一般財団法人新潟県建設技術センター

平成 28 年度　研究助成事業報告書

雪崩予防柵の雪庇防止・軽減対策に関する事業

平成 29 年 3 月

特定非営利活動法人　なだれ防災技術フォーラム

理事長　下村忠一

1. はじめに

雪崩予防柵は、雪崩発生区に設置し雪崩を未然に防ぐ効果的な工法として知られている。一方、道路や集落施設に近接して設置された予防柵は、斜面積雪の崩落を予防できるものの、積雪最盛期になると予防柵上に大きな雪庇が発生し、雪庇の崩落による災害を予防するために人力による雪庇処理が行われている。

この雪庇処理作業は、非常に危険を伴うため管理者が毎年苦慮しており、雪庇の減少、雪庇処理作業の軽減を図る手法が望まれている。

ここで、雪庇の減少とは雪庇の発生を未然に防ぐことであり、既存施設への対策および新設構造への対策である。具体的には、補助施設を設置し、雪庇の成長を抑制・防止する方法などである。

また、雪庇処理作業の軽減とは、雪庇の崩落を予測する手法を明確にし、雪庇除去作業の範囲や危険性の目安を設けるものである。具体的には、現地調査により既設予防柵の縦断方向の積雪特性を解明し、雪庇の危険性を求める方法などである。

本事業は、雪庇形成メカニズムを調査し、雪庇の成長抑制手法および雪庇処理の優先度を明らかにすることを目的とする。

2. 調査内容の概要

調査内容の概要を以下に示す。

2.1 雪崩予防柵に堆雪する雪庇形態の把握

雪庇の成長メカニズムは、施設の形状、材質、斜面方位・勾配、地表面の状況、積雪深、降雪強度、気温等の様々な要因がある。本事業では雪庇形成メカニズムの基礎調査として雪崩予防施設の種類と斜面勾配および縦断方向の積雪特性に着目し冬期間の観測を行った。

これまでの調査では、予防施設の種類に着目したものがあるものの、十分なデータとはいえず更なるデータ蓄積が望まれている。

2.2 施設による雪庇成長抑制効果の解明

雪庇の成長抑制手法は、雪崩施設上に設ける手法と斜面のグライドを抑制し雪庇の成長を防止する手法が考えられる。

前者は、雪庇の崩落を直接防ぐ手法であるものの予防柵の構造毎に形状を設計する必要があることから、施設の補強や取り付け方法が煩雑となる。

対して後者は、斜面に小規模な施設を設けることで斜面積雪のグライドを低減させ雪庇の成長を抑制するものである。グライド抑制手法の一つとして、比較的小規模な雪崩予防杭を用いる手法があり雪崩予防効果も確認されている。

本事業では、初年度として対策施設の形状等に影響されない雪崩予防杭を用いた手法を検討し、雪庇の成長抑制効果の確認を行った。

３．調査対象斜面・予防柵の選定

調査対象斜面・雪崩予防柵の選定にあたっては、現道（冬期間通行可）ではないことを条件とした。

現道上の雪崩予防柵は、大雪等により雪庇が発達した場合には、管理者による雪庇処理が行われて道路交通の安全確保が図られている。本事業で雪庇の発生・発達状況を調査する対象としては、大雪時でも雪庇処理を行わない（自然状態の）斜面や雪崩予防柵である必要がある。

上記条件に基づき、新潟県の担当部署からの情報や NPO 会員企業からの情報を踏まえ、候補斜面の現地踏査を行って以下に示す 4 斜面を調査対象斜面として選定した。

表１　調査対象斜面一覧表

地点名	路線番号	路線名 地　名	斜面状況			既存予防柵			調査目的
			標高	斜面長	30年確率 積雪深	柵高 設計積雪深	勾配	材質	
小白倉	国道403号	旧道 十日町市小白倉	170～200m	数十m	400～450cm	5.0m	45度	鋼製	雪崩予防杭の雪庇成長抑制効果比較観測調査
十二峠	国道353号	南魚沼市上野十二峠	440～460m	数十m	400～450cm	4.5m	50度	PC製	雪庇成長形態観測調査
種苧原 魚沼側	国道352号	種苧原トンネル脇旧道 長岡市山古志種苧原	280～320m	数十m	550～600cm	3.5m	40度	鋼製 （古）	〃
種苧原 山古志側	国道352号	種苧原トンネル脇旧道 長岡市山古志種苧原	280～320m	数十m	550～600cm	3.5m	40度	鋼製 （古）	〃

3.1　小白倉

十日町市小白倉地区の国道 403 号の旧道にあり、切土斜面に同規模の雪崩予防柵が並んでいる斜面である。設置されているのは新潟県標準設計に基づく、設計積雪深 5.0m、斜面勾配 45 度タイプの鋼製雪崩予防柵である。この斜面は切土斜面であるため斜面状況が一様で比較観測に適していることから、雪崩予防杭の雪庇成長抑制効果について、杭の有無や杭高を変えたケースで比較観測調査を行うこととした。

写真１　小白倉　対象斜面・予防柵状況

図１　小白倉　対象斜面･予防柵位置図

3.2　十二峠

南魚沼市上野地区の国道 353 号にあり、斜面下の道路上にスノーシェッドが設置されたため、雪庇処理等の管理をする必要がなくなった予防柵である。設置されているのは PC 製の予防柵で、設計積雪深 4.5m、斜面勾配 50 度タイプと推定される。

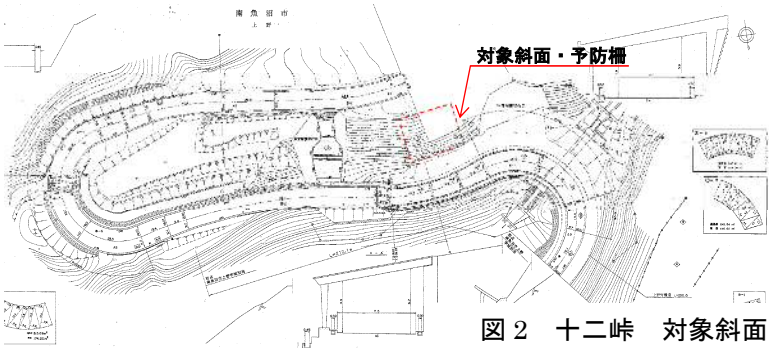


図 2　十二峠　対象斜面・予防柵位置図

写真 2　十二峠　対象斜面予防柵状況

3.3　種苧原魚沼側

長岡市山古志種苧原地区の国道 352 号種苧原トンネル魚沼側坑口脇の旧道斜面である。設置されているのは鋼製雪崩予防柵ではあるが古いタイプで、設計積雪深 3.5m、斜面勾配 40 度タイプと推定される。柵の幅は 8m である。

写真 3　種苧原魚沼側
対象斜面・予防柵状況

3.4　種苧原山古志側

種苧原トンネル山古志側坑口脇の旧道斜面で、魚沼側と同タイプの鋼製予防柵が設置されている。

写真 4　種苧原山古志側
対象斜面・予防柵状況

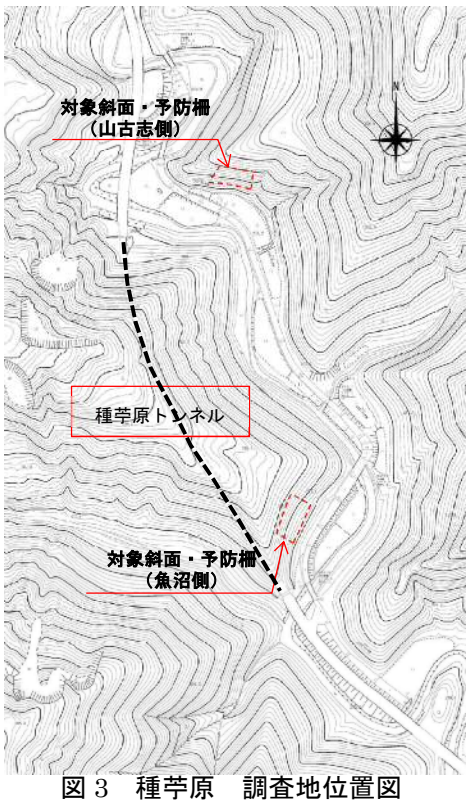


図 3　種苧原　調査地位置図

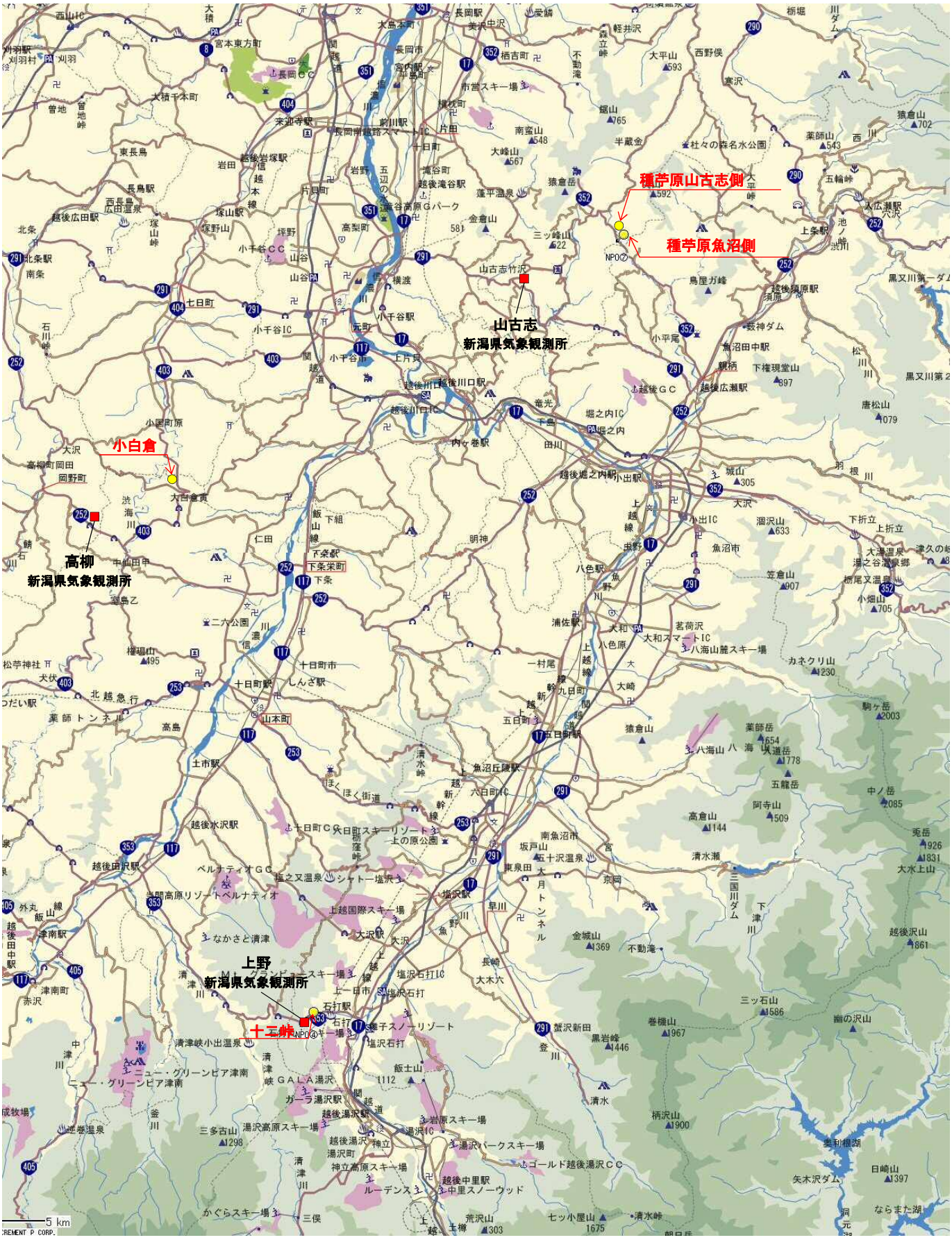


図 4　調査対象斜面及び近傍新潟県観測所　位置図

４．雪崩予防杭及び観測機器の設置

本年度の調査では雪崩予防杭の雪庇成長抑制効果について比較観測するため、鋼製雪崩予防杭トライパイルを小白倉地区の斜面に 1.8m 間隔で設置した。向かって左側から、杭無し、杭高さ 0.5m、杭高さ 1.0mとした。

写真５　トライパイル設置状況

また、雪庇発生発達状況を自動観測するため、ハイクカムを連続自動撮影機器として設置した。ハイクカムは小白倉のほか、十二峠、種苧原魚沼側の各斜面にも設置した。

写真６　ハイクカム設置状況

５．冬期観測

冬期間の観測として、ハイクカムによる連続自動撮影のほか、定期的に観測員が現地に入っての定期写真撮影、もみ殻による積雪移動状況の観測、もみ殻計測に合わせて積雪断面観測を行った。以下に観測項目ごとに結果を示す。

今冬期の新潟県内は、１月中旬にまとまった降雪が４日間連続したが、その後は周期的に降雪はあるものの大雪とはならず、結果的には昨冬期以上の暖冬小雪であった。以下に、調査対象斜面近傍の新潟県観測所の降積雪データを示す。

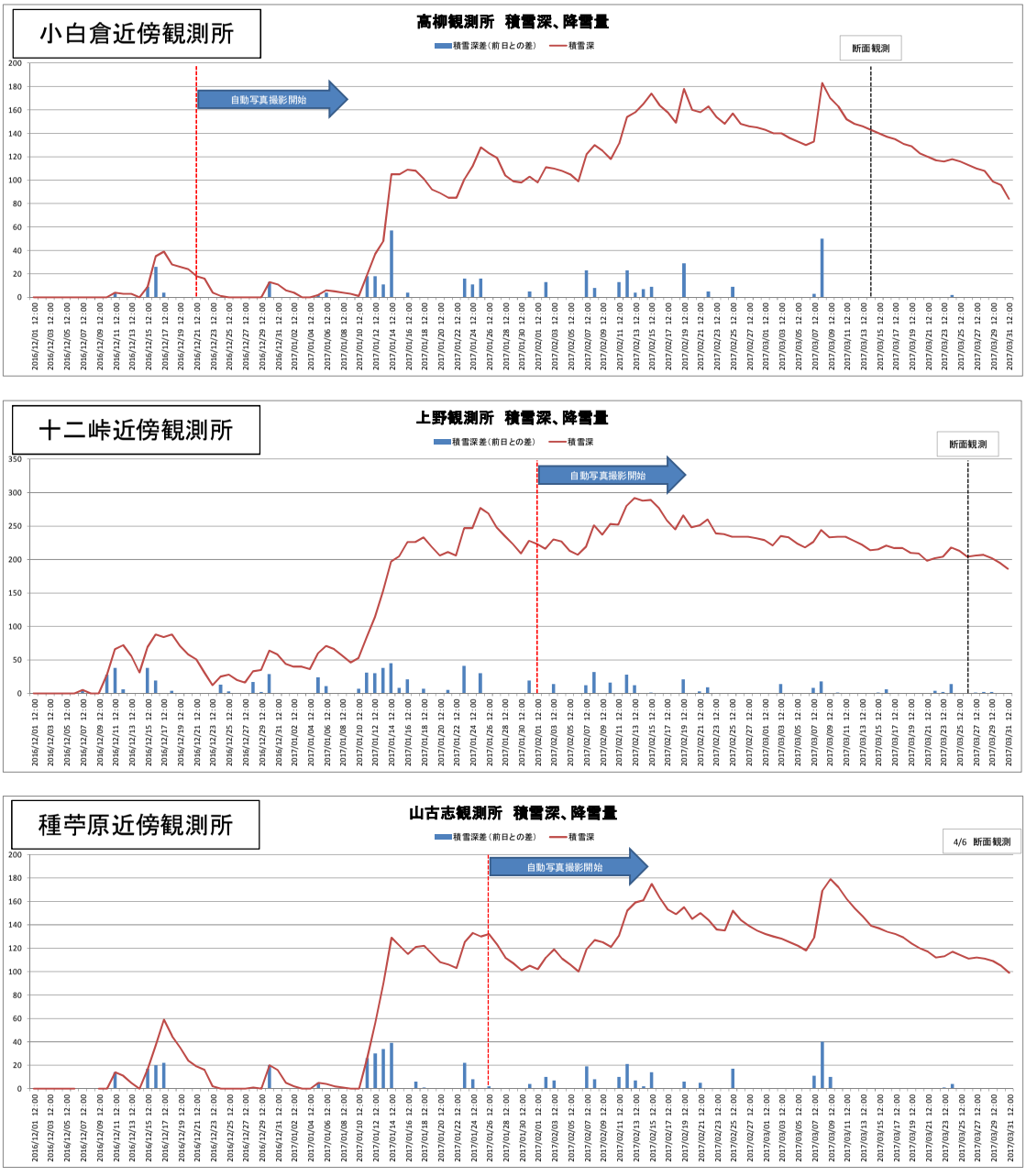
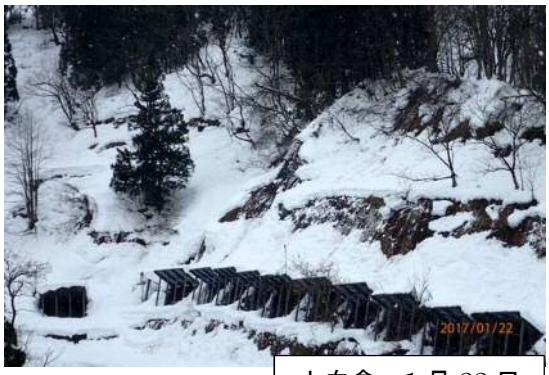


図５　調査対象斜面近傍の新潟県観測所　積雪深・降雪量観測データ

5.1　定期写真撮影

ハイクカムによる連続自動撮影のほか、定期的に観測員が調査対象斜面状況や予防柵について写真撮影を行った。以下に主な定期写真撮影時の写真を示す。



小白倉：1 月 22 日

小白倉：3 月 14 日

十二峠：1 月 18 日

十二峠：2 月 1 日

種苧原山古志側
1 月 19 日

種苧原山古志側
2 月 22 日

種苧原魚沼側
1 月 19 日

種苧原魚沼側
2 月 22 日

写真 7　主な定期撮影写真

予防柵の先端部分に雪が積もっている時はあるが、谷側へ張り出して雪庇状態となっている状態は各斜面共に確認できなかった。

小白倉斜面では、小段肩で積雪が分離し、切土斜面上部の雪がほとんど崩落している状況が確認できる。

十二峠の予防柵では、隣の予防柵との間隙が雪で埋まり、予防柵山側の雪が一体化している状況が確認できる。

種苧原斜面（特に山古志側）では、予防柵上部斜面に大きな凹凸があって積雪が一様でなく、凸部には雪庇状の堆雪も見られる

5.2　連続自動撮影写真の読み取り

ハイクカムによる連続撮影写真より、1 週間間隔で予防柵先端横バー上の積雪高さを読み取った。また、参考として柵先端から約 0.5m 山側位置の積雪高さも読み取った。各斜面近傍の新潟県観測所の積雪深とあわせて一覧表に整理したものを表 2 に示す。

当初は雪庇の張り出し幅と高さを読み取って解析することを想定していたが、小雪で雪庇の発生、張り出しがなかったことから代替として予防柵先端の積雪高さとした。

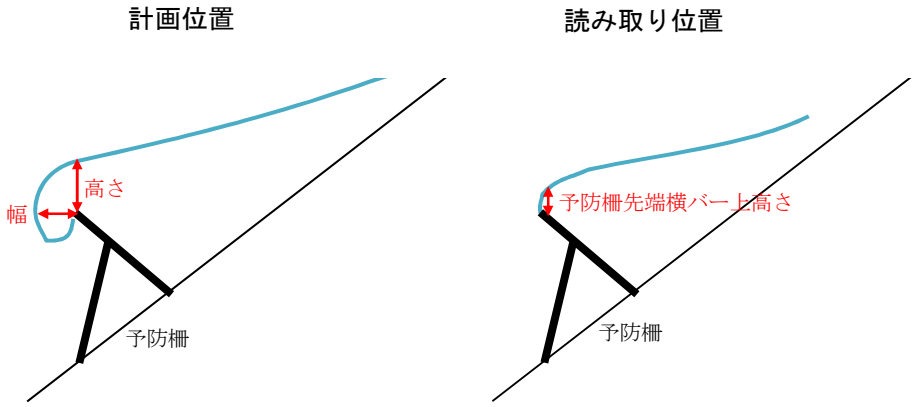


図 6　読み取り（計測）位置図

表２　調査斜面の状況（1 週間毎）

	小白倉			十二峠			種苧原		
1月26日									
	123	80	30	269			132	120	60
2月1日									
	98	50	0	223	80	30	102	90	0
2月8日									
	130	80	30	251	100	40	127	120	20
2月15日									
	174	110	50	289	130	70	175	160	70
2月22日									
	163	90	10	260	110	50	144	130	40
3月1日									
	143	50	0	229	80	30	132	120	30
3月8日									
	183	80	30	244	90	30	169	140	50
月日	平地積雪深	棹先端から0.5mの積雪高さ	棹先端横バー上の積雪高さ	平地積雪深	棹先端から0.5mの積雪高さ	棹先端横バー上の積雪高さ	平地積雪深	棹先端から0.5mの積雪高さ	棹先端横バー上の積雪高さ

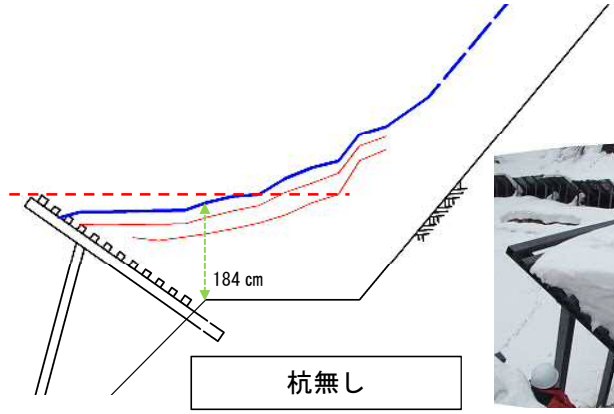
5.3　積雪断面観測

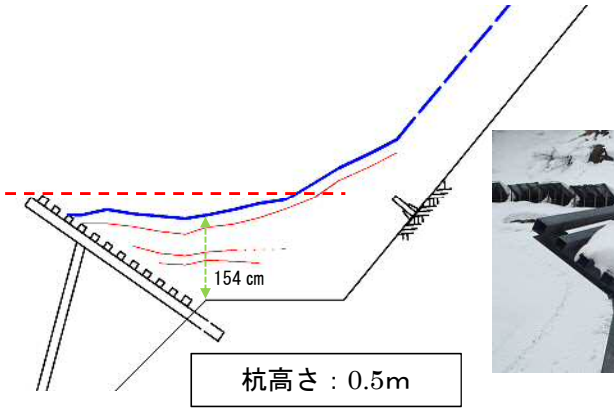
積雪断面観測は以下の日程で実施した。当日の各斜面近傍の新潟県観測所の積雪深をあわせて示す。

・小白倉　　：平成 29 年 3 月 14 日　　高柳観測所：143cm
・十二峠　　：平成 29 年 3 月 26 日　　上野観測所：204cm
・種苧原魚沼側：平成 29 年 4 月 6 日　　山古志観測所：67cm

（1）小白倉の断面状況

小白倉では雪庇成長抑制効果の比較観測のため、鋼製雪崩予防杭トライパイルを設置している（向かって左側から、杭無し、杭高さ 0.5m、杭高さ 1.0m）。それぞれの積雪断面形状と断面写真を図 7、写真 8 に示す。雪面や積雪層の変化に違いがみられる。





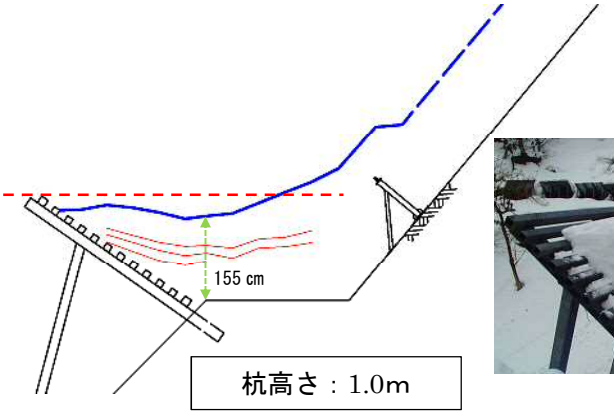


図 7　小白倉　積雪断面形状

写真 8　小白倉　積雪断面写真

(2) 十二峠の断面状況

積雪層の曲線を見ると、斜面上方では斜面傾斜とほぼ平行で急勾配になっているが、予防柵に近づくに従って緩やかになっている。予防柵支持面の下部に崩落またはグライドにより斜面積雪が堆雪している様子が確認できる（図 8、写真 9）。

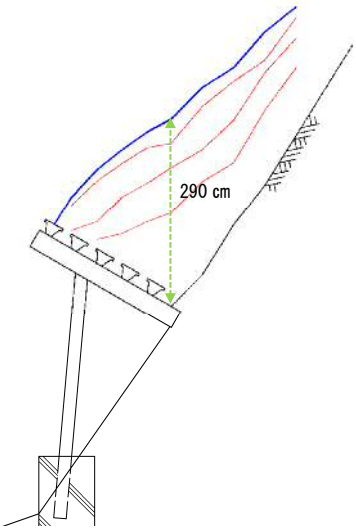


図 8　十二峠積雪断面形状

写真 9　十二峠　積雪断面写真

(3) 種苧原魚沼側の断面状況

断面観測時には融雪が進んで全体の雪質がざらめ化しており、明確な層構造が確認できなかった。予防柵支持面の先端から約 1/3 は融雪していた（図 9、写真 10）。

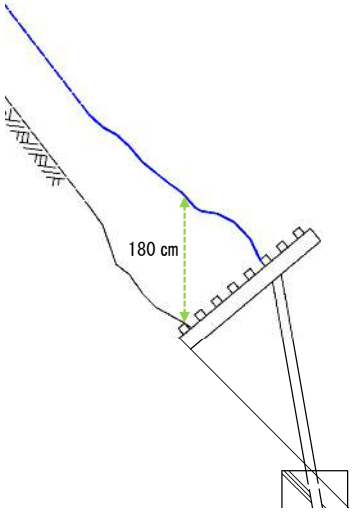


図 9　種苧原　積雪断面形状

写真 10　種苧原　積雪断面写真

5.4　積雪移動状況（グライド量・クリープ量）の観測

十二峠と種苧原魚沼側の斜面では、もみ殻によるグライド・クリープ量の観測を行った。もみ殻のセットは以下の日程で実施し、前項の積雪断面観測と同日に断面を掘り出して移動量の観測を行った。

・十二峠　　：平成 29 年 2 月 1 日セット　　3 月 26 日観測　　（53 日後）
・種苧原魚沼側：平成 29 年 1 月 26 日セット　　4 月 6 日観測　　（70 日後）

（1）十二峠のもみ殻断面状況

グライドは 8cm と少なく、クリープもあまり大きくはない。

写真 11　十二峠　グライド・クリープ状況

（2）種苧原魚沼側のもみ殻断面状況

山側のもみ殻はグライドが 60cm と大きく、谷側は 10cm と少ない。クリープは谷側の表面近くが大きくなっている。

写真 12　種苧原魚沼側　グライド・クリープ状況

(3) グライドとクリープ

前記した断面観測の積雪断面にもみ殻セット時の位置と移動量計測時の位置を追記したものを図 10、図 11 に示す。

十二峠と種苧原の谷側のグライドが少ないのは、もみ殻セット位置が予防柵の近くであり、予防柵により移動が抑えられたためと推測される。それに対して種苧原の山側のグライドが大きいのは、予防柵との距離が離れているため予防柵との間の積雪が圧密することで積雪の移動が可能であったことによると推測される。

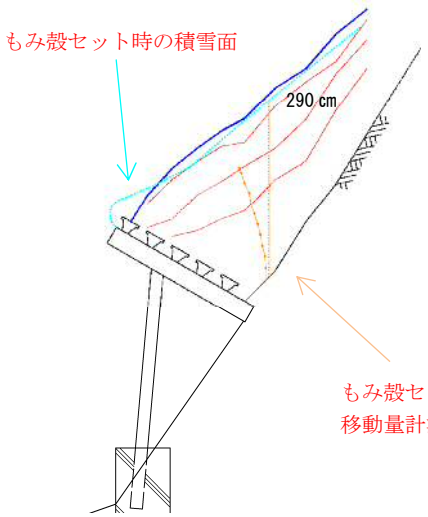


図 10　十二峠　もみ殻位置図

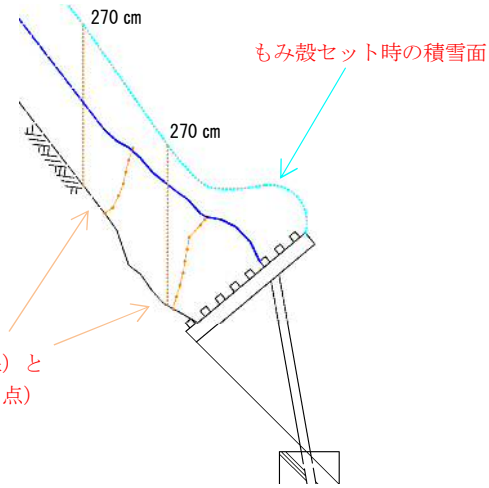


図 11　種苧原　もみ殻位置図

図 12 のグラフは、もみ殻セット位置を原点として、左は移動量の全体を、右はグライドを除いたクリープのみの移動量を示したものである。

種苧原谷側の表面近くのクリープが他に比較し大きくなっているが、融雪により表面の雪が緩んだ影響と推測される。

また、種苧原山側積雪下部のクリープが大きいのは、積雪と斜面の間に空洞があり、融雪水が流れること等により積雪下部が水分を含んで緩んだためと推測される。

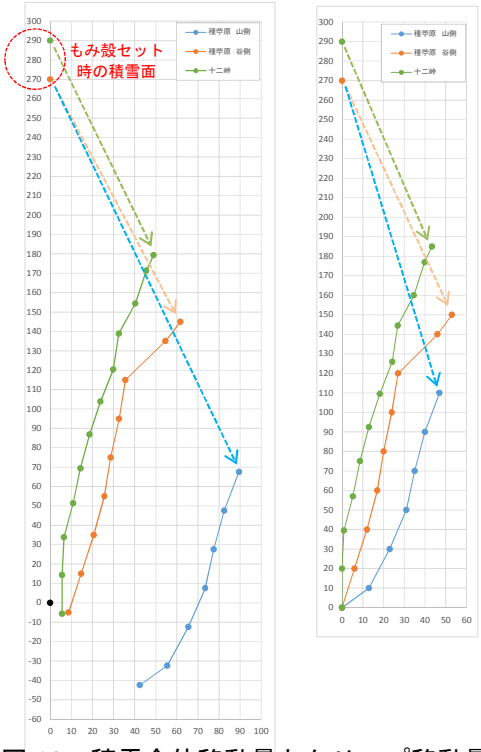


図 12　積雪全体移動量とクリープ移動量

６．雪崩予防柵に堆雪する雪庇形態の把握

今冬期は小雪だったため、雪庇の張り出し状況を観測することができなかったが、5.2 に示した予防柵先端横バー上の積雪高さ（以下、せり出し高さ）をもとに、条件別（設計積雪深、斜面勾配、積雪深）に傾向をとりまとめた。

平地の積雪深が増えるとせり出し高さが大きくなり、その傾向は設計積雪深が小さい（予防柵が小さい）ほど大きくなっていて、概ね想定通りの傾向が確認できた（図 13）。

調査対象斜面の条件（設計積雪深、斜面勾配）がすべて異なっているため、勾配による傾向は確認できなかった。

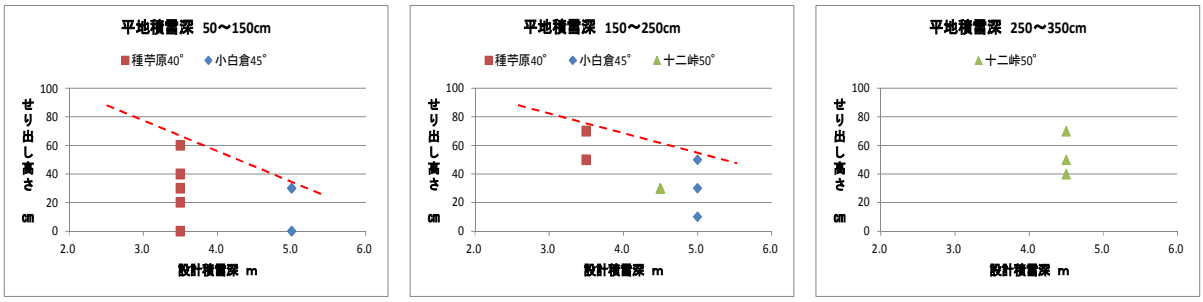


図 13　平地積雪深別　せり出し高さ相関図

また、予防柵の支持面の傾き（言い換えれば斜面勾配）による傾向では、種苧原のように支持面が立っている（40 度）と斜面側のポケット容量が大きくなり、積雪が多くなるまでは斜面側に窪みが残り、十二峠のように水平に近い（30 度）とポケット容量が小さいことからより早く上部斜面の積雪と平滑化しやすいことが確認できた。ただし、予防柵の大きさ（設計積雪深）や積雪深の影響が大きいと推測される。

７．施設による雪庇成長抑制効果の検証

前項同様に、直接的に雪庇成長抑制効果の検証はできず、また、連続撮影の写真からも違いを確認することができなかったが、グライド防止対策による予防柵斜面側の堆雪形状への影響を、小白倉の断面観測結果（図 7、14、写真 8）より以下の様に確認できた。

・写真 13 に示すようにトライパイルの谷側には空洞がみられ、近くの積雪層の湾曲からもグライドを抑制している状況が確認できる。

写真 13　断面観測時のトライパイル（左 1.0m、右 0.5m）

・トライパイル設置斜面では、雪面及び積雪層ともに柵先端と斜面の間に窪みがあり、トライパイルのグライド防止効果によるものと推測される。
・杭高さ 1mのほうが 0.5mよりもやや窪みが大きい。
・トライパイル設置斜面に対して設置無し斜面は、雪面及び積雪層ともに、柵先端から斜面に向かって窪むことなく、緩やかに上昇している。

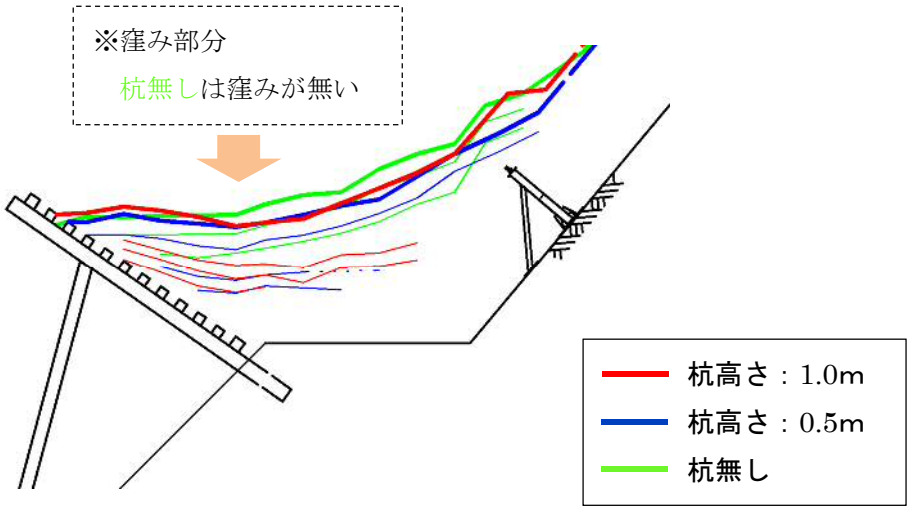


図 14　小白倉　断面形状合成図（図 8 の 3 断面を重ね合わせ）

柵先端から斜面の間の積雪層に窪みがある場合は、積雪層上部の雪の移動が抑えられて、結果として柵先端からの雪庇の張り出しが抑えられると考えられる。小白倉での断面観測で確認できた積雪層の形状より、雪崩予防杭（トライパイル）によるグライド防止効果が雪庇成長抑制につながることが推測される結果となった。

８．まとめ

以下に今冬期の気象状況と本年度事業の成果をまとめて示す。

8.1　気象状況と雪庇発生状況

今冬期は各調査斜面とも 1 月 10 日まではほとんど積雪がない状態が続き、その後の 4 日連続の降雪で一気に積雪が増加した。1 月中旬以降は周期的に降雪はあるものの大雪とはならず、結果的には昨冬期以上の暖冬小雪であった。

ややまとまった降雪時に予防柵先端へ積雪し、その後の降雪が先端部の積雪に着雪して一時的に予防柵先端より谷側へ張り出す状況はあったが、その後の天候回復・気温上昇による圧密や融雪によってその状態は短時間で解消され、雪庇が大きく発達することはなかった。

8.2　雪崩予防柵に堆雪する雪庇形態の把握

今冬期のせり出し高さを条件別（設計積雪深、斜面勾配、積雪深）に整理、解析したところ、平地の積雪深が増えるとせり出し高さが大きくなり、その傾向は設計積雪深が小さい（予防柵が小さい）ほど大きくなっていて、概ね想定通りの傾向が確認できた。

8.3　施設による雪庇成長抑制効果の検証

トライパイル設置斜面と設置無し斜面では、グライド防止効果と推測される堆雪状況の違いがみられ、雪崩予防杭（トライパイル）によるグライド防止効果が雪庇成長抑制につながることが推測される結果となった。

９．課題（次年度に向けて）

本年度の観測調査で、直接的に確認はできていないが、雪崩予防杭によるグライド防止効果が雪庇成長抑制につながることが推測される結果が得られた。しかしながら、今冬期の気象状況や、調査を行った小白倉の斜面条件・予防柵での結果であり、引き続き斜面条件の異なる斜面で雪崩予防杭の雪庇成長抑制効果の検証を実施し、適用条件などを整理し検証することが課題と考える。

また、本年度と同様に、次年度も暖冬小雪となることも考えられるため、雪が少ない中でも確実に成果を得られる調査方法や対象斜面等を十分検討する必要がある。