

忠別川上流域の急崖地形における土砂崩壊量の推定と崩壊傾向の考察について

—2008年融雪期の忠別川上流の事例—

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 道北支所 ○出合 寿勇
 (独) 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム 村上 泰啓
 (独) 土木研究所 寒地土木研究所 道北支所 尾形 寿

2008年5月下旬、忠別川最上流域部の山腹斜面が崩壊し、忠別ダム貯水池に濁水が流入する事例が発生した。寒地土木研究所では、崩壊地周辺の航空レーザ測量を行い、過去に撮影された航空写真から抽出した三次元データ (DEM) との比較を行うことによって斜面崩壊土砂量を把握したほか、周辺の気象観測資料等から、当該箇所周辺の斜面崩壊傾向について考察を試みた。

キーワード：斜面崩壊、崩壊土砂量、航空レーザ測量、気象観測

1. はじめに

2008年5月31日20:00以降、忠別川ダム上流部で濁度が急激に上昇する現象 (図-1) が忠別ダム堤体から約10km上流の忠別川上流水位観測所で観測された。旭川開発建設部がヘリコプターにより忠別川上流部を調査したところ、天人峡温泉上流約7km地点の忠別川支川化雲沢川の支川河岸斜面 (図-2) で大規模な斜面崩壊が確認された。(写真-1)

忠別ダム貯水池上流から天人峡温泉まではいわゆるU字谷をなし、両岸には急崖を形成している。これまでも大規模な斜面崩壊や土石流が発生するなど、土砂生産は比較的活発であり、河床には大粒径の土砂が堆積している。

中・上流部は急勾配で1/13以上となっており、これに合流する各溪流群はいずれも急流ないし滝となって流入

し、独特の景観を形成している。忠別川上流域の地質は大部分が第三紀鮮新世ないし第四期更新世の変質火山岩で形成 (図-3) されており、一般的にはまだ浸食過程に

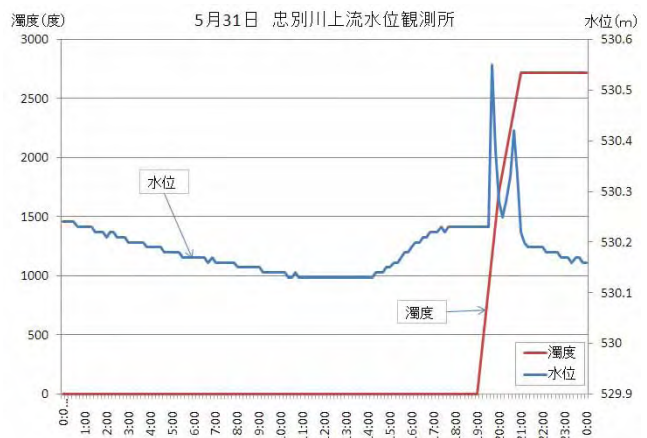


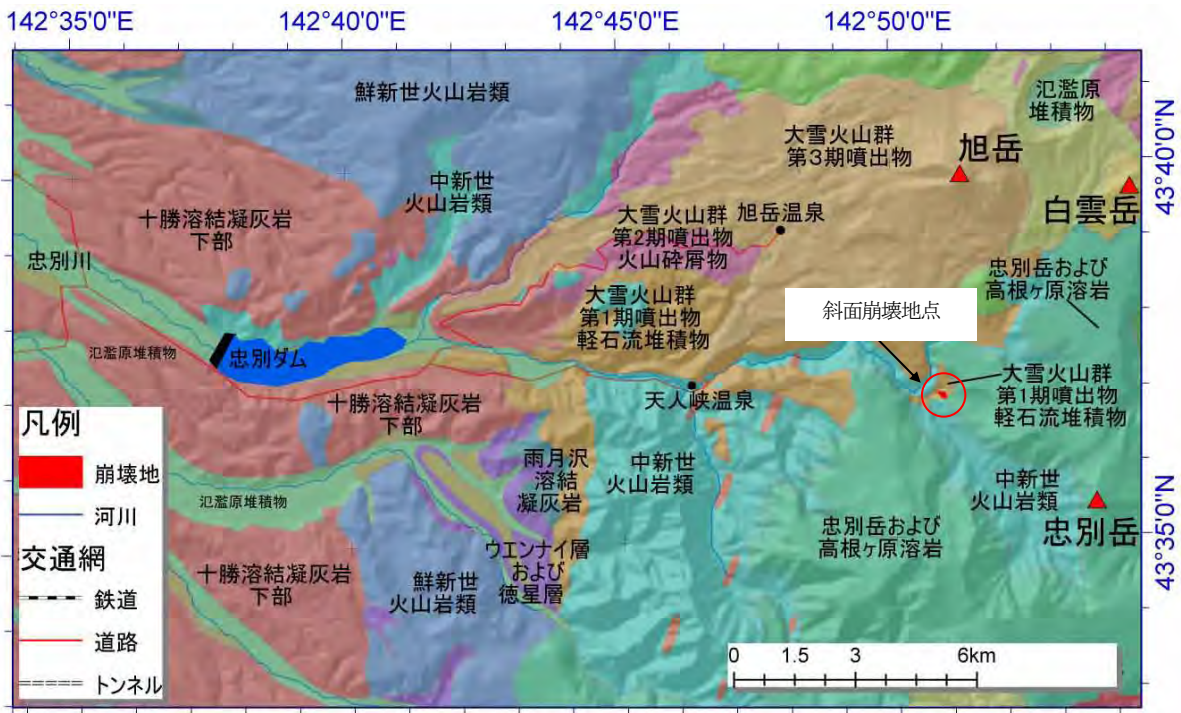
図-1 流量・濁水グラフ



図-2 忠別川上流平面図



写真-1 斜面崩壊状況



地形データ：地質データ：20万分の1数値地質図幅集「北海道北部」CD-ROMのベクトルデータ、交通網データ：地球地図プロジェクトwebサイトよりダウンロード。図化はESRI社製ArcMap9.2及びAdobe社製IllustratorCS2を使用。

図-3 崩壊地周辺の地質分布



北海道開発局提供
2005年6月下旬撮影

写真-2 2005年6月下旬の斜面崩壊状況



北海道開発局提供
2008年6月5日撮影

写真-3 崩壊地下流の状況

あるとされる。今回斜面崩壊が確認された箇所は2005年6月下旬に小規模な崩壊があった同一の箇所（写真-2）であり、今回はより大規模に崩壊した（図-4）。さらに、上空からの確認状況では、河岸斜面崩壊地の下流河床及び河岸に多くの土砂が流出（写真-3）していることが確認された。

ここでは、2008年5月下旬に発生した斜面崩壊土砂量の推定と、斜面崩壊因子について考察を行った結果を報告する。

2. 航空レーザー計測

斜面崩壊箇所は山間奥地であり、急崖地形なため人

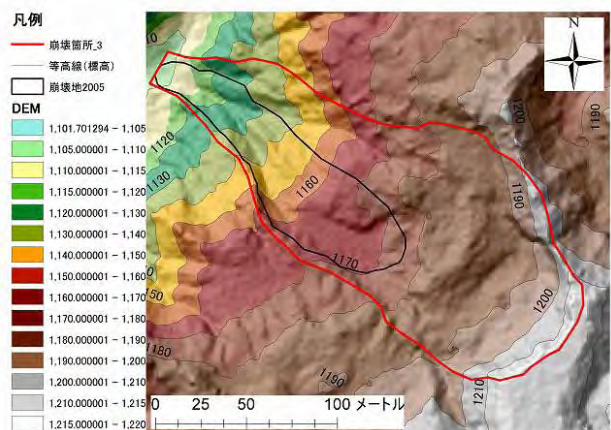


図-4 崩壊地規模の比較図

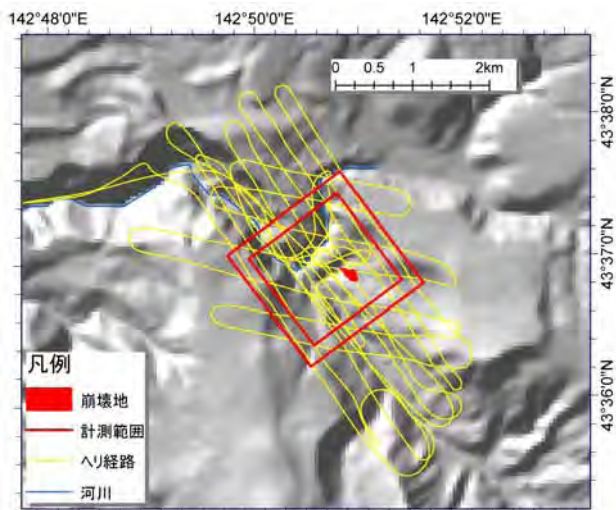


図-5 計測範囲および飛行コース

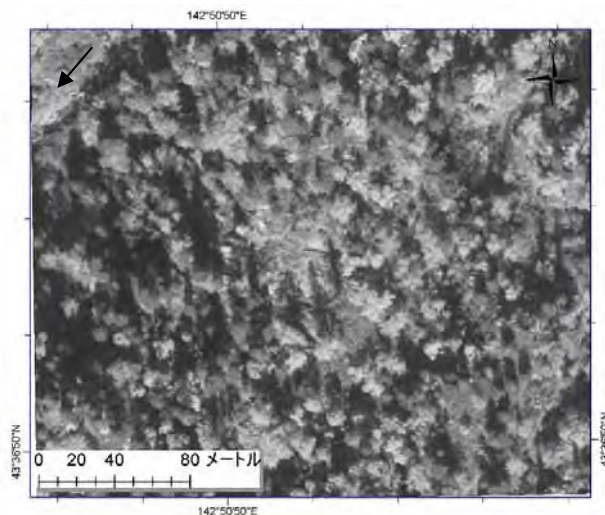


写真-4 林野庁撮影の空中写真

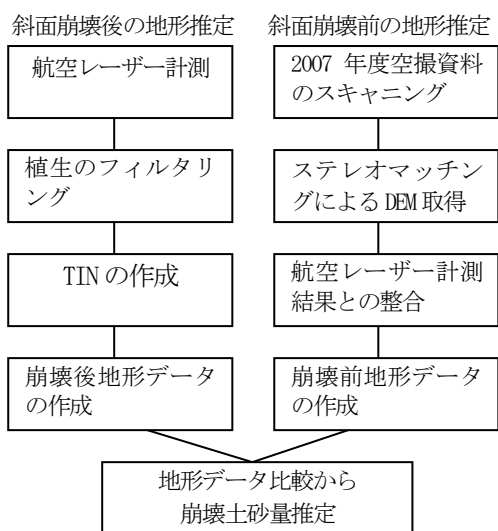


図-6 崩壊土砂量推定フロー



写真-5 崩壊地接近写真

が近寄ることができない。このため、現在の地形を把握する手段として航空レーザー計測を行うこととした。

航空レーザー計測とは、航空機（飛行機またはヘリコプター）から地上に向けて多数のレーザーパルスを発射し、地表面や地物で反射して戻ってきたレーザーパルスから、高密度な三次元デジタルデータを取得する測量技術である。レーザー計測には山岳地の計測に向いているヘリコプターを使用し、崩壊地を含む周囲2km²を計測した（図-5）。

崩壊土砂量の推定のためには、崩壊前の地形の把握が必須である。ここでは、林野庁撮影の2007年9月の空中写真（写真-4）を使用して、ステレオマッチングによりDEMデータを作成した。ステレオマッチングとは、デジタル化された航空写真の全画素に対して同一地点を探索する（ステレオマッチングする）ことにより高さ計測を行う手法であり、航空写真測量において広く活用された手法である。

そして、航空レーザー測量のデータと空中写真による

DEMデータを不正三角網モデル（TIN）を作成して、地形差分を比較し、崩壊土砂量を推定することとした。

作業のフローチャートを（図-6）に示す。

今回の航空レーザー計測は、10月中旬に実施し、5月下旬の崩壊から5ヶ月近く経過している。2008年は大規模な出水等もなく、（図-15）に示す通り降雨は平年より少ない傾向にあったため、崩壊後から測量までの間、崩壊地に大きな影響が無かったと思われる。

また、崩壊直後の航空写真とレーザー測量時のオルソ写真とを見比べても、崩壊際線の植生に変化が見られないことから、崩壊地は崩壊直後からほとんど変化が無いものと推測される。

なお、航空写真で見た崩壊斜面上の植生の状況（写真-5）から、地すべり崩壊であった可能性も伺える。

(1) レーザ計測

(a) GPS基準局

GPS基準局は、計測対象区内の基線距離50km圏内にある東川町勇駒別の「東川」電子基準点を用いた。

(b) 機材及び計測計画

計測システムを搭載した回転翼により（表-1）、計画した飛行コースに基づき計測飛行を行い、データを取得した。

(c)データ処理・検証

レーザ計測、GPS基準局により取得したデータの処理を行い、計測点の座標を算出する。得られた結果を用いて実測データのコース間点検などによりデータを検証した。

表-1 レーザ計測機器諸元

項目	設定値
航空機（回転翼）	ROBINSON R44
対地高度（基準面）	1,200m
対地速度	60km/h
重複率	36%
レーザ発射数	8,000回/秒
スキャン角度	80°
ビーム拡散度	0.25mrad
計測密度	1点以上/m ²

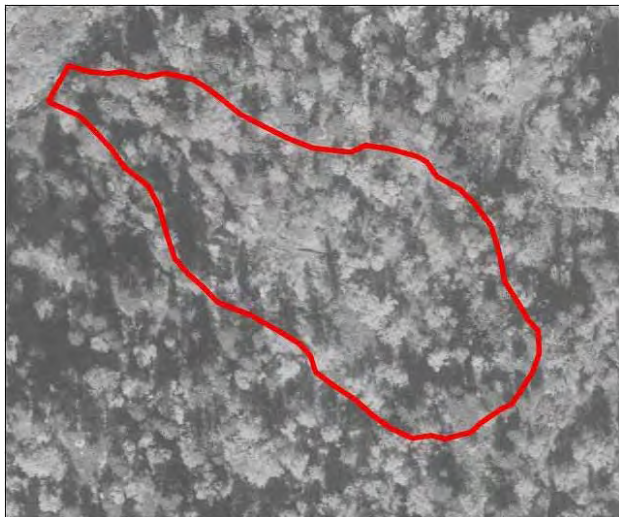


図-7 2007年航空写真の崩壊地エリア重ね図



図-8 レーザ計測時の画像の崩壊地エリア重ね図

(d)地形データ作成

得られた計測データから樹木などの植生の削除（フィルタリング）を行い地形データを作成した。

(2)既存写真から崩壊前のDEM取得

(a)写真の入手

該当箇所の2007年航空写真1/16,000のポジフィルムを林野庁から入手。

(b)標定

地形が変化していない箇所を選定し、レーザ測量で得た点を標定点と見なし、空中三角測量を行った。

(c) DEMデータ作成

図化機によりステレオマッチングを行い、地形データを取得した。

(d) DEMデータの調整

得られたDEMデータから樹木の標高差を調整を行った。調整は崩壊地周辺の同様の樹木と見なされる箇所を選定し、DEMデータとレーザ計測で得たデータの標高差を差し引いて行った。

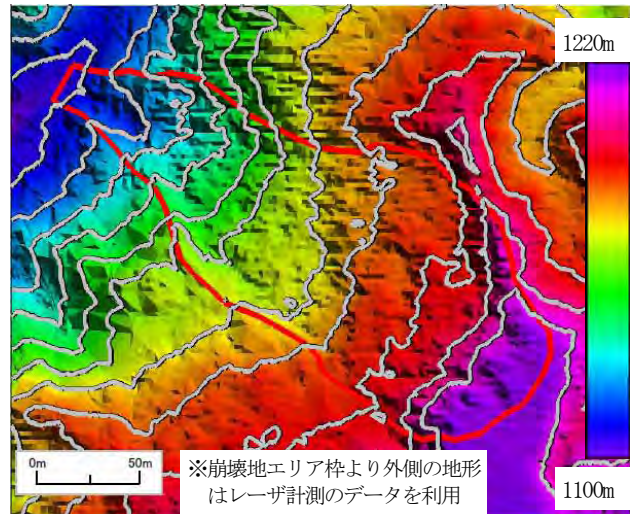


図-9 航空写真からの得られた地形データ図

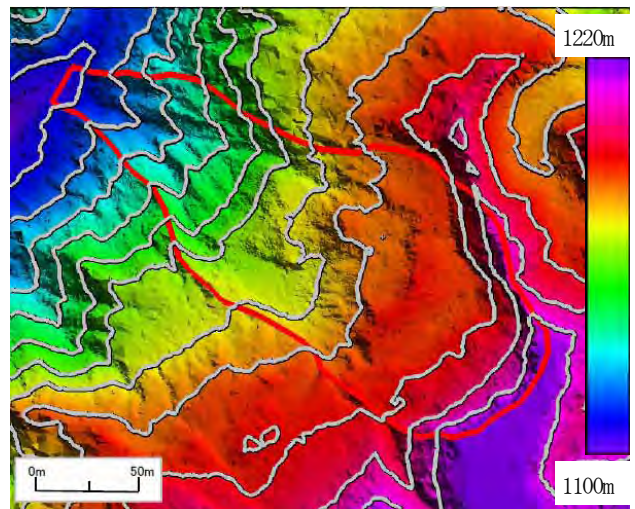


図-10 航空レーザ計測から得られた地形データ図

3. 崩壊土砂量の算出結果

崩壊土砂量を算出するにあたり、崩壊範囲をオルソ補正済みの航空写真から判読し（図-8）、GISソフトにより約20,600㎡と算出した（図-7）。

航空写真のDEM化で得られた地形データに崩壊地エリア、等高線、標高差を重ねて図化した（図-9）。

航空レーザ計測で得られた地形データに崩壊地エリア、等高線、標高差を重ねて図化した（図-10）。

崩壊土砂量は崩壊前の地形（図-9）と崩壊後の地形（図-10）を比較し、崩壊前より地盤高がプラスになっている部位と、マイナスになっている部位に表現した（図-11）。青がマイナス部、赤がプラス部の表現とした。

以上の結果から算出された土砂量は、崩壊前より地盤高がマイナスになった部分 $V=63,175\text{m}^3$ 、プラスになった部分 $V=10,763\text{m}^3$ で崩壊土砂量は $V=52,412\text{m}^3$ と推定される。

また、崩壊土砂量を崩壊面積で除した平均崩壊深は約2.5mであった。

4. 気象条件から見た斜面崩壊の考察

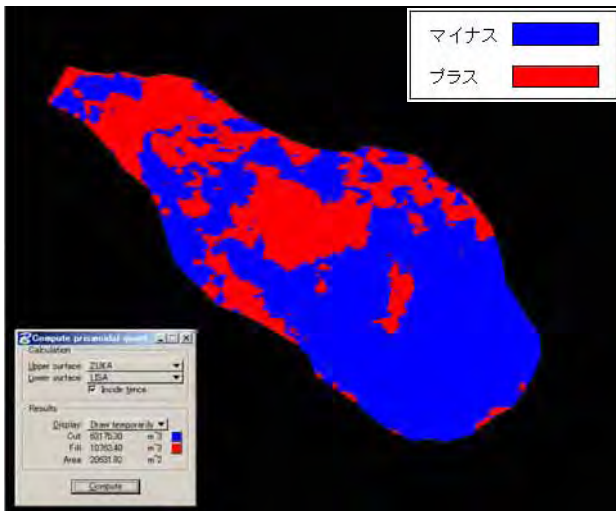


図-11 崩壊前の地盤高より+を表現した図

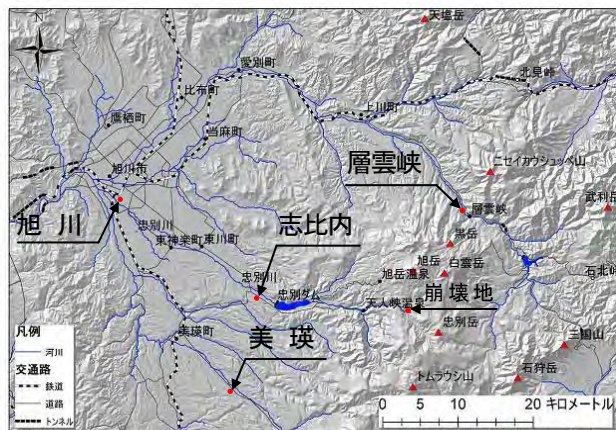


図-12 観測所位置図

2008年及び2005年の斜面崩壊が春先の雪解け時期であったことから、崩壊の引き金となった要因を気温・降雨・降雪量を過去20年からの傾向を把握し、考察することとした。

比較するデータは、1988年～1997年の平年値と1998年～2007年の平年値、2005年と2008年を比較した。

採用した観測所は忠別川ダム下流側近傍にある「志比内」観測所とした（図-12）。

また、降雪量は「志比内」では観測されていないので近傍の「旭川市・美瑛町・層雲峡」とした。

(1) 気温

気温は、旬毎の日平均気温を積算した。（図-13）に示す通り、近年になるにつれて、上昇傾向が見られ、温暖化がうかがえる。2008年においては4月の中旬あたりから平年より10日ほど早く気温が上昇しているのがわかる。2005年は6月上旬から気温の上昇が早まっている。2008年と2005年の共通点は、融雪期前まで低かった気温が速いペースで上昇していることがうかがえる。4・5・6月を詳細に見てみると（図-14）、2008年のは過年度平均気温より高い気温の日数が多かった。2005年は6月中旬から一時期、急激に気温が上昇している。

また、2008年の最高気温20℃以上になった日数を比べてみると4月は6日、5月は8日に対して過去20年平均が4月は1.0日、5月は6.6日と2008年の春は気温が高い日が

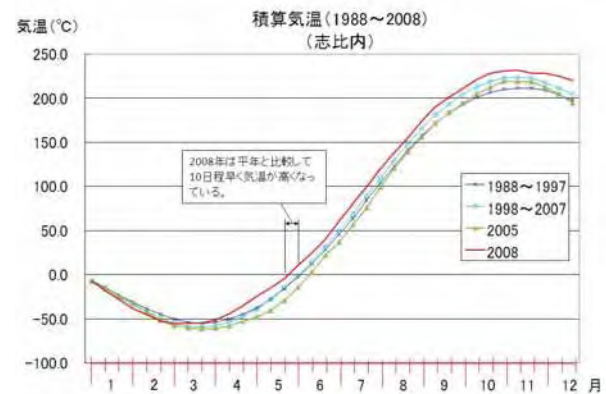


図-13 過去20年の積算気温グラフ

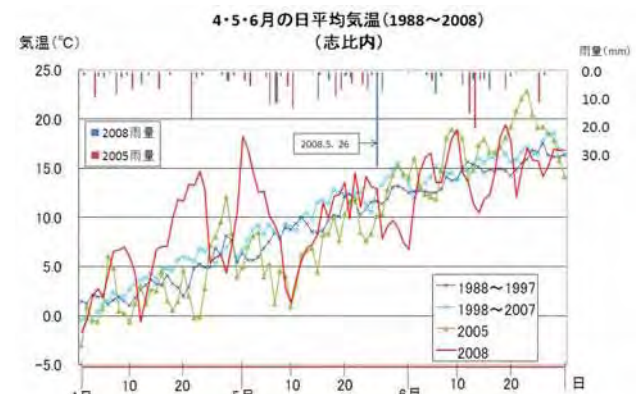


図-14 過去20年の日平均気温詳細グラフ

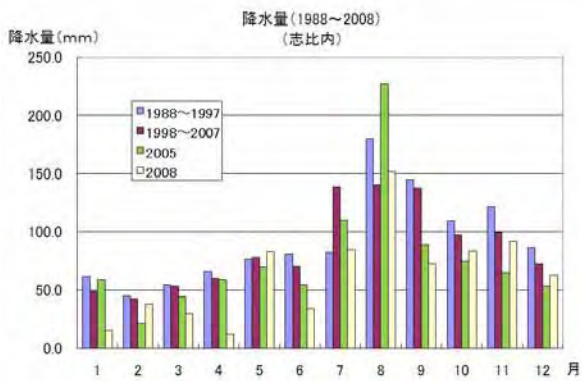


図-15 過去20年の降水量グラフ

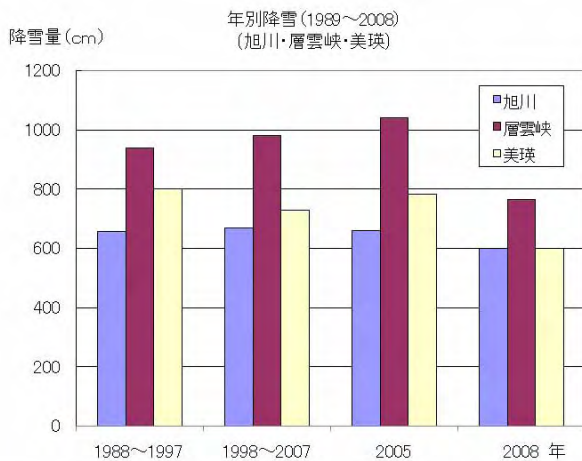


図-16 過去20年の降雪量グラフ

平年より多かった。また、最高気温の平均はが2008年4月が13.3℃、5月が16.3℃に対して過去20年均は4月が8.8℃、5月が16.1℃で、こちらも2008年の最高気温が高い傾向がうかがえる。

(2) 雨量

2008年の4・5月は、4月の降雨が極端に少ないのに対し5月の降雨が多い(図-15)。2008年5月26日に34.0mm/日の雨量が観測(図-14)されているが、斜面崩壊があったと思われる濁度が急上昇した5月31日まではまとまった雨が観測されておらず、5月26日の雨が直接斜面崩壊の起因になったかは不明であるものの、融雪が一気に進んだ可能性が高いと考えられる。

(3) 降雪量

2008年は過年度平年降雪量と比較する(図-16)と平年より少ないのに対し、2005年は平年より多いことがうかがえる。

(年の降雪量は前年の冬から当年の春までの積算)

(4) 気象データからの考察

以上のことから、2008年の4・5月は平年より気温が高く推移し、5月26日の降雨により融雪が進行して斜面崩壊の要因になった可能性が高いと考えられる。

5. まとめ

今回、斜面崩壊土砂量を把握するにあたり、航空レーザ測量と、過年度航空写真のDEMデータを比較する手法をとった。これは、既存の観測データがない、山間急崖地である箇所には有効な手段であるといえる。既存の地形データがないため、精度を検証するのは難しいが、崩壊土砂量を推定するにあたっては十分であると考えられる。

また、斜面崩壊の起因となったものを気象条件から考察を試みたが、4～5月の融雪期の気温の上昇と、日雨量30mmを超える降雨が斜面崩壊の要因となったことが推定できる。これは、この箇所に限ったことではなく、同様の地質・地形で構成されている大雪山周辺の急崖地形でも、今後、同様の気象要因で斜面崩壊が引き起こされる可能性がある。

また、気象庁が発表した地球温暖化予測情報第7巻によれば、寒冷期(12月～3月)の北海道での降雨量は標高300m以上では上昇傾向となり、気温上昇は3℃以上というシナリオが提示されており、大雪山周辺にはこうした不安定土砂が広く分布している可能性があることから今後、気象状況も踏まえて同様の地形を観察していく必要があると考えられる。

本調査では崩壊前の地形データの推定精度に若干の課題が残るものの、崩壊土砂量の推定という目的はおおむね達成できたと考える。

謝辞：本研究にあたっては、北海道開発局旭川開発建設部より貴重なデータの提供を受けた。また、気象庁旭川地方気象台には本研究に関するアドバイスいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 旭川開発建設部：石狩川上流直轄砂防のあゆみ、(財)北海道開発協会, 2006. 3
- 気象庁HP：過去の気象データ検索, 2009. 1. 8現在
URL : <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrm/index.php>
- 気象庁HP：地球温暖化予測情報, 2008
URL: <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/GWP/index.html>
- (財)日本測量調査技術協会：航空レーザ測量ハンドブック, 2004. 1