



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	黒部溪谷高速なだれの研究 II : 志合谷および阿曾原谷のなだれ調査
Author(s)	清水, 弘; SHIMIZU, Hiromu; 秋田谷, 英次 他
Citation	低温科学. 物理篇, 31, 179-189
Issue Date	1973-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18228
Type	departmental bulletin paper
File Information	31_p179-189.pdf



黒部峡谷高速なだれの研究 II*

清水 弘・秋田谷英次・藤岡敏夫

(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48年10月受理)

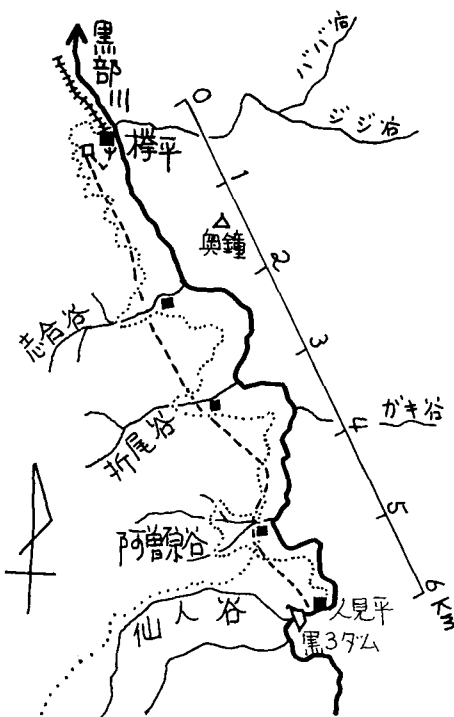
I. ま え が き

昭和46~47年冬期の黒部峡谷志合谷に於ける予備調査¹⁾に引続いて、昭和47~48年冬期には、同峡谷内の志合谷、阿曾原谷に於てなだれの観測を拡張的に継続した(第1図)。

志合谷宿舎跡では、昨冬(昭和46~47年冬期)使用したコンクリートマウンド、三角やぐらの脚部などに圧痕計を配置する一方、ロードセルおよび応力計を感知器として突発現象記録装置(遅延装置付 Data Recorder 方式)によるなだれの記録を試みた。しかし後者は、装置故障のため、記録がとれなかった。その代り、志合谷屈曲点、阿曾原谷の滝の対岸、および阿曾原温泉小屋(旧冬営宿舎跡)などに配置した圧痕計記録から、この両谷に発生するなだれの規模、運動径路等に関する情報が少しく得られた。

黒部川第3ダム(仙人谷)下流部の人見平では、関西電力株式会社の宿舎を利用してスノーカメラによる積雪深の記録を毎日4回とり、志合谷冬営宿舎跡では気温を連続自記記録した。積雪の断面観測はこれら2箇所ですべて毎月1~2回行なった。これらの観測作業は昭和47年12月から同48年5月までの期間継続された。この観測結果の詳細については別に報告する²⁾。

更に、入山、下山時を利用して、往時のなだれ事故(志合谷冬営宿舎, 昭和13年12月27日; 阿曾原谷冬営宿舎, 昭和15年1月9日; そ



第1図 黒部峡谷下廊下(しものろうか)下流部概念図(樽平—人見平間)。…… 水平道、--- 上部軌道(トンネル)

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1280号

の他)の生存者および関係者を訪ね、黒部峡谷に発生するなだれの挙動、それによる事故の真相の調査作業が進行中である。これについても、まとまりのついた時点で報告する予定である。

II. 観測と考察

1) 志合谷宿舎跡

第2, 第3, 第4図に志合谷の全容, 宿舎付近の地形図, および宿舎跡の俯瞰写真を示す。昨冬(昭和46~47年), 宿舎跡に建てたH型鋼製の三角やぐらの変形⁽¹⁾からなだれの来襲方向がおおよそ見当がついたので, 今冬(昭和47~48年)は測定器の設置方向, 姿勢を一部修正した。第5図左半のコンクリート壁面B, CおよびコンクリートマウンドD, E面への圧痕計のとりつけは昨冬と同じであったが, 三角やぐらP, Qは昨冬のなだれによって上部ビームが挫屈したのでそのままの位置で下部ビームだけを利用した。また宿舎跡最右端Aには新しくコンクリート台を作った。昨冬の観察によれば, なだれは三角やぐらの主ビーム正面から約45°左方から襲来すると考えられる。なだれの落下角度を谷の平均傾斜(約30°)に等しいものと仮定して, このようななだれを直角に受けるような受圧面をもったコンクリート台を宿舎跡の壁面に, 第6図のように作った。このコンクリート台の受圧面には, 上から圧痕計(円形受圧板型), 応力計, ロードセルの順序にとりつけた。応力計, ロードセルによるなだれの記録が今冬はとれなかったので, 圧痕計による宿舎跡付近のなだれ荷重強度の測定結果を第1表および第5図に

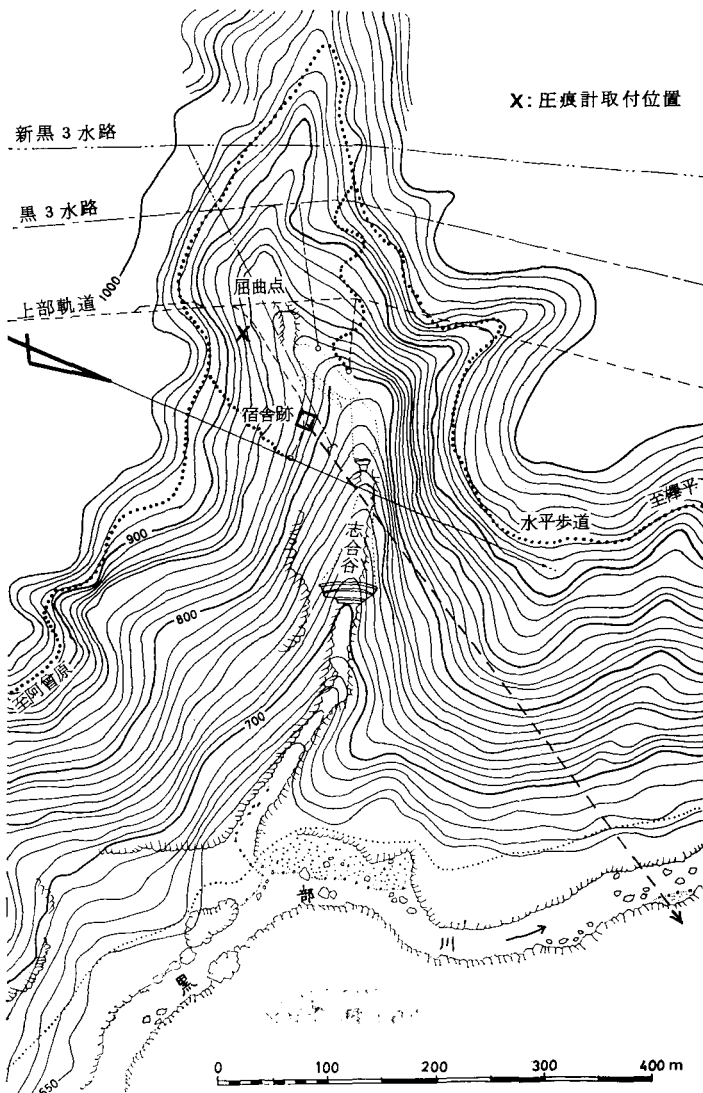


第2図 奥鐘山付近から見た志合谷。昭和48年8月,
関西電力K.Kヘリコプターから撮影)

示す。これらには、昨冬の観測値も併記した。なお圧痕計の荷重読取り曲線を第7図に示す。

まず、宿舎跡右半分(第5図)に於けるなだれの荷重強度を考察してみよう。なだれは頁の紙面裏側から宿舎を襲ったことになるが、この右半分では、昨冬と今冬の圧痕計のとり付位置と姿勢が著しく異なるため、昨冬と今冬のなだれを直接比較することは難しい。

昨冬は三角やぐらのQ-S点で、受圧面に対して約45°の入射角をもったなだれについて66.9 t/m²の、この宿舎跡付近の最大荷重強度を記録し、最右端のコンクリート壁上のA点では、約60°の入射角をもったなだれによって、厚さ24 mmのベニヤ合板製の受圧板が2つに割



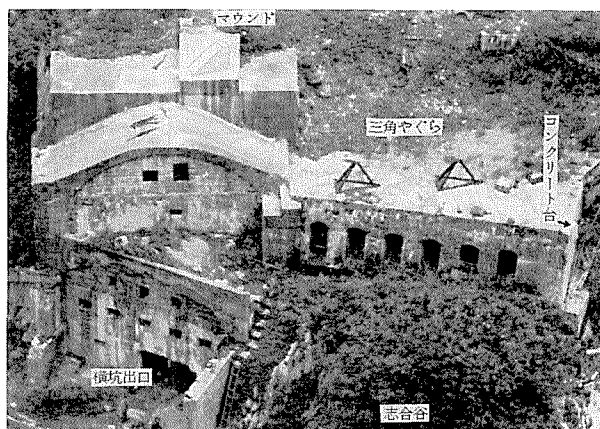
第3図 志合谷冬営宿舎跡付近の地図。(原図は航空写真から作った1/20000地図であるが、現地修正を施していないため、岩稜、小沢などの小規模な地形がよくでていない。) —→昨冬の三角やぐらの上部ビームの折れ曲った方向(屈曲点岩稜の×印がほぼ一直線上にのっている)

れ、3枚ちゆう唯1枚だけ回収された圧痕計試片から、荷重強度は(21.4 t/m²×3)程度と推定された*。なだれの真の荷重強度を w (t/m²)とし、前記の実測値 w' (t/m²)はなだれに対して傾いていた受圧面(入射角: θ)の法線方向の成分であったと考えると、

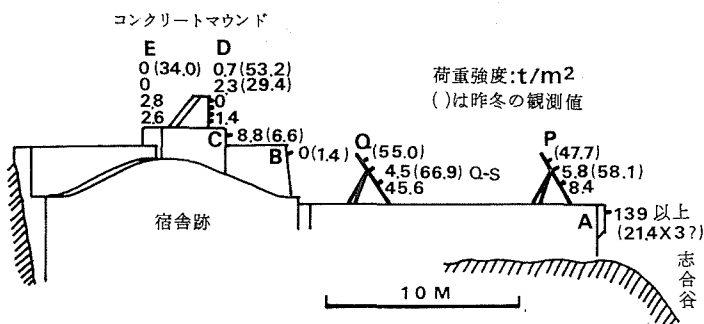
$$w' = w \cos \theta$$

となり、Q-S点およびA点に於ける昨冬のなだれの真の荷重強度は夫々94.6 t/m²および128 t/m²であったことになる。

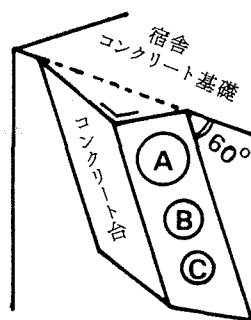
なだれをほぼ直角にうけるように新設されたコンクリート台Aにとり付けた圧痕計が、今冬記録した測定値は、13.1 t/m²(昭和48年3月11日まで)および139 t/m²以上(同3月11日



第4図 水平歩道から俯瞰した志合谷冬営宿舎跡。(これは昭和13年12月27日の事故以来、少くとも2回増築されたものと思われる。昭和48年5月撮影)



第5図 志合谷冬営宿舎跡のなだれ観測点見取図と、なだれの荷重強度 (t/m²) 測定値。()内の値は昨冬の観測値。
A コンクリート台; P, Q 三角やぐら; B, C コンクリート壁; D, E コンクリートマウンド



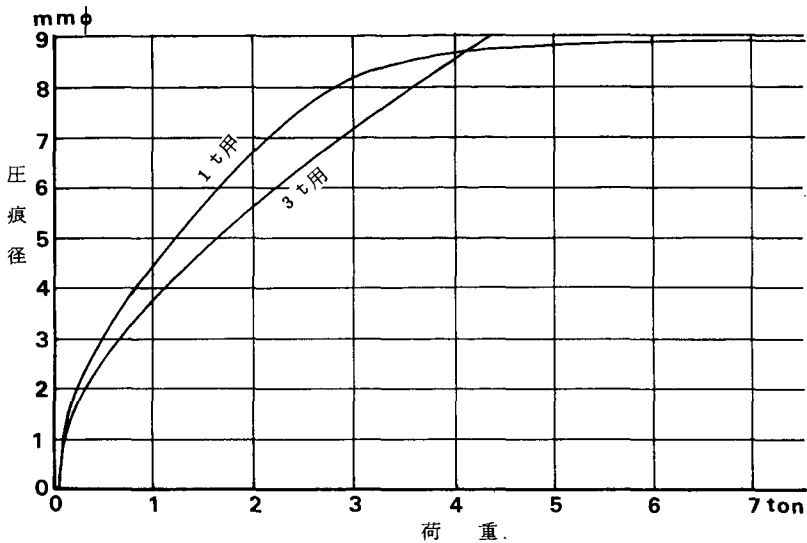
第6図 今冬新設したコンクリート台
A: 圧痕計, B: 応力計, C: ロードセル

* 昨年度の報告¹⁾の中で計算値の誤りがある。同報告の“第1表: 志合谷宿舎跡付近のなだれの荷重強度”(107頁)の中で、円形受圧板の面積を990 cm²として計算しているが、これは有効受圧面積500 cm²が正しい。従って、同表中、円形受圧板を使用したA……F点に於ける荷重強度は夫々約2倍しなければならない。また、“第6図: 宿舎跡のなだれ観測点見取図と、昭和47年2月20日~3月15日の期間に発生したなだれの荷重強度測定値”(105頁)にも同じ修正を加えなければならない。

第1表 圧痕計による黒部峡谷志合谷，阿曾原谷のなだれの荷重強度 (t/m²) 測定値 (昭和47~48年)

場	所	受圧板 (型)	圧痕計 (型)	圧痕径 (mm-φ)	平均荷重 (kg)	総荷重 (kg)	荷重強度 (t/m ²)		
							1973年	1972年	
志 宿 合 跡 谷	Aコンクリート台 (1)	円板	3 t用	1.8 1.7	233	677	13.1	21.4×3? (128*?)	
			3	1.7 1.7	220				
	3		1.4 1.8	224					
	同上 (2)		1	9.0 5.8	5000以上	6948	139以上		
			1	6.2 5.2	1515				
	3		2.8 2.2	433					
	P三角やぐら	上	角板I型						47.7
		中		3	0.2 1.0	75	75	5.8	58.1
		下		3	0.45 1.4	109	109	8.4	
	Q三角やぐら	上							55.0
		中		3	0.6 0.25	58	58	4.5	66.9 (94.6*)
		下		3	3.3 2.5	593	593	45.6	
	コンクリート壁	B	円板	1			0		1.4
		C		1	0.5 2.9	255	438	8.8	6.6
		1		2.6 0	183				
		1		0 0	0				
	マウンド	D-1		1	0 0	0	35	0.7	53.0
				1	0.8 0	35			
				1	0 0	0			
		D-2		1	0 0	0	63	113	2.3
1				1.35 0	63				
1				1.1 0	50				
D-3		1				0			
		1							
		1							
D-4		1		0 0	0	68	68	1.4	
		1		0 0	0				
		1		0.5 0.8	68				
E-1	1				0			34.0	
	1								
E-2	1 (t用)			0					
	1								
	1								
E-3	1	1.3 0	60	80	140	2.8			
	1	0 0	0						
	1	0 1.6	80						
E-4	1	0 0	0	88	128	2.6			
	1	1.7 0	88						
	1	1.0 0	40						
屈曲点岩稜		角板II型	3	1.4 0.8	119	207	20.7		
			3	1.1 0.7	88				
阿 曾 原 谷	コンクリート壁	円板	1			0			
			1						
			1						
	石		1			0			
1									
滝の対岸			角板II型	3	2.9 2.5	503	1011	101.1	
			3	3.0 2.4	508				

註 1) 観測期間は昭和47年12月~昭和48年5月。但し、Aコンクリート台(1)は昭和47年12月~昭和48年3月11日，同上(2)は昭和48年3月11日~5月。
 2) マウンドのD面は志合谷屈曲点の方向を向いて居り，E面は宿舎跡背面の斜面に向いている。E面の法線はD面法線の約45°左方を向いている。
 3) (荷重強度*)は，受圧面となだれの方向が傾斜していた場合，圧痕計の記録値を分力と考えて，単純な計算によって求めた真の荷重強度の推定値である。
 4) 受圧板の有効受圧面積は，角板I型：130 cm²，角板II型：100 cm²，円板500 cm²として計算した。



第7図 圧痕計の静荷重特性(牧野製, 1t用および3t用: 検定温度は -15°C であったが, -20°C , -5°C , $+20^{\circ}\text{C}$ に於ける検定値とも殆んど差異は見られなかった。)

以降)であった。(これまでに報告されたなだれの最大荷重強度は、スイスの 108 t/m^2 であった³⁾。)この 139 t/m^2 の測定では、圧痕計の鋼鉄円錐がアルミニウム試片に根元までめりこんでいた。従って、真の荷重強度は 139 t/m^2 以上あったと考えられる。

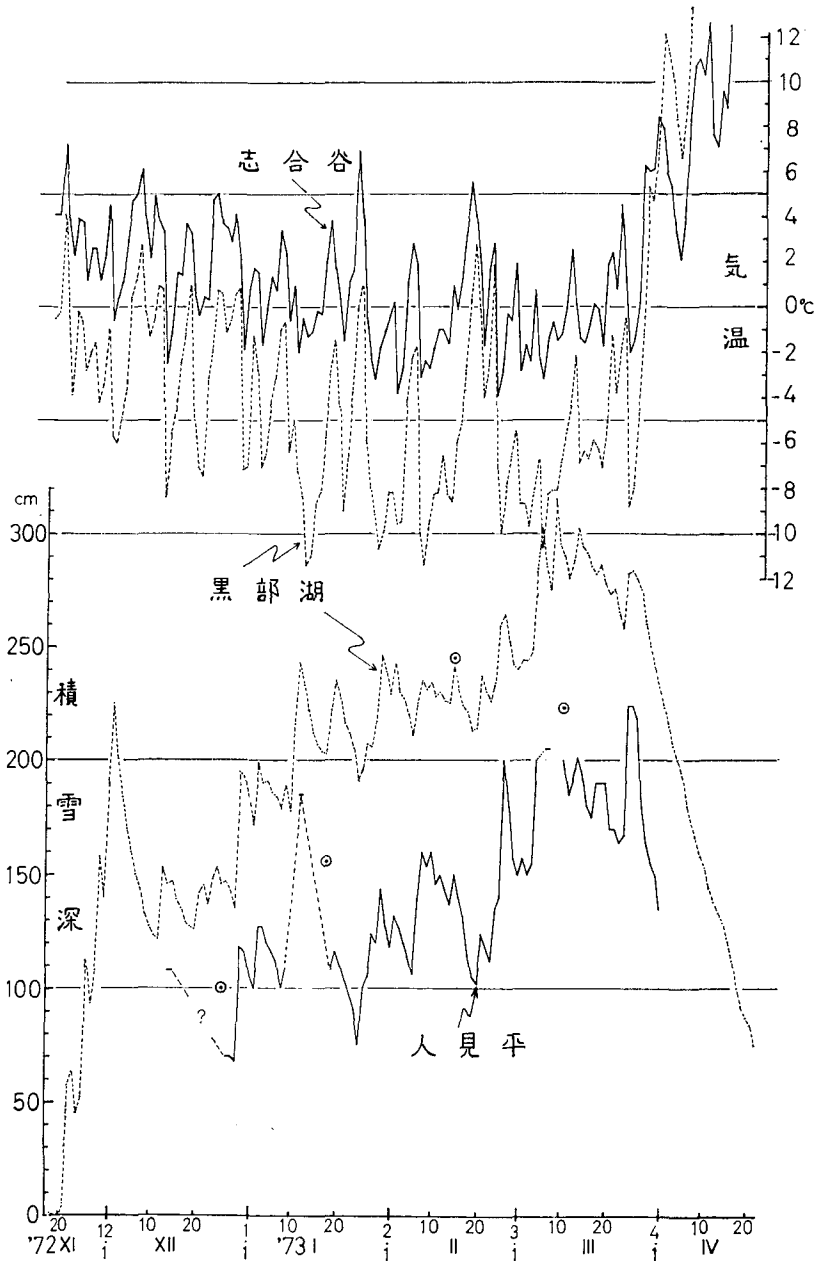
また、第5図左半分のコンクリートマウンド付近の荷重強度を考察すると、今冬の観測値は昨冬の1/10程度に過ぎない。

これらの事実だけから、昨冬のなだれと今冬のなだれを量的に比較することは困難であるが、概括的に見て、今冬のなだれは昨年よりもかなり小さかったものと想像される。

2) なだれ発生時期の推定

突発現象記録装置の故障により、なだれ発生の日時の記録は残されていないが、人見平および志合谷における積雪量と気温の記録(第8図)からこれを推定してみた。今冬の気候は、昨冬と殆んど同じ程度の暖冬寡雪型で、積雪量は人見平では昨年よりやや少なく、立山、弥陀ヶ原では昨冬なみ、富山平野でも昨冬同様積雪は全く見られなかった。

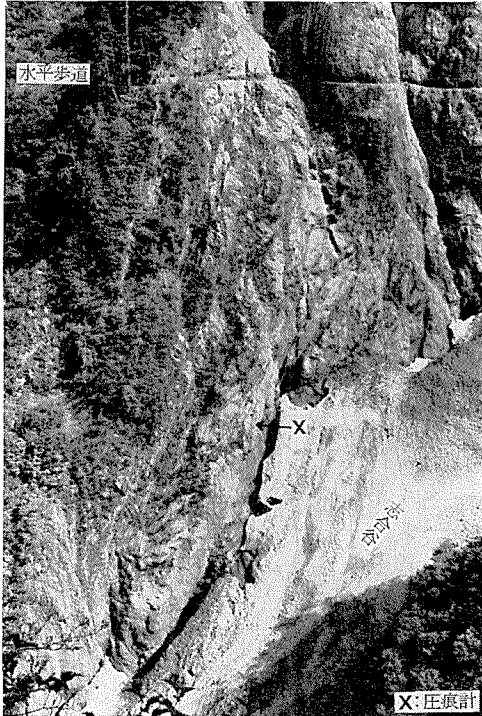
志合谷宿舎跡のコンクリート台Aにとりつけた圧痕計は、3月11日にアルミニウム試片を回収して新しい試片を補充し、2回目の試片は5月18日に回収した。古い試片には 13.1 t/m^2 、新しい試片には 139 t 以上の記録が残されていたから、3月11日以前に小なだれ、11日以降に大なだれがあったものと思われる。黒部峡谷の過去のなだれは吹雪など降雪強度の強い場合に起きた例が多いので、この点に着目して気象記録(第8図)を観察すると、3月11日以前には何回かの可能性があって、その判定は困難である。3月11日以後では、3月25日に約 60 cm の新積雪があり、その後顕著な新積雪のないことから、今冬の大なだれ(荷重強度: 139 t/m^2 以上)の発生はこの降雪の最中あるいは直後ではないかと考えられる。



第8図 黒部峡谷の気象記録(志合谷, 人見平および黒部湖における気温と積雪深)

3) 志合谷屈曲点の岩稜

志合谷中流部を落下するなだれが、宿舎の上流約70mの屈曲点で右岸に衝突し、方向を変えて冬営宿舎を襲ったという推測をたしかめ、また将来、2点観測でなだれを測定するための予備調査として、屈曲点右岸から谷の中央部に向って突出している岩稜(第9図)に圧



第9図 志合谷屈曲点岩稜。X: 圧痕計
取付場所 (昭和48年5月撮影)

谷の下流部右岸にある宿舎跡も見通せる場所である。岩稜の中流部側の縁に幅20cm、長さ約1mの傾斜した岩棚をえらび、そこにコンクリートで圧痕計取付用の小マウンドを作った。(この位置は、高さ約10mのオーバーハングの上にある。) この小マウンドは、岩棚に登攀用のハーケン2本と埋込ボルト1本を打ってアンカーとし、受圧板取付用のアンカーボルトを埋めてコンクリートで固めた。

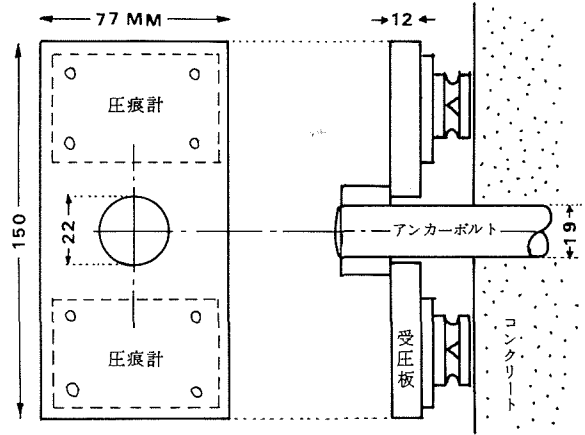
5月下旬、この圧痕計回収に行ったところ、この小マウンドはハーケン1本を岩から引抜き、他のハーケンと埋込ボルトをもとの位置にのこしたまま岩棚の下端まで約90cm移動し、谷側を向いて止まっていた。圧痕計をつけたままであった。この移動は、恐らくなだれの衝撃によるものであろう。圧痕計の記録は 20.7 t/m^2 であったが、小マウンドが移動しているので、真の荷重強度は更に大きいものであったと想像される。

4) 阿曾原谷

今冬から、阿曾原谷周辺(第11図、第12図)でも圧痕計によるなだれの観測を開始した。

(i) 黒部川第3発電所建設当時の冬営宿舎跡は現在も数年に1回位ホウなだれが襲来するという情報を得た⁴⁾。このため、現在宿舎跡に建てられている登山用者の阿曾原温泉小屋は11月に分解され、翌年6月まで廃坑内に格納されている由である。

そこで、冬営宿舎跡のコンクリート壁および石塀に圧痕計(円型受圧板)をとりつけたが、今冬は圧痕は全くついていなかった。



第10図 角型受圧板-II型

痕計をとりつけた。ここでは、第10図に示すような角型受圧板-II型に2個の圧痕計をとりつけ(昨冬の角型受圧板¹⁾をI型とする)、岩稜上に作ったコンクリートの小マウンドに設置した。小マウンドを作った場所は、水平歩道から約100m降下した地点で、過去2年間は厳冬期にも岩が露出していたところである。この位置は志合谷中流部が直線的に落下して来た正面にあり、左に折れた谷

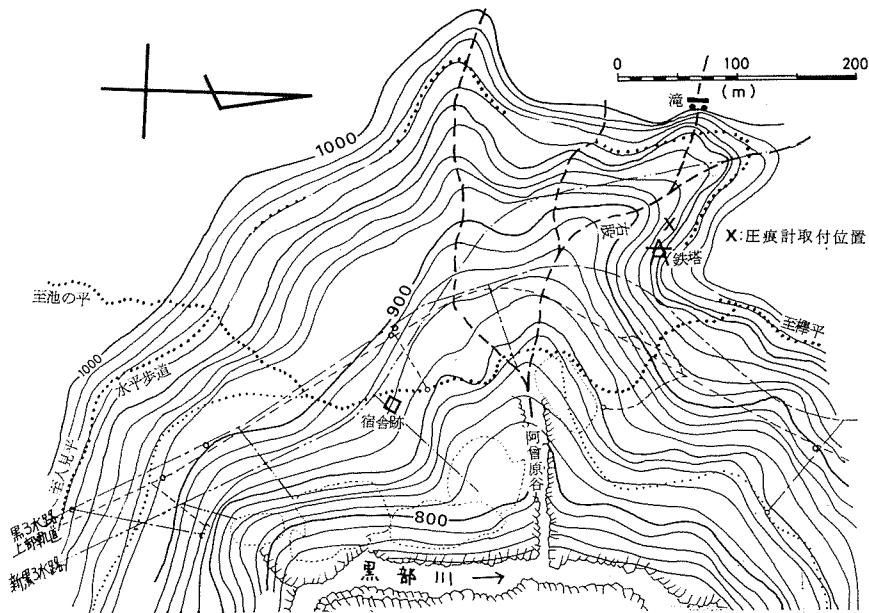
(ii) 阿曾原谷の右股右岸に落差約 70 m の滝が落ちこんでいる。この滝の流域から落ちてくるなだれが、滝の落ち口から噴出して対岸（右股左岸）の岩壁に激突するという推論⁵⁾をたしかめるために、滝の対岸岸壁に圧痕計をとりつけた。とりつけ位置は谷底から約 60 m の高さで、滝の落口を正面に見通す場所であるが、巨大な岩の蔭にあって、右股本流を落下するなだれからは完全に庇護されている。圧痕計のとりつけ方法は志合谷岩稜の場合と同じで、コンクリートの小マウンドと角型受圧板-II型を使った。

今春5月下旬、試片を回収した結果によると、

- (a) 荷重強度は 101 t/m^2 で、前記の志合谷宿舎跡の、記録およびスイスの記録（1966年）に次ぐ大きな値であった。
- (b) 4つの圧痕は左右は殆ど均等であり、圧痕計のバネの変形状態からも、力がほぼ正面（滝の落口）だけからかかり、側方から



第11図 阿曾原谷右股と宿舎跡。圧痕計設置場所は、写真上で鉄塔のやや左下の裏側にあたる。谷は厚さ約 40 m の残雪とデブリに埋められている。(昭和 48 年 5 月撮影)



第12図 阿曾原谷周辺の地図。(本図も第3図同様、小規模な地形がつぶれている。)

の力が殆どかかっていないことを示していた。

上記の2種類の観測をまとめると、阿曾原谷右股右岸の滝からは、かなり強力ななだれが噴出したが、宿舎跡には全く到達しなかった様子である。昭和15年1月9日のなだれ事故も、デブリは阿曾原谷を埋めただけで宿舎には全く到達せず、宿舎の倒壊は爆風だけによるものであったと、当時の生存者たち⁶⁾から聞くことができた。

III. ま と め

昨冬に続いて、黒部峡谷の高速なだれの観測を拡張的に継続した。なだれの荷重強度の測定は圧痕計を利用して志合谷宿舎跡周辺、同屈曲点岩稜、阿曾原宿舎周辺および同谷右股の滝の対岸で行なった。積雪深は仙人谷下流の人見平でスノーカメラにより、また気温は志合谷宿舎跡で自記記録を行なった。

(1) 今冬は昨冬同様、暖冬寡雪であった。

(2) 志合谷では3月11日以前に小さななだれが、また3月25日ごろかなり大きななだれが発生したらしい。宿舎跡周辺のなだれ荷重強度分布から考えると、今冬のはなだれは昨冬のものより小さかったと思われるが、宿舎跡付近の最大荷重強度は 139 t/m^2 以上であった。

(3) 宿舎跡から70 m上流部の志合谷屈曲点岩稜上に新しく圧痕計を設置し、この地点のなだれ通過の確認と、その荷重強度の測定を行なった。圧痕計の記録は 20.7 t/m^2 であったが、圧痕計をとりつけた小マウンド自身が、なだれの衝撃のため約90 cmほど側方に移動していたから、真の荷重強度は更に大きなものであったと想像される。

(4) 阿曾原宿舎跡には、今冬はなだれ襲来の形跡が全くなかった。しかし、阿曾原谷右股右岸の滝の対岸にとりつけた圧痕計は 101 t/m^2 の荷重強度を記録し、圧痕計のバネの変形は滝の落口方向からの荷重を示していた。これらのことから、阿曾原滝から噴出したかなり大きななだれは、阿曾原谷に完全におさまり、宿舎まで到達することはなかったようである。

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。この観測の準備、設営、輸送に関しては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、観測作業については富山大学文理学部物理学教室の近堂和郎助教授、岡部俊夫助手、渡辺信雄技官をはじめ学生諸君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) 中川正之・他 1973 黒部峡谷および立山の積雪調査と気象観測(仮題). 低温科学, 資料集(出版準備中).
- 3) Salm, B. 1966 Contribution to avalanche dynamics. *IUGG, Intern. Assoc. Sci. Hydrol., Publ.* **69**, 199-214.
- 4) 原田義春 1971 (談話) 阿曾原温泉小屋管理人.
- 5) 藤平彬文 1971 (談話).
- 6) 佐々木与左衛門・竹山健助 1973 (談話) 阿曾原谷なだれ事故(昭和15年)生存者.

Summary

Observations of high-speed avalanches which frequently break out in Shiai-Dani (Figs. 2 and 3) and Azowara-Dani (Figs. 11 and 12) valleys, Kurobe Canyon (Fig. 1), North Japan Alps, Honshū, were carried out during the winter of 1972~73, on the basis of the result of the preliminary observation in the previous winter¹⁾.

Intensities of avalanche loading (t/m^2) were measured by penetrometers (steel cone—aluminium plate), due to their simplicity to use, at 19 points of 4 sites: 15 points at the Shiaidani observation site, the ruins of the workmen's living quarters, 1 point at the Curve of Shiaidani valley, 2 points at Azowara hut, and 1 point in Azowara-Dani valley. Air temperatures were recorded continuously at the Shiaidani observation site by a weather recorder; snow accumulation at Hitomi-Daira, 4 km upstream in Kurobe Canyon from the junction with Shiai-Dani valley, by an automatic snow camera 4 times a day, throughout the winter. The stratigraphy of snow cover was observed at Hitomi-Daira by snow pits once or twice a month.

- (1) In the winter of 1972~73, it was "warmer and less snow" than the average, like the previous winter.
- (2) It was presumed from the weather record that a big avalanche assaulted the Shiai-Dani observation site during March 25~26, 1973. The maximum intensity of avalanche loading at the Shiai-Dani observation site was bigger than $139 t/m^2$; one of the penetrometers went beyond its measuring capacity. From the distribution of the intensities of avalanche loading around the observation site, it was also presumed that this avalanche was much smaller than that of the previous year¹⁾.
- (3) The intensity of loading of an avalanche gushing out of a fall in Azowara-Dani was measured, as this fall is frozen and becomes a passage of avalanches during the winter. The outlet of the fall is about 70 m high above the bottom of the valley on its right bank, whereby avalanches hit the wall on its left bank across the valley at a point about 60 m high above the bottom. One penetrometer was fixed at this point with its pressure-receiving plates facing towards avalanches so that it was hit by them directly at a perpendicular angle. A distance between the outlet of the fall and the penetrometer was approximately 70 m. The location of the penetrometer was chosen so that, by taking advantage of topographical features specific to this location, the penetrometer was sufficiently protected from any other avalanches than coming from the fall. The penetrometer recorded $101 t/m^2$ with a uniform deformation of its supporting springs. This result indicates that a strong force of $101 t/m^2$, possibly of an avalanche, hit the penetrometer perpendicularly directly from the outlet of the fall.