

白山麓の道路なだれ

吉田 忠孝 金沢地方気象台

ON THE SMALL SCALE SNOWSLIDES AT THE FOOT OF MT. HAKUSAN

Chuko YOSIDA, Kanazawa Local Meteorological Observatory

は し が き

白山麓を連ねる道路は、国道 157 号線をはじめ、県道 7 号線が最近車輛の往来がはげしくなった。ところが各期間、多雪地帯の白山麓はなだれの常襲地帯である。特に斜面を削った道路側面では小規模な“なだれ”が発生し、交通障害を起こしている。従来資料として扱ってきたのは大規模な“なだれ”を対象としてきたもので、1 桁さげた道路沿の“なだれ”(崩落)までなだれの範囲に入れる場合には更にポテンシャル予報をきめ細かいものにする必要がある。

昭和 49 年の冬は(昭 48・12 月～昭 49・3 月)断続的な寒波の来襲で、いわゆる典型的な山雪型となった。白峰観測所では 2 月 13 日の積雪が 410 cm となり、最深積雪としては昭和 20 年の 470 cm、昭和 38 年の 420 cm につぐ大雪の年であった。この冬期間白山麓の主要道路の除雪に当たった県鶴来土木出張所のなだれ発現日誌より、詳細な道路なだれ状況を入手できたので気象要素との対応を分析調査した。

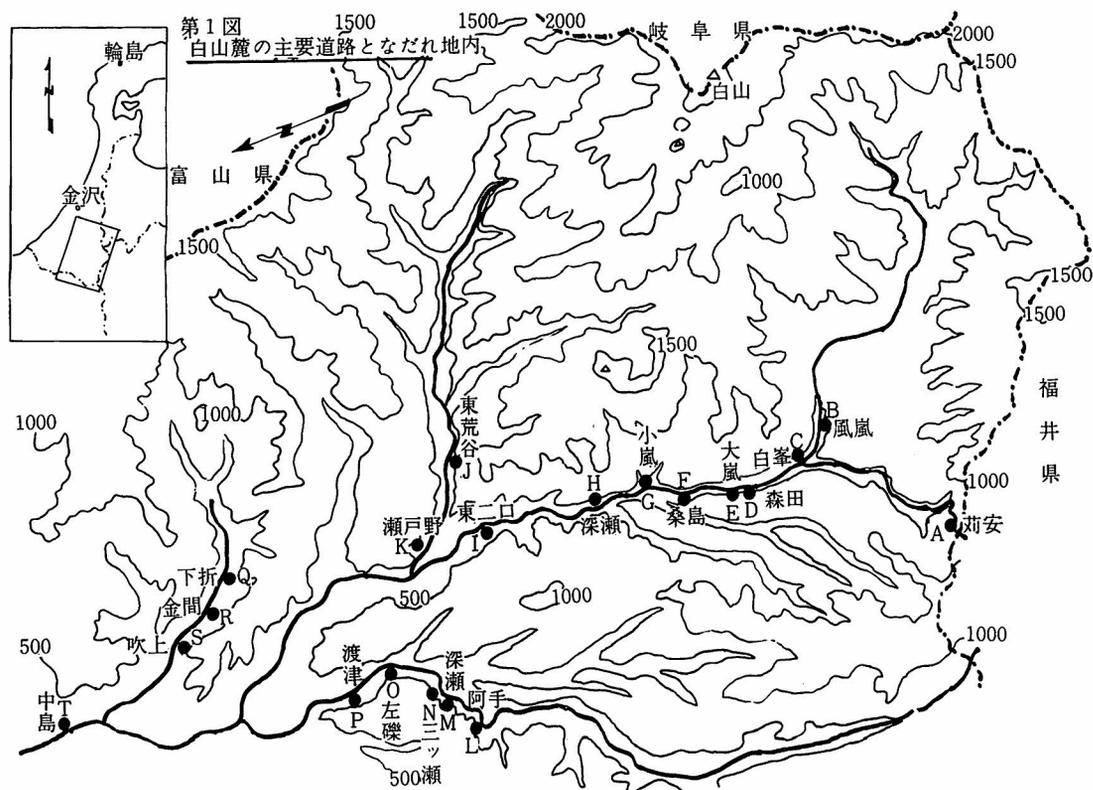
なだれ発生状況(第 1 図)

地内	高さ(m)	傾斜角(方向)
苺安(A)	780	約 70° (WNW)
風嵐(B)	600	〃 50 (SW)
白峰(C)	500	〃 50 (SE)
森田(D)	560	〃 45 (WNW)
大嵐(E)	500	〃 50 (SE)
桑島(F)	580	〃 50 (ESE)
小嵐(G)	500	〃 50 (SE)
深瀬(H)	500	〃 55 (NE)
東二口(I)	400	〃 60 (WNW)
東荒谷(J)	500	〃 75 (SSW)
瀬戸野(K)	380	〃 50 (E)
阿手(L)	340	〃 75 (NNW)
数瀬(M)	320	〃 75 (NW)
三ツ瀬(N)	320	〃 50 (SSE)
左礫(O)	320	〃 50 (ENE)
渡津(P)	320	〃 45 (ENE)
下折(Q)	400	〃 60 (NE)
金間(R)	350	〃 60 (NE)
吹上(S)	280	〃 40 (SW)
中島(T)	300	〃 40 (ENE)

白山麓のなだれ発生地内は第 1 図に示すようになっている。国道 157 号は手取川本流に沿って、苺安峠を越え福井県勝山に通じている。また県道 7 号は大日川に沿って小松にのびている。なだれ地内の地形は次のようになっている。

高度はおよそ 300m から 800m 位で、いずれも道路上の斜面で、大規模な“なだれ”発生危険箇所にはなだれ防止柵がほどこされており、観測された地内の斜面は 40 度から 75 度と急斜面となっている。したがってなだれというより、雪の崩落といったものが多いと考えられる。

なだれ発生地内は第 1 図のように 20 地内におよび、発生は 12 月 16 日から始まり 4 月 11 日に終了して、発生日数は 40 日間となった。大体 3 日に 1 日“なだれ”が発生していることになる。そこで資料の整理手順として、連日発生ものを 1 群として、22 群までにそれぞれなだれ番号を付けた。勿論、現地の降雪量、積雪量、気温等の観測



値が無いので、白峰気象観測所(480 m)の気象データによりなだれ状況の概要を述べる。昭和48年の本格的な寒波は11月17日に始まり、平野一円でも積雪はあったが、根雪とならず、白峰では18日から根雪となった。第2回目の寒波は12月4日から始まり、積雪は100 cmを越した。

なだれ一号は16日朝(6時30～8時)D・H地内で始まった。15日には低気圧が通過し、暖気移流により気温も上り、平野部では雨であった。

第2号は21日夕刻(18時～19時)と22日早朝(4時)にF・H・Dで発生した。このときも20日から21日にかけて気温が上り、積雪が140 cmにも達していた。

第3号は25日朝(7時)にHで発生、強い季節風により、23日の降雪量は120 cmに達し、積雪量は200 cmを越した。

第4号は昭和49年1月2日朝から夕刻にかけ、F、A、H、E、の4地内に発生、3日夕刻(16時30)、4日午後(14時)5日夕刻(18時30)とそれぞれE、B、Dに発生した。季節風はゆるみ、気温が上ると共に晴れ間も出たので積雪量は70 cmも減少した。9日からの季節風の強まりは連日20 cmから50 cm位の降雪量があって積雪量が250 cmに達した。そしてこの14日に第5号が発生した。14日夕刻(18時)には下地内15日早朝(5時)H地内でいずれも上流地域である。

第6号は18日午後(14時)と19日午後(16時)にそれぞれH、Fで発生した。18日日中45 cmの降雪があった。

第7号は晴れ間もあり昇温した22日朝(4時～6時30)にF、E地内で発生した。

第8号は24日に寒波の来襲があり55 cmの降雪のあった夜(20時30)F地内であった。この後平均気温が氷点下4.7度となり、月末にかけ季節風が強くなり、降雪量が多量にあったが(29日積雪325 cm)

なだれは無かった。

第9号は2月5日に発生した。積雪量が1月末から65 cmも減少したので急速に昇温したことがわかる。発生場所はF地内(18時30)である。

第10号は9日日中(9時30, 10時30, 14時)C, F, D地内で10日午後(14時, 19時30)E, H地内, 11日夕刻(19時)H地内で発生した。第9号の後は3日位かなり強い暖気移流があり平野部でも雨が降ったが9日から12日まで今冬最強の寒波が入り毎日の降雪量が30~55 cmに達し13日には本冬最深の410 cmの積雪となった。

11号はこの大量の降雪の後、強い昇温が続き16日早朝から日中(5時30, 9時30, 13時)にかけT, D, H, F地内で起こり、発生場所が高度の低い所にも移った。積雪量は4日間で65 cm減少した。

12号は1日おいて19日に始まった。19日朝(10時)にD, F, H地内, 20日午後(15時30, 16時30)にD, H, E, G地内, 21日午前中(3時, 10時, 12時)F, E, L地内と高度の低い方に移り始めた。22日朝(10時)はB地内, 23日午前中(8時30, 11時)はF, L地内, 24日朝(3時30, 5時, 9時, 9時30)はE, F, P, M地内であった。3月に入ってからはほとんど連日発生した。13号は4日F地内に夕刻(17時30)発生した。気温はこの日から10日まで高かった。14号は6日午前(H地内)7日早朝(3時30)H地内, 午後(15時30)D地内に発生, 翌日8日朝(6時30)F地内に発生した。15号は1日おいて10日朝(8時30)D地内, 午後(12時, 16時30)にそれぞれD, N地内で起り, 11日朝(6時30, 9時)にI, F地内で発生した。10日までは白峰の平均気温が3℃~4℃と高く晴れることが多かったが, 11日から最後の寒波が入り, 降寒量も35 cmに達し, 平均気温も永点下になった。寒波のゆるんだ16日から16号が発生した。16日午後(12時30)H地内, 17日午前(10時, 12時)K地内, 18日午前(9時45)D地内, 19日早朝(3時30)H地内で4日間続いた。1日おいて21日朝(6時40)N地内, 22日朝(3時, 4時30, 5時45)H, K, E地内で17号が起きた。これから小雪が続き, 18号が26日早朝(4時30)L地内, 27日(2時, 9時30, 11時, 13時30, 18時30)I, F, A, D, F地内で発生した。29日に19号がH地内(13時), 31日20号がE地内(10時)に起きています。4月に入っても積雪量が170 cmと多く, なだれは高度に移った。20号は1日早朝(3時)H地内, 2日午前(10時)S地内で起り, 雨や雪が降っている。21号は6日午前(9時)と夜(20時)にA, C地内, 7日午前(12時)F地内, 夕刻(16時)D地内, 8日早朝(3時)D地内で発生した。22号は最終的なだれとして10日早朝(4時30)D地内, 11日夜(17時30, 21時)C地内で2度起り, 11日の積雪量は90 cmであった。

なだれ発生機構とそのポテンシャル(第1表, 第2図)

一般になだれ方程式として, 斜面の積雪については

> 安定

$$c \cdot d + f \cdot a = \text{中立 } W \cdot \sin \theta$$

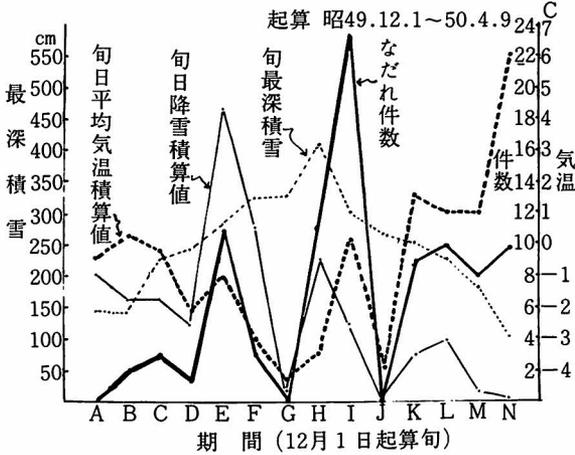
< 発生

のなだれ方程式が考えられる。

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| c ; 周囲の支持強度 | d ; 雪の深さ |
| a ; 滑りの面積 | f ; 底面の摩擦係数 |
| W ; 自重 ($\rho \cdot a \cdot d$) | θ ; 斜面の傾斜 |

吉田：白山麓の道路なだれ

第2図 白峰積雪・日降雪・気温変化と道路なだれ件数



ク前の変化に類似している。したがって旬の期間をとると新雪なだれのポテンシャルは降雪量で全層なだれのポテンシャルは気温が要素となっている。

推定積算密度からの日単位のなだれポテンシャル (第2表, 第3表)

なだれ方程式の $d(\rho \cdot a \sin \theta - c)$ の $d \cdot \rho$ がなだれ発生の重要な因子となる。そこで毎日の積雪の平均密度を推定してみた。

白峰の根雪の初日は11月17日で12月1日は35cmの積雪があった。12月1日の ρ が0.15と起算した。各種の文献から北陸の

第2表 白山麓の道路なだれ、種別と推定積雪密度(ρ)・重量(W)kg/m² 白峰 昭和48.12~49.4

なだれ番号	種別	月日	地点	ρ (密度)	ρ 前日変化	W kg/m ²	W 前日差 kg/m ²	平均気温 °C	同左前日差 °C	降雪量 cm	積雪量 cm	同左前日差 cm
1	○	12.16	DH	0.16	+0.02	143	+6	3.3	+2.1	-	87	+18
2	○	21	EH	0.15	+0.02	179	+7	3.4	+1.1	7	120	+20
	○	22	D	0.15	0.00	179	0	-2.1	-5.5	40	120	0
3	●	25	H	0.16	+0.02	346	+21	-5.6	-1.1	120	215	-10
4	○	1.2	AEFH	0.19	+0.01	447	-7	-1.7	+2.7	-	230	-10
	○	3	F	0.23	+0.04	440	-7	3.2	+1.5	-	185	-45
	○	4	C	0.25	+0.02	433	-7	-1.0	-4.2	-	175	-10
	○	5	E	0.25	0.00	426	-7	-1.8	-0.8	13	171	-4
5	●	14	F	0.22	0.00	541	+37	-4.0	-1.1	45	250	+25
	●	15	H	0.22	0.00	554	+13	-0.5	+1.5	20	250	0
6	●	18	H	0.23	-0.01	594	+18	-1.5	0	25	255	+5
	●	19	F	0.22	-0.01	630	+36	-2.4	-0.9	45	285	+30
7	○	22	EF	0.27	+0.01	636	-4	1.1	+3.6	3	230	-20
8	●	24	F	0.27	-0.02	654	+25	-4.7	+3.4	55	240	-20
9	●	2.5	E	0.31	+0.01	805	-7	4.0	+0.2	12	260	-10
10	●	9	CDF	0.28	-0.02	845	+38	-3.2	-3.1	45	305	+40
	●	10	EH	0.25	-0.03	893	+48	-3.6	-0.4	55	355	+50
	●	11	H	0.24	-0.01	916	+23	-5.6	-2.0	30	375	+20
11	○	16	DFHT	0.28	+0.02	980	-7	2.5	+5.4	-	345	-35
	○	17	FH	0.30	+0.02	973	-7	2.3	-0.2	-	325	-20
12	○	19	DFH	0.34	+0.02	959	-7	2.6	+0.3	-	285	-15
	○	20	DEGH	0.36	+0.02	952	-7	2.7	+0.1	-	265	-20
	○	21	FFL	0.37	+0.01	945	-7	1.5	-1.2	-	255	-10
	○	22	B	0.38	+0.01	938	-7	3.0	+1.5	-	250	-5

○ 湿雪性 ● 乾雪性

12	○	23	FL	0.39	+0.01	931	-7	0.8	-2.2	-	240	-10
	○	24	EFMP	0.39	0.00	905	-7	1.5	-2.3	5	235	-10
13	○	3.4	F	0.39	+0.02	935	-7	2.9	+2.1	-	240	-15
14	○	6	H	0.41	+0.01	920	-8	3.6	-1.2	-	225	-5
	○	7	DO	0.42	+0.01	913	-7	2.9	-0.7	-	220	-5
	○	8	G	0.43	+0.01	903	-10	2.6	-0.3	-	210	-10
15	○	10	DMN	0.44	0.00	889	-7	3.3	+0.3	5	200	-5
	○	11	FI	0.45	+0.01	887	-2	-1.6	-4.9	33	195	-5
16	○	16	H	0.42	+0.01	926	-7	3.5	+1.0	-	220	-10
	○	17	KK	0.44	+0.02	919	-7	2.8	-0.7	-	210	-10
	○	18	D	0.48	+0.04	912	-7	1.8	-1.0	15	190	-20
	○	19	H	0.46	-0.02	920	-8	0.0	-1.8	27	200	+10
17	○	21	N	0.46	+0.03	933	-7	5.5	+4.9	3	205	-15
	○	22	EHK	0.49	+0.03	929	-4	1.2	-4.3	33	190	-15
18	○	26	L	0.47	+0.04	943	-7	0.0	+0.8	18	200	-20
	○	27	ADFFI	0.44	-0.03	954	-11	0.3	+0.3	5	215	+15
19	○	29	H	0.47	+0.02	945	-7	4.3	+2.8	-	200	-10
20	○	31	E	0.51	+0.02	923	-22	7.8	+5.3	-	180	-10
	○	4.1	H	0.53	+0.02	908	-15	4.4	-3.4	-	170	-10
	○	2	S	0.53	0.00	897	-11	1.3	-3.1	-	170	0
21	○	6	AC	0.58	+0.02	846	-15	5.1	-2.4	-	145	-10
	○	7	DF	0.62	+0.04	831	-15	7.9	+2.8	-	135	-10
	○	8	D	0.68	+0.06	816	-15	7.5	-0.4	-	120	-15
22	○	10	D	0.79	+0.06	786	-15	5.0	-1.4	-	100	-10
	○	11	CC	0.86	+0.07	771	-15	6.4	+1.4	-	90	-10

山沿の積雪消失量（昇華・融雪）は

日平均気温 -5°C 以下 3 cm
 “ $-4.9^{\circ}\text{C}\sim+4.9^{\circ}\text{C}$ 7 cm
 “ 5°C 以上 15 cm

位が妥当な値とされている。日降雪量は $\rho=0.1$ として加算した。なだれが終了した4月11日は $\rho=0.86$ となり重過ぎるが3月末まで大体妥当な値となっている。 $W^{kg}/m^2 = \rho d \times 100$ として計算した。冬期間を通じて、大体新雪なだれの期間と全層なだれの期間に分けられるが、個々のなだれと気象要素の対応ははっきりしない。そこで次の区分に分けた。

乾雪なだれ…… ρ が減少して発生したもの

湿雪なだれ…… ρ が増加して発生したもの

第2表はなだれ番号に沿って、 ρ の計算値とその前日差、 W^{kg}/m^2 およびその前日差、日平均気温とその前日差、降雪量、積雪量とその前日差をあげた。

推定密度 (ρ) の変化となだれ発生については第3表の通りです。なだれの発生時刻は早朝から夜半にわたり、9時1回の ρ の価との対応には問題がある。

(1) ρ の前日差が正の場合(湿雪なだれ)は発生日と無発生日は大体、半々で全日数の半数以上となる。急激な昇温により融雪するため起こる ρ の増加が0.04以上となれば当然なだれが発生している。

第3表 なだれの発生と積雪の特徴（白峰）

湿雪 なだれ								乾雪 なだれ									
なだれ番号	期間	件数	ρ 前日差 (平均)	ρ 前日差 Max	W 前日差	同左 積雪	降雪 積雪	積雪日 前日差	なだれ番号	期間	件数	ρ 前日差 (平均)	ρ 前日差 Max	W 前日差	同左 Max	降雪 積雪	積雪日 前日差
	日				kg	kg	cm	cm		日				kg	kg	cm	cm
1	1	2	+0.02	+0.02	-6	-6	-	-18	3	1	1	+0.02	+0.02	+21	+21	-	-10
2	2	3	+0.01	+0.02	-4	-7	47	-10	5	2	2	0.00	0.00	+25	+37	65	+13
4	4	7	+0.02	+0.04	-7	-7	13	-17	6	2	2	-0.01	-0.01	+27	+36	70	+18
7	1	1	+0.01	+0.01	-4	-4	3	-20	8	1	1	-0.02	-0.02	+25	+25	55	+20
11	2	6	+0.02	+0.04	-7	-7	-	-28	9	1	1	+0.01	+0.01	-7	-7	12	+40
12	6	17	+0.01	+0.02	-7	-7	5	-11	10	3	6	-0.03	-0.03	+36	+48	130	+55
13	1	1	+0.02	+0.02	-7	-7	-	-15									
14	3	4	+0.01	+0.01	-8	-10	-	-7									
15	2	5	+0.01	+0.01	-5	-7	38	-5									
16	4	5	+0.01	+0.04	-7	-8	42	-8									
17	2	4	+0.03	+0.03	-6	-7	36	-15									
18	2	4	+0.01	+0.04	+2	-7	22	-3									
19	1	1	+0.02	+0.02	-7	-7	-	-10									
20	3	3	+0.01	+0.02	-22	-22	-	-7									
21	2	5	+0.04	+0.06	-15	-15	-	-12									
22	2	3	+0.06	+0.07	-15	-15	-	-10									
平均	2.4	5	+0.02		-8		13	-12	平均	2	2	-0.01		+21		55	+23

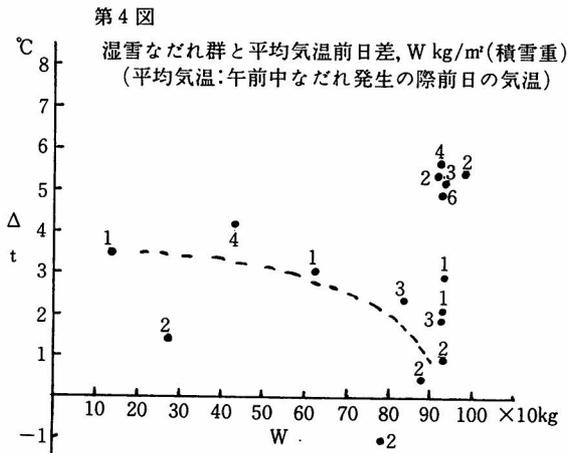
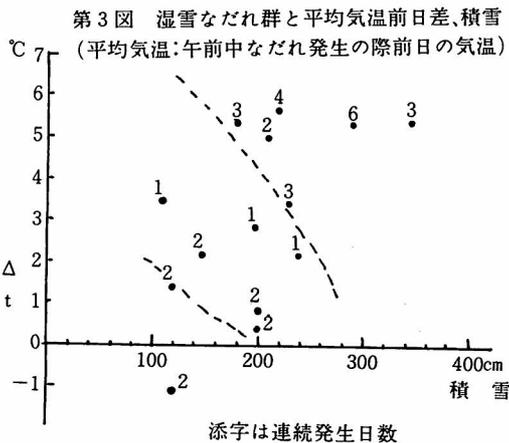
ρ : 積雪推定平均密度 W : 積雪 1 m² 重量 (推定)

- (2) ρ の前日差が負の場合（乾雪なだれ）は発生日が無発生日に対して 1/3 位で少い。
多量の日降雪があってもなだれ発生につながっていない。

日平均気温と湿雪なだれポテンシャル（第3図，第4図）

乾雪なだれに比べ、湿雪なだれが非常に多い。湿雪なだれの原因は前項にも述べたが雪質が変化し、 ρ の急増に伴うなだれ発生が見られる。日単位の雪質変化は気温の上昇がその大部分を占める。

第3図は湿雪なだれについて、気温の前日差（なだれが正午前に発生の場合は前々日）と積雪に対して発生した湿雪なだれをプロットした。添字はなだれ群の連続日数である。連続日数の多いものは



一応、なだれポテンシャルが高いものと考えてよからう。積雪1 m位から始まり2 m位からポテンシャルが高くなる。また気温の上昇は前日に比べ5度以上になるとポテンシャルが非常に高くなることがわかる。第4図は横軸に積雪に変え、雪の推定重量 (W^{kg/m^2}) をとった。これで見るとWが900kg から頻発することがわかる。特に5度前日より昇温し、Wが900 kg になると、なだれポテンシャルが著しく大きくなる。Wが900 kg 以下では昇温が3度以上要求されている。

む す び (第4表)

従来とりあつてきた、なだれは大規模なもので、北陸では人命の被害は他の気象災害に比べ最大であった。なだれ注意報もポテンシャル予報として、こうした立場から発表されてきた。しかし最近山岳道路の開発やスキー場の増加に伴い、山間部の道路に冬期間も自動車等の乗物が入るようになり、いきおい道路沿の小規模なだれによるトラブルが増えてきた。これ等の予報はかなり長期間のポテンシャル(旬程度)として取り扱えるが、日単位のポテンシャルはつかみにくいことがわかった(第4表)。しかしあえてあげるならば

第4表 前日積雪平均密度差($\Delta\rho$)となだれ発生日数(12月16日~4月11日)

記号	$\Delta\rho$	0.01	~0.02	~0.03	~0.04	~0.05	~0.06	~0.07		計
+	10	12	3	3	0	2	1	発生日数	31	
	16	13	3	1	1	0	0	無発生日数	34	
-	3	3	2	0	0	0	0	発生日数	8	
	8	9	3	2	0	1	0	無発生日数	23	
0	8							発生日数	8	
	12							無発生日数	12	
計	57	37	11	6	1	3	1		116	

1. 乾雪なだれは少く、厳寒期でも湿雪なだれが多い。
2. 乾雪なだれは45 cm 以上の日降雪量に対応して、発生することが多い。
大量の日降雪があると、少くとも翌日も発生する。
3. 湿雪なだれは積雪1 m以上で発生し、前日気温差が3度以上で発生することが多い。
特にポテンシャルの高い量としては重量が900 kg 以上で、昇温度の効果がなくなる。

白峰観測所(470 m)の気象観測資料だけで白山麓一帯のなだれポテンシャルを決めるには無理が多い。今後もう少し観測点を増やし、積雪の密度観測をおこなえば更にその実態がはっきりする。

※参考 福井地方の積雪観測結果について(雪永 Vol 30. No 1)

要 約

1973年12月から1974年4月までに白山麓の道路付近で発生したなだれの記録(石川県鶴来道路事務所調べ)を用いて山麓の道路における、なだれと白峰気象観測所における気象資料との関連を調べた。

その結果、本調査では規模の小さいなだれを対象としているので総観スケールの気象条件は考慮していないが、このような規模の小さいなだれのポテンシャル予報には白峰一カ所の観測データだけでも非常に役立つことがわかった。

Summary

Some correlations between the small scale snowslides and the meteorological conditions are studied by the use of the records on the snowslides at the foot of Mt. Hakusan and the meteorological data at Shiramine station near Mt. Hakusan during the period from December 1973 to April 1974. The result obtained in this paper show that the meteorological data at Shiramine station is very valuable for the potential forecast of the small scale snowslides at the foot of Mt. Hakusan.