

建設省東北地方建設局 ○鈴木頼道、志田武司、齋藤信哉

1. はじめに

日本は国土の約50%が積雪地帯に含まれ、そこでは非積雪地帯とは異なる水理水文特性の影響を受けた土砂生産が行われているものと思われる。

しかし、積雪地帯における土砂生産に関する調査研究は十分には行われておらず、非積雪地帯の雨量との関連で捉えた考え方が準用されているのが実情である。

ここでは、最上川水系入谷沢川、信濃川水系魚野川、九頭竜川水系真名川の3流域での調査資料及び昭和20～昭和56年における土砂災害資料（昭和53年度、昭和58年度の砂防便覧より）等から、積雪地帯における土砂生産の特性について検討を行ったので報告する。

2. 積雪地帯における地域特性

2.1 降雨特性

月別の降水量状況は、積雪地帯がW型であるのに対して、非積雪地帯では逆V字型を示している。両地帯とも6月～9月は梅雨及び台風の影響によるピークであり、積雪地帯の11月～3月（冬期）のピークは降雪によるものである。

表1 積・融雪期の降雨量比較表

	年間雨量	積雪期 (12月～3月)	比率(%)	積雪融雪期 (12月～5月)	比率(%)	融雪期(4～5月)の占める比率
道 田	1883	578	31	781	41	11
山 形	1163	340	29	473	41	11
新 潟	1822	676	37	863	47	10
高 田	2948	1413	48	1615	55	9
沼 沢	2230	991	44	1194	54	9
肝 岡	2361	451	19	952	40	21
大 阪	1400	253	18	539	39	20
福 岡	1690	313	19	602	36	17

(資料参考 1982年：1951年～1980年までの平均値)

積雪期における降雨量の年間降雨量に占める割合は、非積雪地帯に比べて積雪地帯の方が約 1.5～ 2.0倍となっている。一方、融雪期の降水量は、これとは逆に非積雪地帯が積雪地帯の倍となっている。積雪地帯では、梅雨や台風の影響よりも冬期の降雪による降水の方がより多くなっている。

2.2 気温

国土庁地方振興局によると、豪雪地帯の冬期（11月～3月）の平均気温は、-5℃～5℃の範囲に豪雪地帯の市町村数の約77%が含まれ、寒冷の条件下に置かれていることになる。

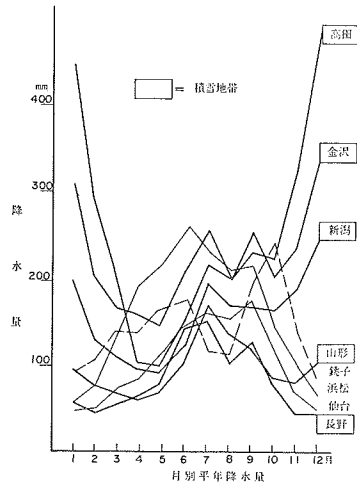


図1 積雪地帯と非積雪地帯の月別平均降水量

表2 降雪量の総降水量中に占める割合

区 分	地 名	冬季雨量	年間雨量	年間雨量中雪の占める割合
降雪の多かった年 (1945昭和20)	赤 倉	1,365mm	2,881mm	47%
	小 千 谷	1,811mm	3,137mm	58%
	小 出	1,523mm	3,500mm	44%
降雪の少なかった年 (1932昭和7)	高 田	2,222mm	3,912mm	57%
	赤 倉	898mm	2,094mm	43%
	小 千 谷	1,043mm	2,692mm	39%
	小 出	1,215mm	2,663mm	36%
	高 田	1,025mm	2,609mm	39%

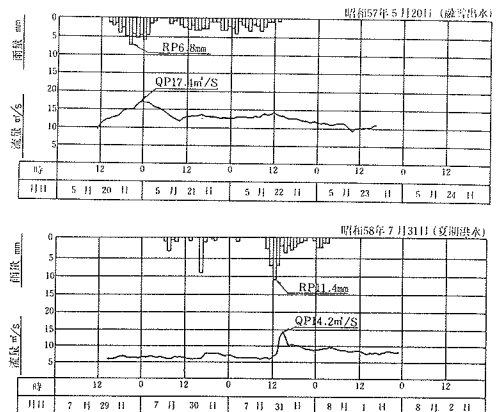


図2 流域平均日雨量及び日平均水位

注：現 北海道開発庁水政課

2.3 流出特性

積雪地帯における融雪による流出量はかなりの量に達することは既に知られている。魚野川の支川滝ノ沢流域下流端の流路工内にある水位観測所で得られたデータによると、図-2に示されているように、融雪のピークと想定される4月～5月の流出量が際立って多くなっている。昭和59年度では、総流出量6278千 m^3 の内融雪期（4月～5月）の総流出量は3794千 m^3 で年間の総流出量の60%を占めている。

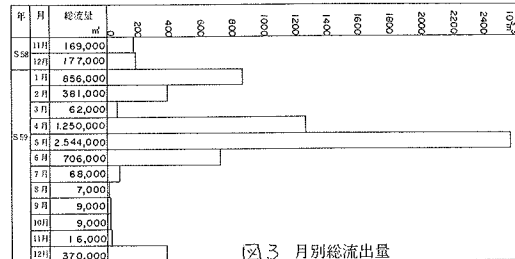


図-3は、玉川流域下流端に設置された水位観測所のデータより融雪出水と夏期洪水において降雨パターンの假かよった出水の流量ハイドログラフを比較したものである。これによると、融雪出水は夏期洪水に比べて流量のピークが鈍く、遅延に長時間を要している。また、降雨が観測される数時間前からハイドログラフが立ち上がり始めている。

3. 積雪地帯における土砂の生産形態

積雪地帯の土砂生産に係わる雪の挙動は、大きく積雪と融雪に分けられる。積雪は、さらに雪崩とグライドに分けられる。

3.1 雪崩

雪崩による侵食量は、斜面の低下量として測定されることから少なく、雪崩の運んだ岩屑の量しか明らかにされていない。滝ノ沢流域における昭和58年と昭和59年の雪崩デブリ調査結果によると、雪崩によって生産された土砂量は、昭和58年で4～9 m^3 、昭和59年で8～72 m^3 であった。59豪雪と呼ばれ積雪量の多かった昭和59年の方が5～6倍多くなっており、積雪量の多寡が雪崩による土砂生産量に影響していることが窺える。

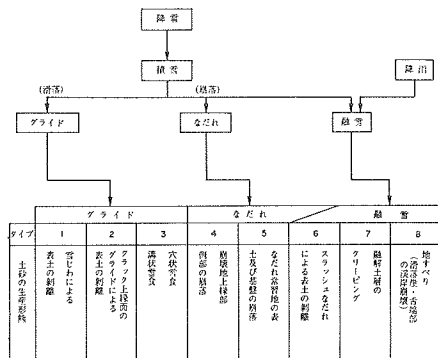


図4 積雪地帯の積雪挙動及び土砂の生産

北海道羊蹄山麓ノ沢のガリーに発生した雪崩では約8000 m^3 （土砂と雪の体積は約640千 m^3 ）であり、知床半島ラウス岳イコウバツ川上流の雪崩デブリに含まれていた土砂は約1000 m^3 と報告されている。伐採跡地で過去に雪崩が発生したことの無い斜面では、小規模な雪崩でも多量の風化物質が除去されることが考えられるが、岩盤が露出しているアバラランチ・シュートを滑り落ちる全層雪崩のデブリ中の岩屑は、普通0.1 mm 、多い年で数 mm であり、流域全体の平均侵食深に換算すると0.1～0.01 mm となる。

表3 デブリ上土砂の容量

(滝ノ沢流域)		
デブリ No	土砂重量 (t)	土砂容積 (m^3)
昭和58年	1 3.286	3.84
	2 7.65	8.95
	3 7.19	8.41
昭和59年	1 21.064	24.64
	2 40.738	47.65
	3 7.017	8.21
	4 61.355	71.76

雪崩の侵食量は、1cmオーダーであり、崩壊現象の崩壊深が1m程度であることを考えるとかなり小さいものである。従って、雪崩による生産土砂は、一般的に土砂災害に直接結び付かない場合が多いが、飯豊山系梅花皮沢流域で発生した大規模全層雪崩のように崩落後土石流となって流下する場合もある。

3.2 グライド

積雪全体が地表面を断続的に滑るグライド現象は、地表面や地表に成育する樹木などに対して破壊的な作用を与える場合が多い。崩壊地の裸地斜面や急傾斜地の積雪は、不安定なため、グライドが起こりやすく、その過程で雪じわやクラックが形成され、表土の剝離がおこる。また、グライドにより切り株が転倒し穴状雪食を起こし、さらに、穴状雪食に端を築き渓岸侵食近くまでタテ筋の裸地となる溝状侵食が起こる場合もある。積雪のグライドは雪崩とともに積雪地帯の斜面侵食として重要な作用であるが、定量的な侵食量の報告は少なく今後の課題である。

3.3 融雪

融雪に伴う土砂生産としては、融雪地すべり・土石流及び積雪期の火山噴火に伴う融雪泥流などが考えられる。その他に融雪による異常出水や融雪洪水に伴う溪岸侵食や溪床堆積物の流出がある。斜面上においては、融雪時期に降雨等があり、凍結していた地表面が急激に融解する場合、下層部のまた融解していない凍上層上を表層の融解した土層が流出する現象がみられることがある。

3.4 凍結融解

積雪地帯の冬期（11月～3月）の平均気温は、0℃前後の場合が多く、岩石が水の凍結によって破壊される凍結融解作用や未固結の被覆物が押上られる凍土作用が卓越することになる。凍結融解作用により、直接的に災害をもたらすことはないが、岩石を細片化し、土粒子を分離させたりするなど、侵食に対しての抵抗力を弱める役割をはたしている。

玉川流域の崩壊地の侵食土量は、表-4に示すように、積雪融雪期は夏期に比べて2倍近い値となっている。また、平均侵食深では、積融雪期の方がより深く侵食されているという結果を示した。

表4 サンプル崩壊地の侵食土量、平均侵食深

崩壊地 No	崩壊地 面積 (m ²)	積融雪期 (58.11～59.6)		夏期 (59.6～59.11)	
		侵食土量 (m ³)	平均侵食深 (m)	侵食土量 (m ³)	平均侵食深 (m)
No.12	3,500	159	0.045	44	0.013
No.13	11,750	233	0.020	137	0.012
No.69,70	1,200	33	0.028	11	0.009
No.16	8,085	268	0.033	111	0.014
No.84,85	3,297	90	0.028	27	0.006
No.81	1,255	17	0.063	20	0.016
No.90	750	7	0.023	9	0.012

4. 考察

積雪地帯の土砂生産は、妙高山白田切川に発生した土石流や姫川水系蒲川の土石流のように、大規模全層雪崩や融雪に伴う地すべり、土石流、泥流のような直接・局地的に土砂災害をもたらす場合を除き、あまり破壊的でない。また、凍結風化や雪崩・グライドによる斜面侵食は玉川流域では2～6cm、滝ノ沢流域では0.3～4cm、仙翁谷流域2～2.5cmと小規模であり、また、融雪洪水によって流送される土砂量も比較的少なく直接的な土砂災害に結び付くことはほとんどないと思われる。

しかし、積雪融雪期に雪崩・グライドや凍結融解作用によって生産された土砂は、山腹に不安定土砂として残存するか、下流に流送されないで、溪床に堆積している場合が多いと考えられる。

積雪融雪現象は、積雪地帯においては、豪雨や台風による大雨とは異なり、毎年必ずもたらされるものであり、積雪融雪作用により積雪地帯の土砂災害ポテンシャルは年々高まっていくことが考えられる。

図-5は、「砂防便覧」に記載されている土砂災害例を、積雪地帯に属するものと非積雪地帯に属するものに分けて、最大日雨量/100年確率日雨量と比流出土砂量との関係を見たものである。

その結果、第三紀層の場合では、積雪地帯の方が非積雪地帯よりも確率的に小さい降雨で土砂災害が起こっていると言える。同じ雨量で比較すると、積雪地帯の方が、より多くの比流出土砂量を算出するが、そのような降雨の生起する頻度は非積雪地帯よりも小さいと言える。花崗岩類や火山噴出岩類の場合は、このような傾向は見られなかった。

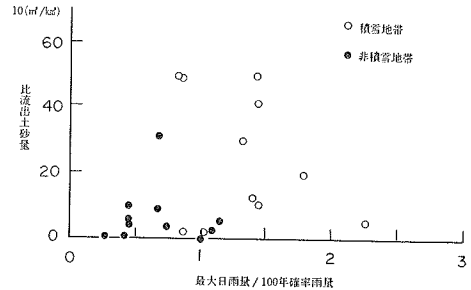


図5 地質別(第三紀層)の最大日雨量/100年確率雨量と比流出土砂量の関係
[山地面積1～500km²の場合]

積雪地帯の第三紀層地域に生じた災害は確率的に比較的小さい降雨でもたらされたものである。流域面積、起伏等の因子が一定とするならば、同じ雨量で積雪地帯が非積雪地帯よりも大きい比流出土砂量を算出することは、長い期間にわたって生産され累積した堆積土砂量が、新規崩壊による土砂とともに流出したためではないかと考えられる。但し、これらの平均的な生産土砂量が非積雪地帯より積雪地帯に多いかどうかは不明である。また、積雪地帯において冬期の方が夏期よりも多いかどうかは必ずしも十分解明されているとは言えず、玉川流域の崩壊生産土砂量は冬期(930～1030m³)の方が夏期(380m³)よりも

大きい。滝ノ沢流域は、冬期(110~1430mm)の方が夏期(2140mm)よりも小さく、これらの量的な把握は今後の課題と言える。

また、同じ雨量で積雪地帯の方が非積雪地帯よりも比流出土砂量が多いか少ないかは土砂の堆積量の他に、新堤崩壊の発生し易さも影響してくるものと思われる。さらに、この地域には、第三紀層地すべりが広範囲に分布していることから融雪等により生産された地すべり土塊が不安定土砂として年々累積していることも考えられる。

このように、積雪地帯では毎年の生産土砂量はたいしたものではないが、毎年必ず土砂の生産は行われており、降雨の確率が小さいことも作用し、溪床等に累積されていき、豪雨時における土砂災害のポテンシャルを増大させているものと考えられる。

5. おわりに

積雪地帯においては、外力が比較的小さいわりには一度災害になると激甚になる可能性があるものと考えられ、積雪融雪現象と関連した土砂生産機構の解明を進め、より定量的な生産土砂量の把握を行い、積雪地帯における砂防計画上の計画生産土砂量の算定を行う必要がある。

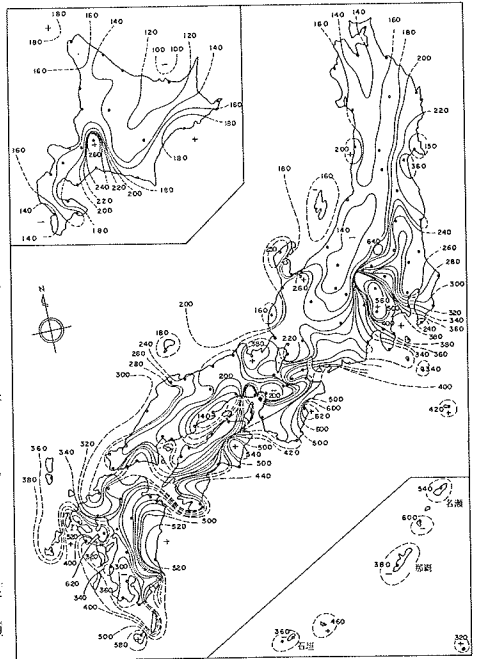


図 6 本邦100年確率日雨量 R_{100} の分布図 (単位:mm)