

# 豪雨インパクトを受けた河川流域における土砂・流木動態について

独立行政法人北海道開発土木研究所 環境水工部 環境研究室  
主任研究員 村上 泰啓

## 1、はじめに

山地流域における土砂動態の把握は総合的土砂管理<sup>1)</sup>を進める上で極めて重要といえる。豪雨時、斜面崩壊によって河道に流入した土砂は、その後の降雨による出水によって粒径や勾配に応じて堆積、再移動を繰り返す。このような流域全体の土砂移動を把握するためには、平常時及び大規模な出水時に流域全体を調査する必要があるが、特に出水時の土砂動態の把握は表面採水で把握可能な浮遊土砂を除き、極めて困難といえる。現在、降雨の斜面流出を考慮した流域土砂動態推定<sup>2)3)</sup>の試みもなされており、今後、気象条件の変化、土砂の粒径分布、横断構造物などを考慮した流域全体で土砂動態を予測可能な実用的数値モデルの開発が望まれる。

平成 15 年 8 月、台風 10 号と前線によりもたらされた豪雨により、一級河川沙流川の平取基準点では昭和 37 年観測以来最大の流域平均 48 時間雨量 307mm を観測し、各所で斜面崩壊、氾濫、土砂・流木の流出により田畑、人家、橋梁が被災した。特に土砂と流木被害は当時社会的な関心が集まった。ここでは、流域内の土砂・流木動態を現地調査、航空・人工衛星画像解析の結果を踏まえて推定した結果を報告する。

## 2、洪水被害概要

2003 年 8 月、一級河川沙流川流域周辺では台風 10 号の影響により活発化した前線により 300mm～400mm に達する豪雨(図-1)がもたらされ、多くの橋梁や農地が氾濫流や流木で被災し、人命も失われた。沙流川河口から上流約 20km に位置する二風谷(にぶたに)ダム貯水池では、5 万 m<sup>3</sup> に及ぶ流木が堆積し、貯水池内には平年値の 2 年分に相

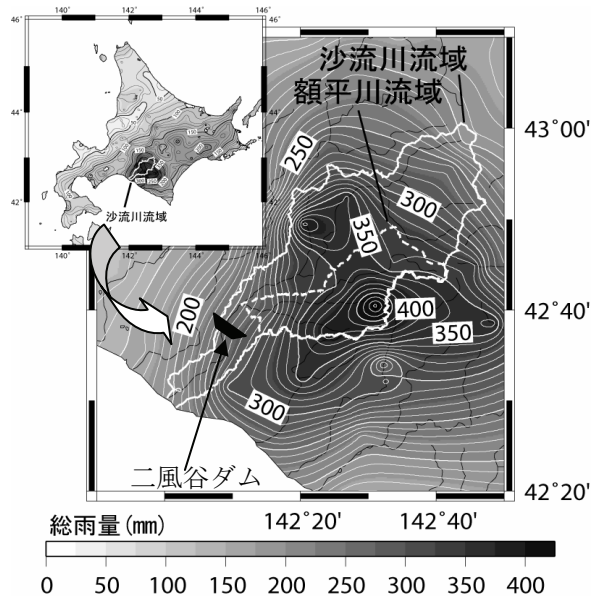


図-1 2003 年 8 月豪雨における全道総雨量分布(8/8～8/10 の地上雨量計及びアメダス雨量計資料<sup>4)</sup>)。作図は GMT を使用。

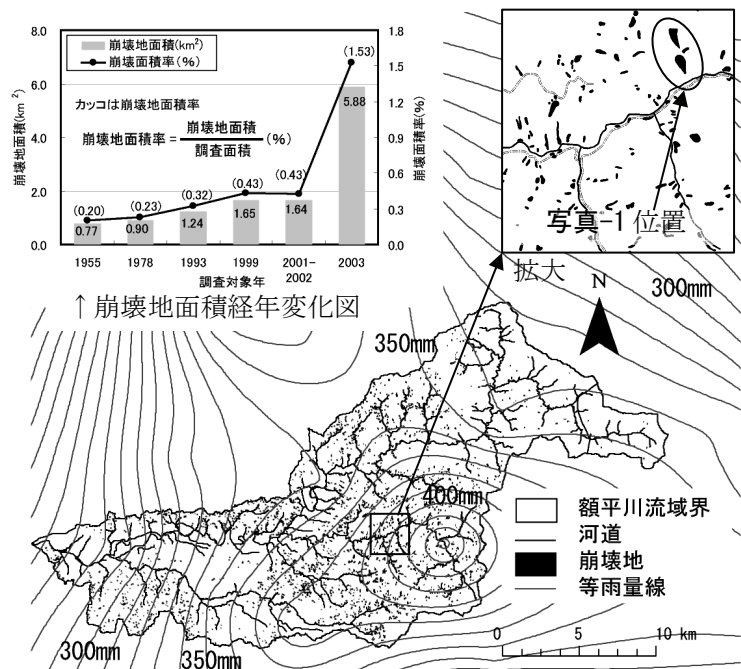
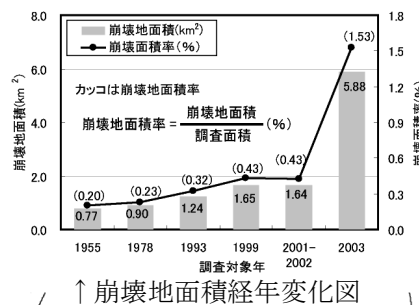
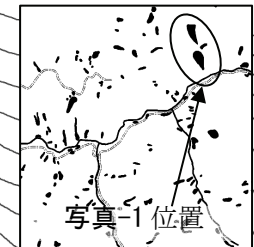


図-2 額平川流域における新規・拡大崩壊地分布と総雨量の等雨量線図。作図は ArcMap9.0 を使用。



↑崩壊地面積経年変化図



拡大 N 300mm

当する土砂<sup>4)</sup>が堆積した。筆者らが二風谷ダム貯水池直上流で合流する支川額平(ぬかびら)川(流域面積 384km<sup>2</sup>)で崩壊地調査を行ったところ、図-2 に示す様なぼう大な新規・拡大崩壊地が判読された。同図左上に示した崩壊地面積変遷図によれば、崩壊地面積が直近年の約 3.6 倍に急増した<sup>4)</sup>。現地踏査により、写真-1 に示す様な河道への大量の土砂や流木の供給が見られており、まず、額平川流域全体でどれほどの崩壊土砂や流木発生があり、収支がどうだったかを推定してみた。

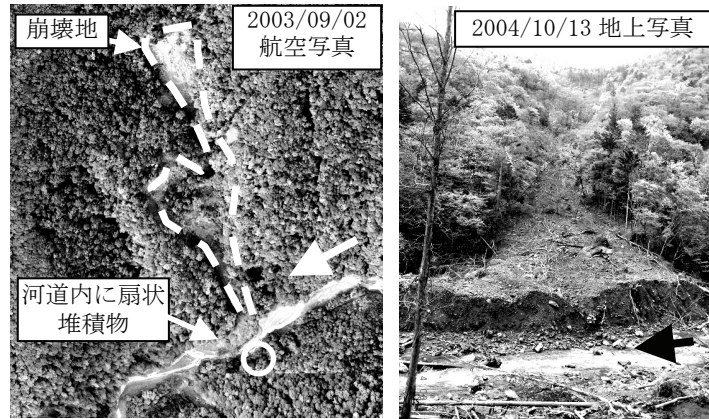


写真-1 崩壊地からの土砂供給状況の例(宿主別川上流右岸、額平川合流点より約 10km)：河道内に扇状の堆積物が形成されている。写真内白丸は地上撮影箇所

### 3、崩壊土砂量の推定

ここでは、本イベント後に発生した崩壊土砂、流木発生量と収支の推定を行なった。調査フローは図-3 に示す。

#### 3. 1、崩壊土砂量の推定

新規・拡大崩壊地は豪雨イベント前後の崩壊地判読結果の比較から決定し、形状を GIS 上で整理し、地質、植生、勾配、降雨量、地質との関連性を持たせた。さらに、現地調査により地質別に崩壊深を把握した結果を用い、崩壊地面積に地質別崩壊深を乗じて、崩壊土砂量を求め、結果を表-1 に示した。崩壊土砂量の推定にあたっては、河道への土砂供給に寄与したと想定される崩壊地とそうでないものを「河道に到達」、「河道から独立」と分類した。これによれば、斜面崩壊に伴って発生した土砂量は約 800 万 m<sup>3</sup>(実質体積 540 万 m<sup>3</sup>)と推算され、内訳として、「河道まで到達」した崩壊地の崩壊土量は約 250 万 m<sup>3</sup>(実質体積=170 万 m<sup>3</sup>)、「河道から独立」した崩壊地では約 550 万 m<sup>3</sup>(実質体積=370 万 m<sup>3</sup>)となった。ここで、地山の単位体積重量 1.8t/m<sup>3</sup> は既往資料<sup>6)</sup>に示された風化岩地山の値であり、土砂の単位体積重量は 2.65t/m<sup>3</sup> を用いた。

3. 2、現地踏査結果を用いた河道堆積・浸食量の推定

ここでは、額平川流域でも特に降雨量が多かった図-4 に示す主要な 2 支川(宿主別川、貫気別川)の本イベント前後(7月、11月)の踏査資料<sup>5)</sup>と額平川における出水

#### 崩壊土砂・流木収支調査フロー

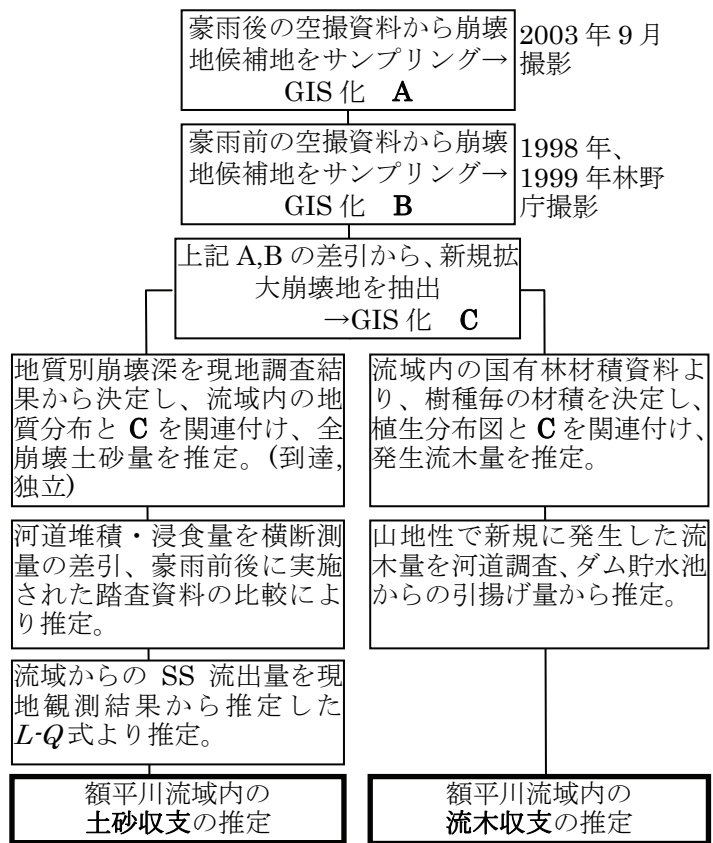


図-3 崩壊土砂、流木収支推定フロー

前後(2001~2003年11月)の横断測量資料等を元に、河道堆積・浸食量を求めた。宿主別川と貫気別川の堆積・浸食量の推定は、出水前後に河道沿いに行なった現地踏査を行った際に作成した簡易横断図(図-4)を元に、断面積の増減に延長を乗じ、変化量を算出している。

#### 4、額平川の土砂・流木収支の推定

##### 4.1、土砂収支の推定

流域全体の崩壊土砂量、河道における堆砂量を図-5、表-2の様分析した結果、本イベントにおいて発生した額平川流域の土砂の動態は次のように整理できる。額平川、宿主別川、貫気別川の河道調査区間には約100万m<sup>3</sup>(実質体積)の土砂が堆積し、貫気別観測所のSSの通過量約48万m<sup>3</sup>と合わせた約150万m<sup>3</sup>は、河道に到達した崩壊土砂量(実質体積170万m<sup>3</sup>)に匹敵する。

ただし、実際には今回未調査の沿岸部・河道部からの土砂供給も考えられるため、土砂生産量としてはさらに多い可能性がある。なお、二風谷ダム貯水池には年間平均(1997年~2002年の平均)で約36万m<sup>3</sup>(実質体積)が堆積しているが、本イベント前後(7月、9月)の貯水池内深淺測量結果の比較で、約85万m<sup>3</sup>(実質体積)と、2カ年以上の土砂堆積が起こったことが把握さ

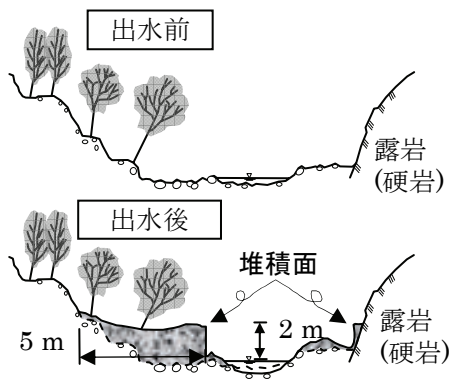


図-4 簡易横断図による出水前後の河床形状比較例<sup>5)</sup>

表-1 崩壊土砂の推定量(土砂量は空隙含む)

地質分類	崩壊地箇所数(箇所)	崩壊地面積(km <sup>2</sup> )	崩壊深(m)	発生土砂量(m <sup>3</sup> )	
				到達	独立
沖積層	56	0.05	1.00	31,000	19,000
			0.50	2,000	0
段丘・崖錐	49	0.05	2.00	52,000	38,000
			1.00	0	0
新第三紀堆積岩類	327	0.24	1.93	187,210	204,580
			0.97	21,230	10,615
函淵層群	160	0.16	2.41	113,270	248,230
			1.21	2,410	13,255
蝦夷層群	865	1.16	2.41	853,140	1,650,850
			1.21	78,325	66,275
中生代~古第三紀堆積岩類	2,440	3.01	1.36	928,880	2,740,400
			0.68	131,920	80,240
日高変成岩類	23	0.04	0.75	0	27,750
			0.38	0	1,125
カムイノミ変成岩類	59	0.07	0.75	9,000	34,500
			0.38	0	4,125
蛇紋岩	194	0.28	1.36	31,280	319,600
			0.68	17,680	0
	4,173	5.06	-	2,459,345	5,458,545
				7,917,890	

崩壊地の形状を回転楕円体の1/2と仮定すると、 $V=2/3 \times S / \cos\theta \times D$ 、ここで、 $V$ :崩壊土砂量、 $S$ :崩壊地面積、 $D$ :崩壊深(斜面に対する垂直深さ)、 $\theta$ :崩壊地の傾斜。斜面の平均傾斜を45度すると、 $V=0.943 \times S \times D \approx S \times D$ となる。

到達:「河道まで到達」した崩壊地、独立:「河道から独立」した崩壊地。

崩壊深の上・下段は崩壊深の深い・浅いを表し、浅い崩壊深は深い崩壊深の半分。深い崩壊深は地質別の崩壊深調査結果による。

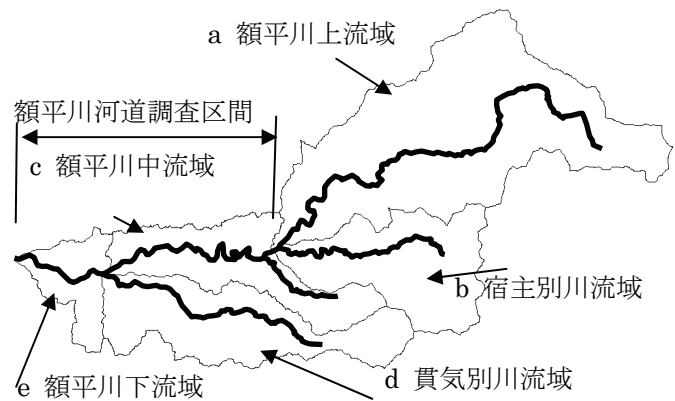


図-5 額平川流域分割図

表-2 調査区間における崩壊土砂量と河道堆積量

	崩壊土砂量(万m <sup>3</sup> )	河道堆積(万m <sup>3</sup> )	土砂貯留率※ (%)
a 額平川上流域	340(230)	未調査	-
b 宿主別川流域	210(140)	74(50)	35(=b <sub>2</sub> /b <sub>1</sub> )
c 額平川中流域	120(80)	2.2(1.5)	11(=(b <sub>2</sub> +c <sub>2</sub> )/(a <sub>1</sub> +b <sub>1</sub> +c <sub>1</sub> ))
d 貫気別川流域	110(75)	40(27)	36(=d <sub>2</sub> /d <sub>1</sub> )
e 額平川下流	20(14)	35(24)	
f 合計	800(540)	150(100)	19(=f <sub>2</sub> /f <sub>1</sub> )

※ 土砂貯留率は対象エリア上流域の支川の崩壊土砂量に対する河道堆積量の比率。数式の英文字は流域、サフィックスは崩壊土砂量と河道堆積量を表す。数値の下段括弧は土砂の実質体積<sup>\*\*</sup>。 ※※ 実質土砂体積=土砂体積×1.8(t/m<sup>3</sup>)/2.65(t/m<sup>3</sup>)

土砂体積は全て空隙無しの実質体積に換算

\*)：崩壊地の内、河道に到達したと見なされる崩壊地。  
 \*\*)：崩壊地の内、河道に到達していないと見なされる崩壊地。

SS 通過量のデータ集計期間：  
 2003/08/09 01:00-  
 2003/08/12 00:00

図-6 額平川流域の土砂動態 (推定)

本イベント後、二風谷ダム貯水池に堆積した5万m<sup>3</sup>の流木の内、山地性の樹種で、新規に生産されたと推定される額平川流出分。便宜上、二風谷ダムへの流入量と額平川の流入量比(約0.414<sup>4)</sup>)で配分した。

二風谷ダム  
2.6~3.4千m<sup>3</sup>

図-7 額平川流域の流木動態 (推定)

山地性樹種で、新規に発生した流木に着目して流木収支を取りまとめ、図-7に示した。これによれば、流域全体で発生した流木量は81千m<sup>3</sup>であり、崩壊地で発生して河道に到達した流木量はその約3割に相当する26千m<sup>3</sup>であった。崩壊地から発生して河道に到達した流木のうち、約1割が貯水池に流達するという結果が得られた。

### 5、おわりに

ここでは、豪雨による斜面崩壊の発生土砂量・流木量を空撮判読と現地調査により求め、流域内での収支の推定を試みた。航空写真を用いた崩壊地判読は人手に頼る結果、時間とコストがかかる欠点がある。今後は SPOT に代表される中解像度衛星画像を活用した、迅速かつ低コストな災害調査のノウハウを蓄積するほか、崩壊地のモニタリング、河道土砂の下刻のモニタリングを継続し、土砂流入インパクトのあった河川流域における土砂流出動態を明らかにしていきたい。

謝辞：本研究は国土交通省北海道開発局の受託業務による補助を受けて行ったものである。また、北海道開発局から合成済みレーダー雨量、現地調査資料等の提供を頂いた。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) ウォンササニット, 清水康行, 村上泰啓: 2003年台風10号による北海道日高地方河川の洪水流出及び土砂動態特性について, 水工学論文集, 第48巻, pp. 1099-1104, 2004.
- 3) 高橋保, 井上基行, 中川一, 里深好文: 山岳流域における土砂流出の予測, 水工学論文集, 第44巻, pp. 717-722, 2000.
- 4) 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, pp. 55, 2004.
- 5) 室蘭開発建設部, 沙流川総合開発事業の内沙流川土砂生産調査検討業務, 2004. 3.
- 6) 新・斜面崩壊防止工事の設計と実例, 急傾斜地崩壊防止工事技術指針作成委員会編, 建設省河川局砂防部監修, 社団法人全国治水砂防協会, 1996. 11.

表-3 発生流木量と崩壊地面積<sup>4)</sup>

植生	崩壊地個数(箇所)	崩壊地面積(km <sup>2</sup> )	材積(m <sup>3</sup> )
針葉樹林	226	0.293	4,681
針広混交林	1,308	1.765	27,942
広葉樹林	1,514	1.835	29,772
植林地	812	0.748	12,149
伐採地	136	0.158	2,553
高山地	12	0.018	291
ササ地	120	0.182	2,853
牧草地	27	0.028	428
水田	1	0.001	9
畑	3	0.001	22
水辺の植生	11	0.032	551
その他	3	0.003	55
合計	4,173	5.064	81,307

到達：「河道まで到達」した崩壊地, 単独：「河道から独立」した崩壊地。

れた。

### 4. 2、流木収支の推定

次に発生流木量とその収支については、国有林の材積資料を元に、崩壊地面積に樹種別材積(m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>)を乗じて発生流木量(表-3)を求め、現地調査結果から求めた流木の河道・ダム堆積量から、山