

## 1990年2月11日の長野県栂池スキー場における雪泥流災害について

小林俊一<sup>\*</sup>・和泉 薫<sup>\*</sup>・長沢 武<sup>\*\*</sup>・丸山雅隆<sup>\*\*\*</sup>・上石 勲<sup>\*\*\*\*</sup>

Slushflow disaster occurred at Tugaike ski field,  
Nagano Prefecture in 1990

by

Shun'ichi KOBAYASHI, Kaoru IZUMI, Takeshi NAGASAWA,  
Masataka MARUYAMA and Tutomu KAMIISHI

(Abstract)

Slushflow disaster occurred at small river in the Tugaike ski field, Nagano Prefecture, on February 11, 1990 was reported. The small river, named Karasawa, is about 5 m wide and 1.5 m deep. The snowpack was filled in the river with floor of the gabion (basket filled with stones) placed up-stream. Two skiers on the wooden bridge were killed by the slushflow occurred at 14:40 on February 11, 1990. The warm front is coming in Japan Sea on February 11, so that at 14:00 of the same day, the temperature was 4 °C, and during the preceding ten hours 78mm of rain was recorded. The volume of the slush estimated was about 4000m<sup>3</sup>.

Key words : Slush, Rain, Snowpack, Snow melt

キーワード：雪泥，雨，積雪，融雪

### I は じ め に

半ば解けた雪や泥をスラッシュ (slush) と呼ぶが、ここでは「雪泥」と呼ぶことにする。水で飽和した雪の雪崩を「スラッシュ雪崩」ともいい、日本では富士山で度々発生することで知られている(新田, 1987; Anma et al., 1988)。地元ではそれを「雪代 (ゆきしろ)」と呼んでいる。スラッシュ雪崩は、かなり緩い傾斜地でも雪泥状の積雪が流下するので村落がある場合などは大変危険である。

1990年2月11日の午後2時10分頃、長野県栂池スキー場の「から沢」にかかっている仮橋が雪泥流に流されて、運悪く橋を渡っていたスキーヤー2名が流されて死亡する災害が発生した。この時期には低気圧が発達しながら日本海を進み、関東地方以西の各地でも「春一番」となって、長野県中央アルプス宝剣岳とハケ岳で雪崩が発生し登山者が巻き込まれて死者を出し、富士山御殿場口でもスラッシュ雪崩が発生して市営スキー場が大被害を受けた。

著者等は、栂池の災害地を調査した結果、これまでこの種の災害は融雪による鉄砲水と報道されていたが、雪泥流による融雪災害であることをはじめて明らかにすることができたのでここに調査結果を報告する。

\* 新潟大学積雪地域災害研究センター  
\*\*\*\* 新潟大学大学院自然科学研究科

\*\* 山光測合(株)

\*\*\* 白馬観光開発(株)

## II 災害地の概況

災害地である柵池スキー場・から沢の概略を図-1に示す。から沢の大堰堤（写真-1）から下流は、流路溝工事によって人工的にほぼ直線状に掘り替えられたもので（写真-2）、大堰堤から仮橋の少し下流までの645mの間は三面を蛇かごで囲った流路溝（川底幅3.4m、天端間隔6.4m、深さ1.5m）で、それから林道大池線までの間の98mは両側ブロック張り、河床RC張りの流路溝（川底幅1.8m、天端間隔3.0m、深さ1.6~1.8m）となっている。蛇かご部分の方面には、上端ばかりでなく下部にも3~15年生の柳類が自然発育している。また蛇かご部分は流水が伏流するため、普段は周辺と同じ状態で積雪があり、事故前にも1m程度の積雪があった。他方、三面張り部分は、普段は積雪はなく少量の水が常時流れており川面は空いている状態であった。



写真-1 大堰堤の様子  
雪泥流はこれより下流から発生した

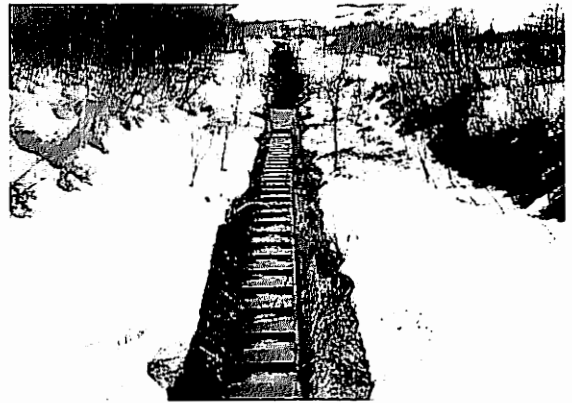


写真-2 雪泥流が発生した流路  
下流から上流を見る



写真-3 雪泥流により損傷を受けた樹木



写真-4 岸に打ち上げられた雪泥流に含まれていた雪塊

図-1の中の仮橋は事故のあった場所である。この橋は林道大池線まで回らずリフト間を移動できるようスキーヤーの便宜のために1989年秋にはじめて架橋されたもので、カラ松丸太を並べ、その上にコンパネ板を打ちつけた構造になっていた(図-2)。事故当日は強い雨であったが、事故に遭った成溪大学の大岩淳さん(22歳)と会社員池田次範さん(32歳)の二人は、たまたま午後2時10分頃この橋を通過中に雪泥流に遭ったものである。事故は一瞬にして起こったようである。大岩さんの後にいた同僚の証言によると、ドーンという音と共に高さが3mもある大雪塊が押し寄せ、アッという間に橋も人も下流へ流されていったという。橋ゲタは事故発生地点から下流901m地点に至る間の兩岸に散在していた。また、仮橋付近の柳は流下する雪塊により、表皮が傷つけられたり枝が折れたりしていた(写真-3)。さらに、仮橋の上流下流あわせて約200mにわたって雪泥流が流路溝外に溢れ出た後があり、所々に雪ブロックが残されていた(写真-4)。

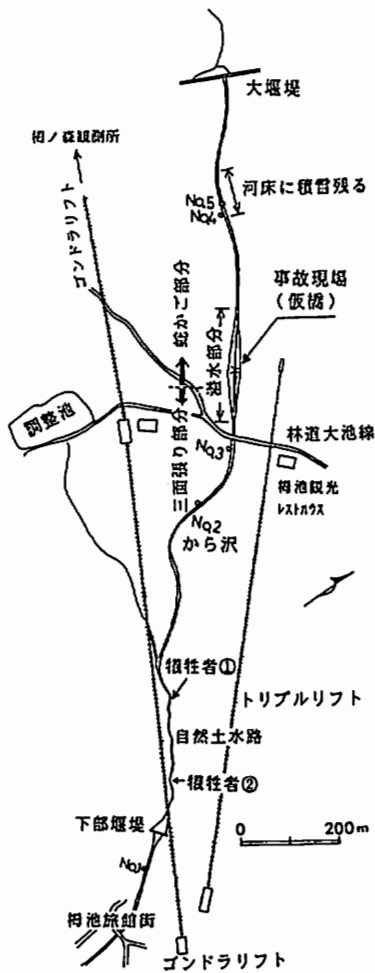


図-1 梅池スキー場の付近図  
Na1からNa5は積雪断面観測地点

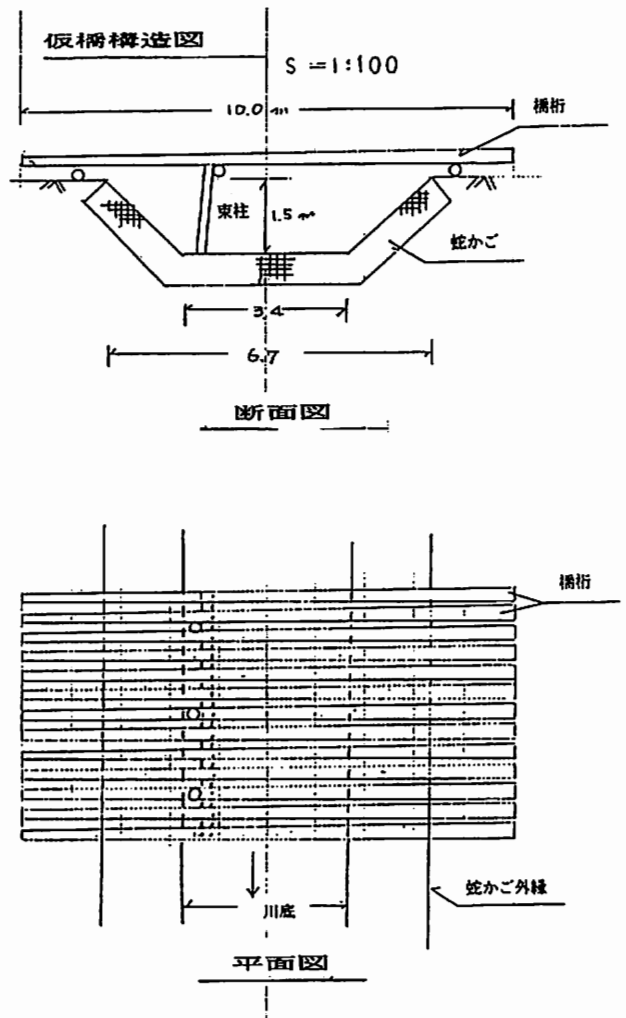


図-2 雪泥流が襲った仮橋構造図

### III 災害地の気象・積雪の状況

事故当日前後の気象については、白馬村役場にあるアメダス観測点と榎池スキー場のゴンドラ終点（標高1,680m）榎ノ森観測点が参考となる。10日と11日にかけての気温を図-3に示した。気温の変化をみると、2月10日の夜半は白馬村では $-10^{\circ}\text{C}$ 前後の冷え込みがあったが、日中には南岸低気圧の接近で気温は急上昇して午後4時には $7.4^{\circ}\text{C}$ の最高気温を記録した。榎ノ森の気温の記録では、2月11日から気温がプラスに転じ、終日融雪が進行したと考えられる。風速については、図-4に榎ノ森観測点のものを示したが、時間平均風速で10日から11日にわたり $1\sim 3\text{ m/s}$ の間であった。降水量については、同じく榎ノ森観測点のものを示すと図-5のごとくである。11日の午前4時頃から降りはじめ、時間降水量で $10\text{ mm}$ 前後であった。事故の発生した時点の累計雨量は $80\text{ mm}$ に達した。春先の雨は融雪には大きくは影響しないが、積雪層内の含水量の増加には直接影響を及ぼす。今回の雪泥流の発生には、融雪に加えてこの雨量の追加が重要な発生要因だったと考えられる。

融雪量を見積もるには、積雪層の減少から推定するのが妥当である。積雪層の簡単な断面観測は、図-6に示したごとく2月14日と3月6日の例があるので、これから融雪量の推定を行う。図-6から21日間で約 $20\text{ cm}$ 前後の雪が融けた事になるので、図-7に示した密度分布の値から表面付近の雪の密度は約 $400\text{ kg/m}^3$ であるから、一日当たりの融雪量は水に換算して $4\text{ mm}$ 位であった。従って、雪泥流の発生には雨が最も影響したといえる。

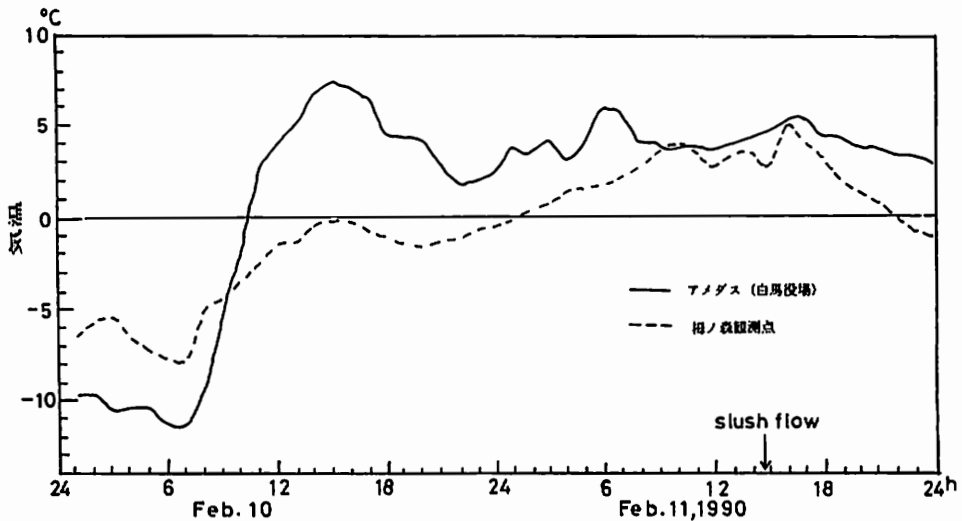


図-3 気温変化

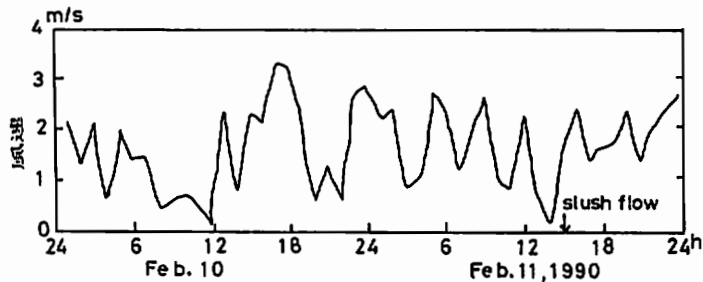


図-4 風速変化

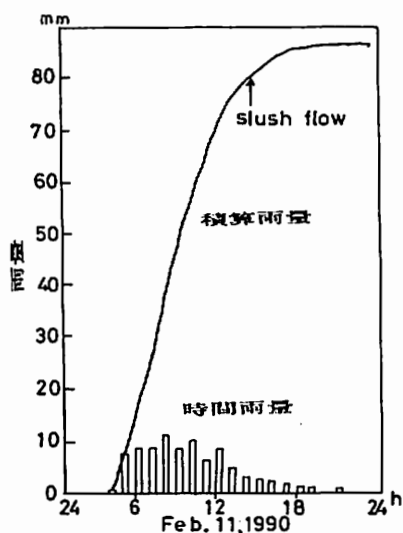


図-5 時間雨量と積算雨量

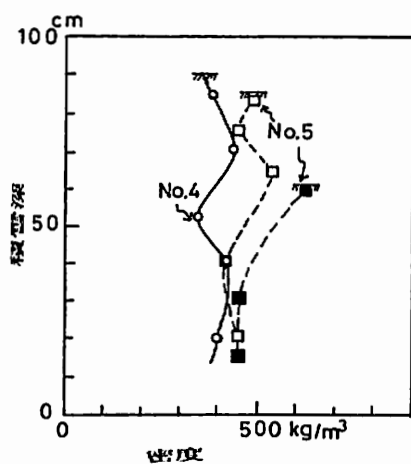


図-7 積雪の密度分布  
No.5 は川の中に残された雪泥部分の分布

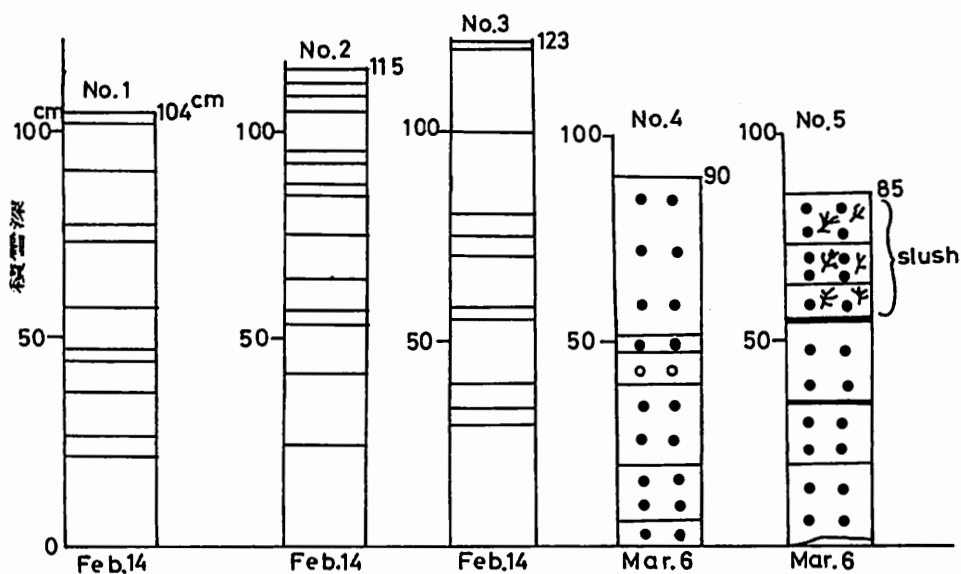


図-6 積雪断面図

#### IV 出水量と雪泥流の推定

から沢の集水域は図-1にある大堰堤の上流部で約126.6haある。その一帯は森林地帯であるので流出係数を0.7と仮定し、2月11日の時間あたり最高雨量を11mmとして流出水量を見積もると2.7m<sup>3</sup>/sとなる。しかし、実際には写真-1でわかるように大堰堤からの排水は、0.3×0.3mの排水穴2個から排出されている。この穴からの流出勾配を4%としてManningの公式を用いて流出水量を計算すると0.72m<sup>3</sup>/sとなり、6%としても0.9m<sup>3</sup>/sである。実際には、2月11日午前4時から雨が降りはじめ、集水域の広さや積雪層を通過する出水ピークの遅れ(約9時間と仮定)を考えると大堰堤の所で増水が始まったのは午後1時前後と推定できる。雪泥流が仮橋を襲ったのは午後2時10分頃であった。

以上述べた出水量とから沢の流路溝に堆積していた雪が雪泥化して流下したわけであるが、蛇かご部分に貯っていた雪の量は約2,850m<sup>3</sup>と推定される。従って、流出ピークの始まりと推定される午後1時から午後2時10分までの約1時間の間の水が、積雪層の中に貯留されて雪泥化に寄与したと仮定すると、流水量が約2,590 t/hである。この水の量は流雪溝における投入雪量試験で流雪能力が不足であることが経験的にわかっているため、水量に対して雪の量が多いと、水は詰まって雪はもろみ状になり、次第に水位が上昇して浸水事故がおこることがしばしばあるという事実と関係している。

このようなもろみ状の雪が雪ダムを形成してそれが決壊して今回のような雪泥流災害となったと推定する。しかし、水と雪の量を加えると5,440m<sup>3</sup>となるが雪は多孔質な物質で透水性があるから、仮橋を襲った雪塊を含むもろみ状の鉄砲水（雪泥）の体積は4,000m<sup>3</sup>前後であったと考えている。従って、この程度の水のエネルギーの流下に対しては、三面張り流路溝やRC暗渠の排水能力は橋桁などの夾雑物を含んだとしても充分で問題はなかった。従って、雪泥の物性は水とかなり違いがあり、その違いが衝撃力に現れると考えられるので、次節では実験室で雪泥と水の衝撃力の比較測定を行った。

### V 雪泥流の衝撃力

一般に、密度 $\rho$ の流体が一様な速度 $u$ で物体に衝突した場合の衝撃力 $P$ は、 $P = k\rho u^2$ で表される。ここで、 $k$ は無次元の常数で、流体が非圧縮性と仮定できれば $k = 1/2$ であり、運動量保存のみを考えれば、 $k = 1$ である。従って、水の密度は1,000kg/m<sup>3</sup>で、雪泥の密度は950kg/m<sup>3</sup>であるから、どちらも速度が同じであれば、水の方が雪泥よりも衝撃力は大きいことが予想される。

実験は、斜面流実験装置（鈴木・藤田, 1983）の下端に直径1.1 cm（受圧面積0.95cm<sup>2</sup>）に500g測定可能なロードセルを取り付けて雪泥と水の衝撃力の比較測定を行った。図-8に斜面角度が10度の時の水と雪泥（水と雪の重量比が4.55で総重量が6 kg）の衝撃力の結果が示されている。予想に反して、水の衝撃力が雪泥よりも小さく、かつ雪泥の衝撃力には瞬間的にいくつかの大きな力がパルス状に現れている。このことは、雪泥には凝集性という構造を持っていることによる。これは雪泥の粘性係数の測定（Kobayashi et al., 1991）からも推測された結果である。また、写真-4からもわかるように、岸に打ち上げられた雪泥のデブリの中にも凝集性を示す雪塊が見られたことによっても明らかである。即ち、図-8の実験結果は、ロードセルの受圧面積よりも大きな雪泥の凝集構造（雪塊）が衝突したためである。

従って、雪泥流の衝撃力を評価する際には、雪泥の凝集性のために、人体や橋桁のような小さな構造物に対しては水よりも大きな力を予想しなければならない。

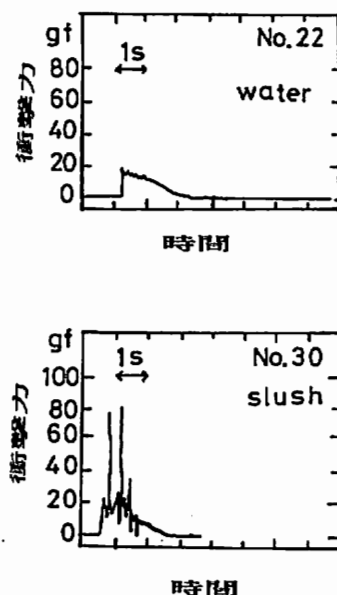


図-8 水と雪泥の衝撃力の比較

## VI 結 語

雪泥流の災害は、富士山ばかりでなく最近の暖冬少雪の年でも東北・北陸地方で発生している。いわゆる全層や表層雪崩と違い、はっきりとした痕跡（例えばテブリののようなもの）を残さないために雪泥流の運動の実態や発生機構については不明な点が多い。今後は、実験室の研究を推進し、さらにこの結果を参考にして自然界の雪泥の物性や発生機構を明らかにすることが重要である。

なお、本研究の一部に、平成4年度文部省科学研究費重点領域研究（山地、丘陵地における融雪水の異常出水予測と融雪地すべりの研究；代表者石川信敬）と平成5年度の一般研究B（雪泥流の発生機構とその災害特性；代表者小林俊一）が使用された。

## 文 献

- Anma, S., Fukue, M. and Yamashita, K. (1988) : Deforestation by slush avalanches and vegetation recovery on the eastern slope of Mt. Fuji. International Symposium, Interpraevent 1988- GRAZ, 133-156.
- Kobayashi, S. and Izumi, K. (1991) : A study on slush flow disaster. Proc. Japan-U.S. Workshop on Snow Avalanche, Landslide, Debris Flow Prediction and Control, 197-205.
- 新田隆三(1987)：森林の雪崩防止機能。森林の広益機能解説シリーズ，8，日本治山治水協会，54pp.
- 鈴木幸治・藤田至則(1983)：地すべり実験装置。新潟大学災害研年報，5，127-132.