生 年 月 日 1986. 7. 16～17。

B 位 置 ^{つるぎ} 鶴来市南南西7 km, 手取川支流大日川左岸山腹斜面。

C 規 模 奥行300 m, 幅100～200 m。

D 一般的状況 現地は南に張り出した小尾根で、西側に谷がある。山腹斜面の傾斜は 30° ～ 40° , 斜面上には2～3のガリがあり、頂部付近はやや平坦である。基盤岩は新第三紀の流紋岩質火山砕屑岩で著しく熱水変質作用を受け、葉ロウ石や絹雲母を生じている。

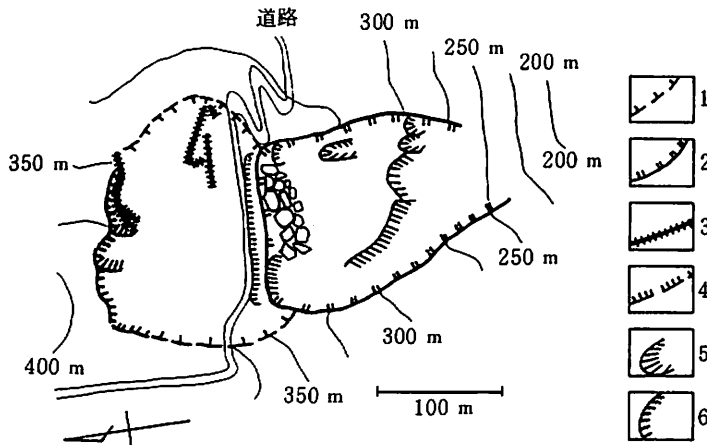
地すべりは、7.12～7.16にかけての累計雨量214 mm, 10分間の最大雨量14.8 mm（鳥越村役場の観測による）の後に発生したもので、地すべり地の中央をはしる道路が長さ120 mにわたり、10～25 mの落差で崩落した。関係者が現場を見た結果、道路より上方の平坦面に多数のオープンクラックが発生し、下方にも多数の崩壊や地割れがみられたので、クラックは埋め戻し、下部には排水パイプが設置され、応急の排水が行われた。

E 上方ブロック 道路より上方地域では、以前からあった崖が新たに落差を増して高くなったほか、崖の上端の側方部に新たに滑落崖を生じ、旧前の崖の下にオープンクラックも発生したといわれている。筆者が踏査した時には、これらのクラックはそのほとんどが埋められていたが、一条だけは埋め残されていた。そのクラックは、岩盤の中に発生したもので、最大幅3 m, 深さ4～5 m, 長さ50 mで、割れ目の大部分は古いものでやや年月のたった外観を呈するもので、一部は非常に新しいものであった。ブロックの末端部はクラック帯の延長から見て、道路よりも約30 m下にあるものと推定された。この位置で、地すべり発生前夜に多量の湧水があったと言われている。

道路付近では前述のような崩壊がみられたほか、付近の岩盤に圧縮性の亀裂がみられた。

F 下方ブロック 道路より下方地域では、巨大な岩塊を含む崩壊土砂が堆積していたが、その下方斜面の地表面には上半部では引っ張り亀裂が見られ、下半部では圧縮による隆起が生じていた。すなわち、典型的な円弧すべりによるとみられる現象が推定された。

G 原 因 踏査の結果、上方ブロックは旧期の岩盤すべりが再活動して層状に移動したものであり、下方ブロックは上方ブロックの崩壊土砂が上載荷重となり、二次的に発生した崩積土型すべりであると

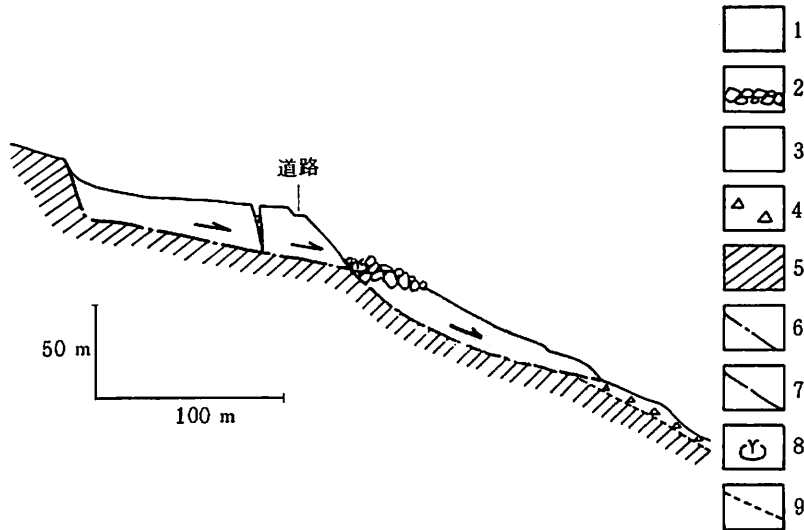


図一 鳥越村地すべり平面図

- 1 : 最初に発生した岩盤地すべりの区域, 2 : 二次的に発生した地すべりの区域,
 3 : 既存の凹地, 4 : 新たに発生した滑落崖, 5 : 新たに発生した崩壊,
 6 : 既存の崖地形.

Fig.1 The plane of Torigoemura landslide.

- 1 : primary rock sliding area, 2 : secondary sliding area,
 3 : depression formed by older landslide, 4 : newly occurred sliding cliff,
 5 : newly occurred collapse, 6 : older cliff.



図二 鳥越村地すべり模式断面図

- 1 : 二次的に発生した地すべり土塊, 2 : 最初の岩盤地すべりの結果, 崩落・堆積した巨大岩塊群, 3 : 最初に発生した岩盤地すべり, 4 : 崖錐堆積物, 5 : 流紋岩質火砕岩,
 6 : 岩盤地すべりの推定すべり面, 7 : 二次的地すべりの推定すべり面, 8 : 岩盤地すべりの発生直前に見られた湧水, 9 : 推定地質境界線.

Fig.2 The model profile of Torigoemura landslide.

- 1 : secondary sliding mass, 2 : huge rock blocks fallen from primary rock sliding part, 3 : primary rock sliding, 4 : debris, 5 : rhyolitic pyroclastic rock, 6 : sliding plane of primary rock slide, 7 : sliding plane of secondary slide, 8 : spring which was found shortly before primary rock sliding, 9 : assumed geological boundary line.

推定された(図-1, 図-2)。上方ブロックの地すべり発生の引金となったのは多量の降雨であり、既存のオープンクラックや凹地を通じて浸透し、地下の間隙水圧を異常に上昇せしめ、岩盤のせん断抵抗力を低下させたためであり、そのことは湧水点の存在とその地点の位置からも裏づけられる。また、崩積土の移動に地すべり地のはるか下方にある採石場や道路が関与する余地はなかったと判断された。

この道路は昭和37年に開設されたもので、従前、小規模な崩壊以外には特別の現象は生じていなかったのであるが、今回の災害後、道路より上方地域の地主の談話を伝聞したところによると、今回の地すべり発生地には、ずっと以前から地すべりがあり、窪みのようなものがあったとの事である。

以上のように、この地すべりは古い岩盤すべりが再活動したために、既存の滑落崖が拡大、強化したほか、既存の凹地が開裂したものと解釈する事ができる。逆に言えば、事前にこれらの存在に気がついておれば、地すべりの予知と何らかの防止工事が可能であった事が示唆されている。

2 内山(梨の木平山)地すべり

A 発生年月日 1983. 7. 27発見, 7. 29終息。

B 位置 石川県津幡市^{つばた}~富山県小矢部市。

C 規模 奥行1km, 幅1.2km, 面積100ha, 体積約2,500万³m。

D 一般的状況 地質は新第三紀・中新世の高窪泥岩層が基盤となり、その上位に新第三紀・鮮新世の大桑砂岩層^{おんま}が不整合関係で載っている(粕野義夫編(1976), 石川県地質図による)。泥岩層は砂岩を挟在し、地層の層理面は南方に5°~10°傾斜し、いわゆる流れ盤になっている。

この地すべりは7.12~7.27に降りつづいた累計424mmの降雨(金沢気象台)の後に発生したもので、27日午後2時の発見以来、28日朝までに冠頭部での落差が10mを越すといた変位が大きく現われ、末端部の国道359号線が壊滅的な被害を受け、新聞などで連日報道された。筆者は変動のまだつづいていた28日に、要所を踏査し、8月5日には前述の各氏の現地におけるご指導をあおいだものである。

この地すべりについては、学会誌でも多くの発表がなされているので、多くは述べないが、冠頭部に発生した陥没帯は、旧前の凹地が拡大強化されたものである事は明らかであり、この点を強調しておく(図-3, A・B)。

この凹地は、石川県・富山県の県境付近に位置し、NEE-SWW方向に伸び、長さ900m, 幅70~120m, 深さは20m程度である。この凹地については、すでに昭和37年に筆者が卒業論文の際に空中写真の中で、二重山稜状の地形として識別し、不思議に思いながらも、周水河地形の一種としてメモ程度にとどめていたものである。

踏査の結果、この凹地はかつての初生岩盤すべりの際に発生した古い陥没帯であることを示唆する知見を得た。すなわち、新しい地すべり発生の際に、この凹地の両側の斜面には新しい崖が階段状に多数発生したが、その近辺には新しく発生した崖とほぼ同一のセンスを有する旧期の崖地形が存在し、この凹地が旧期の地すべりによって形成された陥没帯であると判断された。

地すべりの被害は主として冠頭部の陥没帯と、末端部の国道とに生じており、地すべり地内ではクラックの発生も見られず、立木も直立したままであった。このことは、新しい岩盤すべりであることを示唆している。地すべりの東側縁辺部に相当する溪流に存在していたコンクリート堰堤は、地すべり側に相当する西側が5~10m移動し、大破していた。

末端部の国道の被害は主として隆起によるもので、持ち上げられた後に崩落した部分も認められた。この地すべりの原因は、冠頭部に旧期の地すべりによる凹地が存在すること、地層が流れ盤であると

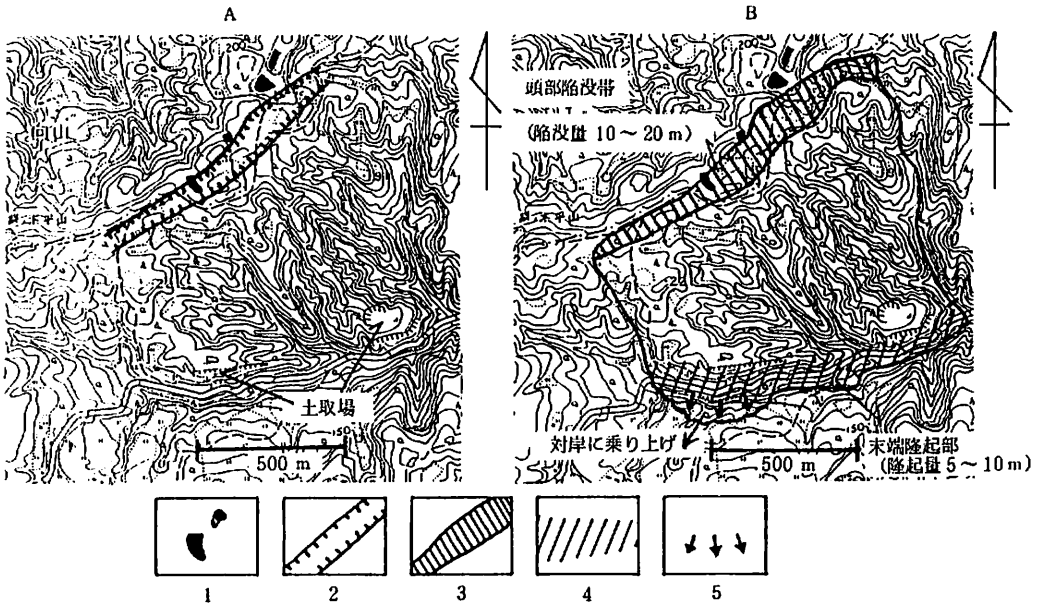


図-3 内山地すべり平面図

国土地理院, 2万5千分の1地形図, 「俱利伽羅」を使用。

A : 地すべり発生前地形図, B : 地すべり平面図。

1 : 池, 2 : 既存の凹地, 3 : 冠頭部の陥没帯, 4 : 末端隆起部, 5 : 対岸にのり上げた部分。

Fig.3 The plan of Uchiyama landslide.

A : plan of before landsliding B : plan of landslide

1 : pond, 2 : depression formed by older landslide,

3 : depression zone in headcrown part, 4 : upheaval part,

5 : riding over part on the opposite side of the river.

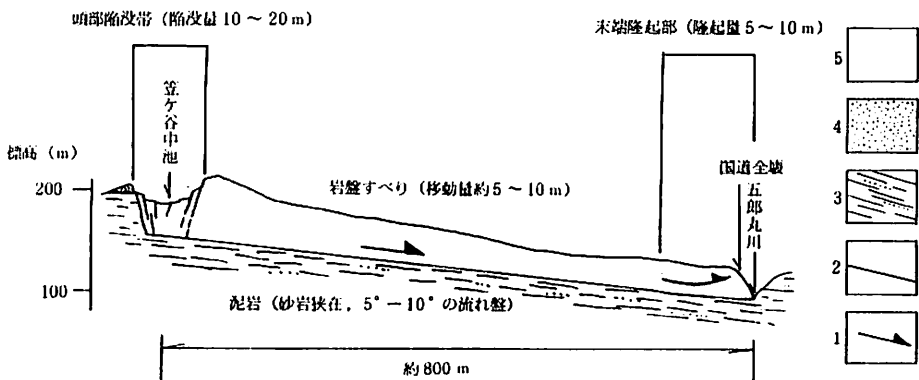


図-4 内山地すべり模式断面図

1 : 岩盤地すべり地塊, 2 : 大桑 (砂岩) 層, 3 : 高窪 (泥岩) 層, 4 : 推定地すべり面
5 : 地すべり移動方向

Fig.4 The model profile of Uchiyama landslide.

1 : rock sliding mass, 2 : Omma (sandstone) Formation, 3 : Takakubo (mudstone) Formation, 4 : assumed sliding plane, 5 : direction of the sliding.

いった原因に加えて、多量の降雨という誘因があった事が挙げられるが、そのほかに国道上部の二箇所にある土取り場での土砂採取が、地山の安山性を損なわせた可能性があると判断される。

図-3, 4は踏査直後に作成した図で、訂正の余地もあるが掲げておく。

このケースは、既存の凹地の存在が地すべりの発生に関与し、冠頭部の位置と形状を規制している典型的な例である。

3 道路改良工事に伴う地すべり

A 発生年月日 1983. 7.

B 位 置 石川県羽咋郡押水町。

C 規 模 奥行50 m, 幅25 m.

D 一般的状況 道路改良工事に伴って地すべりが発生したため、コンクリート擁壁工やアースアンカー工が施工されたものである。

現地の地質は先ジュラ紀の片麻岩で、地表から、10~20 mの深さまで強く風化を受けマサ化している。

地すべりの上部はほぼ平坦な尾根になっており、そこには旧前から存在する二条の直線状の凹地が認められ、旧期の地すべりがあるものと推定された。しかしながら、工事の切土によって旧地形が大きく改変されてきており、旧期の地すべりの範囲を推定する事が困難であった。

この平坦面に、落差0.7~1 mの新しい地すべり滑落崖がみられるが、この冠頭部は凹地のうち上部のものとも一致している。

以上の状況から、過去の地すべりによって形成された凹地が新しい地すべりの冠頭部を規制したものと判断できる(図-5)。

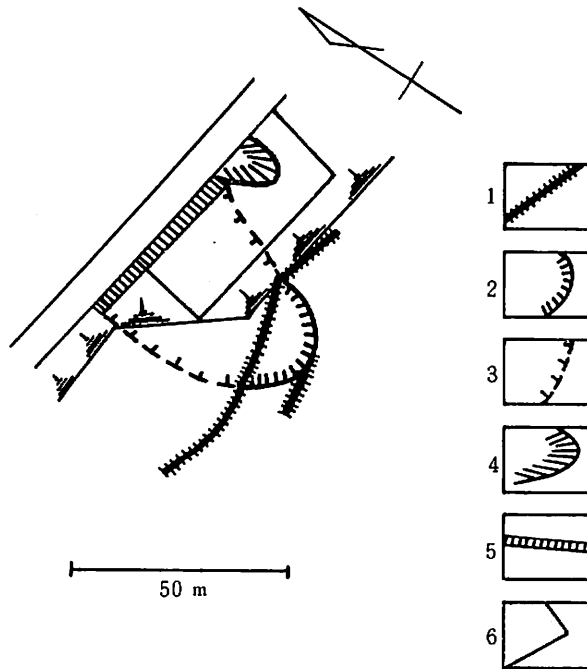


図-5 道路改良工事に伴う地すべり平面図

- 1 : 既存の凹地, 2 : 新しく発生した地すべりの滑落崖,
- 3 : 新しく発生した地すべりの推定境界線, 4 : 新しい崩壊地,
- 5 : アースアンカー工とコンクリート擁壁工, 6 : フリーフレーム工

Fig. 5 The plan of the landslide with construction work of road.

- 1 : depression formed by older landslide,
- 2 : sliding cliff of newly landslide,
- 3 : assumed boundary line of newly landslide,
- 4 : newly occurred collapse,
- 5 : earth-anchor-method and concrete retaining wall,
- 6 : so-called the "free-frame" method.

Ⅲ 検 討

1 地すべり地における凹地の成因

地すべりにおける凹地の成因については、最近発生した地すべりについて見ると、地すべりブロック内の地塊の転倒により地表面が山側に傾動するケースと、地塊が開裂し地溝ないし陥没帯を形成するケースの両方が推定される。

旧期の地すべりについても、基本的にはこれと同様と考えて差支えなく、当初は明瞭であった筈の地すべり変動地形は長年月の間に開析され、埋められて、現在ではかすかな凹地としてようやく識別される程度のもが多くなっているものと判断される(図-6, A, B)。

なお、新津(1986)によると、トップリングによって逆向き崖や開口亀裂が発生するとしており、このような地形も凹地の一種と考えられる。しかしながら、本論で扱っている凹地は主として緩斜面やほぼ平坦に近い部分に見られることから、トップリングに起因するものと区別することができる。

2 既存の凹地が新しい地すべり地の形状を規制する点について

前章で述べたように、鳥越村地すべりでは既存の滑落崖が拡大、強化し、既存の凹地もまた新たに開裂したものであり、内山地すべりでは既存の凹地(陥没帯)が拡大強化したものであり、道路改良工事に伴う地すべりも既存の凹地が新しい地すべりの冠頭部の位置と一致している。

このことから、既存の凹地が新しい地すべりの形状(とくに冠頭部の位置)を規制しているものと推断することができる。

このことはまた、前掲の藤田および藤田らの指摘のように、地すべり地塊(崩積土)の物性の面から

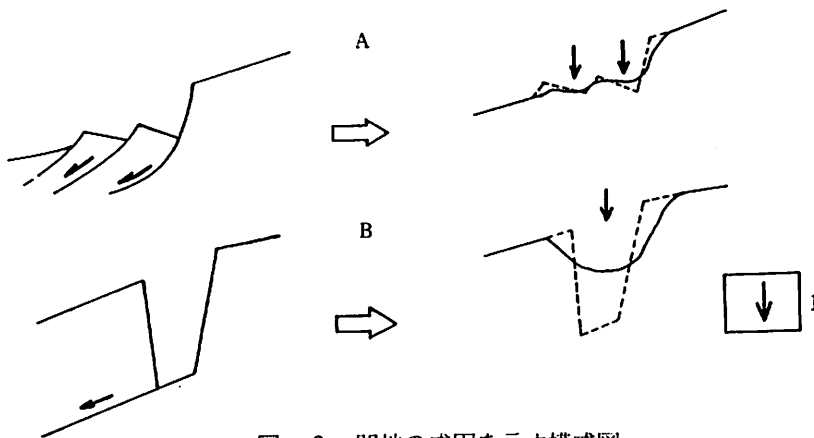


図-6 凹地の成因を示す模式図

A 地すべりによる地境の転倒により、地表面が山側に傾動するケース、

B 地すべりにより地塊が開裂し、地溝ないし陥没帯が形成されるケース。

(A, B各図の左側が、旧期の地すべり発生直後、図の右側が長年月の経過後を示す。)

1 : 凹地

Fig. 6 The model profiles of the occurrence of depression.

A : tilting of the grand surface by old landsling,

B : the graben or depression zone formed by old landsliding.

(Left side of figures is topography of old landsliding, right side of figures is topography after long years from old landsliding.)

1 : depression.

も、以下のように裏付けられる。

第一に、一旦、地すべり運動を経験した地塊（崩積土）は物性的にみて周辺の地山よりはルーズでもろく、強度が小さくなっており、適当な外因があれば再活動しやすいと考えられる。

第二に、旧期の地すべりの冠頭部における地塊の転倒による山側への傾動や地溝状地形の形成は、それ自体が有力な分離面になるとともに、地表水の浸透や、地下水が集中しやすい条件を提供するものであり、地すべり地内の間隙水圧の上昇をまねきやすく、地塊のせん断強度を低下させやすいと考えられる。

3 地すべり発生予測の可能性

以上みてきたように、既存の凹地が新しい地すべりの位置や形状を規制することが推定されるが、このことは既存の凹地を検出し、その分布を調査することにより、今度発生する地すべりの位置を予測できる可能性を示唆するものである。藤田ら（1982）の地すべり予測図はこの観点から作成されたものであるが、今後はこのような調査地をふやし、長年月に渉る検証を行うことが必要であるばかりでなく、しかるべき対策工事をあらかじめ施工して地すべりを防止する必要があると考える。

地すべりの予測にあたっては、「どこで」、「いつ」、「どの程度のものが」発生するかの内容を含むことが不可欠である。このうち、「どこで」と言った点については以上の検討結果からほぼ予測がつくとしても、「いつ」、「どの程度のものが」という点については、降水量、融雪量などの外因に大きく左右されるので、融雪時期のパトロールや危険度の高い地点において計器観測を行うなどの態勢を確立することが必要であると考えられる。

文 献

- 藤田至則（1982）：地すべり崩積土ブロックに関する研究。新潟大学災害研究センター研究年報，4，35-50。
藤田至則・青木 滋（1982）：地すべり予測に関する基礎的研究。新潟大学災害研究センター研究年報，4，51-64。
紮野義夫（1976）：石川県地質図。同解説書。
新津 誠（1986）：斜面の転倒崩壊。地質学論集，28，77-86。