

地域の安全・安心を守る 治山事業

森林は、私たちに木材や林産物を提供するだけでなく、国土の保全、水源の涵養^{かん}、地球温暖化の防止、海岸等における潮害や飛砂等の防備など多面的な機能を持っています。

国や都道府県では、地域の安全・安心を守るため、そのような機能の発揮が特に期待される森林を保安林に指定して伐採や開発を制限するとともに、積極的に森林の力を引き出し、山地災害の防止・軽減等を図ることを目的として治山事業を実施しています。

近年、「これまでに経験したことのない大雨」と言われる凄まじい豪雨や大規模な地震により甚大な被害が発生しています。このような状況に対応して、治山事業の重要性はますます高まっています。

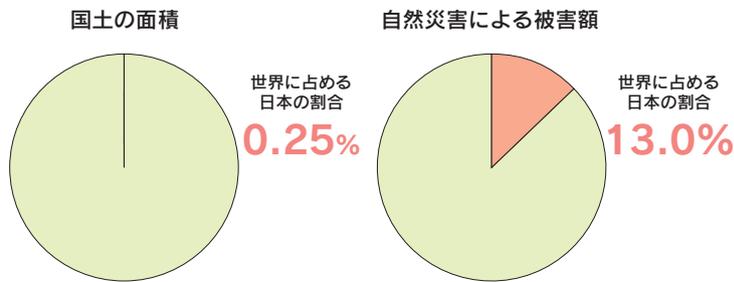
ここでは治山事業の果たす役割やその内容等について御紹介します。

我が国の自然条件と森林の多面的機能

我が国は、地形が急峻で、地質もろく崩れやすい地域が多いことに加え、台風・梅雨期を中心として豪雨が発生しやすいことや火山・地震活動が活発

であること等から、山腹崩壊、地すべり、土石流等の山地災害が発生しやすい条件にあります(図・1、2)。

【図・1】山地災害が発生しやすい厳しい自然条件下にある我が国



このような条件にある我が国においては、山地災害の防止・軽減を図るため、森林が持っている土砂の流出や崩

【図・2】主な山地災害



壊を防ぐ災害防止機能や洪水・濁水を緩和する水源涵養^{かん}機能の維持・向上が重要になります(図・3)。

水源涵養機能

森林土壌には雨水を地中に浸透させる隙間があり、雨水はこの隙間を通過して地中に浸透して、地下水となってゆっくりと流出することにより洪水や濁水が緩和されます。このような機能を森林の水源涵養機能と呼んでいます。

森林のない裸地状態の地表面に降雨があると、雨滴の衝撃で地表面の土壌構造が破壊され、地表面の隙間が目詰まりして浸透能(地表から水がしみ込む速さ)が低下し、雨水は地中に浸透できず地表流となります(図①、②)。地表流は地表面を流下する速度が速いため、広範囲に発生した場合、河川の流量は急増し洪水が発生しやすくなります(図③)。また、雨水が地中に浸透しないことで地下水が減り、無降雨時にも流れる地下水が減少し濁水が発生しやすくなります(図③)。

一方、健全な森林がある森林土壌では、地表面は下草や落葉等に覆われていることから、雨滴の衝撃が緩和され地表面の土壌構造が破壊されないため、高い浸透能が維持されほとんどの雨水は地中に浸透します(図①、②)。このようなメカニズムにより降雨時には洪水が発生しにくくなり、無降雨時にも地下水の流出が続き濁水が発生しにくくなります(図③)。これを森林の水源涵養機能と呼んでいます。

表面侵食防止機能

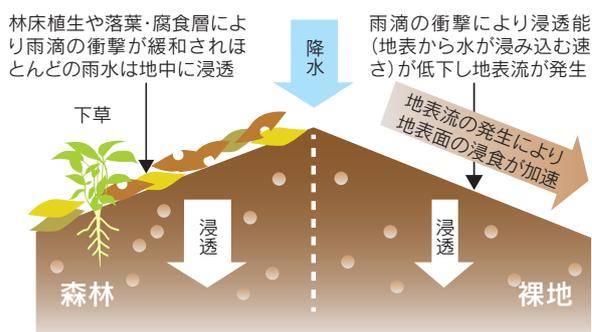
森林のない裸地状態の地表面に降雨があると、前述で説明したメカニズムにより地表流が発生します。地表流は流下速度が早いことから地表面の土砂等を押流す力が大きく、また、地表流は地形的に低い箇所に集中して流下することから大きな流れになり侵食する力もさらに大きくなります(図①)。

一方、健全な森林がある森林土壌では、地表流は発生しにくいことから、地表面は侵食されにくく、このため土砂流出量は少なくなります(図④)。これを表面侵食防止機能と呼んでいます。

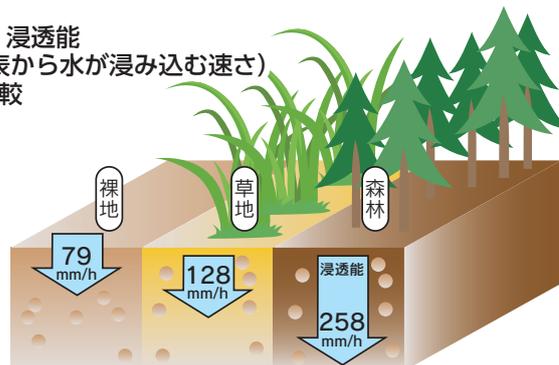
表層崩壊防止機能

樹木の根は、地中深くに伸びる垂直根と表層部に横に伸びる水平根があります。垂直根は土層内のすべり面を固定させる杭の役割を、水平根は土砂をつなぎ止める役割を果たし山腹崩壊が発生しにくくなります。これを表層崩壊防止機能と呼んでいます(図⑤)。

図① 森林と裸地における降雨の浸透・流出過程

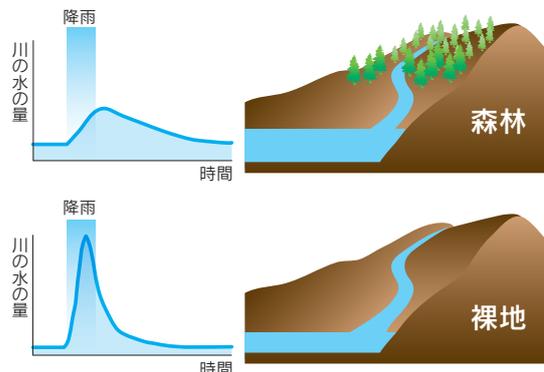


図② 浸透能(地表から水がしみ込む速さ)の比較



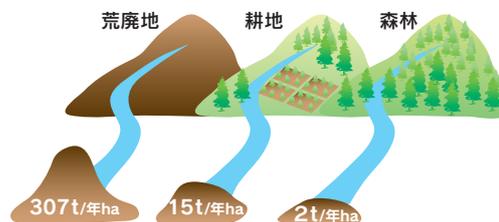
※資料:村井宏・岩崎勇作「林地の水及び土壌保全機能に関する研究」(1975)

図③ 森林と裸地における斜面の降雨流出過程



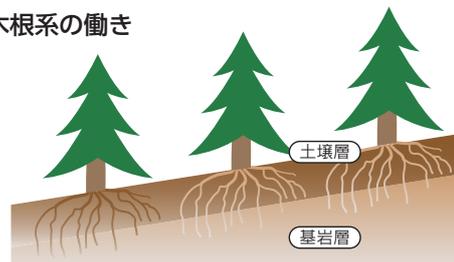
※資料:木平勇吉「森林科学論」1994

図④ 土砂流出量の比較



※資料:丸山岩三「森林水文」1970

図⑤ 樹木根系の働き



地域の安全・安心を守る治山事業

治山事業の概要

山腹崩壊の発生等により、森林の災害防止機能が著しく低下した荒廃地等では、その後の降雨等により崩壊が拡大するなど山地災害の危険性が高いことから、治山事業により、治山施設の整備や森林の造成を実施して森林の早期復旧・再生を図り、災害防止機能を発揮できる災害に強い森林づくりを進めています。

また、このような取組とともに、地域住民の方々の山地災害に対する意識の向上や災害時における迅速な避難に役立ててもらうため、山地災害危険地区情報の周知や山地の状況を観測した情報の提供を行うなどソフト対策も一体的に推進し、山地災害防止対策の強化を図っています。

ここでは、治山事業で実施している施設等の整備について御紹介します。

山腹工事

山腹崩壊が発生した荒廃地では山腹工事を実施しています。山腹工事を実施する主な工種・工法とその目的・効果は図・4①のとおりです。

山腹崩壊が発生した荒廃地の地表は植生等で覆われておらず裸地状態であるため、雨が降れば雨滴で表面侵食が発生するとともに、地表流が発生して地表面の侵食が激しくなります。このような状態ではなかなか植生が回復することができない上、自然に植生が入ってきて、これらが山の斜面に根付き、樹木の根が地中深くまで伸びるには相当の時間が必要です。そのような森林の災害防止機能が低下している状態で強い雨が降れば、これら山腹崩壊地の拡大や、それに伴う下流への土砂流出などの山地災害が発生することが危ぶまれます。

このため、はじめに、斜面を安定させる基礎工事として、土留工、筋工等の施設を整備し、斜面の土砂の移動を防止し、植生が生育しやすい条件をつくります。その後、樹木の植栽等により速やかな森林の復旧・再生を図ります。樹木の生長に伴い治山施設の効果と合わせて森林の災害防止機能が向上し、災害に強い森林になっていきます。

地すべり防止工事

地すべりは、地下水等の影響により地中の水圧が上昇し、地すべりが滑動しようとする力とこれに抵抗しようとする力のバランスが失われ、土塊が斜面を緩やかに移動する現象です。このような地すべりのメカニズムを踏ま

え、地すべりが発生した箇所では地すべり防止工事を実施しています。地すべり防止工事を実施する主な工種・工法とその目的・効果は図・4②のとおりです。

地すべり防止工事は、地すべり地の地形や地下水の状態を変化させ地すべりが発生する要因を除去する「抑制工」と、構造物の持つ抵抗力を利用して直接地すべり土塊の動きを止める「抑止工」に分類されます。

抑制工では、地下水位を低下させるため、地表水が地下水に供給されないよう地すべり地の区域外に誘導する水路工や地下水を排除する横ボーリング工、集水井工、排水トンネル工を実施したり、地すべりの滑動しようとする力を弱めるため斜面上部の土を除去する排土工、地すべりの末端部に盛土を打設して地すべりに抵抗しようとする力が増加させる押え盛土工等をそれぞれの現地条件に合わせて実施します。

抑止工では、地すべり土塊の下の不動地盤まで杭を挿入して地すべりに対する抵抗力を増加させる杭工、地すべり土塊と不動地盤をアンカーにより連結し一体化させて抵抗力を増加させるアンカー工等を実施します。

溪間工事

土石流など山から流出する土砂によ

る悪影響が懸念される荒廃溪流では溪間工事を実施しています。溪間工事を実施する治山えん堤工の目的・効果は図・4③のとおりです。

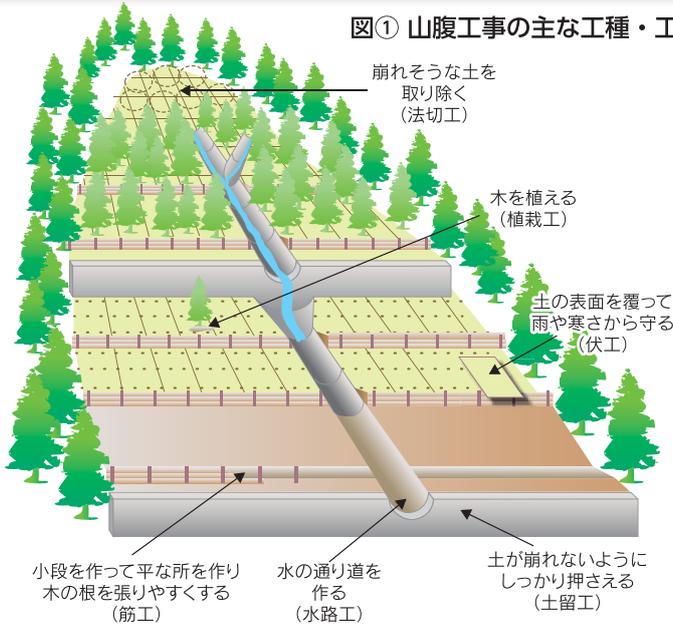
土石流は、山腹崩壊や地すべり等により生じた土砂や溪流に堆積している不安定な土砂が降水や融雪水等と一体となって溪流を流下する現象です。流下速度が早く、溪流に堆積する不安定土砂を巻き込みながら規模を拡大させる特徴があります。

荒廃溪流では、流れる水の力で溪床が下方向に削られる縦侵食や溪岸が削られる横侵食により山の斜面の脚部が不安定となるとともに、不安定土砂が溪流に堆積している場合は洪水時に土石流が発生するおそれがあることから、治山えん堤等を設置する工事を実施しています。

治山えん堤は、その背後に土砂を堆積させることにより、溪流に堆積した不安定土砂の移動を防止するとともに、山の斜面の脚部を安定させて山腹崩壊の発生を防止します。また、治山えん堤は、その効果で、溪流の勾配が緩和され川幅が広くなることにより、土石流等の流下速度を減少させ、土砂を堆積させる方向に作用するなど、下流への流出土砂の抑止・調節も図っています。

【図-4】治山事業の主な工種・工法

図① 山腹工事の主な工種・工法



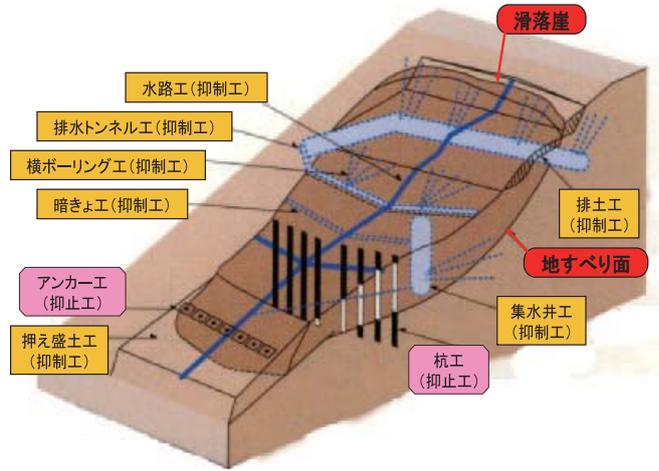
法切工：崩れそうな土塊部分を取り除きます
 植栽工：苗木を植えます。
 伏工：そだ・むしろ等で地表面を覆い、降雨等による表面侵食の防止や種子等の生育環境(保湿・保温)の確保を図ります。
 土留工：斜面に堆積する土砂の移動防止等のための基礎となる工作物を設置します。
 水路工：斜面に水路を設置して拡大崩壊や表面侵食の原因となる地表水を集水・排水します。
 筋工：水平方向に小段をつくり斜面に降る雨水の分散を図り表面侵食を防止するとともに、植栽木等の生育環境の改善を図ります。

山腹工事による森林の復旧・再生(兵庫県篠山市)

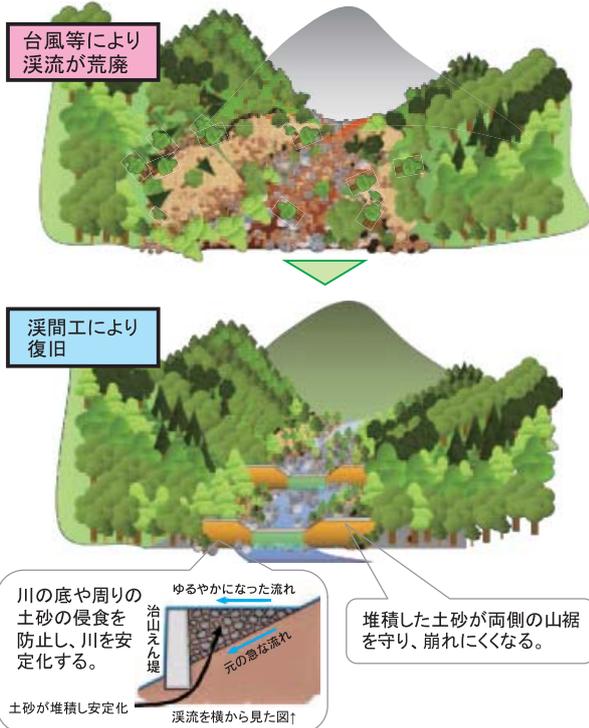


図② 地すべり防止工事の主な工種・工法

水路工：斜面に水路を設置して地表水が地下水に供給されないように集水・排水します。
 暗きょ工：開削による暗きょを設置して地表に近い浅層の地下水を排除します。
 横ボーリング工：ボーリング孔(パイプ等)を設置するために地中にあける孔を設置して浅い層にある地下水を排除します。
 集水井工：深い縦井戸を掘ってボーリング孔を設置して深い層にある地下水を排除します。
 排水トンネル工：地すべり規模が大きい場合等においてトンネルを施工しボーリング孔を設置して集中的に地下水を排除します。
 排土工：地すべりの滑動しようとする力を弱めるため斜面上部の土塊を除去します。
 押え盛土工：地すべりの末端部に盛土を行い地すべりの抵抗しようとする力を増加させます。
 杭工：地すべり土塊の下の不動地盤まで杭を挿入して地すべりに対する抵抗力を増加させます。
 アンカー工：地すべり土塊と不動地盤をアンカーにより連結し一体化させて地すべりに対する抵抗力を増加させます。

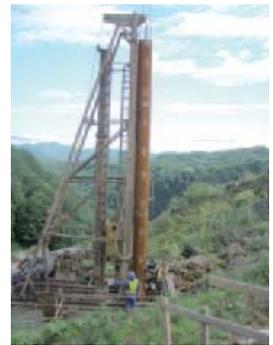


図③ 溪間工事(治山えん堤工)



杭工の施工

集水井工により地下水を排除



溪間工事による森林の復旧・再生(山梨県南アルプス市)



地域の安全・安心を守る治山事業

治山事業の実施体制と近年の実施状況

治山事業は、国が行う直轄事業と都道府県が行う補助治山事業等があります。

国が行う直轄事業については、国有林において実施する国有林直轄治山事業と民有林において実施する民有林直轄治山事業及び直轄地すべり防止事業（以下「民有林直轄治山事業等」という。）があり、各地域を管轄する森林管理庁・森林管理署等において実施しています。

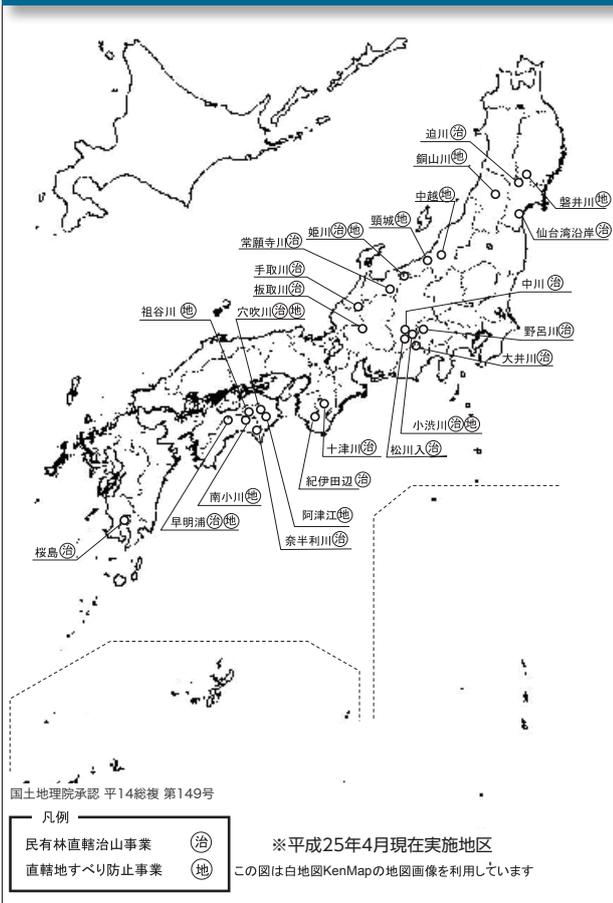
民有林における治山事業は基本的に都道府県が実施していますが、事業規模が著しく大きく、高度な技術を要す

など都道府県による事業実施が困難な場合には、都道府県からの要請を受けて国が民有林直轄治山事業等を実施しています。

このため、民有林直轄治山事業等は、広域に渡って大規模な山地災害が発生した箇所や地形・地質条件が著しく悪く拡大崩壊の危険性が高い箇所等で実施しているものが多く、技術的な課題にも対応しつつ機動的に復旧対策を推進しています（図・5）。

ここでは、近年、新規着手又は区域拡充した代表的な直轄事業について御紹介します。

【図・5】民有林直轄治山事業等実施地区位置図



海岸防災林の復旧・再生

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、地震に伴う大規模な津波により、青森県から千葉県にわたる約140kmの海岸防災林で根返りや幹折れ等の被害が発生しました。その一方で、海岸防災林が船舶やコンクリート片等の漂流物を捕捉し、林帯の背後に存する人家等の被害を軽減した事例も報告されています（写真・1①）。

現地調査の結果、地盤高が低く地下水位が高い箇所にあった海岸防災林では、樹木の根が地中深くに十分伸びず、根の地面をつなぐ力が弱かったため、根返り被害が多数発生したことが確認されました。

一方、地下水位より上位の土層深さが3m程度の箇所であり、かつ十分な樹高を有している海岸防災林の中には被害を受けずに残ったものもあることが確認されました。さらに、数値シミュレーションの結果、林帯幅の広さに応じて津波エネルギーの減衰効果が発揮され、林帯幅が200m以上の海岸防災林がある場合には高い効果が得られることが確認されました。このため海岸防災林の復旧・再生に当たっては、樹木根系の健全な成長を確保するための盛土の実施や林帯幅の確保が重要となっています。

甚大な被害を受けた仙台湾沿岸地

写真・1① 東日本大震災の津波により被災した海岸防災林(青森県八戸市)



写真・1② NPO、企業等の協力を得ながら実施した樹木の植栽(宮城県仙台市)



区における海岸防災林については、宮城県から民有林直轄治山事業による復旧対策の要請を受け平成23年度に新規着手しました。海岸防災林の復旧・再生に当たっては災害廃棄物由来の再生資材を積極的に盛土材等に活用して被災地の災害廃棄物の処理にも貢献するとともに、樹木の植栽等についてはNPO、企業等の協力も得ながら進めています（写真・1②）。

平成23年台風6号災害及び台風12号災害への対応

平成23年7月に発生した台風6号は西日本を中心に大雨をもたらし、四国地方では局地的に総降雨量が1,000mmを超え、特に高知県内において多数の山腹崩壊を発生させました。このうち北川村の奈半利川中流においては、大規模な山腹崩壊とそれに伴う土石流が発生し、道路を寸断するとともに、土砂が下流にある平鍋ダムにまで流入し濁水が河口まで流出する等の被害を及ぼしました(写真・2①)。

また、平成23年9月に発生した台風12号は西日本から北日本にかけて広い範囲で大雨をもたらし、特に紀伊半島では総降雨量は1,000mmを超えました。この豪雨により各地で大規模な山腹崩壊とそれに伴う土石流が多数発生し、道路を寸断するとともに、人家に被害を及ぼすなど甚大な被害が発生しました(写真・2②)。

これら山腹崩壊地の規模は非常に大きく復旧対策が困難であること、土石流の流下において渓床・溪岸の著しい侵食や崩落した大量の土砂による河道閉塞等が発生し、今後の降雨等により拡大崩壊や土石流が発生し再び甚大な被害が発生する危険性があったこと、また、和歌山県では世界遺産である熊野古道も被害を受けるなど早急な

復旧が求められていたことから、高知県、和歌山県及び奈良県から民有林直轄治山事業による復旧対策の要請が

なされ、平成24年度に高知県奈半利川地区及び和歌山県紀伊田辺地区について同事業を新規着手するとともに、継

続地区である奈良県十津川地区では区域拡大を行い新たに発生した山腹崩壊地の復旧対策を推進しています。

【写真・2①】平成23年台風6号に伴う豪雨による大規模な山腹崩壊と土石流(高知県安芸郡北川村)



上流の山腹崩壊の状況



土石流による被災状況

奈半利川地区(平鍋地区)の被災状況

【写真・2②】平成23年台風12号に伴う豪雨による大規模な山腹崩壊



和歌山県田辺市の山腹崩壊



奈良県吉野郡十津川村の山腹崩壊

地域の安全・安心を守る治山事業

治山事業の効果

ここでは、治山事業の実際の効果について具体的な事例により御紹介します。

火山噴火に伴う山地災害の防止

(北海道有珠地区)

北海道伊達市、虻田郡洞爺湖町、有珠郡壮瞥町にまたがる有珠山は、近年、30～50年の周期で噴火を起こしている活火山です。

平成12年3月31日に発生した大噴火では、事前の避難により人的被害は発生しませんでした。降灰・泥流等により人家やライフラインに甚大な被害を及ぼしました。また、山腹斜面では火山活動に伴う亀裂や断層が生じ、既存の治山えん堤にも変形や破壊等の被害が発生しました。

さらに、火口群近くの森林が消失するとともに、広範囲に火山灰が地表を覆つたため、林地の浸透能が低下して少降雨でも泥流が発生するなど危険な状況が続きました。

このような状況に対応するため、国と北海道は連携して国有林及び民有林において治山事業を実施しました。泥流等の発生・拡大の防止を図るため、治山えん堤工等を実施するとともに、山腹斜面に厚く堆積する火山砕屑物

等の安定を図る土留工等の山腹工事や森林の機能強化を図る森林整備を実施し、現在では緑が蘇り泥流等の危険性も低下しています。

また、有珠山の地殻変動等を長期的に常時監視するため伸縮計等の観測機器を設置するとともに、緊急時には地域住民の警戒避難が速やかに行われるよう防災関係機関と情報を共有することにより地域のソフト対策の推進にも貢献しています。

【写真-3】緑が蘇った有珠山



地すべり被害の防止

(岩手県磐井川地区)

岩手県一関市厳美町の磐井川上流部は地盤の風化が著しく、小丘が散在し沼や湿地帯が多い地形となっており、地表の亀裂等から地表水が地下水に供給されるなどにより古くから地すべり

の多発地帯となっています。

昭和22年のカスリン台風、同23年のアイオン台風では、地すべり性崩壊により大量の土砂が磐井川に流入し、下流の一関市一帯で大災害が発生したことから、岩手県及び一関市から復旧対策の要請を受け、昭和24年度から直轄地すべり防止事業を実施しています。

これまで排水トンネル工、集水井工等を集中的に施工したことにより、地下水位が大幅に低下し地すべり移動が抑制されつつあり、平成20年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震では、周辺地域では各地で大規模な山腹崩壊や地すべりが発生しましたが、磐井川地区の事業実施箇所では被害がほとんど発生せず、事業効果が発揮されたことが確認されています。

【写真-4】排水トンネルによる地下水排除の状況(磐井川地区)



磐井川地区の下流では一関市の都市化が進んでおり、東北自動車道・東北本線・東北新幹線・国道4号・国道342号ほか主要な交通網が集中し、防災対策の重要性が一層高まっています。このような状況を踏まえ、磐井川地区の直轄地すべり防止事業については、早期に地すべりを沈静化し安全・安心の確保を図るため、事業の早期概成に向け計画的に事業を推進しています。

新潟県中越地震災害復旧

(新潟県中越地区)

新潟県中越地方は脆弱で水を含みやすい泥岩、砂岩からなる第三紀層を主体とする新しい地質であり、地すべりの多発地帯となっています。平成16年10月23日に発生した新潟県中越地震では、旧山古志村を含む長岡市、小千谷市等の中山間地域で大規模な地すべりや山腹崩壊が多数発生し、集落、道路等に甚大な被害を与えました。また、地震後の冬季は豪雪となり、融雪期には地震で緩んだ地盤に融雪水が浸透したこと等により、地すべり等が拡大するなど被害が拡大しました。このような状況に対処するためには、集中的な地すべり防止工事が必要であることから、新潟県からの要請を受け、平成17年度から直轄地すべり防止事業を実施しています。

【写真 - 5】大規模な地すべりによる被災状況と復旧状況(中越地区)



これまで集水井工、横ボーリング工、杭工、アンカー工等を集中的に施工し、事業箇所11地区のうち8地区の地すべり防止工事は完了したことにより、再度災害の防止が図られ、安全で安心できる生活基盤の確保に貢献して

います。

中越地区の直轄地すべり防止事業については、地すべりの早期沈静化に向けて計画的に事業を推進しており、平成26年度には終了する予定です。

長野県西部地震災害復旧

(長野県御嶽山周辺)

昭和59年9月14日に長野県木曾郡王滝村に震源をもつ長野県西部地震が発生し、御嶽山周辺に多数の山腹崩壊や地すべりが発生するとともに、これに伴う大規模な土石流等により死者・行方不明者29名を出す大惨事となりました。

また、王滝川では崩落した大量の土砂による河道閉塞等が発生し、下流の王滝村民に被害を及ぼすおそれが生じるとともに、木曾川下流の岐阜県や愛知県、県の農業・水道・工業用水の主要な供給源となっている牧尾ダムに甚大な被害を及ぼすおそれが生じました。

このため、余震が続く、豪雨時には土石流が頻繁に発生する中で、国と長野県が連携して国有林及び民有林において緊急に災害復旧工事を実施しました。

工事の実施に当たっては、軟弱地盤に対応した治山えん堤工やカラマツの間伐材等を活用した土留工等を施工するとともに、資材運搬が困難であった高標高地の広大な崩壊地においてはへ

【写真 - 6】長野県西部地震災害の復旧状況



リコプターによる航空緑化工を積極的導入した結果、土砂が安定的となり植生が回復して土壌の浸透能が改善したことにより下流域への土砂の流出が激減しました。現在では森林への遷移も進んでおり、当地域における治山の

技術はその後の航空緑化工法等の進展にも寄与しました。

豪雨による山地災害の防止

(熊本県阿蘇地区)

熊本県阿蘇地区は昭和55年の集中豪雨災害に対応するため昭和57年から平成22年度まで民有林直轄治山事業を実施していた地区です。

平成24年7月の九州北部豪雨災害では、この地域ではこれまでに経験したことのない豪雨により甚大な被害が発生しましたが、直轄治山事業施工箇所では階段状に整備された治山えん堤群により、土石流の減勢、土石・流木の捕捉、溪床の縦侵食・溪岸の横侵食の防止等の効果が発揮されたことが確認されています。

【写真 - 7】流木等を捕捉した治山えん堤(阿蘇地区)

