

地すべり対策に水質を利用した事例－1

中部森林管理局治山課

1. 発表の要旨

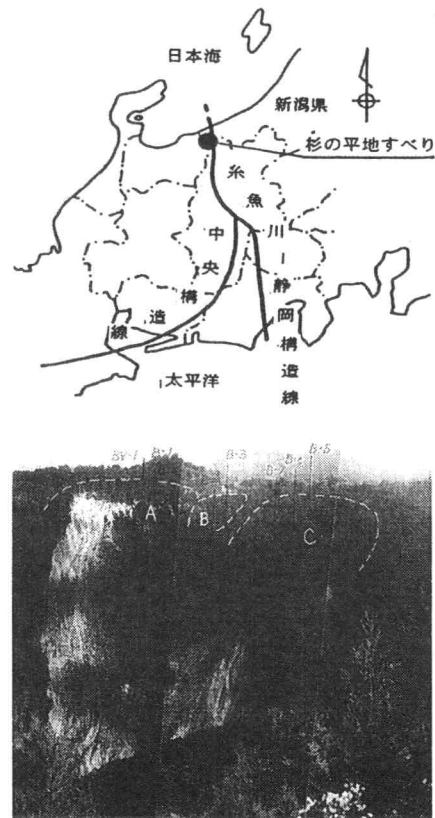
地すべりが発生するような山間部の斜面は、地質構造が複雑でかつ不均質である。地すべり発生の主要因である地下水は、その地質構造に規制されており、地質構造が複雑になればなるほど水理機構も複雑になる。一般的に行われている二次元解析では、地下の情報が点もしくは面でしか得られないため、測線間の地質構造の変状や歪みを特定することが困難である。また、当該地区（新潟県糸魚川市大所杉の平）においては、希少生物が存在する自然環境（沼に形成している地表水）に留意しつつ、地すべり活動を抑制することが重要であるため、対策工の立案には、より精度の高い地下水挙動の解析が欠かせないという背景がある。

そういった背景から、平成12年度より林野庁の5カ年計画に基づき、「三次元的地下水探査の高度化手法の開発に向けて」というテーマを掲げ、地質調査とともに地下水に関する各種調査を組み合わせることによって、地下水の流動機構を三次元的に解明して、対策を樹立し、その効果を検証することで、実用的な地下水調査法の樹立に資することを目的とした研究を平成12年度より実施している。

そこで、本発表では、平成12年度より行っている研究についての現状を、水質分析に着目して報告する。

2. 地すべり地の概要

姫川支流の大所川中流域右岸側（新潟県糸魚川市大所杉の平：図1）の大規模崩壊地は、上部斜面に存在する地すべり活動が、崩壊地の頭部を押し出すことにより崩壊の拡大を促進する一要因となっている。（図2）地すべり活動を抑制してこれを停止させることが最終的な目的であるが、地すべり地内では、後背地が狭いにも関わらず、湧水が多く、この水文環境が地すべりの滑動力になっている可能性が高い。また、糸魚川－静岡構造線の西側に接し、周辺には古生層、蛇紋岩、中生代の堆積岩、第四紀の火山噴出物およびその他の二次堆積物が分布しており、複雑な地質構造を呈しており、水理機構を規制する要因であると考えられている。



【図1・図2：位置図】

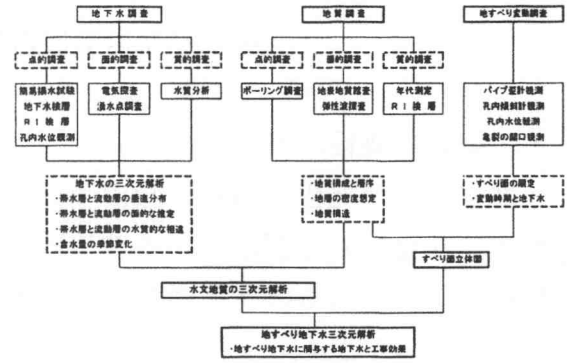
3. 調査の概要紹介

本地すべり地は、分布と活動状況から A～C ブロックに分割され、A ブロックと C ブロックの末端部には、末期的な崩壊ブロックが存在している。A ブロック下部の崩壊面には、蛇紋岩層・砂礫層・来馬層の露頭も確認されており、蛇紋岩と砂礫層の境界付近にすべり面が存在しており、土塊が押し出されている。

当地区における本格的な地すべり調査は、先に述べたとおり、「三次元的地下水探査の高度化手法の開発」をテーマに、平成 12 年から開始された。調査および対策工樹立・実施等を右表 3. 4 に基づいて行った。

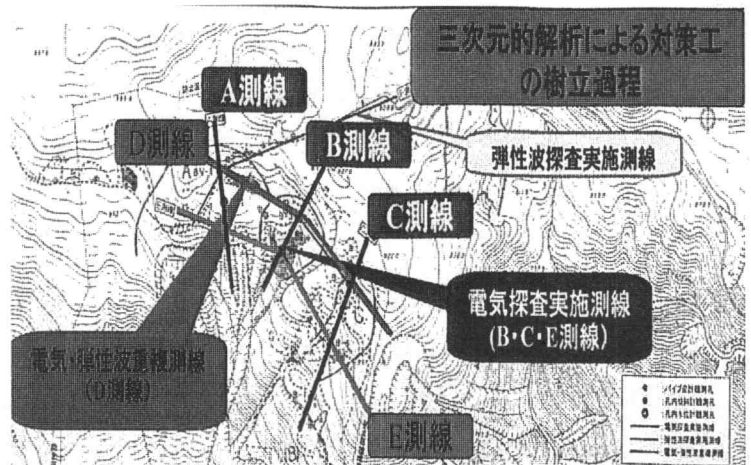
3-1 三次元的解析による対策工の樹立

三次元的な地下水分布を解析するために、縦断方向において、反射法弾性波と電気探査を同じ測線で行い、ボーリングの点情報を補足して、地質構造と地下水分布の関係を二次元的に解析した上で、横断測線を設けて電気探査を行うことにより、測線で囲まれた部分の情報も三次元的に解析し、付加的事項として水質情報も加えることによって、周辺環境に配慮した工種配置としたことが挙げられる。また、対策工完了後にも、これまで続けてきた電気探査や水質調査などを実施し、分析することも特徴として挙げられる。(図 5)



調査項目	調査手法	実施年次					備考	
		1	2	3	4	5		
地下水調査	目的調査	孔内湧水圧試験	●	●	●	●	●	ボーリング掘削と並行
		湧き涌水試験	●	●	●	●	●	ボーリング掘削と並行
	目的調査	電気探査	●	●	●	●	○	対策工事の前後に実施
		湧水点調査	●	●	●	●	○	対策工事の前後に実施
地質調査	目的調査	ボーリング調査	●	●	●	●	○	対策工事の前後に実施
		地盤地質調査	●	●	●	●	○	対策工事の前後に実施
	目的調査	弾性波探査	●	●	●	●	○	反射法
		年代測定	●	●	●	●	○	
地すべり変動調査	パイプ計測	パイプ計測	●	●	●	●	○	
		孔内傾斜計測	●	●	●	●	○	
		孔内水位観測	●	●	●	●	○	
地下水の三次元解析		▲	●	▲			湧水層と流動層の厚さ的・量的・水質的な解析	
地質構造解析		▲	●	▲			地質構造と層序、土質構造、地質学的な地質構造を把握	
地すべり解析		▲	▲	▲		△	すべり面の傾定、変動傾向の把握、地すべり変位観測	
水文地質の三次元解析		▲	●	▲			地質構造と地下水状況および水質的地下水の分布	
対策工の設計			●					
対策工事					●			
地すべり地下水三次元解析						○	水文地質と水質から工種設計等に有効な調査手法を評価する	

【表 3. 4 : 三次元的解析フロー】



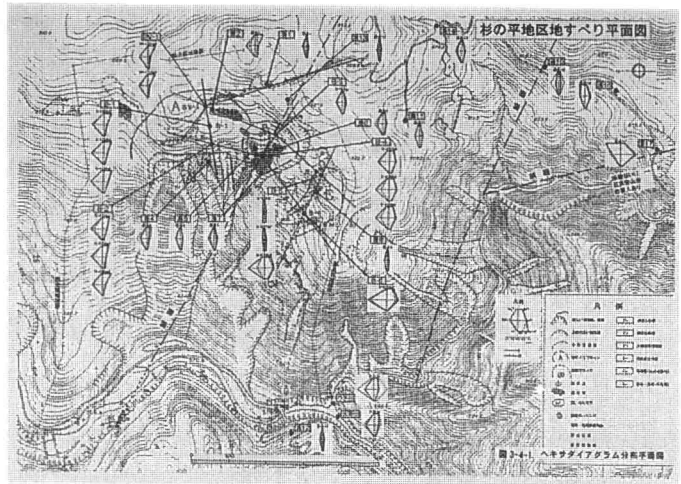
【図 5. 三次元的解析のための調査位置図】

3-2 周辺環境に対する配慮

3-2-1 背景

当地区には、付近に湖沼が存在していたため、対策工配置の際には、それら周辺環境保全への配慮を行うために、同調査における水質調査を参考とした。すなわち、地すべり対策による集排水により、湖沼の水及び湖沼に流入する水に影響を与えないよ

うように、質的な地下水調査として、地すべり地内と、その周辺の湧水、河川水、孔内水の計32箇所、7月（豊水期）・11月（渇水期）の2回採取を行い、その結果をヘキサダイアグラムで表示して水質の差異を分析し、地すべり活動に作用する水のみを排水するよう検討した。（図6）



【図6. 水質分析平面図】

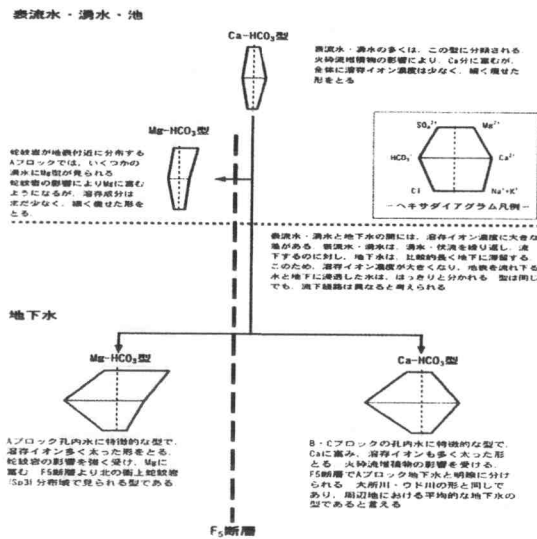
3-2-2 水質分析

ヘキサダイアグラムの形状から、当地域の湧水・河川水・孔内水は、重炭酸型（Ca-HCO₃型・Mg-HCO₃型）と硫酸型（Ca-SO₄型）に区分されたが、ヘキサダイアグラムにおける水の型は、地質分布と密接な関係にあり、Ca-HCO₃型は主に火砕流堆積物、Mg-HCO₃型は蛇紋岩分布域、Ca-SO₄型は変質基盤の影響を受けたものであると考えられる。また、採取位置条件から、採水・分析を行った試料は、

- ① Ca-HCO₃型の表流水・湧水（グループ1）
- ② Ca-HCO₃型の地下水（孔内水）（グループ5）
- ③ Ca-HCO₃型の河川水（グループ3）
- ④ Mg-HCO₃型の表流水・湧水（グループ1）
- ⑤ Mg-HCO₃型の地下水（孔内水）（グループ4）
- ⑥ Ca-SO₄型の表流水・湧水（グループ2）

ウド川・大所川は、本流域上流部の平均的な地下水の水質を反映しており、Ca-HCO₃型である。これは、上流域に分布する火山岩の影響によるものであると考えられる。杉の平地区周辺の表流水・湧水は、Ca-HCO₃型であり、広く分布する火砕流堆積物（火山岩類）の影響を受け、Caに富む。

表流水・湧水の一部には、Mg-HCO₃型やCa-SO₄型が見られる。前者は、杉の平地すべり地すべり地でも、F5断層より北側のAブロック内に見られるもので、後者は、ウド川沿い断層の湧水・表流水である。



【図7. 杉の平における水質分類】

Aブロックは、蛇紋岩が衝上しており、蛇紋岩層が地表近くまで分布している。蛇紋岩の影響によりMgに富んだ形をとる。

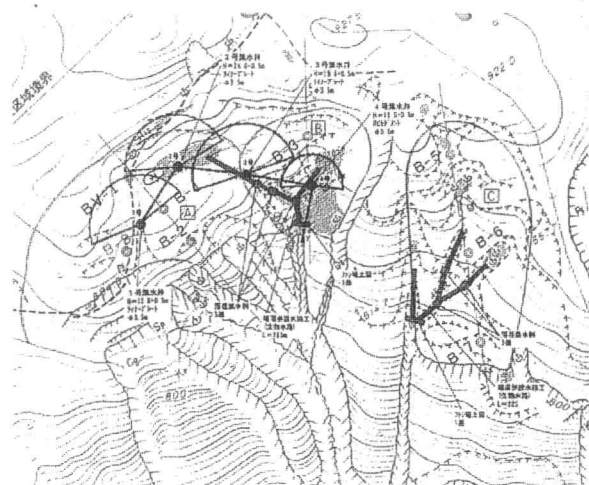
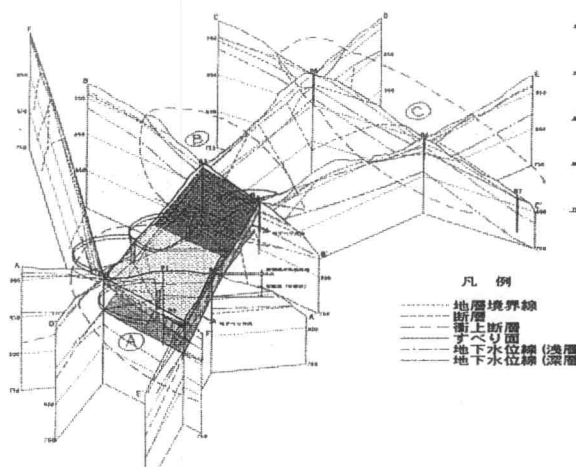
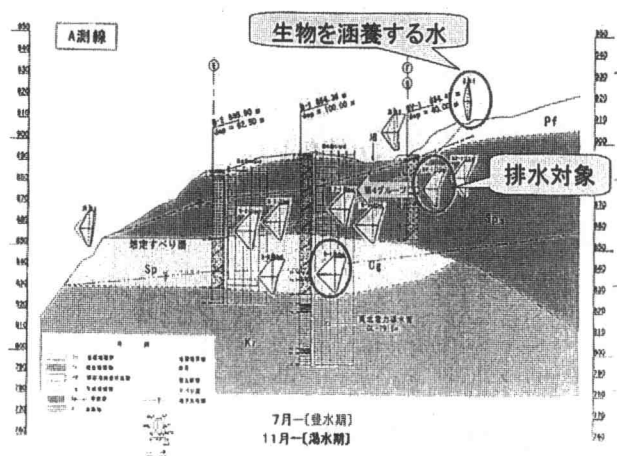
Ca-SO4型の湧水・表流水は、地すべり地南およそ800mの断層沿いで採取したものである。この断層沿いでは、上流部で石英安山岩の貫入が見られ、地盤が変質作用を被っていると考えられる。地盤の変質により、部分的にSO4に富んだと考えられる。この型の表流水・湧水は、地すべり内では認められない。

一方、地下水に目を向けると、F5断層を境界に、Mg-HCO3型とCa-HCO3型に分かれていることが分かるが、これについても、前者は蛇紋岩の、後者は火砕流堆積物の影響によって、それぞれMgとCaに富む地下水になったと考えられる。

表流水・湧水と地下水の間にも、明瞭な差が認められる。表流水・湧水は、溶存成分に乏しくヘキサダイアグラムが細く瘦せた形をしているのに対し、地下水は太った形をしている。地表面近くの水（表流水・湧水）は、火砕流堆積物から涵養されるが、伏流と湧水を繰り返しつつ流下する。地下水も同様の涵養源であるが、地下での滞留時間が長い。地表水・湧水と地下水は、地すべり内において、別々の流下経路をもっており、地すべりには浅層部の地下水が関与している。

3-3-3 対策工配置の検討

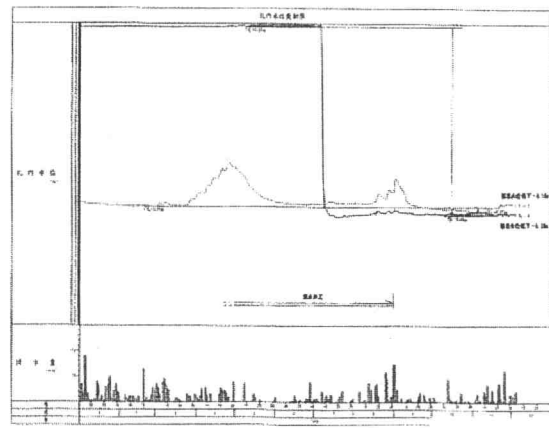
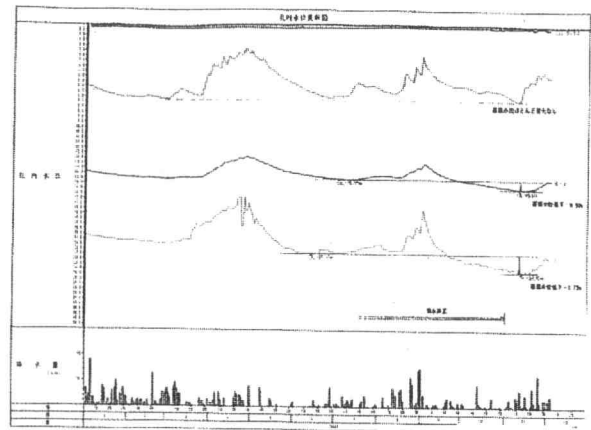
以上の三次元的解析並びに、水質分析結果を地質断面図に示すと右図のようになり、地すべり活動に影響を与えている地下水は、第4グループ (Mg-HCO3型) であり、湖沼を涵養する与える水質とは異なることが示唆されたため、第4グループの水のみを排水するよう対策工配置を検討した。(図8～10)



【図8～10. 三次元的解析に基づいた対策工配置図】

3-3-4 対策工実施の結果

Bブロック末端の被圧地下水の除去を目的とした4号集水井（連結井戸の末端）により、この部分の被圧地下水は除去され対策工効果が現れていると言える。また、湖沼の水位変化は、現在のところ確認されていないが（図11.12）、工事施工後も引き続き経過観測をし、三次元的な地下水探査の有効性を立証していきたい。



【図11・12 対策工実施後の孔内・湖沼の水位変動】

