HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	黒部峡谷高速なだれの研究　III
Author(s)	清水，弘；藤岡，敏夫；中川，正之 他
Citation	低温科學. 物理篇，32，113-127
Issue Date	1974-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18251
Type	departmental bulletin paper
File Information	32_p113-127.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Hiromu SHIMIZU, Tosio HUZIOKA, Eizi AKITAYA, Hideki NARITA, Masayuki NAKAGAWA and Kunio KAWADA 1973 Study on High-speed Avalanche in Kurobe Canyon. III. *Low Temperature Science, Ser. A, 32.* (With English Summary p. 126)

黒部峡谷高速なだれの研究 III*

清水 弘・藤岡敏夫
秋田谷英次・成田英器
(低温科学研究所)

中川正之・川田邦夫
(富山大学・文理学部)

(昭和49年10月受理)

I. まえがき

昭和46～47年，47～48年の両冬期の観測[1,2]にひき続いて，昭和48～49年冬期，黒部峡谷下ノ廊下の下流部，志合谷，阿曽原谷に於いてなだれの観測を行なった。

寡雪であった前2冬にくらべて，今冬はかなり多雪の年であった。全国山岳地域では大規模ななだれが多く発生し，事故件数や死傷者数も前2冬の記録をかなり上まわった[3]。黒部峡谷地域でのなだれの発生状況も，例年にくらべて活発であったと推定される証拠がいろいろあった。

この多雪は一方，過去2冬の積雪状況に基づいて設置した屋外測定器類を埋没し，なだれが感知されない場合もあったようである。

毎月1回の定期入山日には，屋外測定器付近の除雪を行なっていた。たまたま2月9日午前，除雪後まもなく襲来した3つのなだれの衝撃力波形が記録された。これは，われわれの黒部峡谷のなだれ研究における，最初の動力学的記録である。

II. 観　　測

今冬，黒部峡谷で行なったなだれ研究のための観測項目，観測方法および観測場所などを第1表に概括した。

III. 今冬の黒部峡谷およびその付近のなだれ発生状況

黒部峡谷およびその付近の地域に於て今冬発生したなだれの中，記録または報告のあったものは次の通りである。

1. 昭和49年1月22日午後1時30分ごろ，黒部峡谷仙人谷出合の黒3ダム付近に小規模なホウなだれ** が襲来した。発生地は雲切谷またはガラ谷，被害なし。

* 北海道大学低温科学研究所業績　第1340号

** ホウなだれ：富山県地方の方言。大規模な乾雪表層なだれの一種で，運動形態はけむり型である。屢々なだれ風と呼ばれる爆風を発生し，破壊力が強い。

第1表 黒部峡谷高速なだれ研究の観測項目（昭和48～49年冬期）

観測項目		観測方法	観測場所	摘要
気象	・気温 ・気圧	・サミスター自記温度計 ・アネロイド自記気圧計	・志合谷宿舎跡2階	
	(・天気)	・日視観測	・黒3ダム（人見平）	(関西電力KKの観測)
積雪	・積雪深	・スノーカメラ	・人見平	4回/日
	・積雪の構造と状態	・断面観測	・志合谷宿舎跡屋上	昭49/2/2
なだれ	・衝撃力	・ロードセル，応力計→突発現象記録装置	・志合谷宿舎跡屋上	
		・圧痕計	・志合谷（宿舎跡，屈曲点） 阿曽原谷（右股滝の対岸）	
	附随現象 ・気圧変動 ・なだれ音 ・(映画)	・差圧計（アネロイド型気圧計） ・カセットテープレコーダー ・16 mm映写機	・志合谷宿舎跡	12月中3回記録 (故障)
	・デブリ	・断面観測と表面観察	・志合谷	昭49/5/23～26

2. 2月9日午前，黒部峡谷志合谷に3つのなだれが発生し，衝撃力が突発現象記録装置に記録された。
3. 2月9日午前，黒部峡谷百貫沢にホウなだれが発生し，対岸の鐘釣駅と美山荘の建物の一部を破壊した。
4. 2月9日午前，黒部峡谷猫又発電所（黒2発電所）付近ににホウなだれのデブリが観察された。
5. 2月9日午前，後立山関電トンネル（大町路線，扇沢—黒4ダム間）の信州側出口付近に大規模なホウなだれが発生して道路を埋め，関西電力KKの連絡自動車の通行が2日間停止された。
6. 2月9日午前7時50分頃，後立山信州側の五竜とおみスキー場にホウなだれが発生し，リフト支柱を折り曲げ，テレキャビンとリフト小屋を半壊した。
7. 発生日不明，黒部峡谷ダシ平の杉林がホウなだれで破壊され，又同棒小屋沢にはホウなだれによる広域倒木が見られた。その他，志合谷宿舎跡付近の積雪内や，志合谷，阿曽原谷の残雪内に多数のデブリ層が観察された。

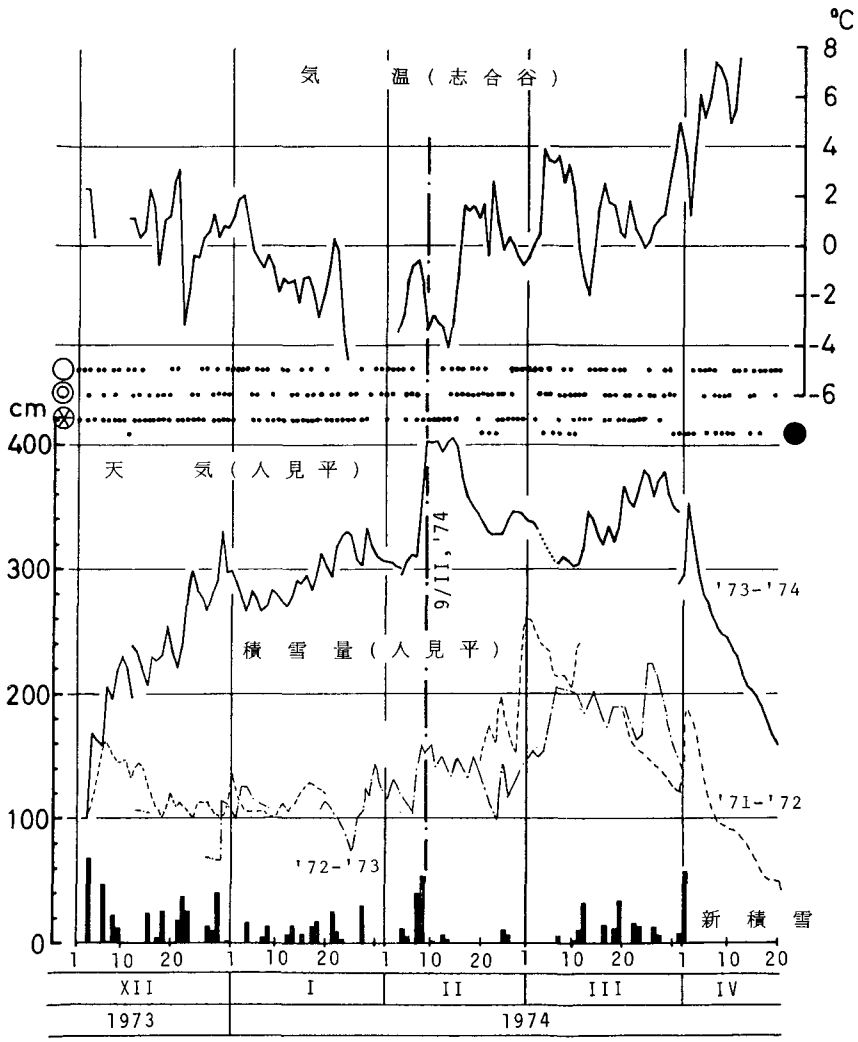
黒部峡谷はその険岨な地形のため，積雪期の谷筋の一般通行は全く不可能であり，上に掲げた例は，極端に限定された場所での記録にすぎない。黒部峡谷全域にわたるなだれ発生の克明な記録は事実上不可能であるが，全体ではおびただしい数にのぼるであろうことは疑いもない。

IV. 気象と積雪条件

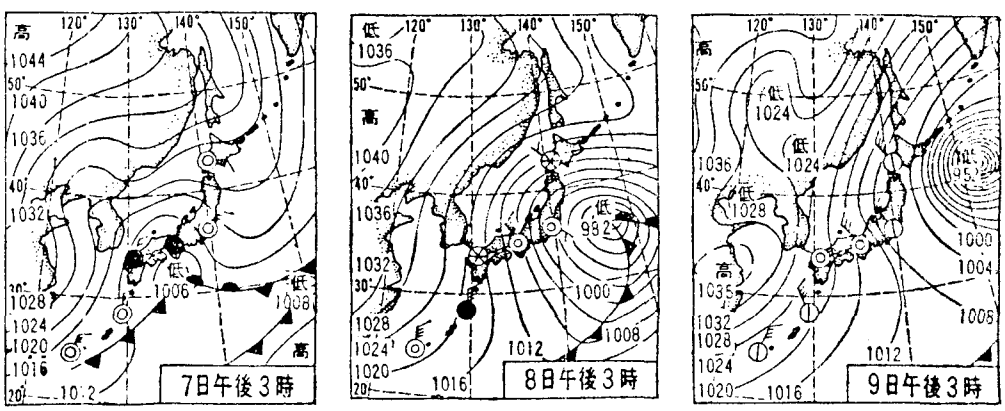
今冬，なだれを多発させた気象と積雪条件についてまず考察しよう。

1. 気象条件

気象観測は，第1表に示したように，志合谷宿舎跡（海抜840 m）で，気温と気圧をサーミ



第1図　黒部峡谷の気温，天気，積雪量と新積雪量（昭和48～49年冬期）；人見平に於ける天気は関西電力KKの観測による。○快晴または晴，◎くもり，⊗ゆき，●あめ



第2図　昭和49年2月7日～9日の天気図

スター自記温度計とアネロイド自記気圧により測定した。気温の記録を第1図上段に示す。尚同図には，黒3ダム（関西電力KK）で行なっている気象観測資料[4]のうち，人見平付近の天気の記録を中段に併記した。（人見平は志合谷の上流約4km（直線距離）にある。）

第2表 積雪の断面観測（昭和49年2月2～3日，志合谷宿舎跡屋上）

年 月 日 時 刻 測 定 者	高 さ H cm	雪 温 T_S °C	密 度 G g·cm^{-3}	硬 度 R g·cm^{-2}	温 気，積 雪
昭和49年	300	−2.4	0.04		T_a=−2.8°C（2月2日）
2月2日	280	−4.1	0.19	83.9	
12:30～13:30	260	−3.8	0.28	1120	上層はかわき雪で，下層の30～
雪温測定	250			1420	40cm程度がわずかにぬれて
	242		0.35		いた。
2月3日	240	−3.1		2600	2～3度のなだれによるデブリ
9:30～11:00	235		0.31		の層が入っていた。
層構造，密度，硬度	232			2010	
観測	227		0.37		
	220	−2.5		1650	
観 測 者	215		0.28		
中川，川田，武田，清水	210			2600	
	200	−1.8	0.33	4280	
	185			4950	
	180	−1.4	0.37		
	170			14400	
	160	−1.1	0.45		
	150			12000	
	145			23800	
	140	−0.9	0.52	12000	
	138		0.50		
	130			23800	
	125		0.49		
	120	−0.7	0.44	17900	
	110			10300	
	100	−0.5	0.44		
	95			23800	
	80	−0.3	0.47		
	75			7310	
	72		0.41		
	70			14900	
	65			4480	
	60	−0.3	0.44		
	50		0.42	4480	
	40	0.0	0.45		
	30			31600	
	20	0.0	0.40	5680	
	2		0.51		
	0	0.0			

これによると，今冬の志合谷に於ける気温は前2冬に比べて[5]やや低目であり，特に，1月下旬から2月中旬にかけては気温が常に氷点下であった。従って，この期間中，積雪は乾燥していたと考えられる。

又，天気については，同期間の降水はすべて雪であり，特に2月8～9日には多量の降雪(新積雪深；2月8日に40 cm，9日に53 cm)がもたらされた。当時の天気図を第2図に示す。2月7日に土佐沖に発生した低気圧は次第に発達しながら東北東に進み，8日には関東沖に達し，9日に北海道沖に抜けた。このため，西高東低の冬型気圧配置が強まり，8日から9日にかけて山岳地方は烈しい吹雪に襲われた。

このような気象条件により，厚く不安定な新積雪層が形成されて，なだれ発生条件が広域に亘って醸成され，2月9日の集中発生をもたらしたと考えられる。

2. 積雪条件

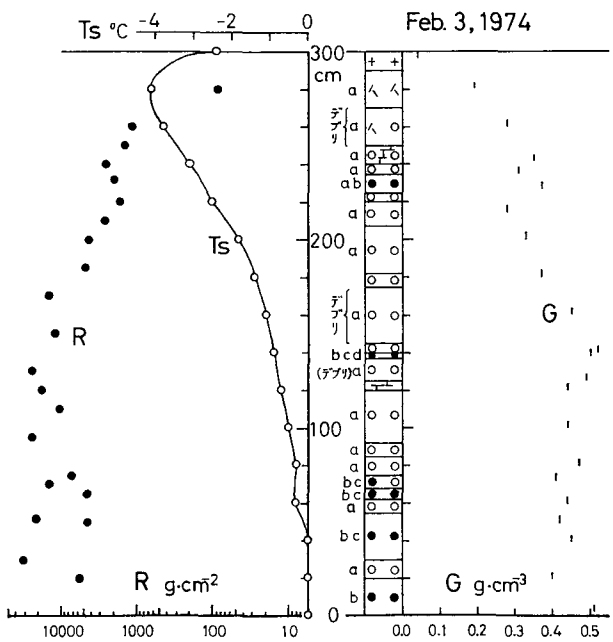
i) **積雪深**： 志合谷宿舎跡付近では積雪観測露場の撰定が困難なため，積雪深の測定は人見平に於て前2冬と同じ方法[5,6]で行なった。つまり，人見平(100 m×30 m の平坦埋立地，海抜854 m)の中央付近に雪尺を立て，約20 m 離れた宿舎の2階から，雪尺の積雪による埋まり方を，毎日9時，11時，13時，15時および24時に写真撮影した。1日の最大積雪深をその日の積雪深としてまとめた結果を第1図下段に示す。

この結果について考察すると：

a) 今冬は殆ど全期間を通じて，前2冬の約2～3倍の積雪深が続いた。

b) 前2冬は，12月初旬から2月末までの積雪深は殆ど平坦に保たれ，3月に最大積雪深(昭和47年3月1日，260 cm；昭和48年3月，224 cm)[5]に達した。これに比べて今冬は12月中に前2冬の約3倍近い積雪深に達し，1月は漸増，2月の中旬に最大積雪深405 cm を記録した。)

黒部峡谷のように急峻な地形では，多雪であること自体が，なだれ発生の大きな原因になるが，更に，前項の気象条件で述べた2月7日発生の低気圧によってもたらされた多量の新積雪(2月7日15時から，9日9時まで，42時間に93 cm)は極めて不安定であり，ホウなだれ発生の条件が広域に亘って熟成されたと

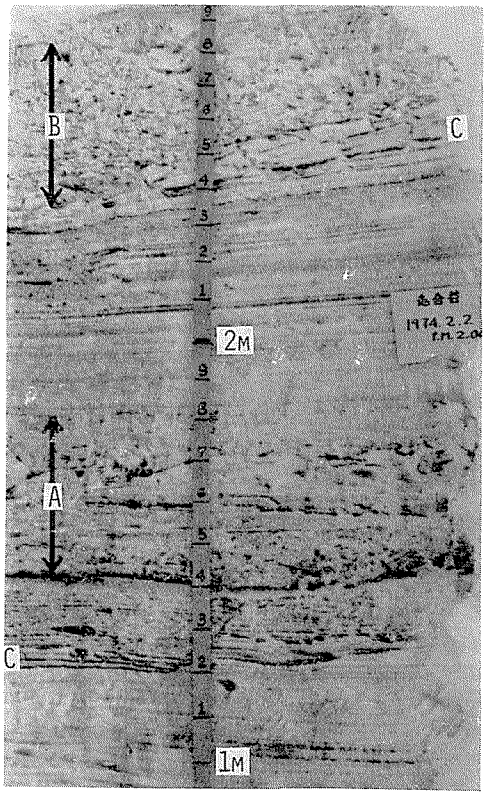


第3図 積雪断面観測(昭和49年2月2日；志合谷宿舎跡屋上)
T_S 雪温(°C)，R 硬度(g/cm²)，G 密度(g/cm³)；雪質表示：＋しんせつ，人こしまり雪，○しまり雪，●ざらめ雪，違い棚の記号はなだれの走行で破壊されたと思われるクラスト層

考えられる。

ii) **断面観測**： 昭和49年2月2日，志合谷宿舎跡の屋上付近で積雪の断面観測を行なった。その結果を第2表と第3図に示す。

この時の積雪深は約295 cmであったが，地上高140～175 cm，および235～290 cmの2層は，第4図に示すようになだれのデブリ層であった。特に，図中のCで表わした層は，なだれの走行によって割られたまま飛散せずにデブリの下に残った当時のクラスト表面（恐らく風成堅雪であろう）と思われる興味深いものであった。

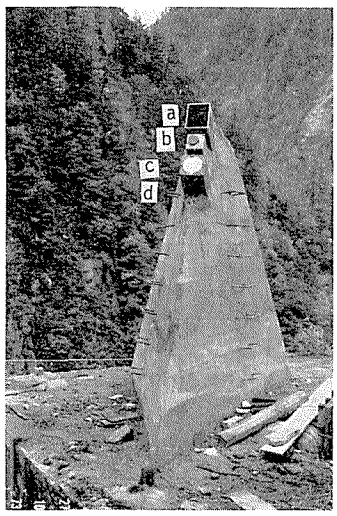


第4図 積雪断面（昭和49年2月2日，志合谷宿舎跡）。A，Bデブリ層，Cなだれの走行によって破壊されたと思われるクラスト

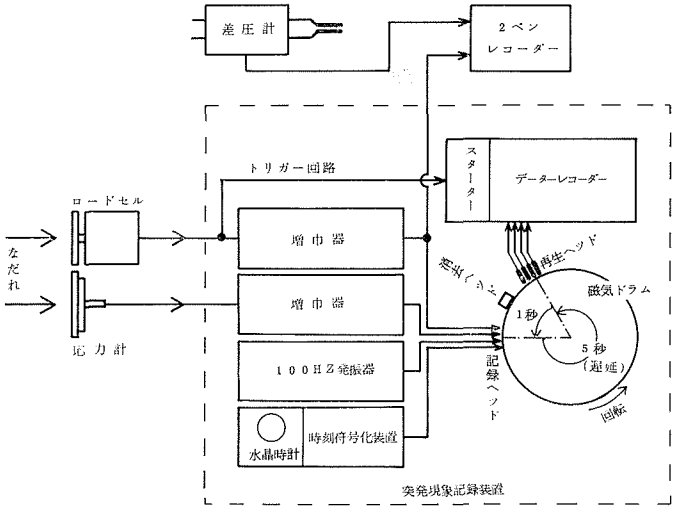
V. なだれの衝撃力

1. ロードセルおよび応力計による記録

志合谷のなだれ観測地点付近の地形図を第11図に示す。宿舎跡の屋上に高さ2.5 mの鉄筋コンクリートの三角マウンドを新しく作り，なだれの襲来方向に面した稜にロードセル，応力計，圧痕計などをとりつけた（第5図）。各々の受圧面は30°上向きの位置で志合谷屈曲点Xを



第5図 三角マウンド（志合谷宿舎跡の屋上）。a 16 mmカメラ設置筐，bロードセル，c応力計，d圧痕計（取付位置）

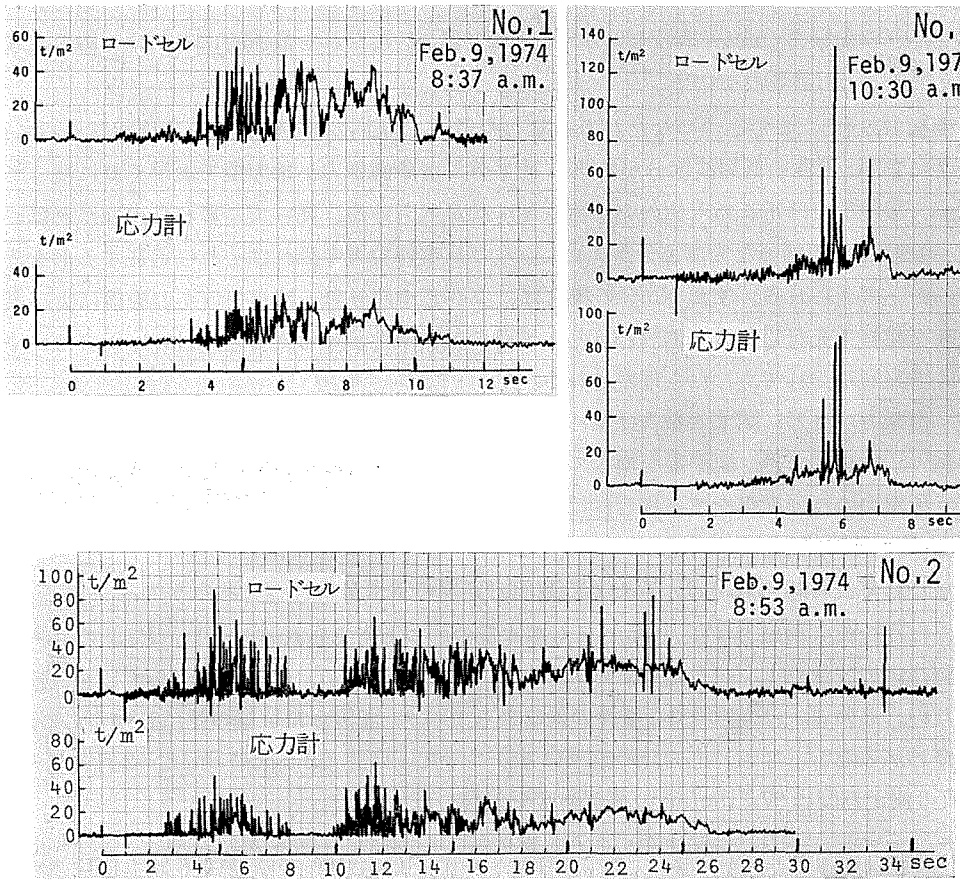


第6図 突発現象記録装置

狙い，なだれを直角に受けるように設計した。

なだれの衝撃力はロードセル，応力計によってそれぞれ電圧信号に変換され，第6図に示すように突発現象記録装置(5秒間の遅延回路付データーレコーダー)に記録された。この装置では，ロードセル，応力計の出力は100 Hzの標準振動および符号化された時刻信号と併行して，定速回転(6秒で1回転)磁気ドラムに常時記録されている。なだれの最初の衝撃信号(トリガー信号)によって，データーレコーダーはその5秒前からの信号記録を磁気ドラムから磁気テープに再録する。一旦作動を始めると，データーレコーダーは自動的に3分間再録を続けてから停止する。再録中の入力信号は再録継続時間に影響を与えない。磁気ドラムの周波数特性は0～150 Hzにわたって平坦である。磁気テープの記録は電磁オッシロにより再生して観察した。

今冬は多雪年(前2冬の2～3倍の積雪量)であったため，厳冬期には，三角マウンドを始め殆どの屋外測定器は雪中に埋没した。毎月1回の定期入山時にはマウンド付近の除雪を行なったが，次回の入山時には再び完全に埋没していた。しかし，前記の2月9日の集中なだれ



第7図　なだれの衝撃力(昭和49年2月9日，志合谷宿舎屋上の三角マウンド)。
No. 1，午前8時37分；No. 2，午前8時53分；No. 3，午前10時30分。
(電磁オツシログラフにより再生)

第3表 なだれの衝撃力波形の解析（昭和49年2月9日のなだれ：志合谷）

なだれ	時刻（昭49/2/9）（午前）	継続時間：t（秒）	衝撃力波形	最大衝撃力：P_{max} (ton/m²) ロードセル	最大衝撃力：P_{max} (ton/m²) 応力計	ロードセル値：応力計値	力積強度：I (ton·sec/m²) ロードセル	力積強度：I (ton·sec/m²) 応力計
No. 1	8:37	10	前半：高周波部（20 Hz）後半：低周波部（数 Hz）	54	32	1.7	139	81
No. 2	8:53	24		91	63	1.5	389	269
No. 3	10:30	4		134	87	1.6	50	29

は，三角マウンドに設置したロードセル，応力計および圧痕計により明瞭に記録されていた。これは第1図の気象・積雪状況から推定されるように，2月2日の除雪後は降雪が僅かであったため，7日以降の大量な降雪によっても，少なくとも三角マウンドの上部は十分に露出していたためと考えられる。この時のなだれの記録は非常に明瞭であり，これ以外にはよい記録が殆どとれなかった。以下，2月9日のなだれについて考察する。

昭和49年2月9日朝，志合谷宿舎跡で三つのなだれが突発現象記録装置に記録された。このなだれに，記録時刻順にNo. 1, 2, 3の番号をつけることにする。ロードセル，応力計による各なだれの衝撃力の波形（第7図）から，その特徴と，なだれを数値的に表わすための基本量を考えてみよう（第3表）。

i) 衝撃力波形：この三つのなだれの衝撃力波形は，前半に20 Hz程度の高周波部分があり，後半に数Hz程度の低周波部分がある。前半部では各衝撃力が撃力型で素早く0に戻っているが，後半部では常にある値の力が測定器にかかっている。従って，これらのなだれは，物体（雪塊）密度の稀薄な先頭部分が先行し，なだれ本体の雪の流れはそれに追従する形をとっていたと考えられる。またNo. 2の場合は，この先頭部分の一部が何らかの機構によって，本体を離れて先行したように思われる。当時の積雪条件から考えると，No. 1, 2, 3はいずれも乾雪表層なだれであったと推定される。

衝撃力の波形に関する報告は極めて少ないが，ながれ型湿雪なだれの著しく変動に乏しい例[7]もある。今後，観測数を増して，各種なだれの資料について検討することが必要である。衝撃力の波形観察をする場合には，応答周波数の高い記録器，再生器を使わなければならない。

ii) なだれ継続時間 t (sec) は，なだれの数値的表現の基本量の一つであろう。

iii) なだれの最大衝撃力 P_{max} (ton/m²) も基本量の一つと考えられる。但し，P_{max} のロードセル値は応力計値の1.5～1.7倍程度の大きな値を示しているが，位相的には必ずしも一致していない。このことは，測定器の特性の差によるものか，設置した位置の差に基づくものかは，まだわからない。なお，応力計の直下にとりつけた圧痕計（第5図のd）は，2月4日～3月7日の測定期間に97.7 ton/m²の荷重強度を記録した*。

iv) ロードセル，応力計の受圧面に次々と衝突してくるなだれ物体（雪，空気など）の一連の構

* 圧痕計の繰返し荷重試験の結果：静荷重に近い短期荷重（10秒間静止）の場合は，最大の単一荷重値だけが記録され，それより小さな繰返し荷重の影響は認められなかった。動荷重の記録内容はまだわからない。

成を**なだれ流管**と呼ぶことにする。一本のなだれ流管を一個の運動体と考えると，受圧器に与える衝撃力の波形記録から，このなだれ流管による力積が計算できる。この力積は，衝突によるなだれ流管の運動量の変化を示すが，特に，なだれ体が衝突後，側方に飛散して前進運動がなくなる場合には，このなだれ流管のもっていた運動量の総量を与えることになる。そこで，受圧面を含む単位断面積をもつなだれ流管を考え，それによる力積（面積効果は無視する）を，なだれの力積強度 I(ton·sec/m²) と定義した。つまり，

$$I=\int_0^t P\,\mathrm{d}t,$$

である。但し，Pはなだれの衝撃力 (ton/m²)，tはなだれの継続時間 (sec) である。Pおよび

第4表　圧痕計によるなだれの荷重強度 (ton/m²)

場所			荷重強度 (ton/m²)	期間（設置）（回収）
志合谷	宿舎跡	A	17.6	昭48. 11 ～昭48. 12. 27
			14.4	12. 28～ 49. 2. 3
			27.7	49. 2. 4～ 3. 7
			11.3	3. 7～ 5. 23
		M	11.8	48. 11 ～ 48. 12. 27
			15.8	12. 28～ 49. 2. 3
			97.7	49. 2. 4～ 3. 7
			5.4	3. 7～ 5. 23
		B-1	0	48. 11 ～ 49. 5. 23
		B-2	2.2	
		C-1	1.2	
		C-2	0	
		D-1	0.8	48. 11 ～ 48. 12. 27
			3.2	12. 28～ 49. 2. 3
			1.2	49. 2. 4～ 5. 23
		D-2	0.6	48. 11 ～ 5. 23
		E-1	4.5	
		E-2	3.5	
		E-3	2.2	
	屈曲点岩稜		63.3	48. 11 ～ 49. 7. 29
阿曽原谷	右股滝の対岸	AZ-1-1	33.3	48. 11 ～ 49. 5. 26
		AZ-1-2	28.6	
		AZ-2	**210**	

tは，ロードセルや応力計で測定することができる。以上の諸量を考慮して，なだれ No. 1, 2, 3 の観測結果を考察してみよう。

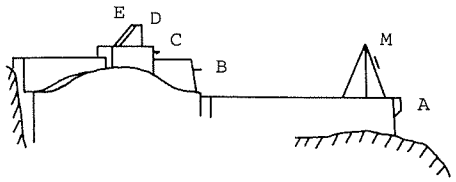
(1) なだれ No. 3 は，三つのなだれのうちで，継続時間も，力積強度も最小であるが，最大衝撃力は最も大きい。衝撃力波形から考えると，最大衝撃力は撃力型であり，本体の雪の量は少ない。瞬間的な破壊力が強いなだれである。

(2) なだれ No. 2 は，最大衝撃力は No. 1 と No. 3 の中間値であるが，継続時間と力積強度が極めて大きい。力の時間的効果による破壊力が強いなだれである。

(3) しかし，衝撃力は，測定位置によって異なる。ひとつのなだれを全体的に測定し，記述するのは大変難しいことであるが，本研究の最終目標のひとつである。

2. 圧痕計による記録

今冬，志合谷，阿曽原谷に於ける，圧痕計によるなだれの荷重強度の記録を第4表に示す。志合谷宿舎跡付近の圧痕計設置図を第8図に示す。阿曽原谷に於ける設置場所は，昨年と同じ右股の滝の対岸岩壁であった。ここで記録された 210 ton/m^2 の荷重強度は，現在までの記録中最大のものである。



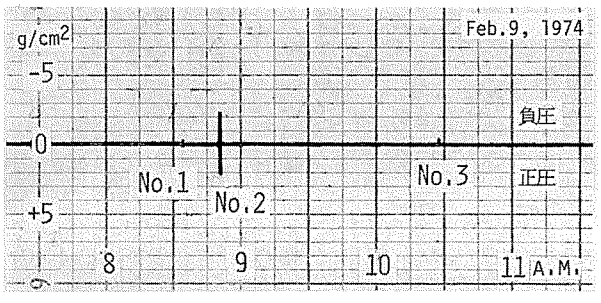
第8図 圧痕計によるなだれ測定位置と，受圧板

VI. なだれの付随現象

1. 気圧の変動

大きなだれが通過する際，付近で気圧降下の起きることがあるという言い伝えがある。これを確認するために，志合谷横坑出口付近に差圧計を設置した。差圧計は，金属薄膜で隔てられた2つの気室からなり，両気室内の気圧差による薄膜の変形を電気的（ストレンゲージ）に検知して，その気圧差を知る測定器である。ひとつの気室は開放口により，また他の気室は細孔を通して夫々大気に直結している。このため，ゆっくりした大気圧変動に対しては，両気室内の圧力は常に大気圧に保たれて薄膜は変形せず，また温度変化の影響も受けない。しかし，外気圧が急激に変動するときは，細孔の通気抵抗が大きいために，両気室の間に外気圧の変動に応じた気圧差が生じ，薄膜の変形（低気圧側にふくらむ）をひきおこす。

差圧計の記録には，第6図に示すように2ペンレコーダーを用いた。その結果を第9図に示す。2ペンレコーダーは記録紙の速度がおそいため (2 cm/時間)，気圧変動の波形は全くわからないが，前記なだれ No. 1, 2, 3 に対応する時刻位置に，気圧変動の発生したことが明瞭に記録された。いずれも負圧の方が大き



第9図 なだれによる気圧変動（差圧計—2ペンレコーダー）

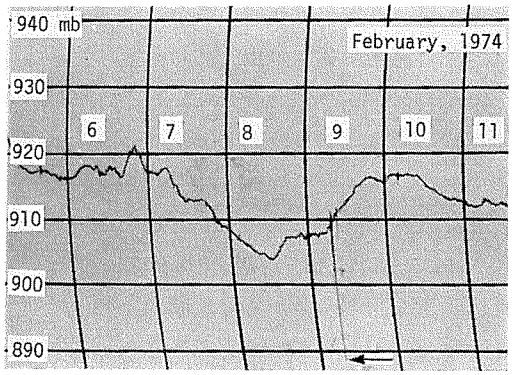
な値を示しているが，No. 2 に対応する気圧変動が最も著しかった。

なだれ	気圧変動の最大値 (g/cm²)	
	正　圧	負　圧
No. 1	—	−0.2
No. 2	+2.1	−2.3
No. 3	—	−0.4

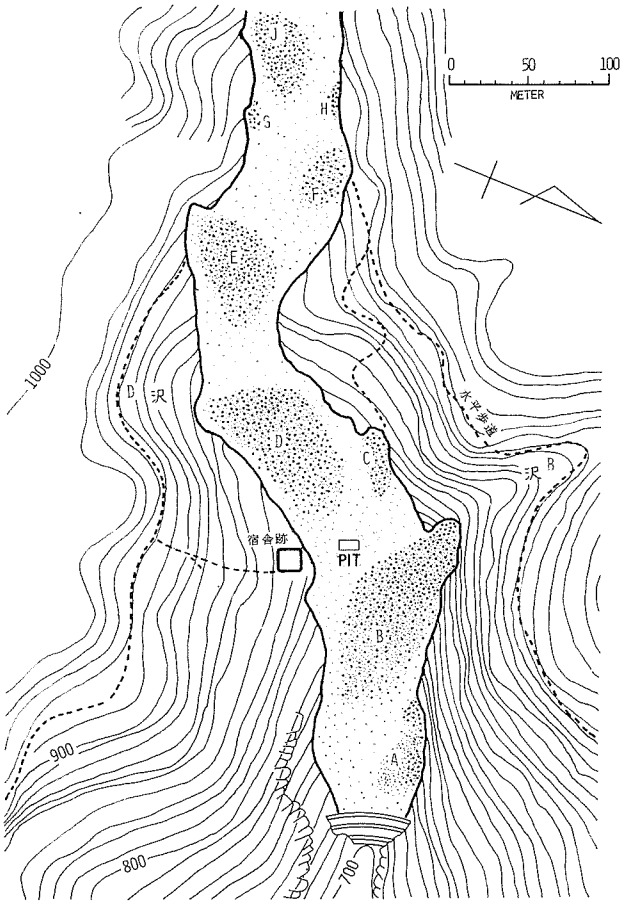
また，宿舎跡 2 階のアネロイド型自記気圧計は，2 月 9 日午前中約 21 mb に達する異常な気圧降下を記録した (第 10 図)。これはなだれ No. 2 に対応するものと考えられ，更に 1 時間半後に No. 3 に対応する気圧降下が記録されている。

なだれ	気圧変動の最大値 (g/cm²)	
	正　圧	負　圧
No. 1	—	—
No. 2	+2	−21
No. 3	+0.5	− 3

差圧計とアネロイド気圧計の結果をくらべると，なだれ No. 2 の正圧値を除いては，約 10 倍の差異が見られる。この原因については，くわしい検討が必要である。



第 10 図　なだれによる気圧変動
(アネロイド型自記気圧計)



第 11 図　志合谷の残雪 (昭和 49 年 6 月 26 日)。
黒点を濃く打った部分 A，B …… J：枝沢から出たなだれのデブリ

VII. なだれのデブリの観察

多量の降雪と多発したなだれのため，志合谷は夏に入っても，例年にない厚い残雪 (30～40 m) に埋められていた。そこで，昭和 49 年 5 月 23～26 日の期間，この残雪の観測と調査を行なった。

1. 断面観測

志合谷宿舎跡付近の谷幅の中央部に，深さ 3.5 m の断面観測用竪穴 (PIT) を掘った。その断面，(谷の流れに直角な壁) のスケッチを第 12 図に示す。

i) 断面には，氷板を境界面とする5層 (I, II……V) のデブリが観察された。

第 I, II 層： 泥土や草木の枝，葉が多量に混入して居り，自然積雪時の成層構造の見られる雪塊 (10～20 cm) が多数含まれていた (第 II 層には直径 80 cm 位の大雪塊が見られた)。この2層は，位置および組織から考えて，付近の枝沢 (C 又は D) から出た全層なだれのデブリと推定された。

第 III 層： 上の2層とは対比的に，混入物のない，白い層であった。

第 IV, V 層： 第 III 層と同様，混入物のない白い層であったが，含まれていた雪塊は，第 III 層よりも大きなものが多かった。第 III, IV, V 層は表層なだれのデブリと判断された。

以上の観察から，この付近の残雪は殆どなだれのデブリの堆積であることがわかり，各デブリ層の構造と組織から，なだれの種類がある程度推定された。

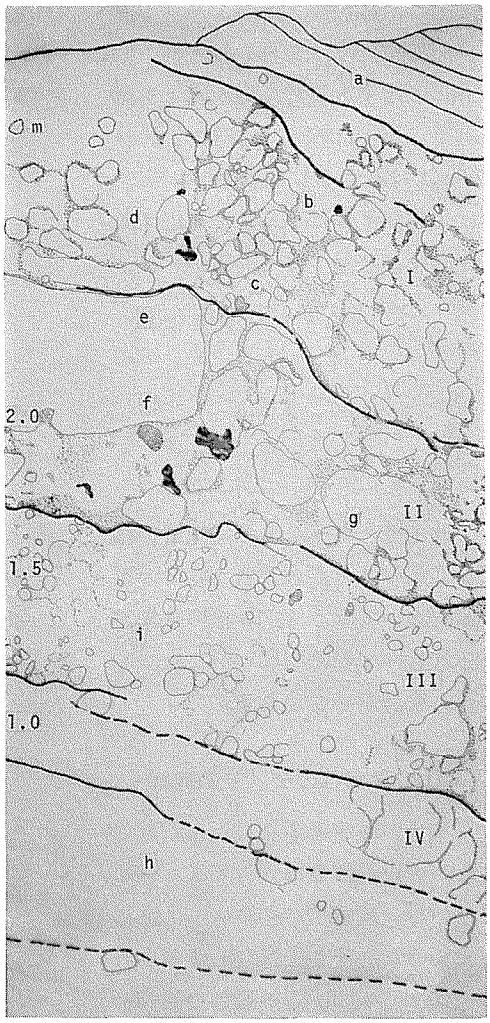
ii) 第 12 図にアルファベットの小文字 a, b ……i で示した9点から雪の試料を採り，密度，硬度を測定した。その結果を第5表に示す。測定当日は融雪が烈しく，デブリの雪の含水率は飽和状態に近かったと考えられる。デブリの雪質は殆どざらめ雪になっていたので，測定した濡れ密度 ρ_w から，ざらめ雪の飽和含水率 15% を差引くことによって乾き密度 ρ_d を与えた。

2. 表面観察

志合谷を埋めたデブリの表面観察を，下流部の砂防ダムから，標高 1200 m 付近まで

第5表 志合谷のなだれデブリの断面観測 (昭和 49 年 6 月 25 日： ρ_w ぬれ密度，ρ_d かわき密度)

試料	密度 (g/cm³)		硬度 R (kg/cm²)
	ρ_w	ρ_d	
a	0.70	0.59	1.6
b	0.67	0.57	17
c	0.64	0.55	12
d	0.69	0.59	14
e	0.48	0.41	6.3
f	0.60	0.51	
g	0.63	0.53	6.1
h	0.62	0.53	9.9
i	0.60	0.51	8.2



第12図 志合谷残雪の断面 (昭和 49 年 6 月 25 日) 太線は氷板，点群は泥土混入，黒い部分は空洞； I, II, …… V, デブリ層； a, b, …… i, 密度・硬度観測点。左端のスケールは，観測竪穴の底から，上に向って測っている。(本図は観測壁のつなぎ写真をトレースしたもの。)

行なった。その結果，枝沢から志合谷本流に吐き出されるなだれが非常に多いことが確められた（第11図のA, B, ……J)。特にD沢のなだれ発生は極めて活発で，デブリDは巨大な丘状をなしていた。

VIII. ま と め

今冬は多雪のため大型のなだれが多発した。特に，今冬2月9日午前中には黒部を含む北アルプスの広域にわたって大型なだれが集中的に発生した。この時，志合谷の突発現象記録装置に三つのなだれが記録され，衝撃力波形の解析が行なわれた。

1. 波形から考察すると，これらのなだれは雪塊密度の稀薄な先頭部が先行し，なだれ本体の雪の流れは，これに追従していたようである。No. 2では，先頭部の一部が本体を完全に離れて先行した。
2. なだれの継続時間，最大衝撃力，力積強度などがなだれ記述のための基本量にえらばれた。これを考慮して考察した結果，No. 2は力の時間的効果による破壊力が強く，No. 3は瞬間的な破壊力の強いなだれであると考えられる。
3. 大型のなだれが通過するときの気圧の変動の予備観測が行なわれた。一般には正圧よりも負圧の方が大きい傾向（最大 −21 mb）があった。

本研究は，文部省科学研究費自然災害科学特別研究費によって行なった。この観測の設営，輸送に関して関西電力株式会社北陸支社の好意的な御配慮を終始戴いたこと，登攀用ザイルについては東京製鋼株式会社の御援助を戴いたこと，観測に関しては富山大学文理学部物理学教室の近堂和郎助教授，岡部俊夫助教授，渡辺信雄技官をはじめ学生諸君，北海道大学理学部地球物理学科大学院岡野正，和泉薫両君たちの積極的な協力をいただいたことを併記して，深く感謝の意を表する。

文 献

1) 清水 弘・他 1972 黒部峡谷志合谷のなだれ研究 I, —志合谷のなだれ予備調査—. 低温科学, 物理篇, **30**, 103-114.
2) 清水 弘・他 1973 黒部峡谷高速なだれの研究 II. 低温科学, 物理篇, **31**, 179-189.
3) 秋田谷英次 1974 調査カードによるなだれ情報の整理（昭和48〜49年冬期). 昭和49年度日本雪氷学会秋季大会講演予稿集, 日本雪氷学会, 予稿番号21.
4) 関西電力株式会社 1973〜1974 降水量月報, 黒部川水系, 黒部川, 黒部川第三発電所, 仙人谷観測所, 分類番号G 640, 昭和48年12月分〜昭和49年4月分.
5) 中川正之・他 1973 黒部峡谷の積雪と気温観測 I（1971〜72年, 1972〜73年冬期). 低温科学, 物理篇, **31** 資料集, 6-18.
6) 藤岡敏夫・他 1968 雪崩観測実験室実験斜面積雪の特質, 低温科学, 物理篇, **26**, 169-185.
7) 日本建設機械協会 昭和43年 なだれ. 防雪工学ハンドブック, 95-99, 文祥堂, 東京.

Summary

Observation of high-speed avalanches, which frequently break out in Kurobe Canyon, North Alps of Japan, Honshu, were carried out in the winter of 1973–74 on the basis of the results of observations conducted in the previous winters of 1971–72 and 1972–73.

In this winter, it was observed that the accumulation of snow amounted up to twice or three times in depth of those in the previous winters at Hitomi-Daira, Shiai-Dani valley and other places in the Kurobe district, and numerous large avalanches broke out in the North Alps district. Seven large avalanches were recorded/observed on the morning of February 9, 1974, in an area of Kurobe Canyon and its vicinity; it is reasonably presumed that a number of unobserved avalanches other than these would have been released on this morning in the surrounding areas from the condition of weather and snow fall at that time.

Three avalanches, Nos. 1, 2 and 3, were detected by two transducers, a load-cell and a stress-gauge, and recorded by a data-recorder (Figs. 5 and 6) at the avalanche observatory of Shiai-Dani valley. The results are given in Fig. 7, and Table 3.

1. The duration of the avalanche t (seconds) is given in the third column of Table 3.
2. The impact force of each avalanche was analyzed. There was a general pattern, as shown in Fig. 7; namely, in the first half of its duration, the impact force varied with high frequencies of the order of 20 Hz and the peaks of the impact force rose from and dropped down to the zero level, in general, while in the second half it varied with low frequencies of the oder of several Hz and the peaks appeared above a continuous value of loading, scarcely hitting the zero level. From such a common pattern, it was presumed that these three avalanches had a similar structure of motion; namely, the first half of the avalanche consisted of a discontinuous flow of moving bodies such as snow blocks and air masses, while the second half consisted of a continusus flow of snow mixed with snow blocks.
3. The maximum impact force of an avalanche P_{max} (ton/m^2) was measured by two different types of transducers, a load-cell and a stress-gauge, the results of which are given in the fifth and sixth columns of Table 3, and the ratio of them in the seventh. (A penetrometer, steel cone-aluminum plate type, set on the same base as the two transducers (Fig. 5) recorded a loading of 97.7 ton/m^2.)
4. As an approach to study the momentum of an avalanche, a tube of flow of snow/air-mass which hits a transducer was considered in the mass of the avalanche, and was named *a tube of avalanche flow*. Supposing a tube of avalanche flow to be a single moving body, impulse of the impact force of the tube of avalanche flow was calculated from the record of the transducer. Then, the intensity of impulse of an avalanche was defined by the impulse by a tube of avalanche flow with a unit cross sectional area, as

$$I = \int_0^t P \, dt ,$$

where I is intensity of impulse of an avalanche (ton·sec/m^2), P impact force (ton/m^2), and t duration (seconds) of the avalanche. A practical problem has remained unsolved as to the position of the transducer to an avalanche which is essential for

the discussion of the momentum of an avalanche as a whole, change of which is given by the impulse.

5. Two types of destructive actions by an avalanche were considered from the general pattern of the impact force of the avalanche; the one is instantaneous destruction by the impact force at its peak, the other is destruction by the impulse of the avalanche. The largest impact force 134 ton/m^2 was observed in avalanche No. 3, the duration time of which was only 4 seconds, while the largest impulse of 389 ton·sec/m^2 by avalanche No. 2, as shown in Fig. 7 and Table 3.
6. A sudden and big change of the atmospheric pressure of −21 mb or more was clearly observed, as shown in Figs. 9 and 10: it was presumed that such a change of the atmospheric pressure was caused by a big and fast avalanche, e. g. avalanche No. 2 and others, which passed by the observatory. A finer observation with more sensitive apparatus is necessary to discuss this phenomenon in more detail.

A penetrometer set in Azowara-Dani valley recorded a loading of **210** ton/m^2.