

山地流域における地質成因に着目した土砂生産と河道堆積土砂の移動実態について

THE INFLUENCE OF GEOLOGICAL COMPOSITION ON SEDIMENT FORMATION AND MOVEMENT IN MOUNTAIN WATERSHEDS

村上 泰啓¹・山下 彰司²

Yasuhiro MURAKAMI, Shoji YAMASHITA

¹正会員 独)寒地土木研究所 水環境保全チーム 主任研究員 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

²正会員 独)寒地土木研究所 水環境保全チーム 上席研究員 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

In the past several years, torrential rainfall has occurred and triggered serious slope failure disasters caused large socio-economic damage due to loss of life and property Japanese nationwide. Watershed sediment management is highly needed to conserve river eco-system and dam reservoir management. In August 2003, torrential rains caused severe damage in Hidaka subprefecture, Hokkaido Prefecture, and triggered more than 5,000 slope failures in the basin of the Nukabira River, a tributary of the Class-A Saru River. The Saru River basin is located west side of the Hidaka collision zone. This area covered with various geologic unit such as cretaceous sedimentary rock, accretionary complex, and serpentinite. Field investigations were made in 2004 and 2005 at the basin of the Souchubetsu River, a tributary of the Nukabira River. The slope failure ratio has increased from 0.4% to 2.2%, when the torrential rainfall disaster of 2003. The investigations found the following: 1) The Cretaceous sedimentary rock in the investigated area is gently sloping. Most part of the slope failures of this area was formed rotational landslides, at which most of the sediment remained on the slope. The basement rocks from failed slopes become less than a few millimeters cause of rapidly slaking. This makes the sediment readily transportable in the river channel even with light rainfall. 2) The accretionary complex is steeply sloping. Although most of the failed sediment is supplied to the river channel, sediment movement is not active.

Key Words : Field survey, Sediment transport, Slope failure, geology,

1. はじめに

豪雨により発生した斜面崩壊により、河道に膨大な土砂が流入・堆積する事例が全国で発生している。流砂系の総合的な土砂管理¹⁾を進める上で、斜面崩壊箇所や河道における土砂移動の量と質(粒径分布)のモニタリングは流域土砂動態を空間的・時間的に評価する上で重要であるといえる。近年では航空レーザー測量による土砂動態把握²⁾なども行われ、豪雨イベントなどにより広域に発生した土砂堆積・侵食状況を短時間に把握できるようになってきたといえる。筆者らの調査している沙流川流域は図-1に示す様に、プレート運動に由来した付加体堆積物、変成岩(蛇紋岩)、正常堆積物(白亜紀の蝦夷累層群、新第三紀の堆積岩など)などが混在しており、現地踏査の結果、斜面崩壊形態や土砂移動量は地質に強く影響される傾向がみられている。例えば、基盤岩が白亜紀堆積物(泥岩)の領域では円弧すべり状の斜面崩壊が非常に多く、崩壊した基盤岩が比較的短期間で数mm以下に

風化してしまうことなど、リモートセンシング的な調査では把握しにくい特徴が経年的な観察で明らかになっている。筆者らは、付加体堆積物と白亜紀堆積物が混在し、人的な攪乱が少ない総主別川流域において現地踏査を中

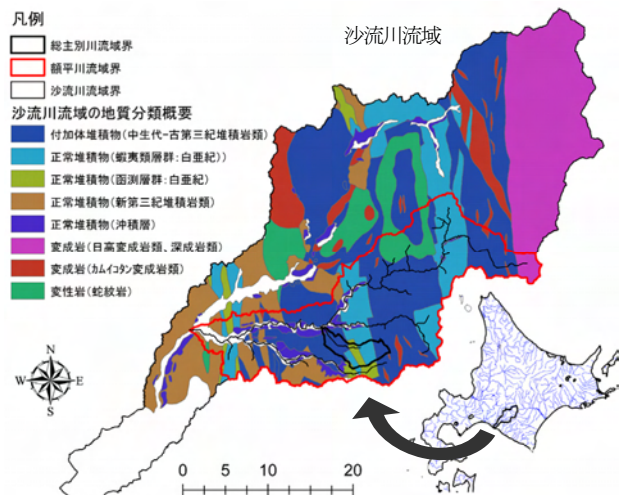


図-1 沙流川流域の地質分布

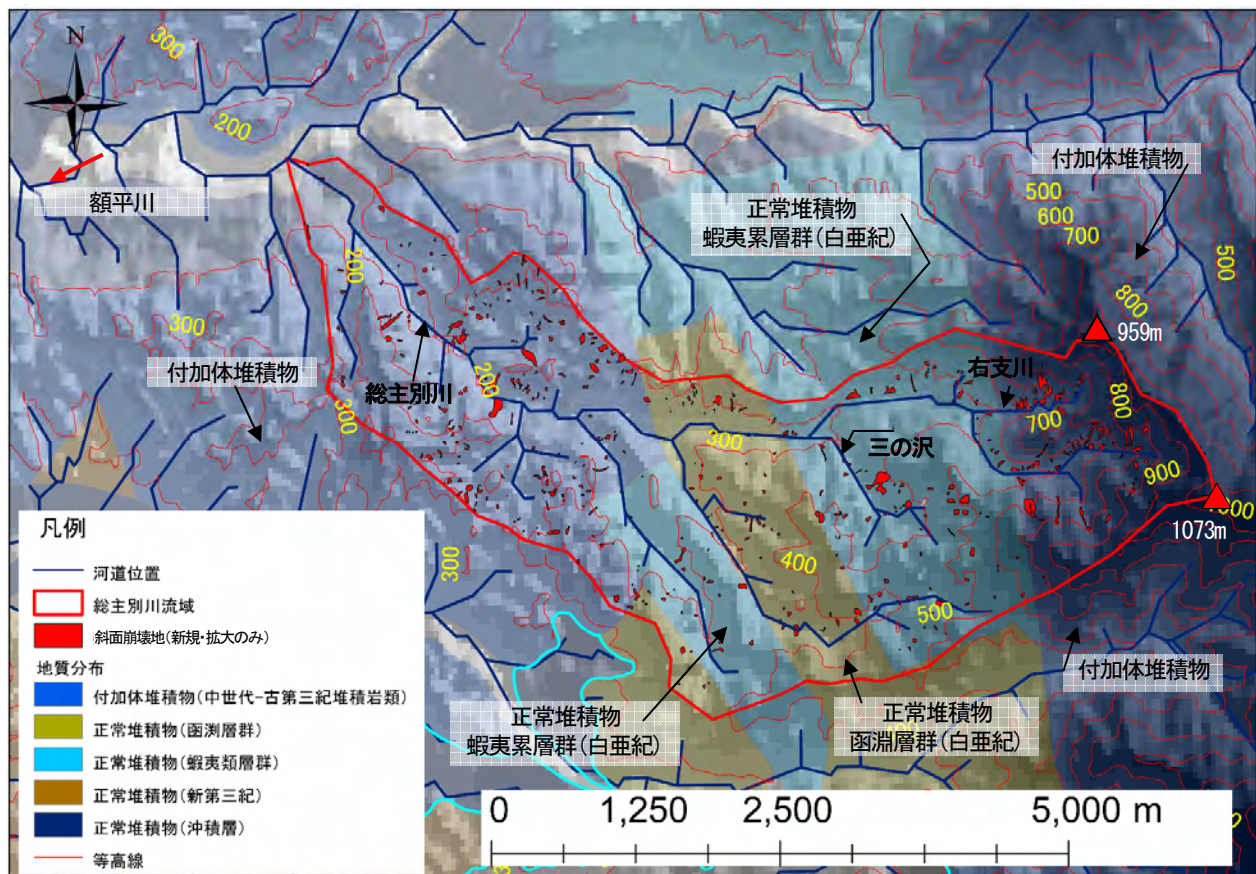


図-2 総主別川流域の地質及び崩壊地分布（国土地理院発行の50mメッシュ標高値，産業総合研究所発行の地質ベクトルデータを使用．崩壊地は2003年8月イベントで新規に発生・拡大したエリアを総主別川流域のみ表示．）

心とした調査を行い，地質に着目した山地流域特有の土砂生産，土砂輸送の実態について把握した結果をここで紹介する．

2. 総主別川概要

(1) 総主別川流域で発生した崩壊地

図-2には総主別川流域の標高・地質分布と崩壊地分布を示している．沙流川中上流域では，林道が復旧するまで出水後1年近くかかったところが少なくないのに対し，総主別川流域では，比較的林道復旧が早かったこと，取水や農業などの土地利用が皆無のため，河川周辺での人工的改変が極めて少ないことなどから，土砂移動状況をモニタリングするための調査流域とし，2004年9月より調査を開始した．総主別川における崩壊地面積率と崩壊地箇所数を2003年出水前後で比較したものが図-3である．崩壊地面積率，崩壊箇所数とも出水イベント前の約6倍に急増していたことが分かる．

(2) 総主別川の概要

a) 地形・地質：図-2に示されるように，総主別川流域の地質は大きく付加体堆積物と正常堆積物（白亜紀）の2つに分類される．日本地質学会が2000年2月に公表した「第一次地質基準」⁴⁾によれば，日本列島を構成する地質は，①正常堆積物，②沖積層，③付加体堆積物，④火山と火成岩，⑤深成岩，⑥変成岩の6つに大別される．付加体堆

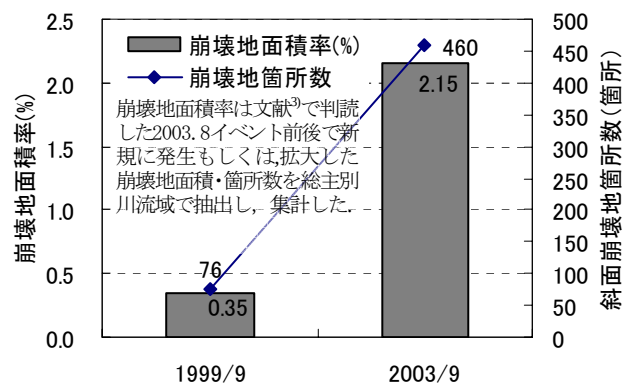


図-3 総主別川の崩壊地面積率・崩壊地箇所数変遷

積物とは，海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に，海溝の陸側斜面に海洋プレート上の堆積物が楔状の地質体として蓄積されるものの総称とされる．総主別川上流域における付加体堆積物に分類される領域では，チャート，緑色岩といった付加体堆積物特有の硬質の岩石が河床部や斜面露岩部に多く見られる．一方，正常堆積物に分類される白亜紀堆積物の領域では，泥岩・砂岩が大部分であり，前述のチャートや緑色岩はほとんど見られない．地形に着目すると，図-2の等高線に示すように，付加体堆積物領域の等高線は白亜紀に比べ密度が高く，比較的急峻な地形を形成していることが分かる．

b) 崩壊地：2003年8月イベント直後に撮影した航空写真

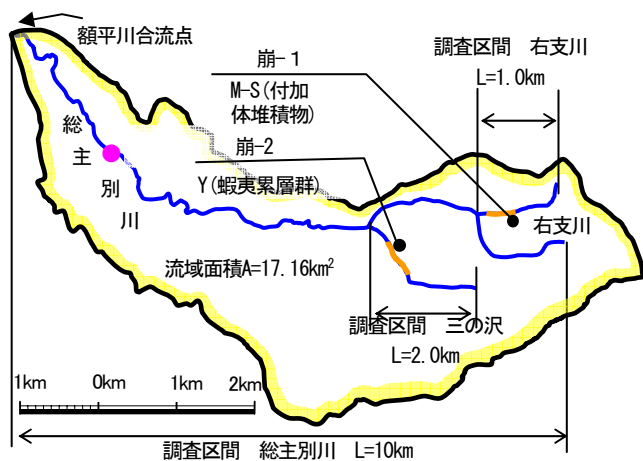


図-4 総主別川河道調査位置図

から、総主別川における崩壊地分布を判読したが、前述したように、付加体堆積物と白亜紀堆積物領域では地盤を構成する基岩の構成が異なるため、空中写真による判読だけでは、崩壊地がどういった形態で発生しているか、また、崩壊地からどのように土砂が河道に供給されているのかなどの状況は不明であった。このため、筆者らは平成16年より総主別川の本川、2支流の現地踏査を行い、河道周辺の崩壊地状況、土砂の堆積・侵食状況を簡易横断面図やスケッチ、ルートマップに整理し、更に経年的な比較を行うことで、河道における土砂堆積・侵食状況の変化を把握することを試みた。

3. 調査手法

(1) 河道踏査

現地踏査は総主別川本川（延長約10km）、総主別川上流右支川（延長約1km）、三の沢（延長約2km）について、溪流の概要を把握することを目的として、図-4の範囲で実施した。調査にあたっては、土砂移動のポイントとなる地点においてレベルを用いた簡易断面測量及びスケッチ（本川20箇所、右支川6箇所、三の沢8箇所）を作成するとともに、簡易平面図（ルートマップ）を作成した。簡易断面測量及びスケッチ箇所では洪水による影響を受けないよう左右岸に1箇所ずつ木杭または岩盤に金属鋸を設置した。河道における移動土砂量の把握は図-5に示すような2時期の簡易横断面測量結果の比較により、堆積・侵食領域の断面積を求め、踏査により作成した簡易平面図を参考に距離を乗じて侵食・堆積土砂量を求めた。土砂量推定の精度向上を期するため、河道の露岩部、沢の流入部、林道横断面などを参考に土砂量が過剰に評価されないような位置で測線を設定した。断面の平均間隔は、総主別川本川調査区間（約10km）で約310m、右支川調査区間（約1km）で約55m、三の沢調査区間（約2km）で約80m程度となった。断面間距離は測量機器による光波測距で求めており、推定された土砂量の精度は必ずしも高いとはいえないが、河道における土砂動態を量的に把握するための手法としては、こうした踏査による調査手法は実用上十分

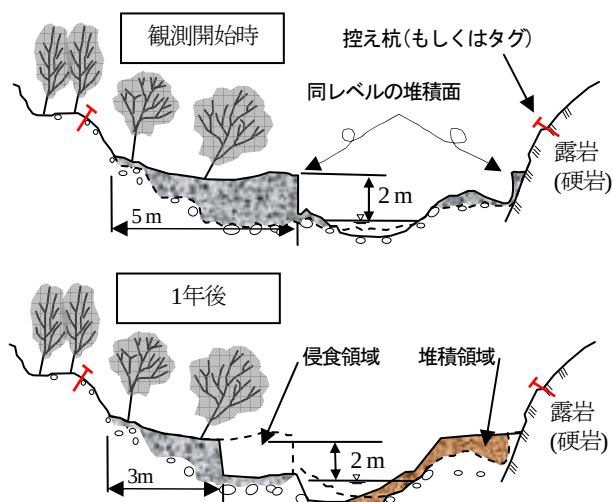


図-5 簡易横断面図による出水前後の河床形状比較例



図-6 崩壊地調査位置図

な精度は確保されているものと思われる。なお、図-9～図-11に示す流出土砂量とは、侵食土砂量と堆積土砂量を河道上流端から各々累計し、差し引いて求めた結果であり、下流方向に累計した再移動土砂量を示す。

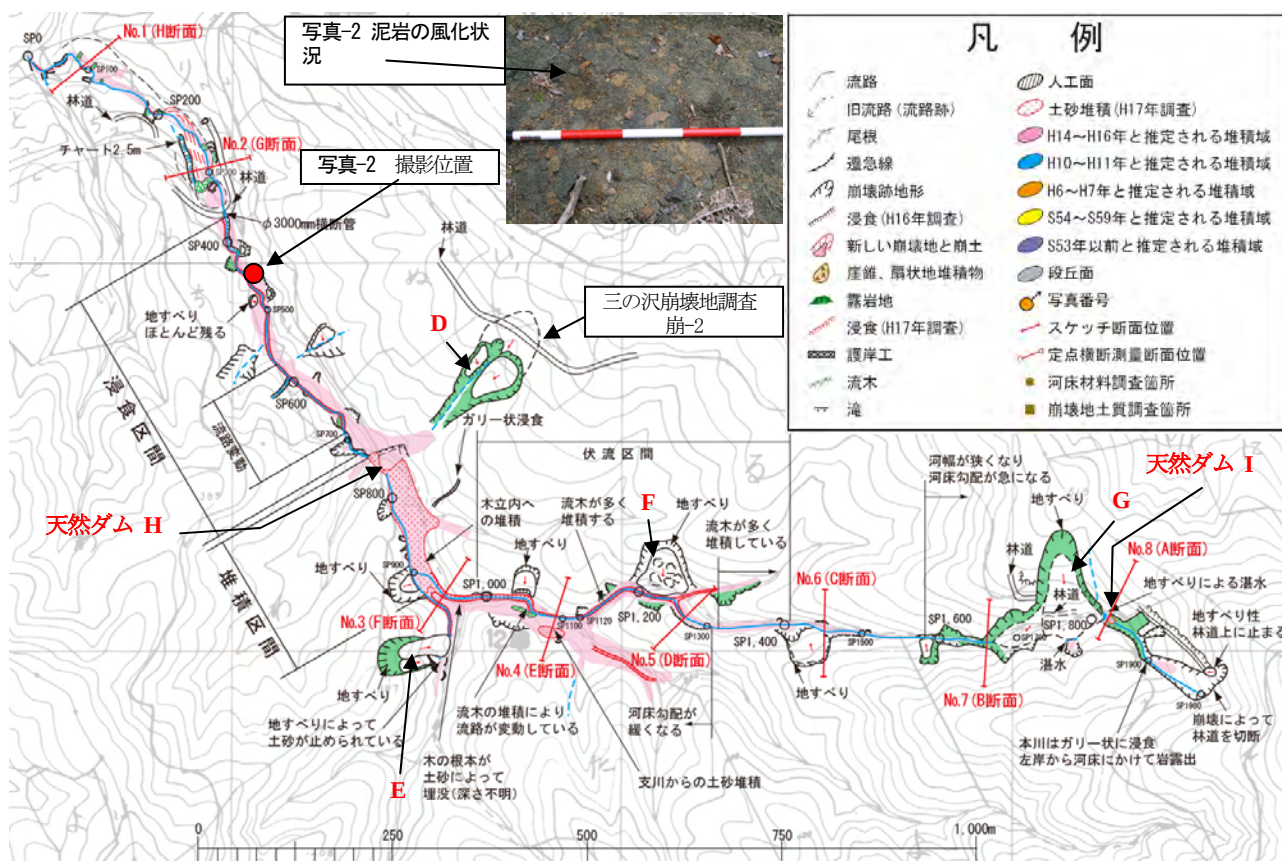
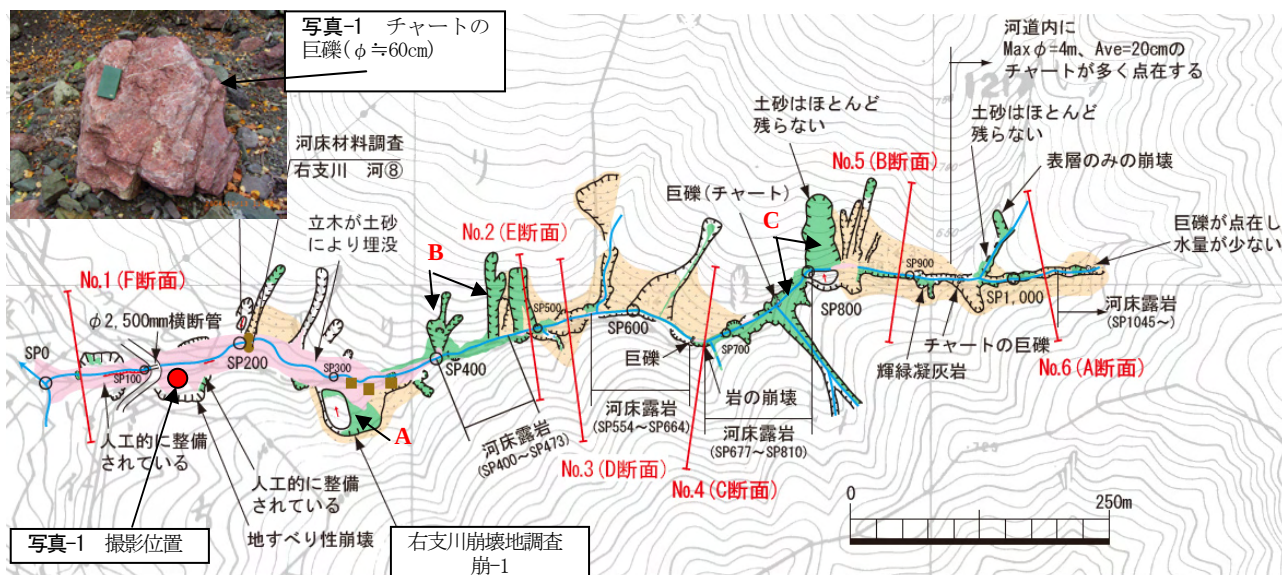
(2) 崩壊地踏査

崩壊地調査は、崩壊地の変動状況、土質変化状況を把握するための断面観測、埋設鉄筋変位観測、写真撮影などを行うとともに、河道踏査同様の簡易平面図（ルートマップ）の作成を行った。調査箇所は図-6に示す、右支川崩壊地（崩-1）、三の沢崩壊地（崩-2）、額平川崩壊地（崩-3）、沙流川崩壊地（崩-4）、オパラダイ川崩壊地（崩-5）の計5箇所とした。また、崩壊地の崩積土を採取し、粒度試験を行い、経時的な変化も別途把握している。

4. 調査結果

(1) 右支川における土砂動態

右支川は総主別川の最上流部に位置し、地質は付加体堆積物に分類され、当該流域では急峻な山地を形成する。右支川踏査や豪雨前後のリモセン画像比較の結果、河道周辺で発生した崩壊地は露岩箇所が多く、崩壊地から発生した土砂はほぼ全量が河道に供給されているように見



受けられる。また、河床や崩壊地斜面部に基岩とみられるチャートや緑色岩が露出する箇所が散見される。図-7は現地踏査により作成したルートマップ（簡易平面図）である。前述したように、河道周辺に分布する崩壊地（図中 **A, B, C** で示す箇所）は露岩している。調査区間の河道勾配は1/10から1/2と急勾配であるにも関わらず、2004年9月～2005年9月までの流出土砂量は400m³程度（図-9）

であった。この理由として、右支川の河床材料がチャートや緑色岩などの硬質な岩石由来であり、表層の河床材料の粒径が数cmから1m程度の比較的粗いものから構成されていることによるものと考えられる。

(2) 三の沢

三の沢は右支川よりも約1.5km下流で総主別川本川に合流し、流域の地質は大半が白亜紀の正常堆積物(蝦夷累

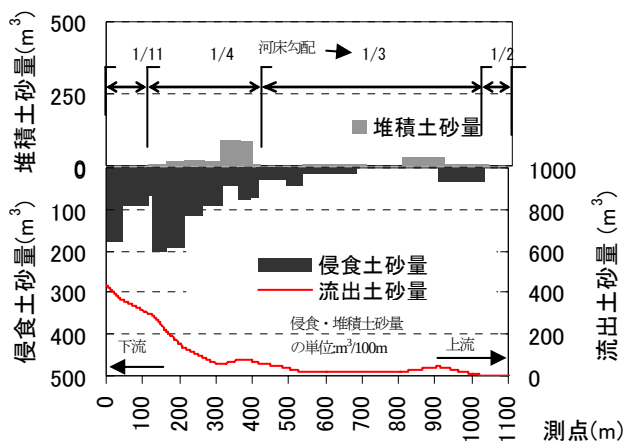


図-9 右支川の堆積・侵食土砂量('04.9-'05.9)
(測点は総主別川合流点からの距離を示す)

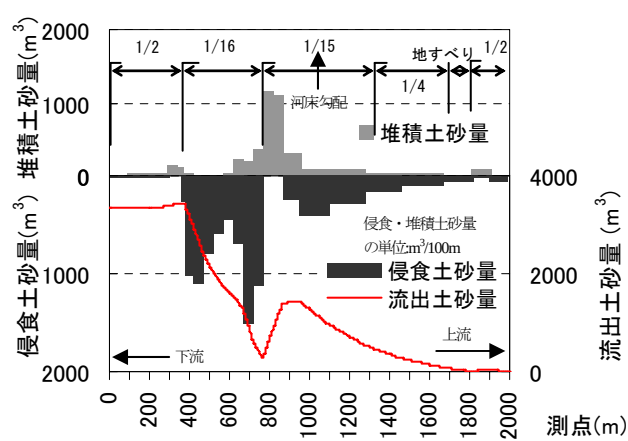


図-10 三の沢の堆積・侵食土砂量('04.9-'05.9)
(測点は総主別川合流点からの距離を示す)

層群)に分類される。蝦夷累層群は前弧海盆と呼ばれる浅い海で堆積した泥岩砂岩の互層を主な基岩としている。蝦夷累層群における崩壊地では、崩壊した基岩が数日～数週間で数ミリ以下に風化(スレーキング)する特徴を持つことが、現地調査で明らかとなっている。図-8は踏査により作成した三の沢のルートマップである。これによれば、河道周辺の崩壊地はそのほとんどが地すべり状(図中 D ～ Gで示す箇所)のものであり、崩壊土砂の全量が河道に供給されるようなものは少ない。むしろ、崩壊土砂の大半は崩壊斜面が滑動途中で停止したように見受けられる。崩壊土砂が河道を塞いだ箇所では、天然ダムが形成されている箇所も散見(図-8中 H及びI)された。斜面崩壊から1年以上経過したのち、天然ダムの湛水面はほぼ消失したが、図-8の天然ダム箇所では河道を横断する形で崩壊土砂が残っており、上流側に堆積傾向、下流側に侵食傾向がみられている。三の沢の河道勾配は1/26～1/2と右支川に比べ緩やかであるにも関わらず、土砂流出量は3,000m³(図-10)を超えた。この理由としては、前述した崩壊土砂の風化による細粒化が大きく原因しているものと推察される。

(3) 総主別川本川

上流2支川とも侵食傾向であったが、総主別川本川においても、図-11に示すように、全般的に侵食傾向であるといえる。河道勾配は1/43-1/5と上流2支川に比べ比較的緩やかであるが、流出土砂量は約12,000m³に達した。支川からの土砂流入の影響は読み取りにくい、侵食・堆積区間が交互に発生しているように読み取れる。

5. 崩壊地踏査による崩壊箇所の土砂動態

図-5に示した地質別に選定した5箇所の斜面崩壊地において、崩壊斜面全体をカバーする範囲で測線を3, 4本設定し、測点間の変化量と、固定点(鉄筋)を数本設置し、河道側に設けた基点からのXY座標のずれを計測し、経年的な変化量をみてみた。なお、ここでは総主別川流域に

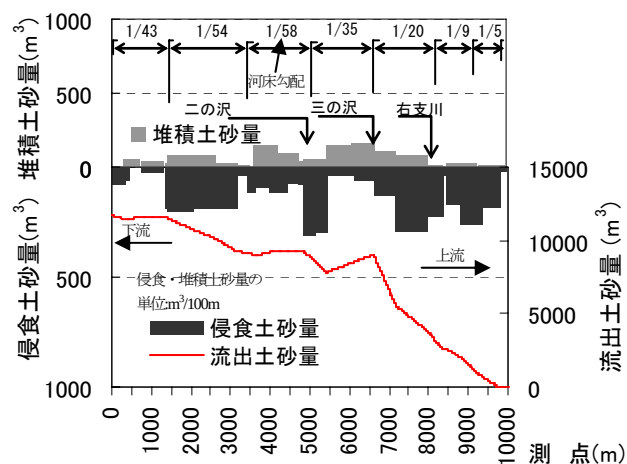


図-11 総主別川本川の堆積・侵食土砂量('04.9-'05.9)
(測点は額平川合流点からの距離を示す)

設定した崩壊地2箇所についてのみ観測結果の概要を述べる。

(1) 崩-1: 総主別川最上流部右支川の崩壊地である。地質は付加体堆積物に属し、急傾斜の山腹斜面峻に発生した崩壊地である。図-12に示した簡易平面図によれば、崩壊地上部は基盤岩が露岩しており、下部に崩壊残土と思しき土砂が若干堆積している。2004年、2005年の観測結果の比較により、崩壊地内外に設置した測点の移動は最大でも2, 3cm程度であり、土砂移動量もほとんど無かったといえる。

(2) 崩-2: 三の沢における最大級の地すべり崩壊地である。地質は白亜紀堆積物(蝦夷累層群)に属する。図-13に示した簡易平面図によれば、崩壊地上方(図-13では右上)には林道が通っており、周辺には滑落崖と見なされる連続したひび割れが観察され、明らかな円弧滑りタイプの地すべり地形を呈していると見なされる。しかも、樹木の繁茂状況から2003年8月の豪雨イベントの前に滑った痕跡も認められたことから、調査した崩壊地は今後も降雨

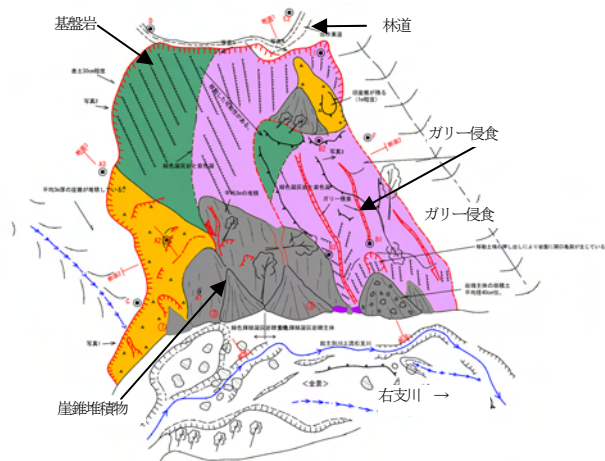


図-12 右支川の崩壊地(崩-1)簡易平面図

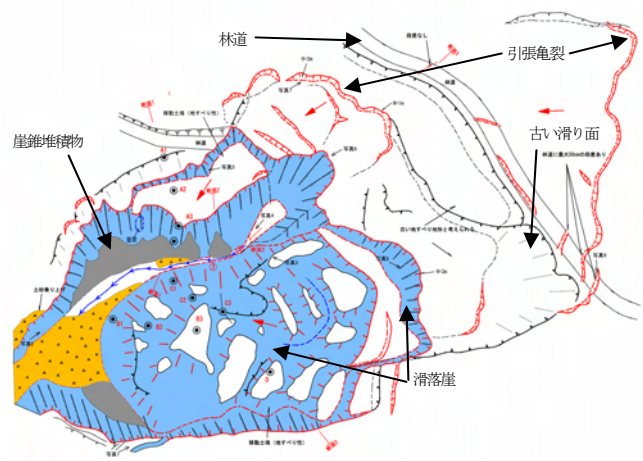


図-13 三の沢の崩壊地(崩-2)簡易平面図

規模によっては滑動し、河道に土砂を供給する可能性が強い。2004年～2005年調査においては、設定した測線での土砂移動は1-2cm程度であり、固定点(鉄筋)の位置座標も1-2cm程度と極めて小さな変動しか認められなかった。

蛇紋岩の露頭箇所(図-5の崩-4)では、粘土化した蛇紋岩が地すべり状の形態で沙流川本川に土砂を供給しており、土砂量計測のための固定点(鉄筋)が翌年にはほとんど流出するなど、土砂量の把握が困難であった。これ以外の崩壊地である、崩-3、崩-5の崩壊地においては、図-12の崩壊箇所と同様、2004年～2005年の間での土砂移動量は極めて少ないという結果となった。

6. 結論

調査流域では地質により斜面崩壊及び土砂移動のパターンが異なることが明らかとなった。

1) 付加体堆積物：急峻な地形が形成されており、斜面崩壊地では基盤岩がすべり面となり、崩壊土砂の大半が河道に供給されている。河床に見られる土砂にはチャート(図-7中の写真-1)、緑色岩などの海洋地殻上で堆積・形成された付加体特有の岩石が非常に多く見られる。2004年から2005年にかけては大きな降雨イベントもなかったため、河道の土砂移動量は大きなものではなかった。

2) 正常堆積物(白亜紀堆積岩)：付加体堆積物箇所 비해緩やかな地形が形成されており、斜面崩壊は地すべりによるものが多く見られた。地すべり状の崩壊は土砂の一部を河道に供給したのみで、降雨などの誘引によりまた地すべりが再開する可能性が高い。また、当地の白亜紀堆積物の泥岩・砂岩は容易にスレーキング(図-8中の写真-2)し、細粒化するため、河道の勾配が比較的緩やかでも土砂移動量は比較的大きい。

3) 地質別の崩壊地5箇所で行った土砂動態調査の結果、H16-H17間における土砂動態は蛇紋岩の露頭箇所を除き極めて小規模であり、その後の融雪、降雨イベントでも著しく土砂が移動したという形跡は認められない。つまり、いったん崩壊した箇所はこれまで(2005年末段階)の

ころ、安定傾向にあるものとみられる。

白亜紀に形成された地質として代表的な四万十層群⁴⁾は、付加体として分類されており、前述のような風化(スレーキング)現象についての記述は見当たらない。蝦夷累層群の場合は浅い海で堆積した土砂が日高造山運動に伴って隆起したとされ、正常堆積物として分類されている。このように、基岩の風化特性は地質形成過程にも影響されることが考えられるため、河川流域の土砂生産を考慮する上で、留意する必要があるといえる。

謝辞：本研究は国土交通省北海道開発局の受託研究費による補助を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 流砂系の総合的な土砂管理に向けて、河川審議会総合土砂管理小委員会報告, Oct, 1998.
- 2) 柏原佳明, 小川紀一郎, 清宮大輔, 井原伸浩, 綱木亮介, 椎葉秀作, 武笠裕美, 木本智史: 航空レーザー計測による雨畑川流域の土砂移動, 柏原佳明, 砂防学会研究発表会概要集, pp342-343, 2004. 5
- 3) 平成15年台風10号北海道豪雨災害調査団報告書, 土木学会水工学委員会, 第3章, p45-65, 2004
- 4) 日本地質学会地質基準委員会編著, 地質基準, 共立出版株式会社, 2001

(2006. 9. 30受付)