

1. 山の神地区

1.1 山の神地区の概要

1.1.1 概況

山の神地区は、須坂市の南端部の標高1,100m付近に位置する仙仁川支流最奥部の南向き斜面で、尾根から溪流まで達する面積1.3haの大崩壊地である(図1)。

崩壊地は、1947年(昭和22年)撮影の空中写真ですでに確認され、昭和39年から昭和47年にかけて重点的に復旧が図られた。崩壊地末端部は谷止工の効果により、溪岸が固定されるに従い植生が侵入し森林化に移行して現在に至っている。

しかし、崩壊地内は、山腹基礎工としてのコンクリート土留工のみを残し、荒廃が進行している状態にある(写真1)。

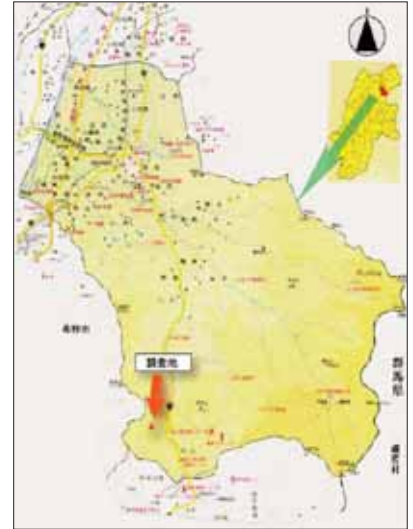


図1 位置図

1.1.2 崩壊地の特徴

平均傾斜は38°で、35°以上の急傾斜地が全体の73%を占める。地質は、新第三紀の保科玄武岩類及び閃緑岩とされているが、熱水変質作用に伴う脱色(白濁化)が著しいため原岩を判別しにくい状況にある。また、所々に褐色強変質帯(幅数10cm~数m)が斜面を横断している。岩質はハンマーの打撃で濁音を発し、ぼろぼろと粉砕しやすい。熱水変質作用に伴う岩質の脆弱化、強変質帯の帯状分布及び卓越した節理面が確認される。

崩壊地内は、斜面中腹の流送部が縦侵食を強く受け、侵食によって形成された側壁から多量の礫・岩塊が供給されている。既設土留工によって土砂移動の影響を受けない箇所に、僅かながらアカマツ、ヤシャブシ、リョウブ、ネジキ等の植生が侵入してきているものの、リル・ガリーが発達する傾向を示し、比較的安定している平衡地形においてもシート・エロージョンが発生している。この侵食作用により既設コンクリート土留工は洗掘を受け、不安定な状態となっている(写真2)。



写真1 崩壊地全景



写真2 崩壊地内

1.1.3 土壌酸性度

熱水変質作用による硫化物の酸化によって強酸性土壌となっている。崩壊地内及び周辺林分内において、37試料を採取してpH(H₂O・H₂O₂)、EC(電気伝導率)、中和石灰量を測定した(表1)。EC値では、硫酸酸性土壌であると推測される25mS/m以上の値は7試料で検出された。この結果、崩壊地の土壌は強酸性を呈し、植物の侵入や生長に対し影響を与える土壌であることが確認された。この試料を中和させる石灰量(pH6まで中和させる炭酸カルシウム量)を求めると、最大で1.710kg/m²、平均0.352kg/m²と算出された。

表1 酸性度分析結果

区分	最大値	最小値	平均値
pH(H ₂ O)	2.86	5.73	3.87
pH(H ₂ O ₂)	2.66	5.25	3.30
EC(mS/m)	104.5	1.63	16.62
中和石灰量(kg/m ²)	1.710	0.027	0.352

1.1.4 概況と特性の整理

山の神地区の概況とその特性を表2に示す。

表2 概況と特性

区分		現況	特性等	
環境	崩壊面積	1.3ha	山脚から尾根まで達する	
	地形	南向き斜面、平均山腹傾斜38°	V字谷地形(幼年谷)	
	地質	第三紀火山岩類保科玄武岩類(閃緑岩)	熱水変質作用	
	土壌酸性度	pH(H ₂ O)2.86~5.73(平均pH3.87)	強酸性土壌	
	気象	年平均降水量	1,201mm	月最大:276mm 1995年7月
		年平均気温	6.7	月最大:20.9 1994年8月
		積雪量	70.7cm	
		局地気象	連続27時間224.5mm	昭和56年8月22~23日
	植生	周辺	アカマツ・カラマツ・広葉樹	クリ・ミズナラクラス域
		侵入植生		アカマツ・ヤシャブシ・リュウブ・ネジキ・シラカンバ等
保全対象	国道406・人家	S56年災害:被災総額38億円		
法的規制	保安林	土砂流出防備保安林	明治37年3月16日指定	
		上信越国立公園	普通地域	
荒廃現況	荒廃の推移	1947年最大、後溪岸部より縮小(空中写真より)	治山施設により植生侵入が確認される	
	治山施設	復旧治山S39~S47	土留工 他	
	崩壊発生履歴	不明	昭和22年以前(空中写真で確認)	

1.2 崩壊原因

崩壊地の特性を踏まえ、荒廃原因を以下に示す。

1.2.1 崩壊発生要因

【素因】

熱水変質作用：基岩の熱水変質作用による脆弱化

【誘因】

物理的風化作用：寒冷多雪地帯であるための凍結融解作用及び融雪期のグライド

化学的風化作用：基岩内の硫化鉱物に水と酸素が供給され、硫化鉱物が酸化され重金属を含む強酸性の硫酸酸性水を生成する化学反応が生じ、風化を促進させる

1.2.2 植生回復の阻害要因

表面侵食作用による表土の流出・流亡

- ・凍結・融解作用による表土の移動
- ・積雪によるグライド
- ・雨水による雨滴侵食及び表面流の発生とその流下侵食力によるリル・ガリーの形成

酸性土壌の影響

- ・化学的風化作用の過程で生成される硫酸酸性水による土壌の酸性化

以上のような要因が複合的に作用して植生の回復を阻害していると推測される。

1.3 復旧基本方針

崩壊機構に対する対策は、以下のとおりと考えられる。

風化作用対策は、主要因である水の浸入を防止することが必要であり、浸入水の緩衝、遮断が基本対策となる。さらに、脆弱な風化岩の崩落防止のため、岩塊の除去、固定が必要となる。

表層の土砂移動及び侵食対策は、積雪や雨滴及び表面流が直接表土に接触しないことが必要であり、水の緩衝、遮断、地山との分離が基本対策となる。さらに、水路工による流路(表面水)規制が必要となる。

酸性土壌対策は、酸性土壌の土壌改良(矯正) 植生基盤の造成が基本対策となる。

以上から、復旧基本体系を設定した(図2)。

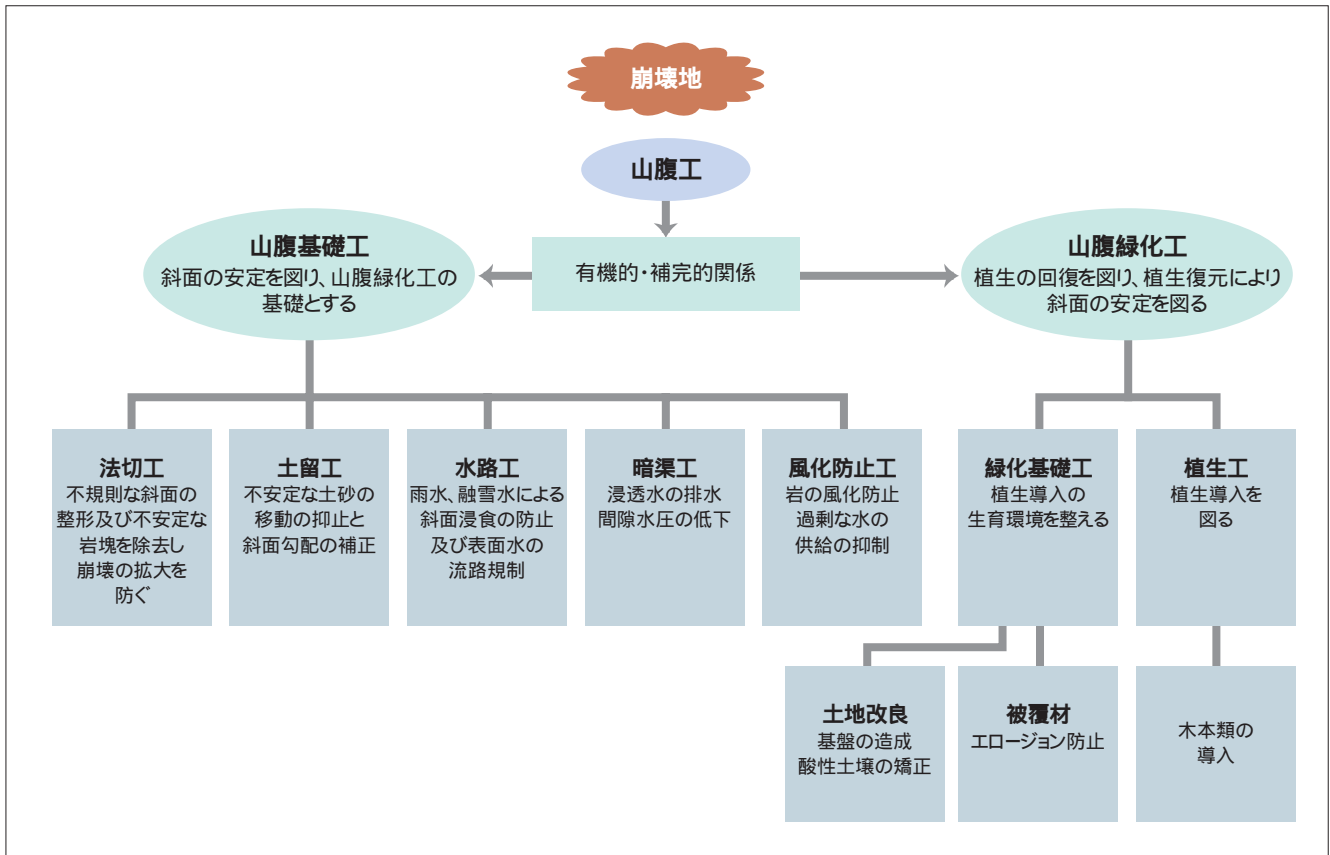


図2 復旧基本体系

1.4 復旧計画

1.4.1 山腹基礎工

法切工：風化岩の崩落現象に対し、不安定な風化岩塊を除去する法切工を行った。岩体の強度が確保される露頭部においては、表面の清掃程度に止め必要以上の攪乱を行わないようにした。

土留工：既設土留工の基礎部洗掘の進行を抑止し、構造物の安定を図るため、コンクリート充填による洗掘防止工(根継工)を行った。さらに、法切工に伴う発生土砂の安定と不安定な土塊の移動抑止、斜面勾配の緩和を図るため、新規土留工を配備した。

水路工：復旧工事期間中に、侵食土砂等が水路に流入することが考えられるため、水路内に土石流的な流下が発生することが想定される。流下流量を算出して十分な余裕高を見込んだ流路断面を決定した。

暗渠工：ガリー底に暗渠工を設置して、浸透水の排水と間隙水圧の緩衝を図った。

岩盤接着工：岩体の強度が強く自立性が高い岩盤において、表面から浸入する水の遮断を図るため、岩盤表面にメタクリル樹脂を吹付ける岩盤接着工(樹脂系)を行った。

1.4.2 山腹緑化工

緑化目標：酸性土壌という特殊な立地条件下でも持続性があり、育成可能な植物群落を造成することが重要である。また、経済的側面からトータルコストの低減に有効であるとともに、風致上からも違和感のない自然性の高い植物群落の造成が求められる。したがって、緑化目標は、低木林型～高木林型の木本植物群落とし、自然林と同様に根系が発達して防災的に強い群落を造成するために播種工を主体とする植生工とした。

選定種子：以下の条件を具備し、低木林型～高木林型の植物群落の造成を達成する使用植物を選定した(表3)

導入植物は岩盤斜面や傾斜地においても根系の発達が良好で、防災機能が高い植物群落を造成できるもの
 導入植物は酸性土壌における適応性が高いもの
 可能な限り周辺に存在する樹種であるもの
 荒廃裸地における生育性が高く、早期に環境改善、景観との調和を図れるもの

基本工法：緑化工は、風化防止工を適用する岩盤を除き全ての斜面において実施する。工法は他事例等を参考として植生基盤造成(造成厚は5cm)を行った。さらに、酸性対策として中和石灰を基盤材に混入した。混入量は、中和石灰量で求めた単位面積当り0.352kg/m²とし、緩効性資材である貝殻石灰(シェル・パウダー)を用いた。

工法選定：数種の比較工法を抽出して当地環境に限定した評点手法を用いて検討し、現時点での適応度を評価した。

- ・工法1：上部斜面は、基盤材が強い耐侵食性を有し安定した配合調整種子で木本群落構成が可能である「樹林化誘導工法」を採用した。単独型工法としては汎用性が高いと判断された(図3)
- ・工法2：送流作用が大きく、侵食防止機能を優先する区域である下流部～中間部の斜面においては、「侵食防止シート+生育基盤材」を採用した。生育基盤材表面に侵食防止機能に優れた土木シートを伏せ、植生侵入阻害の最大要因である侵食防止を図った。

表3 選定種子

主構成種	補全種	草本種
ミズナラ	ヤマハギ	ススキ
ナナカマド	メダハギ	CRF
アカメガシワ		
ヌルデ		
アキグミ		
シラカンバ		

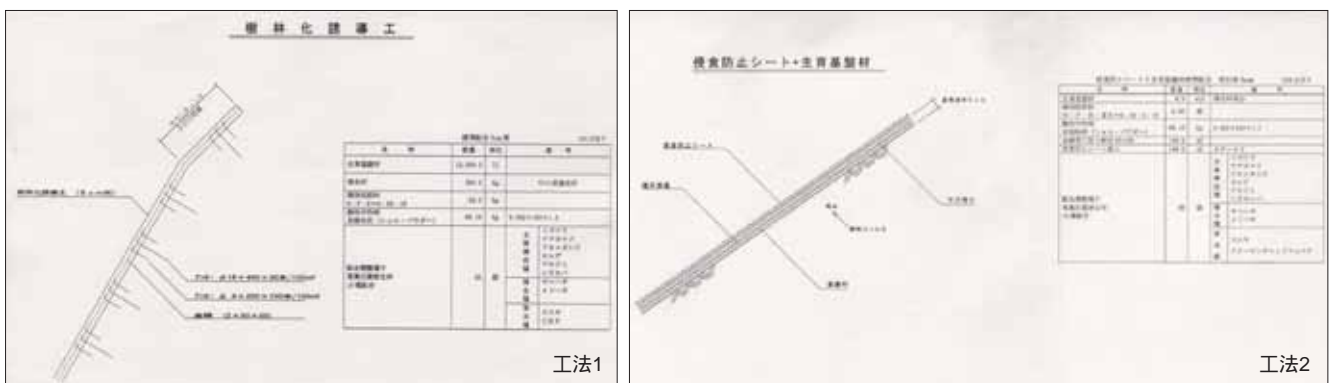


図3 緑化工標準図

1.4.3 復旧事業の実施

平成13年度から荒廃地を4分割し、「復旧治山(火山)事業」により復旧工事に着手した。第一次復旧区域としてガリーが顕著に発達している0.15haを中心に、上部斜面を図3の工法1で、下流部～中間部の斜面を図3の工法2で実施した(写真3)

緑化工の施工は、平成14年11月に完了した。

1.5 緑化工の調査

1.5.1 調査区の設定

調査区は、1m×1mのコドラートを「樹林化誘導工区」、「侵食防止シート+生育基盤材工区」にそれぞれ3箇所、計6箇所設定した(写真4、図4)。また、コドラートは、今後10年、20年後に追跡観測が可能となるように、位置を測量し座標値データとして記録した。



写真3 調査地全景



写真4 調査区内

樹林化誘導工区内
侵食防止シート+生育基盤材工区内

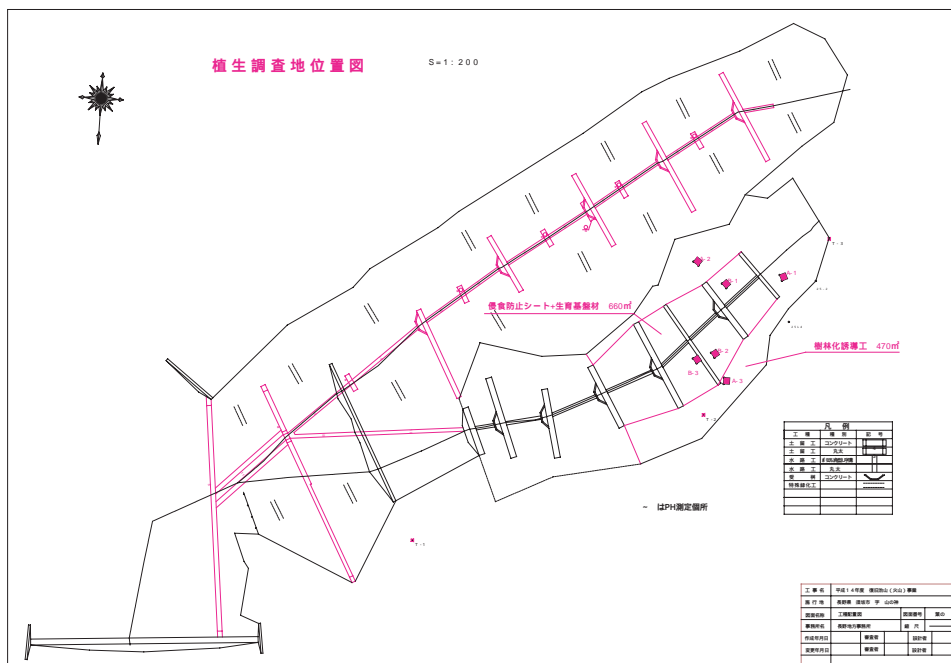


図4 植生調査位置図

1.5.2 調査項目

測定、調査の頻度は1ヶ月毎に1回とした。調査項目は以下のとおりである。

植生の種類、本数及び生育高さ

コドラート内の土壌硬土

pH及び電気伝導率の測定

現況写真の撮影