

新潟県頸城地区で実施している民有林直轄地すべり防止事業

1. 新潟県頸城地区の地すべり

上越森林管理署が所在する上越市をはじめとした新潟県南西部は、古来、地すべり災害の常襲地帯として知られています。

平成 30 年（2018 年）春にも、市内の中山間地域にある山林で地すべりが発生しています。この地すべりは、幅、長さともに約 100m で深さが約 10m という大きな規模になりました。地すべりが発生した箇所のおすぐ脇には、東北電力の水力発電施設があります。同社では発電用導水管などの安全確保のために、通水を止めて発電所の運転も停止することになりました。

ところがこの発電に用いられている水は、タービンを回した後に農業用水路へと流れ込んで、下流の平野部の水田約 5,000 ヘクタールを潤す重要なものでもありました。それが、この地すべりの発生により、農業用水の流量が十分に確保できなくなってしまい、初夏の田んぼで水の需要期に用水が不足するという事態にまで発展しました。

このように現在の上越市やその周辺地域では、地すべりがしばしば発生しています。そしてこうした地すべりによって、地域の人々の暮らしに大きな影響が及んできました。鎌倉時代や室町時代に村々で生じた甚大な災害や、これに対して被害をなんとか防ごうとする人々の努力は、地域の伝承として長く語り継がれてきました。こうした伝承は、近年の発掘成果等により、事実に基づくものであったと確認されています。



地域資料・文献が充実している上越市立高田図書館と、地すべり被害の伝承を掲載した図書



江戸時代になると、地すべりの被災状況は文書に生々しく記録されるようになり、さらに、近代以降の地すべりについては、詳しい報告等がまとめられているところ
です。

たとえば、現在の十日町市松之山地区で昭和 37 年の 11 月から 12 月にかけて発生した地すべりは、面積が 850 ヘクタールにも及び、各地で住宅がゆがむ等のたいへんな被害が生じました。こうした状況は各種報告に記載されているほか新聞にも大きく報道されており、これらの記事を見ると、大きな被害が水田や畑地だけでなく多くの人家にも出て、立ち退きをせざるを得なくなった家は数十戸にも達していることがわかります。この地すべりについて、当時現地に泊まりがけで調査に当たった方々の回想を読むと、地すべりによってゆっくりと継続する地面の動きのため、夜の静寂の中で家のきしむ音が鳴り止まず、また、朝になって起きて部屋を出ようとする、新たなゆがみが生じていて引き戸が動かなくなってしまい、外に出られなくなるという状況も再三であったとのこと。

2. 地すべり発生の原因

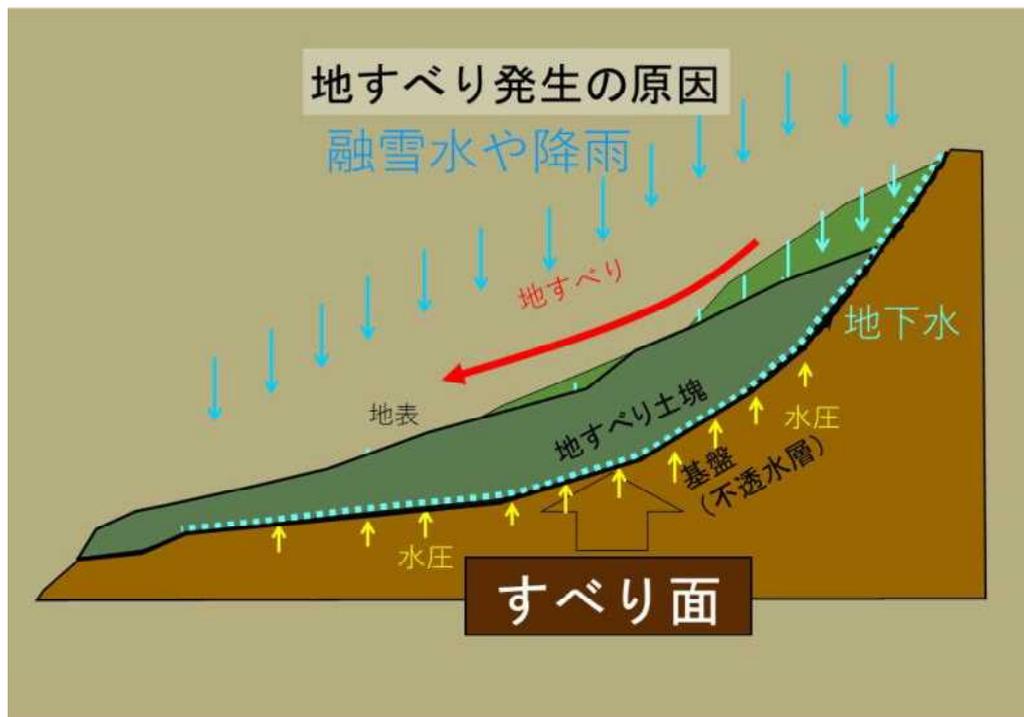
地すべりは、山の斜面がもとの形をほぼ保った状態で、比較的ゆっくりとした速度でもって、ずり下がるように移動していく現象です。

新潟県の上越地方などで、はるか昔から地域の人々の暮らしに大きな被害をもたらしてきた地すべりの原因については、この地域特有の地質と大雪による影響が指摘されています。

すなわち、この地方は地質学的に見ると、まだかなり若い年代の地層で形成されており、このため、土が互いに結びつき合う程度が高まっておらず、風化すると容易に粘土になってしまうことが、地すべり発生の原因の一つに挙げられるということです。

さらに、この地方が豪雪地帯であり、融雪期には、大量に生じた雪解け水が地下へとどんどん浸透していくことも、ここで地すべりが発生する原因となっているとされています。

これらを以下に掲げている図でもってご説明すると、まず、上越地方の長野県境に沿った丘陵部には、水を通さない基盤の地層の上に、水を含むと粘土化しやすい地層が広く分布しています。そしてこの地質条件のところに、融雪や豪雨等によって多くの水が地下に浸透してくると、水を通さない基盤の地層とその上の地層との間あたりで、地下水圧が上昇していきます。これにより土の摩擦抵抗が減少し、ついに耐えきれなくなった土の塊（かたまり）が、地すべりとなり大きく動くというわけ。



このようにして発生する地すべりの被害を防止するために、上越地方では戦前から、森林法や砂防法といった法律のもとで、関係部局がそれぞれに取り組んできました。その後、昭和33年（1958年）には地すべり等防止法が制定されます。上越地方でもこれ以降は、この法律に基づく制度のもとで地すべり防止のための事業がすすめられることになりました。

3. 国の直轄による地すべり防止対策

地すべり等防止法のもとでは、地すべり対策のための取組を行い、また、こうした対策を進めるために行為の制限を課す、「地すべり防止区域」が設定されます。

この地すべり防止区域の管理は、都道府県が行うこととされています。しかし、いくつかの条件に該当する地すべり防止区域では、都道府県に代わって国が直接、地すべりを防止するための工事、すなわち、直轄工事を行えることになっています。

地すべり等防止法に定められているこの条件とは、「工事の規模が著しく大きいとき」「工事が高度の技術を必要とするとき」「工事が高度の機械力を使用して実施する必要があるとき」等となっており、総じて、ある一つの都道府県が単独で対策工事を進めていくには手に余るような、相当大きな地すべりなどが対象となっています。上越地方の民有林においても、こうした条件にある地すべり防止区域での対策については、新潟県からの要請により、県に代わって国すなわち上越森林管理署が直轄で地すべり防止事業を実施しています。

この直轄事業が行われている区域は、現在の上越市安塚区から十日町市の松之山地区にかけての大きなエリアに広がっています。こうした地すべり防止区域で国は昭和 35 年度から地すべり防止のための事業を開始し、それ以降、全体的な計画を逐次見直ししながら、継続して対策を行ってきています。

現在は、5つの地すべり防止区域が「頸城地区民有林直轄地すべり防止事業」の施行地として指定されており、上越森林管理署ではこれら個々の区域内に数多く存在している地すべり箇所に対して、優先度の高いものから順次、対策工事等を進めているところです。

上越森林管理署による頸城地区民有林直轄地すべり防止事業の実施区域位置図（上越市安塚区・十日町市松之山地区）



頸城地区民有林直轄地すべり防止事業地



4. 直轄地すべり防止事業の流れ

ここで、頸城地区民有林直轄地すべり防止事業の施行地にて上越森林管理署が行っている、地すべり防止事業の一般的な流れを、4つのステップに分けてご説明します。

- ① まず、発生した地すべりの状況等を詳しく調査します。そして、この調査結果をもとに、この箇所の地すべりに対してどのような対策を行えばよいのかを検討します。
- ② 次に、この検討結果に基づいて地すべり対策の具体的な計画を作成し、これに従って対策工事を実施していきます。
- ③ そして、地すべり対策のための工事がひとつおわり完了したら、これらの工事によって地すべり防止の効果が計画どおりに発揮できているのかを把握するために、施工した地すべり箇所の安定の状態を観測します。
- ④ 観測結果から、これまで行ってきた対策工事によって地すべりを安定させるための効果が十分に得られていると判定されれば、国による事業は新潟県へと移管されます。こうして、この区域における国による直轄地すべり防止の事業は完了となります。

この①から④までの4つのステップについて、流れの順を追って、次項から少し詳しく見ていくことにしましょう。

(1) 地すべり発生箇所の調査

地すべりが発生した箇所では、まず現地の調査を行って地すべりの状況を把握します。そして、この結果をもとに、地すべり箇所の安定を図るために必要な条件等を解析します。さらに、地すべりを安定させるための対策工事の、具体的な内容について、検討していきます。

地すべり発生箇所の現状を把握するための現地調査は、地すべりを起こした土の塊の上で、要所要所に調査ポイントを設定して、地中の状況を把握するためのボーリングを行います。これにより、地下水の状況や地中の動き（ひずみ）などをとらえるのです。そして、この現地調査の結果を整理して地すべりを安定させるための条件等を解析するわけです。



地すべり発生箇所での地中の状況を確認するためのボーリング作業

たとえば、ある地すべり箇所に関して、ここでの現地調査とこれをもとにした安定条件の解析の結果、地下水の高さを現状から 80cm 下げた地中の水圧を下げれば、地すべりを起こした土の塊とその下の基盤との間での摩擦が増し、地すべりを起こさない安全な水準が確保される、ということが把握されたとします。

こうした解析の結果が出たなら、この地すべり箇所での地下水位を現状から 80cm かそれよりも大きく下げていくための、具体的な対策を取る工事内容を検討するわけです。

なお、この過程で、地元の方々と地すべりの現地状況を確認したり、あるいは公民館などで説明会を開催したりすることを通じて、ご意見やご要望をおうかがいすることとしています。そして、これらも踏まえた上で、施工する内容を詳細に検討していきます。このような現地説明会などでは、地域の方々から、新たな地すべり発生の危険性を疑わせる細かな兆候や、既存の施設の老朽化からくる支障状況などについて具体的なお話をうかがうこともできます。このため、こうした会合等は上越森林管理署にとって、関係者から情報を収集し、また率直な意見交換を行う場として、非常に重要なものとなっています。



地域の方々とともに地すべり箇所を確認

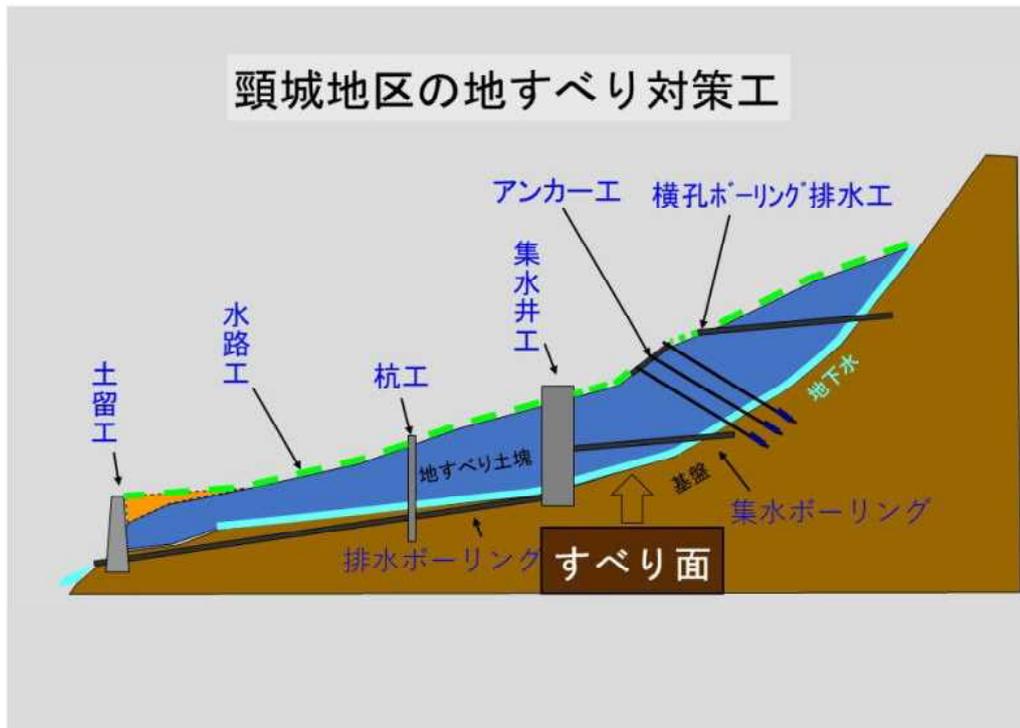


地元の関係者などに対して事業を説明するための会合を開催

このように地域の関係者のご意見をうかがいながら、地すべり箇所の調査結果に基づいて地すべり全体への対策を図るための工事の内容が決定したら、その次のステップとして、実際の現場にて工事を進めていくこととなります。

(2) 地すべり対策工事の実施

頸城地区の地すべり箇所で実施している対策工事は、地すべりを起こす原因となる地下水を処理するためのものが主力となります。つまり、地すべりを起こした土の塊の中にある、あるいは、この塊とその下にある水を通さない層との間に流れている地下水を、地表へ抜いたりして、安全に川へと流してしまうことを狙った施設を設置していくのです。



頸城地区で施工されている各種の地すべり対策工の概念図

【集水井工（しゅうすいせいこう）】

頸城地区の地すべり箇所では、基盤となっている水を通さない地層と地すべりを起こした土塊との間の面（すべり面）に、大量の地下水が流れています。

この地すべり箇所、土の塊から地下水を抜くことにより地下水位を下げるための工事の一つに、「集水井工」というものがあります。

この工事では、まず地すべり土塊の表面から、直径が3.5mほどの大きな井戸を、すべり面を貫通するまで掘っていきます。このため、すべり面がある深さによっては、井戸の深さが数十メートルにもなる場合があります。



井戸の型となる金属製のプレートを設置して、内側を掘削していく

そして、この井戸の内壁から横向きに土中の方向へボーリングしていき、この穴へ直径4～5センチほどの塩化ビニールパイプをいくつも、地中ですべり面となっている地層どうしの境目を突き抜けるまで差し入れます。長さが数十メートルにも及ぶこの塩ビパイプには、側面に小さな穴がたくさん開けてあります。この小穴を通して地すべり土塊中の地下水を、塩ビパイプ経由で井戸の内側へと集めるのです。このようにして集めた水は、井戸の底に別に設けた排水パイプを通じて、地すべり箇所の外にある川へと排水していきます。



井戸を掘削したら横に向けて細いパイプを入れていく

頸城地区では、かつて天然ガスが採取されていたこともありましたが、こうした自然条件のもとでは、井戸掘削中や掘削後に井戸内で行う作業に当たっては、可燃性ガスをはじめとした空気の成分の安全確認に、常に神経を使います。また、井戸を深く掘り進めていくと、側壁のプレートのつなぎ目などから地下水が少しずつ流れ込んでくるため、底の部分では滝のように落ちてくる水しずくの中で、雨合羽を着用したまま作業を行う必要があるなど、非常に厳しい条件の下で工事が進められています。



細いパイプを通して抜かれてきた地下水は、井戸の底に集められ、集水に用いたものとは別なパイプでもって排水されていく

【 横孔（おうこう）ボーリング排水工 】

地すべり箇所（土の塊）から地下水を抜く工法には、井戸を掘るのではなく、地すべり土塊の地表部分から直接、横向きにパイプを土中に差し込む「横孔ボーリング排水工」というものもあります。

地面から比較的浅い部分の地下水は、この工法、すなわち地すべり斜面の地表から横方向へボーリングを行ったのちに、ここへ側面に小さな穴が開けてある細かいパイプを差し込み、このパイプを通して地中の水を抜くことで処理します。地表面へと抜いてきた地下水は、再度土中に浸透していかないように、水路を設けて、地すべり箇所の外へと流していきます。



地すべり箇所の斜面に直接横向きに穴を開けていく



数十メートルもの長さに差し込まれたパイプを通して地下水を抜いていく

集水井工で用いるものもそうですが、地下水を抜くために土中に差し込んだ塩ビ管には、長い年月のうちに、管内に流れ込んできた有機物などをもとにして水あかのような柔らかい茶色の塊が生じてきます。これによってパイプ内が狭まったり詰まったりすると、地下水を抜くための機能が低下してしまいます。このた

め、施工済み箇所状況を見て詰まり始めているようなら、パイプ内を洗浄するための作業を行います。

頸城地区にて行っている地すべり防止事業では、このような地下水を抜くための施設の細かなメンテナンスが欠かせません。



融雪期には地下に浸透した水が大量に流れ出てくる

【水路工】

先ほどの横孔ボーリング排水工で抜いた地下水を地すべり箇所の外へと導くために、あるいは、融雪や降雨の際に地すべり箇所の地表に流れる水を、すみやかに地すべり地の外の川へと流すことで地下への浸透を少なくするために、地すべり箇所に水路を設ける工事を行うことがあります。

特に、集水井工や横孔ボーリング排水工といった、地すべり箇所から地下水を抜くための工事を行った後に、この地すべり箇所の地表に流れる水も効果的に処理する目的で、こうした水路を設置することが多くなっています。

水路を設置するに当たっては、積雪の圧力に押されることで変形してしまわないように、また、長年の間に腐食が生じることも考慮して、近年はこれらに耐え得るポリエチレン製の部材を用いて施工しています。また、水路の骨格も、金属製の枠で支えるかたちをとっています。



水路を作るために、ポリエチレン製の溝となる資材を設置していく

なお、こうして設ける水路の両脇には、集まってくる地表水をスムーズに水路へと導くように、また、木材の需要拡大も視野に入れて、上越森林管理署では木質の板材を設置するようにしています。



水路の両脇に木質の板材を設置し、斜面上で段差が生じるところには植物の種子が含まれた土のうを積む

【土留工】

さらに、地すべりによって動いてきた土の塊が河川へと流れ込んで、これにより川が塞（ふさ）がれてしまうといった事態が起きないようにしなければならないケースがあります。こうした場合、地すべりの土の塊により作られた斜面で下方の末端となるところへ、土留めのための施設を入れることがあります。



鉄線でもって組んだ籠へ石詰めした土留めを、斜面下端に設置

【 アンカー工・杭工 】

地すべりを起こした土の塊の中で地下水の高さを下げることにより地すべりが生じる力を減少させようとする工事だけでは、地すべり箇所の十分な安定が確保できない場合には、地すべりによる動きを抑止するための工法を併用することがあります。

たとえば、基盤となる地層にまでアンカーを打ち込み、これと地表部分の端点とをワイヤー等で直接結んで引っ張り合わせ、間にある土の塊の動きを抑えようとするアンカー工というものがあります。また、鋼鉄製の杭を土中に深く打ち込み、物理的に地すべりの動きを抑え込む工事といったものも計画することがあります。

これらの工法は単独で用いるのではなく、地下水を排除するための工法と、組み合わせて実施される場合が多くなっています。



地中へと打ち込まれたアンカーの、地表部分の端点となる構造物



相当な太さの鋼管を用いた杭を打ち込むこともある

(3) 安定状態を確認するための観測

地すべり対策のための工事が完了した後は、この工事によって地すべり箇所が安定したのかどうかを確認することが必要となります。このために、地下水位や地中でのひずみの発生具合といった、地すべり土塊の状況をとらえるためのデータを継続的に把握して、分析する作業を行います。

具体的には、地すべり対策の工事を始める前に調査を行った時と同じ位置で、地中にセンサーを入れて、地下水位の変動や地中のひずみの有無などをとらえます。こうしたデータの観測は、おおむね2カ年にわたって続けます。そして、工事開始前のデータと比較して、施工の効果を検証するのです。



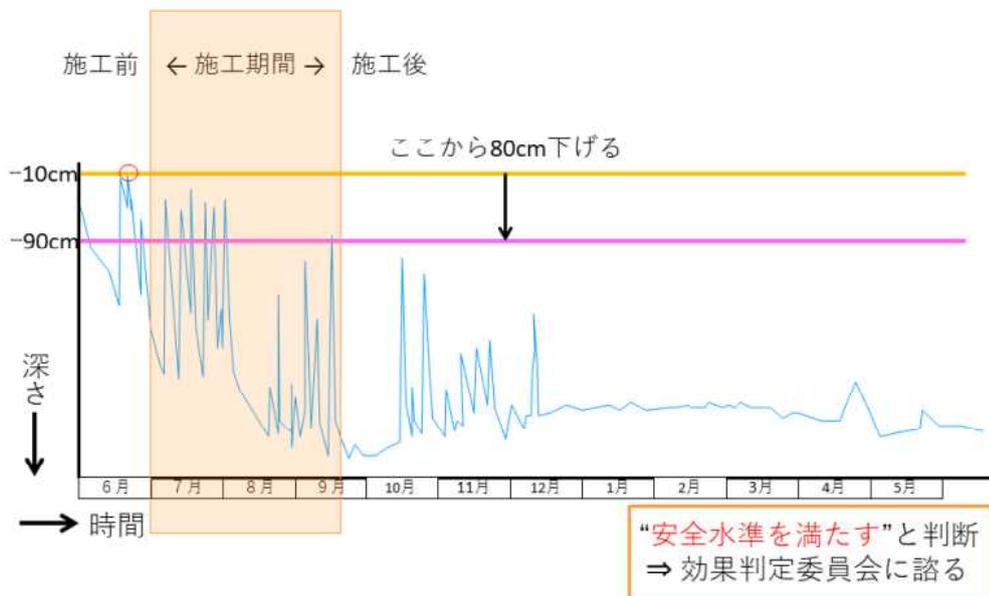
地すべり箇所上にいくつも設けたポイントから地中に観測機器端末を入れて、継続的にデータを取得する

先に掲げた例で言えば、地すべりの動きを止めるために、地下水位を工事開始前の高さから 80cm か、それよりも大きく下げることが必要でした。すなわち、この地すべり箇所では、地下水位を 80cm 以上低下させるという目標に向けて、集水井工などの各種の工事を行ってきたわけです。

この地すべり箇所にて地すべり発生直後に行った調査のデータで、たとえば、地下水位が地表面から 10cm 下にあった（「マイナス 10cm」と表記します）とすると、この地すべり箇所の土の塊から地下水を抜くための各種工事を行うことによって、地下水位をここから 80cm 下げて地表から深さ 90cm（マイナス 90cm）か、それよりも低いところまでにすればよいということになります。

この地すべり箇所の工事完了後に継続的な観測を行った結果、地下水位が当初の状態から 80cm かそれよりもさらに下がっている（上記のたとえで言うと、地表面からマイナス 90cm 以下になっている）状態が確保されており、また、地中に新たなひずみも生じていないことが確認できたら、この地すべり箇所での工事は当初の目標を達成しており、安全水準を満たす成果をあげたものと判断することができます。

地下水位計の観測データ



本文中の例で言えば、この地すべり箇所では対策工事の実施後に、地下水位が当初のマイナス 10cm からマイナス 90cm へと、80cm 低下していれば安全水準を満たしたことになる

(4) 効果の判定と直轄地すべり防止事業の完了

前項に述べたような観測結果は、取りまとめた上で、第三者である学識経験者からなる効果判定委員会にお諮りし、ご確認をいただくこととなります。

ところが、残念ながら最近では、当初に計画していた工事が完了しただけでは地下水位が目標としている値よりも下がらない施工箇所が散見されるという状況が生じています。

最近ではこの地域でも、休耕などにより水田耕作の状況が過去と違ってきています。このため、もしかすると、地表を流れる水の地下への浸透構造が地域全体として変化してきていることも、地下水位が想定したとおりに動かない原因の一つとして挙げられるのかもしれません。

いずれにしても、こうしたケースでは観測で得られたデータをもとに計画を見直し、施工の内容や工種の組み合わせなどを工夫しつつ、地すべり箇所の安定を図ることとしています。もちろん、見直した後の工事が完了したら、あらためて地すべり箇所の安定を確認する観測を行うこととなります。

このようにして、地すべり防止区域内にいくつも存在する地すべり箇所で各種の対策工事を行い、最終的にこれらの施工効果が発揮されて地すべりが安定しているものと判断されたら、この区域での国による直轄地すべり防止事業は無事完了です。そして、この地すべり防止区域の管理は国（上越森林管理署）から新潟県へと、移管されることとなります。



地すべり発生直後の状況（赤い丸印で示した地すべりによる土の塊は、道路や農地にまで迫っている）



地すべり対策の工事完了後、地すべりは発生することなく、緑も回復してきている
(写真中央付近で傾斜に沿った白い筋は、水路工施工箇所)

このように文章でもって一連の流れを述べてくると、地すべり対策はいかにもシンプルな、直線的ステップでもって進められているかのように思われるかもしれませんが。

しかし、上越地方の丘陵部は地層が結構複雑であり、どのように観測の手を尽くしたとしても、個々の地すべり箇所の地中の構造や地下水の流れの状態を明確に把握し、地すべりへの対策を立てるということは、容易ではありません。このため、「頸城地区民有林直轄地すべり防止事業」により対策を行っている地すべり箇所には、多岐にわたる工種を組み合わせることで適切に施工管理を行い、そして現地での観測や計画の再検討などを繰り返しながら、安定状態を確認して施工効果の判定へと至るまでに、相当の年月を費やさなければならないものも多くあるのが現状です。

上越森林管理署では新潟県の上越地方において、このような対策の難しい地すべり箇所も安定を図り、地域の皆様の安全で安心できる暮らしを確保するために直轄による地すべり防止事業を引き続き着実に進めていくこととしています。

令和元年 9 月

上越森林管理署長 小松 敬