小滝川源流域の大規模崩壊地における復旧治山事業について

上越森林管理署　合津　菜々実
吉川　徹

１　はじめに

令和元年６月、新潟県の最西端に位置し、世界有数のヒスイの産地である糸魚川市において、市を流れる一級河川の姫川及びその支流の小滝川で、広範囲にわたり河川の白濁が確認されました。これによりヘリコプターによる現地調査を行った結果、小滝川上流の道路終点から約２キロ奥地にある国有林内において大規模な山腹崩壊の発生、崩壊地からの白濁水の流出が確認されました。（写真１、２）

発生した白濁水は広範囲にわたり、日本海まで流出が確認されました。この影響で糸魚川市では、農業用水の取水を停止したほか、崩壊地下流の水力発電所や漁業、観光等の様々な産業に大きな影響を与えました。

上越森林管理署では、このような山間奥地における大規模な山腹崩壊及び崩壊地からの白濁水の流出への復旧・対策に向け、継続的に復旧治山事業を実施してきたため、今回はその事例について取り上げます。

【写真１】小滝川上流の崩壊発生地

【写真２】日本海に流出した白濁水

２　崩壊及び河川白濁の発生起源について

崩壊地の現況把握及び白濁の原因究明のため現地踏査を行い、学識経験者、自治体関係者からなる「小滝川上流崩壊地対策検討委員会」を開催し、復旧に向けた対策の方針を立てていきました。

今回の崩壊発生箇所は、新潟県と富山県の県境、北アルプス最北端の飛騨山脈に位置する長梅山の小滝川東俣沢源頭部付近に位置しています。

この山地は、過去の激しい造山活動による断層や褶曲作用により、脆弱な岩盤を構成しており、崩壊発生源付近は 25°程度のやや急斜面となっていました。

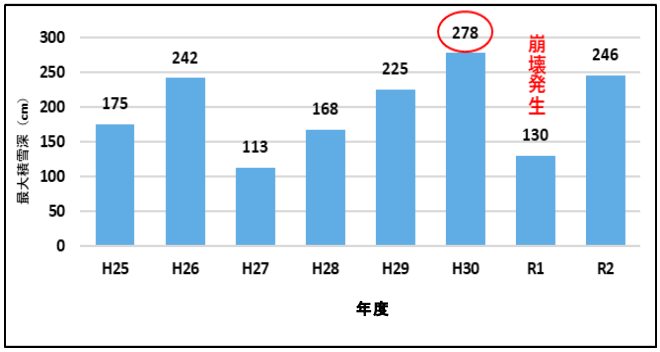
さらに、白濁原因究明のため、調査地内に分布する岩石を採取し、目視判定、X 線分析及び薄片鑑定を行いました。

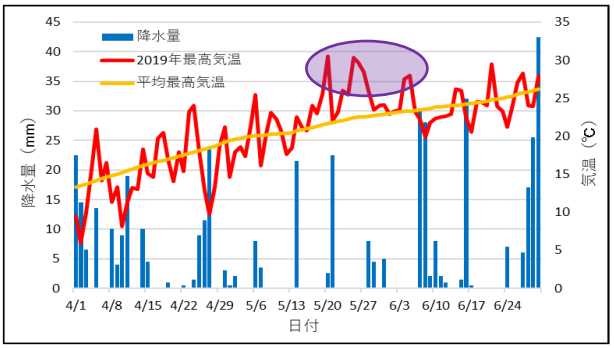
崩壊地内では、足を踏み下ろすたびに白濁水が発生しており、調査の結果、白濁の原因となる粘土については、主に土壌粒子間の結合力が弱く、水分を含むと液状化しやすいという特徴を持つ、蛇紋岩が起源であるということが分かりました。（写真３）

【写真３】崩壊地で発生する白濁水

今回の崩壊発生の要因についても調査を行いました。河川の濁りが増加した令和元年６月 12 日～13 日にかけては、降雨はほとんど確認されなかった一方で、崩壊発生前年の最大積雪深は、過去８年と比較して最も深く、例年に比べて積雪が多い年でした。そのような中で、糸魚川市では令和元年５月下旬頃から最高気温が例年を大きく上回り、30℃を超える日を複数回記録しています。（表１）これらのことから、脆弱な岩盤から構成されている山腹において、例年以上の積雪が急激な気温上昇に伴う急速な融雪により、地下水の上昇、斜面の不安定化が起き、崩壊が発生したと考えられます。

【表１】崩壊発生時の気象状況（糸魚川市、気象庁 HP）





３　復旧治山事業について

調査結果及び学識経験者の意見を基に、交通手段の無い山間奥地の急峻な土地条件における、大規模崩壊地での土砂移動の防止及び早期の緑化に向けた有効な手段として、ヘリコプターを用いて資材運搬等を行う、航空実播工、航空コア緑化工、袋型石詰筋工の３工種を併用して施工することが有効であると判断しました。

（１）航空実播工

航空実播工とは、荒廃山地への緑化手段として、ヘリコプターを用いて種子や肥料等を散布することにより、早期の緑化を促し、植生回復や土砂流出防止を図る工法です。

崩壊地の周辺が中部山岳国立公園特別地域に指定されているため、外来種子による生態系の破壊を防止し、地域性種苗による緑化を実施しました。

そのため、崩壊地下流域に自生している種子を調査したうえで、ハンノキやヨモギなど計 11 種類の種子を現地から採取し、緑化に先立ち採取した種子の発芽率検査等を実施したうえで、肥料などの緑化資材と一緒にヘリコプターから地域性種苗の散布を行いました。（写真４）

【写真４】緑化資材散布状況

（２）航空コア緑化工

航空コア緑化工とは、ヘリコプターよりヤナギの枝を崩壊地に投下し、挿し木により緑化を図る工法です。

航空コア緑化工においても、航空実播工同様、使用するヤナギの枝については、崩壊地下流域に自生しているものを使用することとしました。

【写真５】ヤナギの枝投下イメージ

投下場所を検討するため、まず崩壊地下流域においてヤナギの枝の活着試験を実施しました。その結果、挿し木は覆土がないと枯死してしまう一方で、ある程度覆土があると活着が見られるという結果が得られました。

このことから、ヤナギの枝の元口直径は 20㎜ 以上 50㎜ 未満のものを使用し、実際の斜面では、水が流れている箇所近辺に挿し木を投下することにより、水不足による枯死を防ぎ、流水による土砂移動により挿し木が適度に覆土するような場所に投下することが望ましいと考えました。

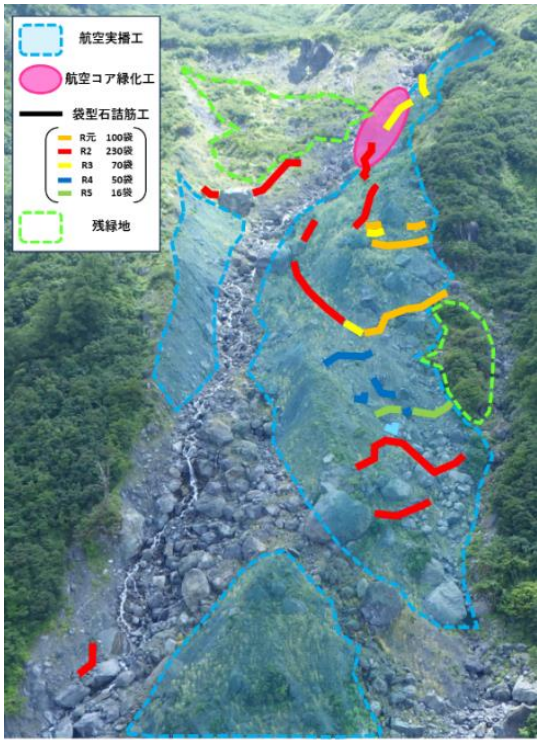
このように、航空実播工と航空コア緑化工により、外来植物による生態系の破壊の防止と、早期の緑化の両立を実現させ、地域の環境に配慮した対策を進めていきました。（写真５）

（３）袋型石詰筋工

袋型石詰筋工とは、石を袋に詰め、地表に密着させながら筋状に設置することにより、土砂の移動を抑制させる工法です。

航空実播工と航空コア緑化工の施工にあたり、崩壊地では不安定化した土砂が豊富な流水により土石流化するなど、斜面が安定していなかったことから、山間奥地における緑化基礎工としては施工事例の少ないヘリコプターによる袋型石詰筋工を併用して施工することにより、土砂を安定させ、緑化の定着を促し、将来的な緑化による濁水軽減を図ることとしました。（写真６、図１）

【写真６】袋型石詰筋工設置状況



【図１】復旧治山事業施工状況

４　航空レーザ計測による土砂移動量の差分解析及び植生回復状況について

令和元年度に大規模崩壊が発生してから、継続的に復旧治山事業を実施してきました。これらのことを踏まえ、今年度崩壊地において航空レーザ計測による地形データの収集を行い、令和元年と比較した地形変化及び土砂移動量等の現況を把握し、今まで実施してきた治山事業の効果について検証を行いました。

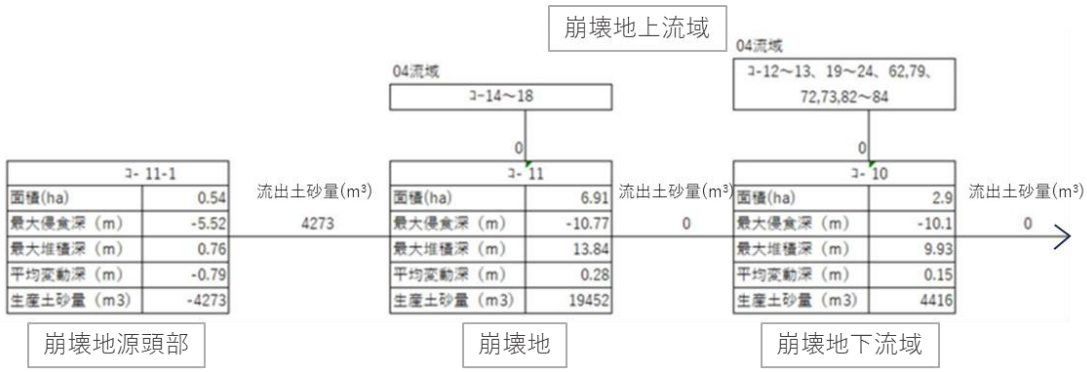
まず、崩壊地流域の土砂収支について検証を行うため、崩壊地及びその流域を細かく区分し、浸食深等より各区域からの流出土砂量を求めていきました。

その結果、令和元年と比較して崩壊地からは一定量の土砂は生産されていたものの、土砂は全て崩壊地内で堆積しており、崩壊地から下流への土砂の流出は確認されませんでした。このことから、治山事業の効果が一定程度表れ、土砂の流出防止が成されていると判断しました。（表２）

また、令和５年に調査飛行を実施し、崩壊地における植生の状況についても目視にて調査を行いました。その結果、実播前と比較して、崩壊地ではヤナギやススキなどのヘリコプターより散布した地域性

種苗の生育が見られ、崩壊地において植生が回復し緑化が進んでいることが確認されました。（写真７）

【表２】崩壊地からの土砂収支フロー図



【写真７】崩壊地の植生回復状況

５　まとめ

令和元年度から５年間、継続的にヘリコプターを用いた復旧治山工事を実施した結果、土砂流出の防止、河川の白濁の鎮静化、崩壊地での植生の回復が図られ、山間奥地における大規模崩壊地の復旧に着実な効果が表れていると感じています。

また、糸魚川市からも河川の白濁が無くなったという報告があり、感謝の声が伝えられています。

今後は経過観測を行い、これまで実施してきた治山事業の効果についてより詳細な検証を行うとともに、厳しい気象条件下において、安定した植生回復のためには、継続的な追肥工などの実施により、さらなる緑化を促すことが重要であると考えています。

特に、地域性種苗を用いた航空緑化工や航空レーザを用いた治山事業での土砂移動量の差分解析は、まだ施工事例が少ないと考えられ、今後どのような活用方法が最適であるか考えていきたいと思います。

参考文献等
近畿中国森林管理局：手取川崩壊地対応状況
大沢学・田中淳・田中賢治・田畑三郎・竹村文：国有林における航空緑化工の施工実績調査報告（2012）
田中健貴：紀伊山地における深層崩壊発生規模の推定に関する調査（2019）