

地すべり地の地質と防止対策*

山 野 井 徹**

I. はじめに

地すべり現象は、自然現象としてみるならば、後述するように地表における侵食サイクルの1つである。そして地すべり現象は、人間の生活基盤と関係のない所で発生する限りにおいては、自然科学の対象にはなっても、防止対策としての工学的な課題にはなり得なかったであろう。

地すべりの観点には物質科学的な側面と、歴史科学的な側面がある。地すべりがこの両側面でとらえられ、そしてこれらがその地域性において統一されることによって、地すべりの予測を含めた正しい防止対策が導かれるであろう。このことはすでに植村(1981)が指摘しているとおりである。

今回ここで扱う地すべりは、地すべりが多発している新潟県でのものをとりあげ、それを上記の両側面から検討し、さらに防止対策についてふれてみるつもりである。なお、東北裏日本地域では地すべり現象の種々の要因や、発生する地質条件が新潟県のそれらとほとんど共通している。したがって、本報告が、とくに山形県内で地すべり防止対策にたずさわる方々のために、少しでもお役に立てれば幸いである。

II. 地すべり現象とは

地すべりの発生の防止は、1口で言うと、その要因を取り去ることにある。しかし、その要因は単一ではなく複合している。また地すべりの運動は、自然界の運動の例にたがわず、安定化への運動でありポテンションエネルギーの開放を主体とするものである。したがって地すべり発生の諸要因のなかでも高度の差、すなわち斜面の存在は一義的に重要なことであり、斜面の存在なくして地すべりの発生はあり得ない。このことは、地すべり現象に限らず、他の名称で呼ばれる「山崩れ」、「ガケ崩れ」、「土石流」、

「山津波」……等々の崩壊現象についても同様である。これらの崩壊現象は、地表で起こる侵食作用の1つの形態であり、それらは粘土粒子や岩石片の移動から、大土塊が移動する山崩れや地すべりまで連続した現象で明確な境界はない。ただし、地球上でのこうした現象は、水がそこに大きく介在することで、月や他の惑星とは大きく異なり、上記の呼び方にも現われるように、崩壊現象の多様性を生み出している。

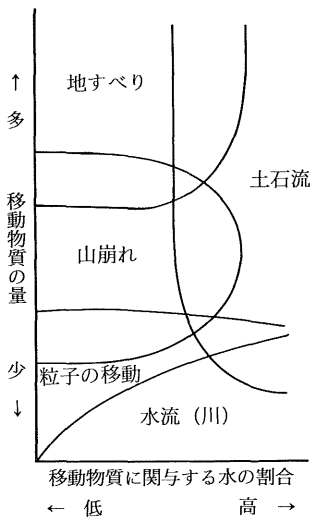
そこで地すべり現象について述べるに当たり、まず、地球上で様々な形態として現われる崩壊現象を整理しておきたい。整理の基準としては、先に斜面の存在の重要性を指摘したが、これに関しては、「斜面の傾斜角度」を重視したい。次に侵食現象は粒子から土塊の移動まで連続した現象であるので、これについては、「移動物質の量」を考慮の対象とした。そしてさらに何よりも地球上の崩壊現象を特徴付ける水の存在をみのがしてはならない。これに関しては、「移動物質に関与する水の割合」で考えてみることにする。以上の3つの成分を量的に配慮できるような表現、すなわち、3成分をそれぞれ直交する軸として、その中で各崩壊現象を立体的に位置付ければ、それぞれの崩壊現象はより正確に表わせるが、ここでは「斜面の傾斜角度」を崩壊現象が生じ易い程度の角度として固定し、「移動物質の量」と「移動物質に関与する水の割合」の2成分によって種々の崩壊現象等を第1図のように整理(定義)してみた。

これから扱う地すべりとは、第1図に示すように、移動物質(土量)が多く、それに関与する水の割合が、土石流と比べて、低いものであると定義しておきたい。

さて、こうして定義した地すべりは、地表における侵食サイクルの一部という観点でみるならば、地表における斜面物質の形状が短時間のうちに大きく変化する現象といえる。すなわち、地すべり現象をとくに侵食サイクルの中からとり出してみるならば第2図に示すように表わすことができる。

* 昭和57年度総会で講演

** 山形大学教養部地学教室



第1図 地表における崩壊現象等の区分

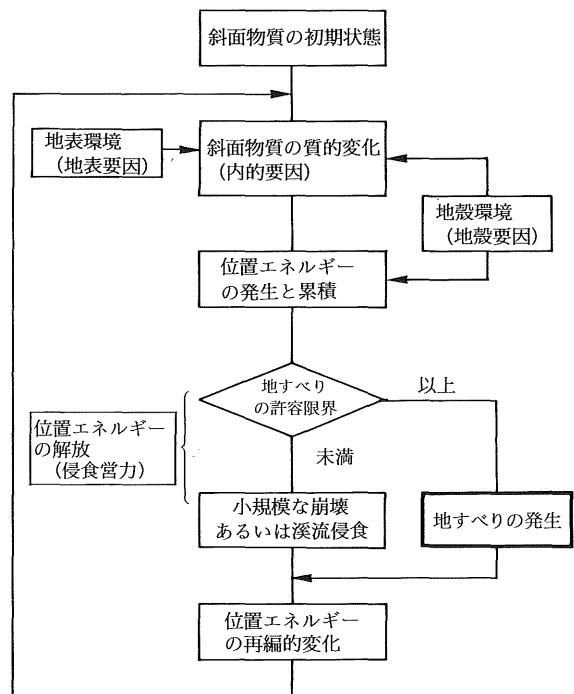
第2図に関して説明を加えるならば、斜面物質の初期状態とは、斜面地下の物質のうち、地表侵食作用に関する影響を受ける直前の物質である。したがってその物質の生成時の岩質に加えて、その後の続成作用や構造運動等による影響は、すでに受けている物質である。また図中の地すべりの主要因について、地表要因とは降雨、降雪など地表に与えられる気候的な要因、あるいは地形的な要因、植生などの要因、さらには地表に与えられる人為的な要因などがあげられる。地殻要因は構造運動に伴う斜面物質の変形や地震、地熱、熱水など、地下深部に起因する諸要因であるのに対し、内的要因は、斜面物質の物理・化学的性質に直接、間接的、かつ継続的に変化を与えたりする要因である。たとえば、鉱物の変質や溶脱等の化学変化や、スレーキングや間隙水圧等による主として物理的な変化があげられる。

こうした地すべりに関する様々な要因を理解することは、地すべり防止の基本的な知識として重視されなければならない。しかし、その上でさらに重要なことは、こうした要因の除去や軽減を現実的な工種・工法をもっていかに実現していくかにある。この報告では、地すべりの諸要因のうちでもとくに重要な地質に関してとり上げ、地すべりの型と関連づけ、この側面からみた防止対策について述べていきたい。

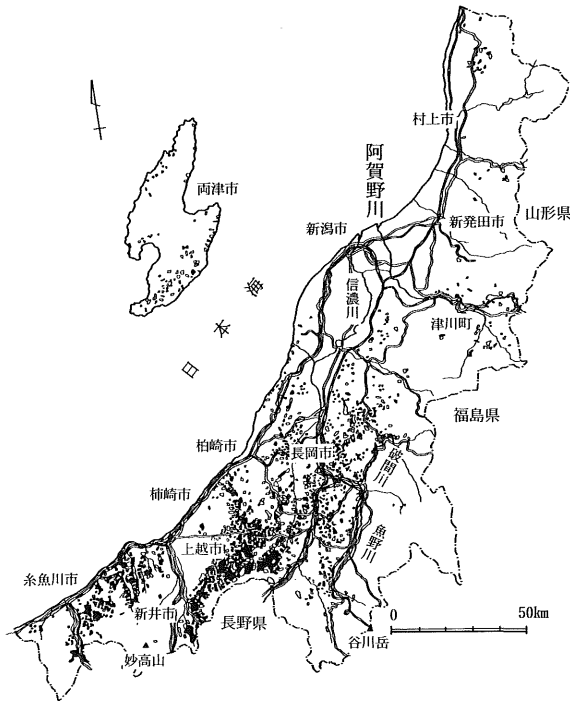
III. 地すべりと地質

新潟県の地すべり地（地すべり防止区域及び地すべり危険区域）は第3図に示すとおりである。この図からわかるとおり、地すべり地は県内に一様に分布しているのではなく、西頸城、東頸城、それに魚沼～中越地域に偏在している。この理由については、積雪深度、地殻変動量、地質、谷密度、起伏量、傾斜度区分などとの関係において、すでに詳しく解析されている（山野井ほか、1974）。その結果、地すべり地の形成に最も重要な関連を有するものとして地質（岩質）との関係が指摘された。ここではこの地質と地すべりとの関係について述べておきたい。

新潟県の地質と地すべりとの関係は第4図に示すようにまとめられている（山野井ほか、1974）。この図に表現されているとおり、新潟県の地すべり地の9割以上は寺泊層、椎谷層、西山層、灰爪層、それに魚沼層群として区分されている第三紀中新世から第四紀更新世の堆積岩中に存在している。これらの地



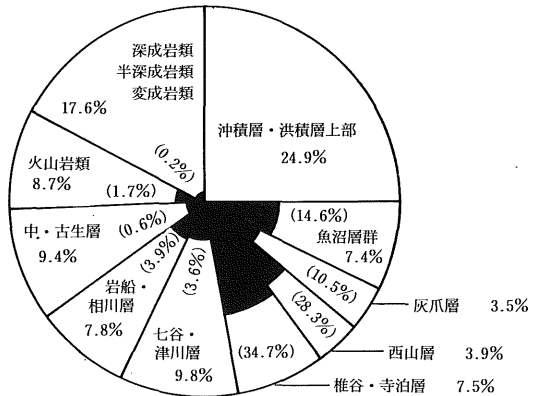
第2図 侵食システムにおける地すべり現象



第3図 新潟県の地すべり地の概要(山野ほか, 1974), 黒色は地すべり防止区域, 白ぬきは地すべり危険区域

層が新潟県全面積のうちに占める割合は20%にすぎない。それにもかかわらず地すべり地が上記の地層に集中していることは、これらの地層がいかに地すべりを起こし易い地層であるかが理解できる。また、ここで述べている地すべり地は、防止区域や危険区域のみの集計であるので、現在活動の危険のないものを含めればさらに地すべり地の割合はこれらの地層の中で高まるであろう。

そこで、こうした地層のとくに堆積度の粒度に注目してみると、下位層から順に、寺泊層は粘土、灰爪層はシルト～細砂、それに魚沼層群はシルト、砂礫を、それぞれ主体にしている。すなわちこれらの地層の粒度の特徴は、大局的には下位から上位へ細粒から粗粒への変化をもって重なっている。ここで再度第4図をみると、地すべり地が地層別に占有する割合は最も細粒の地質区分のところ(椎谷・寺泊層)と最も粗いところ(魚沼層群)の両極にかた



第4図 新潟県の地質区分の構成とその中に占める地すべり地(黒色)の割合(山野井ほか, 1974)

よってそれぞれ高率であることに気づく。このことは新潟県の第三紀～第四紀の堆積岩中の地すべりは、斜面の物質の粒度に注目すれば、大局的には細粒と粗粒の2つのタイプが存在していることを暗示している。以下にその2つのタイプの地すべりをそれぞれとりあげてみたい。

IV. 地質(岩質)と地すべりの型

上記の両極のタイプの地すべり、すなわち最も細粒の地層の中で生じている地すべりを寺泊層の分布している区域から、そして最も粗粒の地層の中で生じているそれを魚沼層群の分布地域からそれぞれ選び、主として空中写真の観察によって、地すべりの型の差違を明らかにしてみたい。

1 粘土を主体とした岩質(寺泊層)の地すべり

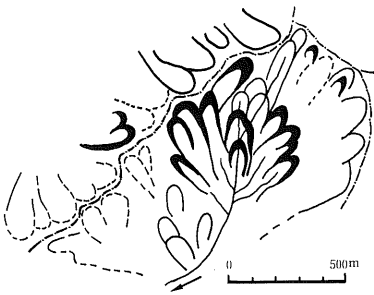
第5図、第6図は新井市平丸地域、安塚町須川地域の地すべり地形である。両図で明瞭のように、ほとんどの山塊が地すべり地形を呈していて、一部の地すべり地は、すでに尾根部まで長馬蹄形の地形が切り込まれ、尾根を越して反対側の斜面にまで頭部が達する地すべりすらある(写真-1)。図中の太線の



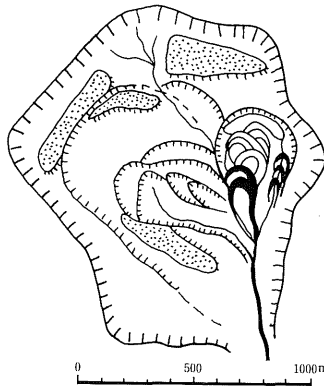
第5図 新井市平丸地域の地すべり地形



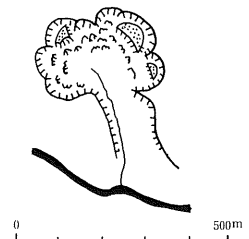
第7図 安塚町濁付近の地すべり地形



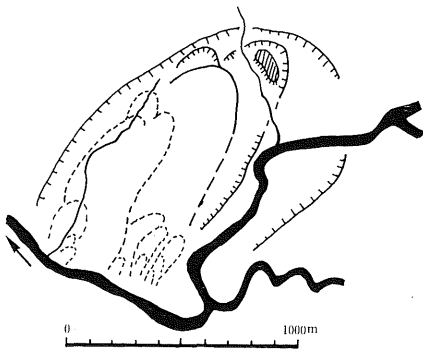
第6図 安塚町須川付近の地すべり地形



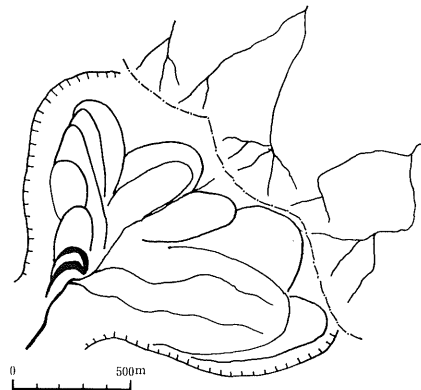
第8図 十日町市慶地の地すべり地形



第11図 広神村水沢新田の地すべり地形



第9図 十日町市新水付近の地すべり地形



第10図 十日町市枯木又付近の地すべり地形



写真-1 上平丸地すべりの尾根部を越して反対側の斜面まで拡大した地すべりの頭部

地すべり地形は近年動きがあった地すべりである。両地域の地すべりの特徴に限らず、一般に泥岩地域に存在する地すべりは、一箇所で地すべりが発生すると、隣接する別のブロックに拡大し、それがさらに付近一帯の斜面に緩慢ではあるが連鎖的に拡大するという共通性をもっている。そして一定の期間移動状態をくり返した後、休止状態が続き代って別の地区が動き出すといった現象が認められる。こうした現象は空中写真や現地踏査からのみならず、広く地元住民からも具体的に見聞できることである。

第7図は、やはり黒色泥岩の分布する松代町の濁部落付近の地すべりの地形図である。この図から明らかのように、この付近は全地域が地すべり地形を呈するほどである。しかし、近年目立った動きのある場所はなく、この地すべり地形内に集落が発達している。この付近の尾根部は、その両斜面からの地すべり地形の形成によって低くなり、中小河川の発達が著しい。こうした地形的特徴は前述の、平丸、須川地域のそれとは異っている。すなわち平丸、須川で代表される地域は泥質形地すべりの発展期に当たる区域であるのに対し、濁地区のそれは消滅期を向かえた区域として位置づけできる。

2 砂礫を主体とした岩質（魚沼層群）の地すべり

魚沼層群の岩質は多様であるが、この地層のうちでも特に柴倉礫層と呼ばれる十日町市の信濃川右岸に分布する地層内の地すべりを扱ってみた。

第8図に慶地の地すべり地形を表わしてある。ここでは、最も外側にクレーター状の大地すべり崖が

残り、その内部に集落がある。地すべり地形としては1次～5次までの地形が認められ、現在では最も内側の5次ブロックが、崩壊的に動いているにすぎない。

第9図は新水付近の地すべり地形である。1次の滑落崩は部分的に明瞭に残るが、中小河川によってかなり解析されている。2次ブロックは、1次ブロック内に発達し、1次ブロックと同様に部分的には明確に滑落崖が残るが、側壁等は、かなり解析が進んでいる。3次ブロックはやや明瞭に残っている。4次ブロックはさらに小規模で現在は水田として利用されており、その畔の形状から、かろうじて地すべりブロックが識別される程度である。当地区は現在では動きがなく、地すべり危険区域にもなっていない。

第10図は枯木又付近の地すべり地形である。この1次ブロックの約1/3は反対側の斜面からの通常の浸食によりすでに失われている。2次、3次ブロックの地形は明瞭に読みとれ、現在では溪流部周辺の小ブロックが移動しているにすぎない。

第11図は広神村の水沢新田の地すべり地形を表わしたものである。この地域の魚沼層群は、上記の十日町地区のように砂礫が主体ではなく、シルト、砂、礫の互層である。ここは昭和44年4月、突然地すべりを起こし、その流出土砂によって死者8名を出した所である（写真-2）。

その後、地すべり地内の防止工事がなされたが、1次滑落崖は明瞭に残っている。しかしそれがさらに拡大し、地すべり地が広がっていくといった現象はみられない。



写真-2 水沢新田地すべり（昭和44年4月26日に突然発生し、死者8名を出した）

以上のように粗粒物質を主体とする魚沼層群中の地すべりは、その分布は密集することなく散在している。地すべり発達段階を上記の例からみるならばその規模は別にして、水沢新田の地すべりが発生段階、慶地や枯木又のものが発展段階(後期)、そして、新水の地すべり地は消滅段階のものとしてそれぞれ位置付けられたよう。

3 地すべりの2つの型とその進化

以上の観察例からも明らかなように、両岩質の地層中で生じている地すべりには明らかな型の違いが認められている。こうした違いについてはすでに布施(1974)や山野井(1976)によって指摘されている。さらに山野井(1977)は両タイプの地すべりの差違が、地すべり地本来の岩質のほか、基岩の風化過程と地すべりとが密接に関連しながら、両タイプの系統の地すべりへと進化していくことに注目した。そして、基岩の風化物質が、主として、粘土の粒子になる所の地すべりを「泥質系地すべり」、主として、砂礫となるものを「礫質系地すべり」と命名した。こうした区分は言うまでもなく、現在動いている地すべりのみならず、かなり古い地すべりをも包括するものである。前述の寺泊層中で生じている地すべりは上記の泥質系地すべりであり魚沼層群中のものは礫質系地すべりに属する。

次にこの両系統の地すべりが時間の経過とともにどのように変化(進化)していくかについて考察してみたい。

泥岩地質の地すべり地のボーリング柱状図をみると、その上部は著しく風化した粘土質の土質でおおわれていることがほとんどである。ちなみに、黑色泥岩を基岩とする16地域の地すべり地の174孔のボーリング柱状図から、土質の重なり状態をみると、上部から極風化層(粘土質)、風化層(基岩の岩質を一部岩片状に残す程度に風化したもの)、そして基岩へと重なっているものが多く、累重のし方としては、これが全体の77%を占める(福本・山野井, 1974)。このような「風化階層」の顕著な存在は、単に現位置で風化したものでないことは、その分布、発達の形態、あるいは周囲の露頭の観察からも明らかである。布施(1969)は、黑色泥岩中の地すべりを「第1次地すべり」と「第2次地すべり」に分けた。前者は基岩が初生的に崩壊するもの、後者はそれが再移動するものとした。前記の風化階層のほとんどは

この第2次地すべり地内の崩積土の風化状態を示すものと考える。

現在活動中の黑色泥岩地すべりは、通常は斜面の中へ下部の崩積土がわずかに移動している。そして融雪期に滑動が激しくなり、地すべりが発生することがある。この時、多くの場合、崩積土の移動に伴って斜面上部に新たな基岩を露出させるような滑落崖を作って、第1次地すべり(初生すべり)を広げていくという共通性を認める。また、他の場合、すなわち、崩積土の斜面の下部が再移動しているような所では、さらに上部の崩積土へ第2次地すべりが拡大していく例もある。したがって、現在、新潟県の黑色泥岩の分布地域では、初生の地すべりが単独で発生するようなケースはまず知られていない。写真-3は、大島村嶺の初生地すべりであり、非常に稀なケースとして知られているが、地すべり前の空中写真をみると、この初生すべりが生じたブロックの下位に旧地すべりが認められる。このことから、初生地すべり区域が新たな斜面に拡大していったことを意味する。



写真-3 黑色泥岩の斜面での初生すべり
(新潟県東頸城郡大島村嶺地内, 1965年5月)

このように泥岩地域では、初生すべりと第2次すべりの区分が比較的明瞭であり、両者は斜面の強度の著しく違う崩壊であることに注目したい。

以上のような泥質系地すべりに対し、礫質系地すべりは、現在発生しているものの多くは、岩永(1975)が観察しているように、一般に小規模である。しかしそうした小地すべり地の背後には、前述のように広大な旧地すべり地形が存在していることが多い。また、先の例のように、初生すべりによる滑落崖の輪郭は溪流によってかなり解析されているにもかかわらず

わらず明瞭に残り、河川によって2分、3分されながらも原形をとどめているものさえある(十日町市、新水)。このように、また先にも述べたように、礫質系の地すべりは、地すべり地が拡大していくような発達の仕方ではなく、第2次地すべりは、崩積土が不安定化した部分で、それ以前の地すべりよりは小規模に、発生するのが一般的である。したがって、砂礫層の分布地域で、初生すべりを観察する機会はほとんどなく、柵口地すべり(能生町)のごとき石英閃緑ひん岩の崖堆積物、樽田(津南町)や水沢新田(広神村)などの礫・砂・泥岩互層中の地すべりなどにその類型をみるにすぎない。またこれらの地すべりの発生は、非常に突発的で規模の大きいものであったが、現在はほとんど動いていない。

以上のように両タイプの地すべりはその規模や運動も大きく異り、さらに、2次、3次、と地すべりがくり返されると両者の違いはさらに明確になる。このことは、初生すべり後の崩積土が泥質系の地すべりでは粘土に、礫質系の地すべりでは砂礫になり、土質力学的な性質が両者では強い対照を示すからである。こうした斜面物質の変化の相違が主として侵食営力の差となり、それぞれ別の地形を発達させていくことになる。もちろん、岩質やその風化の仕方には、両者の中間型も多く存在することを付記しておきたいが、ここでは、上記両極の型の地すべりについて、

それぞれ地形的にどのように変化(進化)していくかを、模式化して第12図に表現してみた。

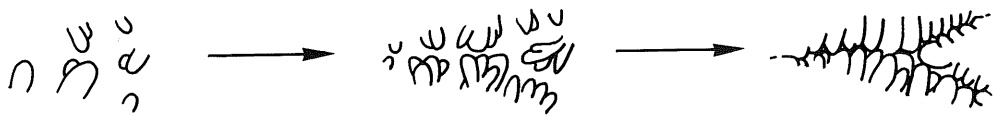
V. 地すべり防止対策と地質

新潟県の地すべりと地質との関係において、2つの異った型の地すべりが存在していることについて述べてきた。この2つの型の区分は、地域的には新潟県に限らず、気候や地質条件等が類似した地域、すなわち、少くとも秋田、山形、富山、石川の各県、それに長野県の北部においても同様に適応できると考える。したがって、これらの地域では、地すべりの防止対策に関する基本的な思想は共通である。

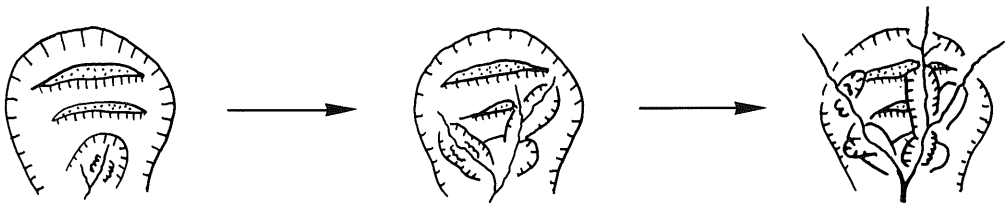
また、地すべりの型は、両タイプに明確に区分されるものばかりではなく、同一地すべり地に両タイプが混在しているもの、あるいは中間的なものも多いことは前述のとおりである。こうした地すべりは両極のタイプの地すべりの性質を理解することで、おのずとその対応も導かれるであろう。

そこで、両タイプの地すべりと、その防止対策についてふれてみたい。

まず泥質系の地すべりは、再移動と拡大という属性をもって進行する。そして応々にして小崩壊が大崩壊へと連鎖していくことがある。したがってこの型の地すべりは再移動の芽をつむことが防止対



泥質系地すべり



礫質系地すべり

第12図 泥質系地すべりと礫質系地すべりの変遷模式図

策の基本になる。具体的な工種・工法は個々の地すべりによって異なるが、動きのあるものに対しては主として抑止工によって動きを止め、その後、斜面上で小崩壊を起こしそうな箇所の起伏をなくし、次に通常のおだやかな侵食が進行するような機能をもった工種の適切な配置が必要になろう。また、土質の力学的性質が低下しないような手当てもあわせて要するであろう。

次に礫質系地すべりは、先に述べたように、その発生は単発的で、しかも突然の大地すべりとなり易い。そして一度大地すべりが発生すると、その範囲を拡大して他の地すべりを誘発することはまれである。むしろ、その後の地すべりの主体は、第1次すべり地内に残留するブロックが、部分的に不安定化して小規模（1次地すべりと比較して）に崩壊するといった現象に移行するのが一般的である。したがって防止対策としては、泥質系地すべりのように拡大を配慮する必要性は低く、地すべり地内の不安定土塊の安定化を主体とした工種をとることが基本であろう。この意味で、一旦発生してしまった礫質系の地すべりの再発防止は、泥質系のそれと比べて、はるかに制し易いといえよう。しかし逆に、新たな地域での礫質系地すべりの発生の予知は、きわめてむずかしい。したがって砂礫層などの粗粒物質の卓越する地層が分布している地域では、中小溪流による侵食による後背土塊の不安定化を招かないような対策が必要になろう。すなわち、それは、えん堤工、谷止工、床固工のような工種を適切に配置しておくことが予防対策としては効を奏することになる。

以上、両タイプの地すべりと防止対策についてふれたが、その際の工種・工法やその配置を決定するためには、当然種々の段階的な調査が必要になる。このことについては別の機会にふれたい。また、防止対策としての工種とその機能等に関してはその主なものを第1表に掲げておいた。

第1表 地すべり防止工種の主な例

分 類	対 象	目 的	工 種 例
要因緩和工	水	地表浅層水の排除 地下水の排除	水路工、暗渠工、排水ボーリング工、集水井工排水トンネル工、地下水しゃ断工
	地 形	土丘の軽減	排土工
抑 止 工	土 圧	うすい土塊の抑止 厚い土塊の抑止	擁壁工、土留工 杭打工
浸食制御工	溪間部	山脚固定と侵食のコントロール 欠壊のコントロール	ダム工（えん堤工、谷止工、床固工）
	山間部	山腹の侵食のコントロール	土留工、水路工、棚工、筋工、伏工、実播工、植栽工
応 急 工 事		地すべりの拡大を防ぐ	

引 用 文 献

- 福本安正・山野井徹（1974）軟岩地帯の災害——地すべり——。土と基礎，（799），21—28。
- 布施 弘（1969）新潟県の黒色泥岩にみられる地すべり機構。地すべり，5（4），9—12。
- （1974）新潟県の黒色泥岩地域にみられる地すべりの発生と発展について。新潟応用地質研究会誌，（21，22），42—49。
- 岩永 伸（1975）新潟県下に分布する魚沼層群の地すべりと地質構造との関連について（1），（2）。地すべり，11（3，4），1—10，26—34。
- 植村 武（1982）地すべりをどう観るか。アーバンクボタ，（20），52—55。
- 山野井 徹（1977）崩壊災害と地質。新潟県地質図説明書，211—221。
- ・石黒重美・布施 弘・神田 章（1974）新潟県の地すべりとその環境。地すべり，11（2），3—14。