

二風谷ダム流域における崩壊地判読と土砂・流木収支の推定

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 水環境保全チーム 村上泰啓
独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 寒地河川チーム 渡邊康玄

1. はじめに

2003年8月9日～10日にかけて、一級河川沙流川流域周辺では活発化した前線により観測史上最大の豪雨がもたらされた結果、多数の斜面崩壊が発生した。洪水氾濫被害のほか、流域からは大量の流木が流出し、各所で橋梁の流出などの災害が発生した。沙流川河口から約20kmに位置する二風谷(にぶたに)ダム貯水池では、計画規模の50年分に相当する5万 m^3 に及び流木が堆積した。筆者らは豪雨後に撮影された航空写真資料を用い、特に降雨量の多かった支川額平川流域($A = 384km^2$)における斜面崩壊地を把握し、5,000箇所以上の斜面崩壊地が新規に発生したことを把握¹⁾した。広範囲に斜面崩壊が発生した本イベントの場合、その後の降雨現象で土砂と流木が再移動する可能性がある。例えば洪水時に再移動した流木は橋脚部に堆積し、洪水流下能力の阻害や橋梁そのものに悪影響を及ぼすほか、上流から再移動した土砂が取水施設に流入したり、濁水の長期化などの問題を発生させることなどが考えられる。沙流川流域周辺は北海道内でも土砂生産量が多い地域であり、過去の斜面崩壊事例においても2,3の研究がなされている。例えば、沙流川流域の小流域を詳細に調査した研究²⁾や沿岸付近の段丘面でテフラを指標として斜面崩壊発生頻度を推定³⁾したものである。ここでは、2003年8月豪雨で斜面崩壊が多発した二風谷ダム流域について、これまで未判読であった残流域 $A = 831km^2$ の斜面崩壊地をSPOT衛星画像により判読し、既往調査結果¹⁾を含めた流域全体での土砂・流木発生量を推定した結果を報告する。

2. 2003年8月豪雨について

2003年8月7日～12日までの全道における総降雨量を図-1にプロットした。100mm以上の強い雨域は概ね南西から北東方向に帯状に連なっており、とりわけ日高沿岸域から内陸側に300mm以上を示す部分が局所的に集中した事が分かる。図-2に示す様に、この豪雨イベントは1962年観測開始以来最大のものであった。中津川ら¹⁾によれば、1962年から2003年イベントを含む母集団(年最大48時間降雨量)で確率評価を行った結果、100年確率雨量は320mm～350mmとなり、2003年8月の豪雨イベントは60年～70年に一度の規模であった。一方、1962年～1998までの標本(37サンプル)で確率評価を行うと、100年確率雨量が250mm～270mmとなり、今回の降雨はこれを上回る。このことから、「沙流川流域の降雨については

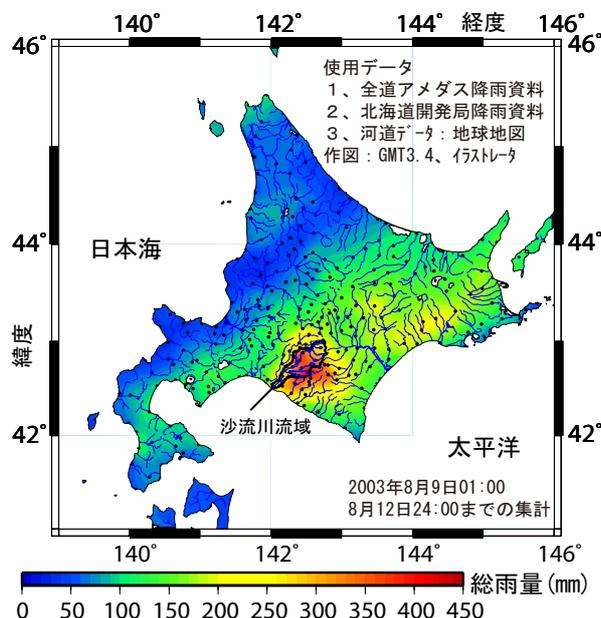


図-1 平成15年8月出水における全道総雨量分布

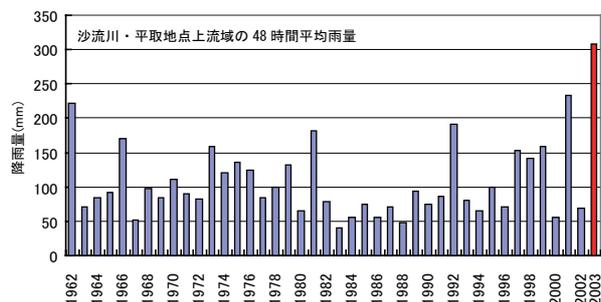


図-2 額平川流域の48時間雨量の経年変化

近年の標本値を含有すると、かつてよりも大きな目の標本値(年最大雨量)を持つような母集団になってきた」と結論付けている。

3. 中解像度衛星画像を用いた斜面崩壊地の把握

2003年豪雨イベントの翌年は大きな降雨イベントもなく、植生の回復も僅かであったことから、2005年6月16日に撮影されたSPOT衛星画像を用いて二風谷ダム流域1,215(km^2)でこれまで未判読であった額平川を除く残流域の崩壊地の把握を行った。図-3に得られた二風谷ダム流域における斜面崩壊地分布を示す。

崩壊地の抽出はまず、SPOT衛星画像のバンド2(赤)、バンド3(近赤)の値で算出できるNDVI指標(正規化植生活性度指標)を用い、値の低い(つまり植生の無い)部分を崩壊地の候補地とした。次に、既往検討¹⁾において、斜

面勾配 10 度未満の斜面崩壊地が数%以下であったことに着目し、国土地理院で発行している「数値地図 50m メッシュ (標高)」資料を元に各メッシュにおける斜面勾配を算出し、斜面勾配 10 度未満の領域にある崩壊地候補地を削除した。更に、未舗装道路、河川敷など崩壊地と誤判読され易い部分を GIS で除去する手法で最終的に崩壊地のみが抽出できる。この一連の手法は支川額平川流域で実施⁵⁾され、空撮画像からの判読結果と比較し、概ね良好な値が得られていることから、今回、二風谷ダム流域全体に拡大した。こうして求めた崩壊地には豪雨イベント前に存在していたものも若干含まれるものと思われるが、豪雨前の崩壊地分布の把握はまだ行っていないため、ここでは無視した。

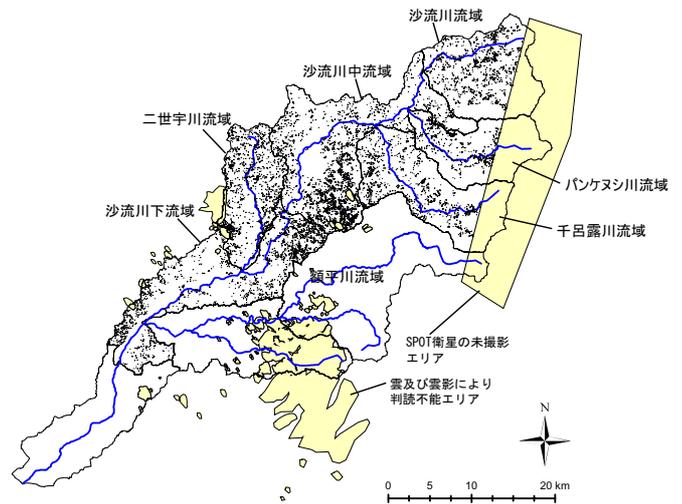


図-3 SPOT 衛星により把握した斜面崩壊地分布

4. 二風谷ダム集水域内の土砂・流木量の推定

ここで、前述の手法で得られた崩壊地資料から、流域内で発生した土砂・流木量を求め、既往調査結果を元に流域内での収支を推定してみる。図-3 中、崩壊地判読が困難なエリアもあったことから、二風谷ダム流域のうち、既に崩壊地判読が終了している額平川流域を除いた残流域を 6 つの流域に分割し、それぞれについて斜面崩壊地、未判読エリアを取りまとめた。次に、崩壊地面積に沙流川流域の国有林の材積資料から求めた平均材積を乗じた倒木発生量を求め、表-1 に示す。表-1 によれば、二風谷ダム流域で新規に発生した倒木 (流木) 量は約 188 千 m^3 に達し、最終的に二風谷ダム貯水池で把握された山地性で新規に生産された流木は 6.4~8.1 千 m^3 であり、全倒木発生量の約 4% がダム貯水池に到達したといえる。図-4 に、前述の解析で得られた結果と、筆者らの既往検討で得られた額平川流域での流木発生量を合わせて収支図として整理した。

同様に、額平川の現地調査で得られた平均崩壊深を崩壊地面積に乗ずることで生産土砂量を求め、表-2 に支川毎に取りまとめた結果を示した。これによれば、二風谷ダム流域で発生した土砂量は約 185~195 千万 m^3 に達していたことになる。なお、2003 年 8 月豪雨イベント時に二風谷ダム直上流の幌毛志水位流量観測所 (沙流川)、貫気別水位流量観測所 (額平川) において洪水時に観測された SS (Suspended Solid: 浮遊砂) 量から L-Q 式を求め、この関係式から出水中の SS 量を推定した結果によれば、幌毛志地点では 74 万 m^3 、貫気別地点では 48 万 m^3 であった。この結果によれば、見かけ上、崩壊土砂量の概ね 1 割が SS として流出したことになる。SS の体積は過去の洪水時の水質観測結果から流量 $Q(m^3/s)$ と負荷量 $L(kg/s)$ の関係式である L-Q 式を導き、流量時系列から SS 量を逆算して洪水前後の 3 日間 (8/9 01:00~8/12 00:00) で集計して求

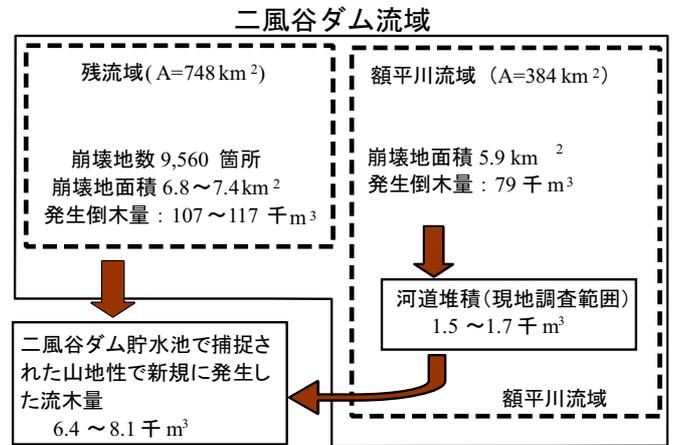


図-4 二風谷ダム流域の流木収支

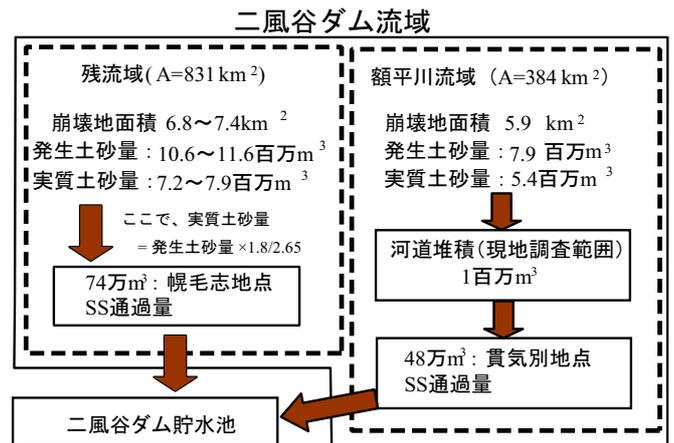


図-5 二風谷ダム流域の土砂収支

めた値である。

5. おわりに

広域で斜面崩壊が発生した場合、従来、航空垂直写真を撮影後、実体視による災害状況の判読や、崩壊面積の確定のために幾何補正、オルソ化を行う必要があるなど、コス

表-1 額平川流域の支川別崩壊面積と流木発生量

支流域名称	流域面積(km ²) a	遮蔽部を除く崩壊地面積(km ²) b	遮蔽部面積(km ²) c	遮蔽部分の崩壊地(推定)(km ²) d=b(c/a)	遮蔽部を含む崩壊地面積(km ²) e=b+d	材積(m ³ /km ²) g	遮蔽部除外流木発生量(千m ³) h=b*g	遮蔽部含む流木発生量(千m ³) i=e*g	
沙流川 残留域	ウェンザル川	102.6	0.737	23.8	0.171	0.908	15,740	11.6	14.3
	パンケヌーシ川	61.4	0.334	35.1	0.191	0.525	15,740	5.3	8.3
	千呂露川	114.0	0.721	24.3	0.154	0.875	15,740	11.3	13.8
	沙流川上流	199.0	2.647	3.6	0.048	2.695	15,740	41.7	42.4
	沙流川下流	176.2	1.398	4.2	0.033	1.431	15,740	22.0	22.5
	似世宇川	95.6	0.943	3.8	0.037	0.980	15,740	14.8	15.4
	小計	832.0	6.780	94.8		7.413		106.7	116.7
額平川 流域	額平川	0.0	5.880	-	-	-	-	81.3	81.3
	小計	0.0	5.880					81.3	81.3
合計	832	19.437	189.672				188.0	198.0	

額平川流域の数値は既往検討¹⁾より引用。

表-2 額平川流域の支川別崩壊面積と土砂発生量

支流域名称	流域面積(km ²)※ a	遮蔽部を除く崩壊地面積(km ²) b	遮蔽部面積(km ²) c	遮蔽部分の崩壊地(推定)(km ²) d=b(c/a)	遮蔽部を含む崩壊地面積(km ²) e=b+d	崩壊深(m) g	遮蔽部除外土砂発生量(千m ³) h=b*g	遮蔽部含む土砂発生量(千m ³) i=f*g	
沙流川 残留域	沙流川上流	102.6	0.737	23.8	0.171	0.908	1.56	1,150(781)	1,416(962)
	パンケヌーシ川	61.4	0.334	35.1	0.191	0.525	1.56	521(354)	819(556)
	千呂露川	114.0	0.721	24.3	0.154	0.875	1.56	1,125(764)	1,365(927)
	沙流川中流	199.0	2.647	3.6	0.048	2.695	1.56	4,129(2,804)	4,204(2,855)
	沙流川下流	176.2	1.398	4.2	0.033	1.431	1.56	2,181(1,481)	2,232(1,516)
	似世宇川	95.6	0.943	3.8	0.037	0.980	1.56	1,471(999)	1,529(1,038)
	小計	832.0	6.779	94.8	0.636	7.413		10,577(7,183)	11,576(7,854)
額平川 流域	額平	384.6	5.880	-	-	-	-	7,918(5,378)	7,918(5,378)
	小計	384.6	5.880				1.35	7,918(5,378)	7,918(5,378)
合計	1217.0		94.8				18,495(12,561)	19,483(13,232)	

額平川流域の数値は既往検討より引用。土砂量は地山体積、括弧数値は空隙無しの場合を次の方法で算出。

空隙無し土砂体積 = 土砂体積 × 1.8(t/m³)/2.65(t/m³)

※ 流域面積はGISソフトで求積した結果であり、公表値と若干異なる。

トと時間のかかる手法が必要であった。加えて、航空写真の場合、複数のコースで撮影する場合は時間差により日陰が生じて判読不能になる箇所も出てくるなど、問題点もある。一方、中解像度衛星（例えばSPOT衛星やALOS衛星）は数十km四方を一度に撮影し、高高度からの撮影のため、幾何補正やオルソ化も比較的短時間に行えるメリットがある。また、こうしたセンサ画像のNDVI値から斜面勾配や河道、道路の線情報を除去することで、客観的で迅速な崩壊地抽出ができる。したがって、2006年に打ち上げが成功した国産の陸域観測衛星ALOS(だいち)の画像を被災現況の把握に用いるメリットは大きいものと考えられる。今回、衛星画像の判読結果から得られた情報から、2005年8月豪雨において二風谷ダム流域で発生した倒木量は概ね20万m³程度あり、そのうち、二風谷ダム貯水池で把握された山地性新規の流木量(概ね0.7万m³)からみて、倒木の大半は流域内に残っている可能性が極めて高い。また、同流域で発生した土砂量については約18~19百万m³に及びと推定されている。経年的な調査で崩壊地

そのものからの土砂の再移動は今のところ小康状態を保っており、むしろ河道に供給された土砂(写真-1 写真-2)が徐々に下流に向け再移動しつつある。山地河川からの土砂・流木の再移動現象については今後も観察(例えば、写真-3 写真-4 写真-5)を続け、下流側への伝播特性を把握していく必要性は高いと考えられる。

参考文献

- 1) 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, 2004
- 2) 清水収, 北海道大学農学部演習林研究報告第55巻, 第1号, pp123-215
- 3) 柳井清治, 五十嵐八枝子: 北海道日高地方海岸段丘地帯における斜面崩壊の発生史とその古環境, 第四紀研究, 29(4), pp319-336, 1990. Oct.
- 4) 北海道立林業試験場, 平成15年台風10号に伴う集中豪雨による流木発生等実態調査に係る報告書, 2004.3.
- 5) 村上泰啓, 山下彰司: 災害時の人工衛星資料を用いた地被判読精度評価と効率化について, 河川技術論文集, 第12巻, pp151-156, 2006.6.



写真-1 宿主別川の斜面崩壊地と河道への流入土砂



写真-3 総主別川右支川の斜面崩壊状況



写真-4 総主別川右支川の斜面崩壊状況



写真-2 宿主別川の斜面崩壊地と河道への流入土砂 (地上より)



写真-5 総主別川右支川の流木堆積状況