

新しい雪氷災害「雪泥流」とその予測

小林 俊一*

1. はじめに

「雪泥流 (slushflow)」とは、積雪が雨や融雪水の大量の水を含んで流動する雪と水の混合流体である。これまでは、わが国で発生するこのような流体の災害は、富士山にでしか見られない「雪代 (ゆきしろ)」といわれる春先の雪崩が知られていたにすぎなかった。一方、国外ではグリーンランド、ノルウェイ、アラスカ、アイスランドなどの氷河地帯や永久凍土地帯のような、基盤が水を浸透させない不透水層で、その上の積雪が融雪水や雨など多量の水を含んだ時に発生することで北極圏ではよく知られている現象であった。日本では、冬期の富士山の森林限界より上は、土壌が凍結して不透水層を形成し、その後の積雪—融雪または雨などにより積雪が雪泥化するため氷河上の場合と類似の発生機構であることが知られていた (安間、1993; 新田、1993)。ところが、昭和62年頃から現在までの暖冬少雪期に北陸や東北地方に雪泥流によって死者を伴う災害が発生した。新聞による報道では、融雪の鉄砲水による災害とされたが、我々の調査の結果では雪泥流によることが明らかにされた (小林他、1993; 和泉、1995)。また「雪泥流」という言葉は我々が初めて使用したもので、わが国ではまだ定着していない。富士山では、「雪代」とか「スラッシュ雪崩」という言葉が使われている。我々の調査から最近明かにされたことであるが、富士山以外では、「融雪鉄砲水災害」が多く使われていた。昭和20年青森県鯉ヶ沢町大然 (おおじかり) で発生したわが国最大のこの種の災害には「土雪流」 (鶴田、1988) なる言葉が最近になって使われている。また、1967年2月22~23日に北日本で多発した融雪洪水で、北海道余市—古平間で発生したものには「泥雪流」という表現が使われていた (気象庁)。このように統一した名前がつけられなかった理由は、現象そのものを実見するのが困難なことと、富士山のように発生時点では雪泥流でも停止付近では土石流に変化してしまうなど、観測する位置によって現象が変わってしまうことにもよる。特に、災害発生から時間が経過してからの調査では、雪部分は水となって流出してしまい土砂部分のみが残り、したがって土や泥が主になった名前がつけられやすいと思われる。わが国の雪崩の分類が発生面を基準にして行われていることから、スラッシュ雪崩も発生地点に注目して「雪泥雪崩」と呼ぶことを我々は提案したい。この雪崩が、表層雪崩や全層雪崩と違って10度前後の緩い斜面でも発生することが大きな特徴といえる (Cottman, 1965)。1992年8月にロシアのキロフスクで環北極のスラッシュフローに関するワークショップが開催されたが、そこではもっぱら言葉の統一と発生しやすい地形についての話題に集中した (Onesti, 1995)。そこでは、Washburn (1979) によって使われた slushflow と slush avalanche およびロシアで慣用の snow water flow の用語を使うことが合意された。また、冒頭に「新しい雪氷災害」と言ったが、江戸時代に越後塩沢の人、鈴木牧之が著した「北越雪譜」には「雪中の洪水」として記述されているのがこの雪泥流であることから、「古くて新しい災害」と言うべきかもしれない。

* 新潟大学積雪地域災害研究センター

2. 雪泥流の実態調査

新潟大学では、わがセンターの和泉(1997)が過去の新聞記事を中心にして雪泥流災害の情報収集を行っている(表1)。それによると新聞では大部分が融雪水による鉄砲水による洪水として報道されている。そして川への雪捨てにより雪の堆積が起こり川が氾濫して床下や床上浸水の被害が多いことが分かった。ここでは、死者を出した雪泥流災害を取り上げ事例報告する。

表1 富士山を除く日本における雪泥流災害(和泉、1997)

年月日	場所・河川	原因	被害状況
1926/2/3	北海道小樽市稲穂・妙見川	雪捨て	13名埋没・救出
1927/3/9	新潟県大島村・保倉川	雪崩	死者3名, 2橋流出, 浸水47戸
1939/1/8	新潟県小千谷町・小千谷駅構内	雪詰り	死者1名, 負傷7名
1945/3/22	青森県鯉ヶ沢町大然・赤石川	雪崩(土砂崩壊)	死者88名, 流出20戸
1966/3/3-4	新潟県湯沢町三俣・水無川	吹き溜まり	被害無
1967/1/29	栃木県足尾町松木沢支流・水無沢	雪の堆積	死者1名, 重傷1名
1967/2/23	北海道古平町稲倉石・稲倉石川	雪崩	全半壊18戸, 床上10戸
1967/2/23	北海道古平町・余市町間・小河川	氷盤・雪の堆積	浸水家屋多数
1968/2/11	滋賀県余呉町中河内・高時川	雪崩	浸水12戸
1970/1/30	新潟県塩沢町片田・鎌倉沢川	雪の堆積	床上13戸, 床下19戸
1970/1/31	宮城県宮城町関山峠・風倉沢	雪崩・雪の堆積	国道通行止
1974/11/18	群馬県水上町谷川岳・一の倉沢	雪の堆積	駐車場埋没
1976/1/10	新潟県栃尾市栃堀・大江用水路	雪詰まり・破堤	全壊1戸
1981/3/14	新潟県牧村郷太・飯田川	雪崩・雪捨て・雪の堆積	死者1名, 重傷1名, 建物破壊5棟
1982/11/30	群馬県水上町谷川岳・一の倉沢	雪の堆積	被害無
1985/2/9	新潟県塩沢町吉里・鎌倉沢川	雪の堆積・雪捨て	床上1戸, 床下2戸, 渠道冠水
1990/2/11	長野県小谷村楊池高原ｽｷｰ場・から沢	雪の堆積	死者2名
1990/2/27	新潟県湯沢町三俣・水無川	吹き溜まり	被害無
1990/12/4	岩手県松尾村赤川山林・赤川	吹き溜まり	死者2名
1991/2/16	宮城県宮城町関山峠・風倉沢	雪崩・雪の堆積	国道通行止
1992/2/29	新潟県新発田市湯ノ平温泉・加治川	雪崩	露天風呂全壊
1992/3/1	富山県宇奈月町仙人谷ダム・黒部川	雪崩	死者1名, 重傷1名
1994/2/22	北海道札幌市・野幌寒川	氷盤・雪の堆積	死者1名
1997/2/26	新潟県塩沢町・鎌倉沢川	雪の堆積	送水管の変形
1997/2/26	新潟県六日町君塚・近尾川	雪捨て	浸水1棟
1997/2/26	新潟県大和町・水無川	雪の堆積	被害無

(1) 昭和20年3月22日、青森県鯉ヶ沢町大然(おおじかり)・赤石川

これは日本国内で知られている88名の死者を出した雪泥流災害の最大のものである。この災害は第2次世界大戦の終戦直前に発生したもので当時は詳しく報道されなかった。最近になって、東奥日報新聞社が「消えた村」と題して昭和62年3月16日から26日にかけて9回のシリーズで夕刊に連載した。翌年、町の郷土史家の鶴田氏(1988)により単行本としてまとめられて、その後広く雪氷研究者に注目されるようになった。昭和20年3月22日深夜、この年は豪雪の冬のまっただなかであった。明石川上流から膨大な量の雪をまじえた洪水が襲い、大然の13戸、佐内沢の7戸がほぼ全滅し、88名が死亡した。上流の雪崩によってせき止められた雪ダムが夜来の豪雨により決壊したのが原因とされている。最近になってこの地に青森県砂防発祥地を記念して石碑が建立されたが、その裏面に「雪泥流」の言葉が刻み込まれ我々の研究の成果が認識され始めたと思われる(写真1)。

(4) 平成2年12月4日、岩手県松尾村・赤川

平成2年12月4日の午前10時半頃、岩手県岩手郡赤川山林地内の赤川で、河川工事現場の川床の除雪作業をしていた作業員2名が雪泥流に巻き込まれて死亡した。この現地調査は和泉(1995)によって報告された。それによれば、当日の雪泥流の発生状況は台風崩れの低気圧により60mmを越える雨量で流路内の水量が増し、2日から3日にかけての流路内に吹き溜りが形成されておりそれが雪泥化したとされている。カーブしている流路では越溢流して15mほど乗り上げたsuper elevation現象の痕跡をも観察した。これはまだ十分に積雪期に入る以前の災害として注目に値する。



写真2 長野県栲池スキー場・から沢の雪泥流跡(撮影:白馬観光株式会社)

(5) 平成4年3月1日、富山県黒部峡谷仙人谷ダム・黒部川

暖冬少雪の平成4年3月1日に、黒部溪谷を雪崩がせき止めたいくつかの雪ダムが決壊して発生した雪泥流が黒部川第三発電所仙人谷ダムを直撃し、1名の死者と1名の重傷者をだすと共に施設にも多大の被害を与えた(写真3)。当時の気温は8℃、連続雨量は244mmであり、最高ダム水位は約14mにも達し、これより計算した最大流入量は478m³/sであり、また2箇所の水位計のデータから雪泥流の速度は約10m/sと推定された。ダムサイトの記録から、いずれも暖冬少雪の年であった昭和41年1月8日、平成1年1月20日、平成2年2月24日、平成3年3月9日にも雪泥流が発生したが、事前の水位の低下現象を察知して予め水門を開けて事なきを得ていた。しかし今回は、水位低下が観察されずにこのような災害となった。関西電力(株)では、学識経験者多数からなる対策検討委員会を設置して対策を協議し、ハード面とソフト面の両方から安全対策を施した(小林、1993;川田・広川、1993)。

(6) 平成6年2月23日、北海道札幌市・琴似発寒川

平成6年2月21日から22日にかけて、台風並に発達した低気圧の影響で北海道の2月としては異常な大量の雨を降らせた。札幌市の北西部を流れる琴似発寒川で、22日午前10時頃急激な出水があり、河道内で魚道工事をしてた作業員をショベルドーザごと

流して死亡させる事故が発生した。この事故の資料収集を行った和泉によれば、河に捨てられた雪や吹き溜りが雪泥化して流下して起きた災害とみている。また、原・他（1994）の調査によれば、21日の午後12時から事故のあった22日の午前10時までの降水量は45mm、融雪量は約26mmで、これによって上流の長栄橋付近で雪泥やアイスジャム（氷盤が砕けて浮遊している状態）が閉塞して雪ダムとなり、これが急激に流下したものとしている。



写真3 富山県黒部峡谷仙人谷ダム（黒部川）

以上、わが国で発生した雪泥流災害を地図上に記入すると図1のようになり、●印は死者を出したもので、付記された番号は、上述の事例報告の場所と対応している。○印は浸水などの被害だけのものをあらわしている。また世界中の雪泥流災害については、Onesti and Hestnes(1989)によってデータベース化されており、図2に発生地点を示す。

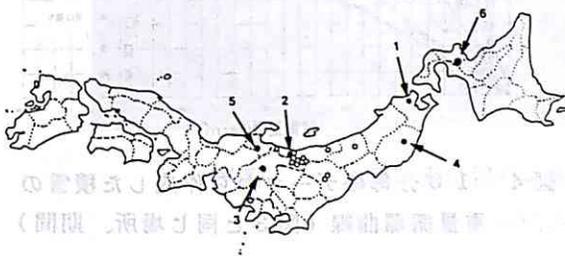


図1 日本国内における雪泥流災害の分布

●：死者を伴った災害

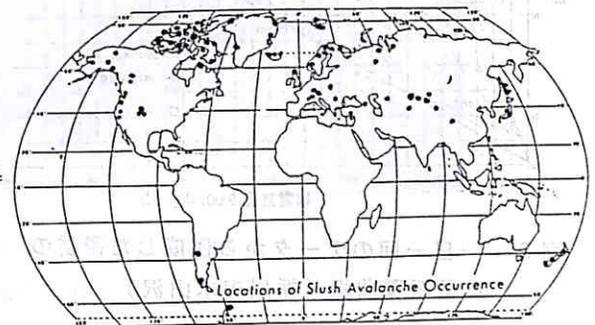


図2 世界における雪泥流災害の分布

(Onesti and Hestnes, 1989)

3. 予測法

雪泥流の予測は、まだ研究が進展していないので完全ではないが可能性の高い方法をここに提案する。それは積雪の重量循環曲線（例えば、雪氷防災(1986)を参照)を利用する方法である。この曲線は、縦軸に積雪の深さを、横軸に積雪の重量をプロットするものである。従来は各々一日の値をプロットしてその冬の積雪状態の特徴をパターン化するために考案されたものであった(図3)。我々は、長岡市にある雪氷測器メーカーの新潟電機株式会社との共同研究において(小林他、1998)、10分値のデータを使い、それらの値に雨、雪、晴れなどの天気を区別して循環曲線を描かせたところ(図4)、雪泥流の発生の時刻に対応して有意な変化を測定した。その部分を拡大したのが図5である。これらのデータは新潟県栃尾市木山沢の廃校となった中学校の校庭に設置して得られたものであるが、雪泥流はここから50km離れた南魚沼郡の水無川と鎌倉沢川で1998年2月13日未明に発生した(写真4、5)。現場が一致していないことは問題であるが、両者での積雪変化が相似なことから同じ気象状況であったと判断した。鎌倉沢川の雪泥流については河島他(1988)によって報告されている。図5から、2月12日の12時から雨となり15時まで続いた。そのため積雪深は融雪のため5cmの雪面低下が現れている。しかしこの間積雪層の中は雨と融雪水が滞留して積雪重量は 70kg/m^2 の増加が見られる。その後雨は止み積雪層から水が抜けていき、同時に融雪も進行して積雪深と積雪重量の減少が読み取れる。この変化から、積雪層から水が急に抜けていく時刻(18時)に予報をだせば約6時間前の発生予測が可能である。今後はこれらのデータの蓄積に努力する。

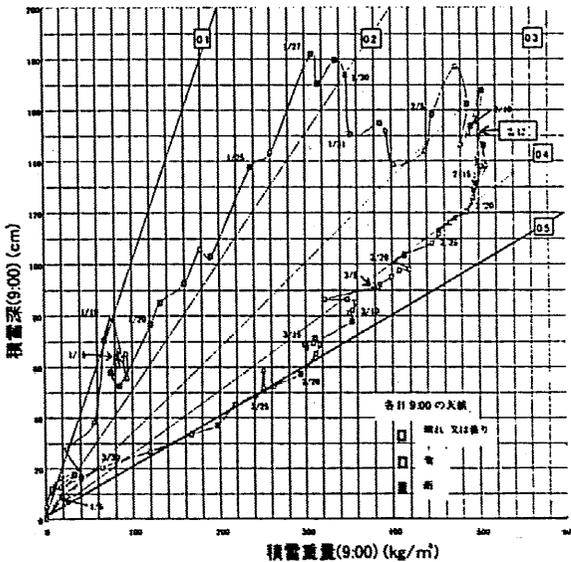


図3 一日一回のデータから作成した積雪の重量循環曲線(栃尾市木山沢)

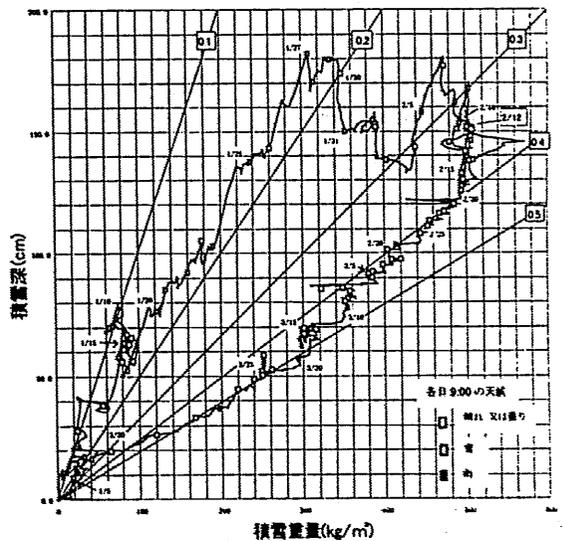


図4 10分毎のデータから作成した積雪の重量循環曲線(図3と同じ場所、期間)



写真4 新潟県南魚沼郡水無川で発生した雪泥流

(a)1997.2.26;(b)1998.2.13



写真5 新潟県南魚沼郡鎌倉沢川で発生した雪泥流

(a)1997.2.26;(b)1998.2.13

4. 今後の課題

最近、新潟県南魚沼郡の大小の河川で自然に発生した雪泥流の現場調査では（写真4、5）、流域面積の大きいほど雪泥流の発生時間が遅れることがわかったので、流域面積と水の供給量の関係を現地でも調査する必要がある。これらの関係がわかれば河川毎の雪泥流の発生予測が可能となる。

また、雪泥流の発生は積雪期の降雨に関係する。北陸地方では地上の気温が3℃を境で雨になるか雪になるかである。北陸地方では2℃前後で雪が降ることが普通なので地上気温がわずか上がるだけで雪から雨に変わることとなる。そのようなわけでこれから地球温暖化が進めばこのような雪泥流の発生は増えるものと想像される。従って、積雪地域は地球温暖化にきわめて敏感な地域ともいえる。

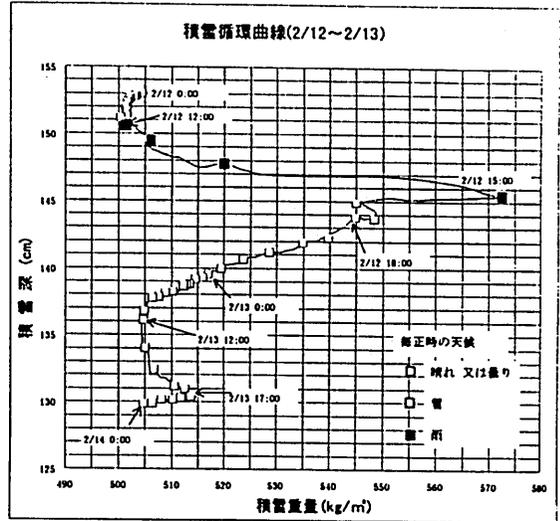


図5 図4の2月12日から13日の部分拡大図

参考文献

- 安間 荘 (1993) : 富士山におけるスラッシュ雪崩発生初期条件と流れの動態. 雪氷、55-2, 142-144.
- Cottmann, B. (1965): A wet snow avalanche on a slope of 12 degrees. Proceedings of International Symposium on Scientific Aspects of Snow and Ice Avalanches, 1965, Davos Switzerland, IUGG Publication, No. 69, 273-275.
- 原文宏・佐伯浩・今泉彰・大久保周一郎 (1994): アイスジャム発生による流量の急変. 第10回寒地技術シンポジウム論文・報告集, 462-470.
- 和泉 薫 (1995): 1990年12月4日の岩手県松尾村赤川における雪泥流災害. 文部省科学研究費研究成果報告書 (雪泥流の発生機構とその災害特性、代表者: 小林俊一、課題番号: 05452374)、34-40.
- 和泉 薫 (1997): 雪泥流 (slushflow) 災害の発生条件分析と防災対策の検討. 文部省科学研究費研究成果報告書 (課題番号: 07680484)、76p.
- 川田 邦夫・広川 強士 (1993): 黒部峡谷の融雪鉄砲水災害. 雪氷、55-2, 147.
- 河島 克久他 (1998): 鎌倉沢川における雪泥流発生時の気象・積雪状況. 雪氷北信越、18号、82.
- 小出 嵩 (1981): 東頸城郡牧村に発生した鉄砲水. 56豪雪の記録、土木学会新潟会、96-102.
- 小林 俊一・和泉 薫・長沢 武・丸山 雅隆・上石 勲 (1993): 1990年2月11日の長野県梅池スキー場における雪泥流災害について. 新潟大災害研年報、15, 47-53.
- 小林 俊一 (1993): なだれ研究の問題点. 月刊地球、15-8, 459-465.

- 小林俊一他(1998):雪崩・融雪災害予測システムの提案.第14回寒地技術シンポジウム
論文集.
- 新田隆三(1993):スラッシュ雪崩概説.雪氷、55-2,140-141.
- Onesti,L.J. and Hestnes,E.(1989):Slushflow questionnaire. Annals of Glaciology,
13,226-230.
- Onesti,L.J.(1995):Slushflow/slush avalanche terminology.Ice,No.107,20.
- 高橋博・中村勉他(1986):雪氷防災.白亜書房、473p.
- 鶴田要一郎(1988):岸壁(くら)、昭和20年・大然(おおじかり)部落遭難記録.青沼社、
175p.
- Washburn,A.L.(1979):Geocryology:a survey of periglacial processes and environme-
nts. New York,etc.,John Wiley & Sons.