

雪崩の予知・警報システムの研究開発の現況

科学技術庁国立防災科学技術センター雪害実験研究所

第一研究室長 山田 穰

1. 雪崩予知研究のニーズとその意義

雪崩災害は、56年豪雪時の守門村・湯之谷村の両雪崩災害を例にとるまでもなく、いわゆる雪害のうちで最もカタストロフィックな災害である。戦前は主に山奥の鉱山・発電所等の工事現場あるいは狩猟・林業を営む人々が多数被害にあうことが多かった。最近では冬期除雪体制の整備により、冬期間の交通量が増すにつれ、雪崩による交通障害を伴う被害が増加する傾向にある。また、近年急速に増加したスキー場でも雪崩の潜在的危険があり、実際少なからぬ被害が発生している。しかし、豪雪時には住家の被害による死傷者の発生はあとをたっていない。

雪崩災害の対策方法は、(イ)うかい、退避、(ロ)交通止め、運行停止、(ハ)人口雪崩による制御、(ニ)雪崩防止施設の4つに大別される。最後の防止施設は、特定の施設についての長期間を対象とした対策である。雪崩災害による死傷者が他の自然災害、火災、交通事故に比べて少ないのは雪崩災害そのものの特殊性にもよるが、冬期間の活動・交通の増大傾向にもかかわらず低いレベルにおさえられているのは関係行政機関による雪崩防止施設の施工によるところが大きい。しかしながら、雪崩防止施設はこれらの努力がなされているにも

かかわらず必ずしも十分でなく、新潟県の消防防災課が昭和59年度に実施したなだれ発生危険箇所調査によると新潟県内だけで1908箇所の危険箇所があり、そのうち、既に部分的に防止施設の設置されているのは半数以下の792箇所にすぎない。最初の三対策方法は時々刻々に変化する雪崩危険に応じて対処する方法で、的確な雪崩予知とそれによる警報によってその対策効果が一層発揮される性質のものである。

雪害実験研究所では、昭和56年豪雪時に科学技術庁の緊急研究で広域的雪崩危険地域の予測に関する研究を行ったが、その時、新潟県内で豪雪対策本部を設けていた40市町村を含めて雪崩避難勧告に関するアンケート調査を行った。56豪雪時に雪崩避難勧告を発令したのは14市町村で、総計40地区143地帯であった。雪崩注意報を雪崩避難勧告の発令・解除にイ)参考にすると回答した市町村41%、ロ)ある程度参考にする46%、ハ)参考にしなかった13%であった。このことは、雪崩注意報が総体的によく利用されていることを示している。しかしながら、参考にしないと回答した6市町村中4市町村が、今冬避難勧告を発令しており、ある程度参考にするを加えると14市町村中12市町村になる。このことは雪崩避難勧告を実際に発令・解除するという立場で

表1 全国地方気象台の雪崩注意報基準の地域差

地方気象台	①積雪の深さ	②気温	③降雪の深さ	④降雨	備考
九州地方	100cm以上	3℃以上の好天	30cm以上	低気圧等による降雨	①～④のいずれかが予想される場合
下関	80cm以上	〃	40cm以上	〃	〃
福井	100cm以上	最高気温10℃以上	50cm以上	/	①かつ②または③が予想される場合
金沢	〃	日平均気温5℃以上	〃	/	①かつ②または①で昇温率3℃/h以上または③かつ気温変化大
富山	〃	日平均気温2℃以上	90cm以上	/	①かつ②または③
新潟・相川	50cm以上	最高気温8℃以上	50cm以上	日量20mm以上の降雨	①かつ②または②かつ気温変化大または④
長野	300cm以上	日平均気温0℃以上	80cm以上	/	①かつ②または③
甲府	50cm以上	最高気温15℃以上	30cm以上	日量20mm以上の降雨	①かつ②かつ④または③かつ気温変化大
岐阜	40cm以上	日平均気温2℃以上	〃	/	①かつ②または③
静岡	〃	最高気温15℃以上	〃	/	①かつ②または③
宇都宮・前橋	/	/	/	/	雪崩が発生して被害があると予想される場合
東北地方	50cm以上	日平均気温2℃以上	山沿いで40cm以上	/	①かつ②の日が継続または③
北海道	/	日平均気温5℃以上(融雪雪崩)	30cm以上(新雪雪崩)	/	②または③でかつ雪崩が発生し被害が予想される場合

予報技術資料24号「注意報・警報基準に関する資料第11号」(昭和53年3月気象庁予報部)による。

の市町村では、最終的な根拠としては採用されているとはいいがたい。表1に気象庁の全国の雪崩注意報基準を示した。この表にみられるように注意報は地方管区気象台の広い県単位の管轄地域を対象としたものであり、それなりの役割を十分果たしているが、ある特定地域については、先のアンケート調査からも推定されるように、より高度なきめ細かい予知・警報が要求されているように思われる。

最近、通産省ではニューメディア・コミュニティ構想の一環として、自治体とともに天気予報業務に乗り出すことになったことが

報じられている。モデル地区の1つである山形県酒田市では「雪国防災気象情報センター」を設置した。気象庁が出す予報を基に、地元の見測データも駆使して、地域独自のニーズに合わせたきめの細かい解説予報を出すのが通産省の狙いである。

雪崩防災対策で何が欠けているか、または開発が必要かというアンケート調査では、雪崩予知技術に対する要望が1番多く、次いで雪崩防止技術、雪崩防災体制の順であり、特に予知に体するニーズが圧倒的に多い(図1)。このニーズは、雪崩対策の基本が雪崩防止施設であるにもかかわらず、新潟県の調

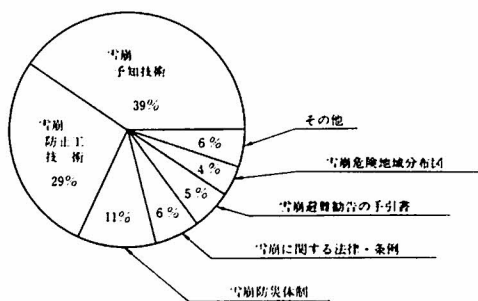


図1 地方自治体で要望されている雪崩防災対策
 査結果に示されているようにその絶対数が少ないこと、またそれにかわる次善の対策をとるために必要な雪崩注意報も総体的によく利用されているが、十分な情報を含んでいないためと考えられる。雪崩予知・警報に期待をしている住民の要望は先に述べた酒田市の雪国防災気象情報センターのように、地域地域の独自のニーズに合わせたきめ細かい雪崩予知警報であると思われる。雪害実験研究所や他の機関で研究開発の目標としている雪崩予知システムもそのような小地域の雪崩予知・警報である。

2. 雪崩発生予知の可能性と今後の課題

雪崩の発生を正確に予知することは不可能に近いと一般に考えられている。現在の雪崩に関する理解が貧弱であるばかりでなく、雪崩発生は本質的に破壊現象であるからというのである。雪崩発生のメカニズムは、最近、地球物理学的手法によって、かなりの部分が解明されているが、雪崩予知への実際の適用は、定常的観測や観測体制の困難さもあり、決め手となる手法も確立されていると言いがたい。

日本の雪崩予知は、対策のうち、雪崩防止施設が先行して発達したこと、予知情報への

社会的要求が最近まで低かったことにより、予知技術は低い段階に留まっていた。しかし、急速に発達し、広域化した社会生活は、我が国でも確度の高い雪崩予知を要求するようになった。このような状況は諸外国で一歩早く、例えばスイスでは、国立雪と雪崩研究所内に雪崩予報センターを設置し、予報業務を行っている。この観測体制は同センターで訓練を受けた約50人の民間観測員からなる、山岳地域の全域を覆う観測網を持っている。スイス方式の予報原理は、50ヶ所の山岳地域全域の気象、降積雪、雪崩発生状況等の基礎データを雪崩予報センターに集め、気象台の天気予報による気象推移の見通しを加え、最終的には経験的判断によって警報を発表する方法である。このように、理論的厳密さを欠きながら実際の効果を挙げている組織もある。

雪崩発生は、その気象・積雪条件によってその危険のポテンシャルが推移することは確かであるから、ある地域の雪崩発生を確率・統計的手法によってある程度まで予測できるであろう。また、特定斜面の金層雪崩については、後述のように斜面滑動（グライド現象）を前兆現象として用いる方法が有望視されている。

雪害実験研究所では、新潟県小千谷土木事務所管内を対象地域として、雪崩警報システムを試作した。このシステムの警報原理は、対象地域の一地点で観測された46時間降雪量と平均気温とが、その地域内の道路沿いの雪崩発生頻度との相関から求めた基準値を越えた時に警報を発令するようワイヤード・ロジックで組み立てたものである。また、このシステムでは対象地域を山岳、丘陵、川沿いの平地に分け基準値を変えてある。

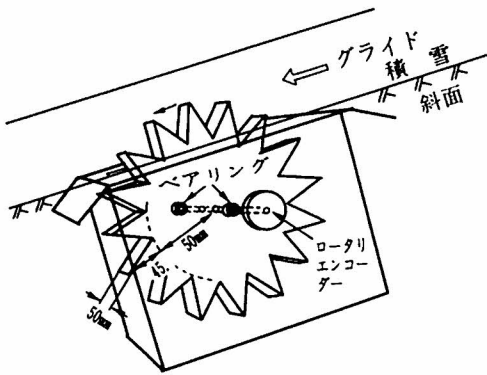


図2 歯車型グライドメータ
 <国立防災科学技術センター開発>

我々の警報システムは、まだ幼稚な段階にあるが、その後、多変量解析の一手法である判別解析の適用等の開発を続けている。昭和57年度からは、建設省国土地理院、農林水産省林業試験場との協同研究により総合的雪崩予知システムの開発に関する研究を実施している。国立防災科学技術センター雪害実験研究所では、56年豪雪時に大雪崩災害の発生した新潟県北魚沼郡守門村に、雪崩予報システム守門観測施設を設置し、気象・積雪の観測を行うとともに観測斜面にグライドメータ（図2）を設置し、雪崩予知の研究を行っている。図3にグライド観測の一例を示した。このように雪崩発生はかなり前からグライドが加速し、予知の前兆現象として使えることを示している。グライド現象の数値モデルにより解析したところ、測定値から雪崩発生時刻が予測可能であるという結果を得たが、まだ、予知精度、広域での適用性に問題がある。図4にグライドによる全層雪崩予知のフローチャートを示した。現在、この予知ア

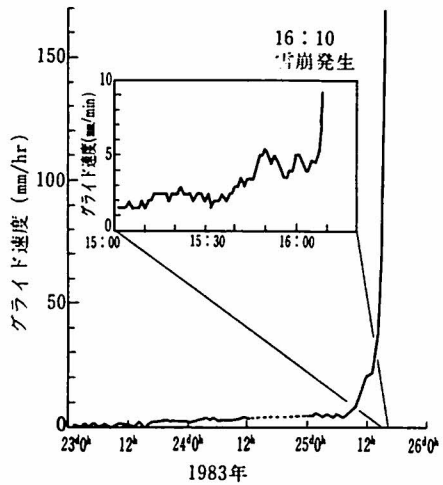


図3 雪崩発生に至るグライド推移
 (内枠のグラフは発生直前の1分毎の速度)

ルゴリズムを組み込み警報表示、データ収録を電池電源で駆動させる実用型グライドメー

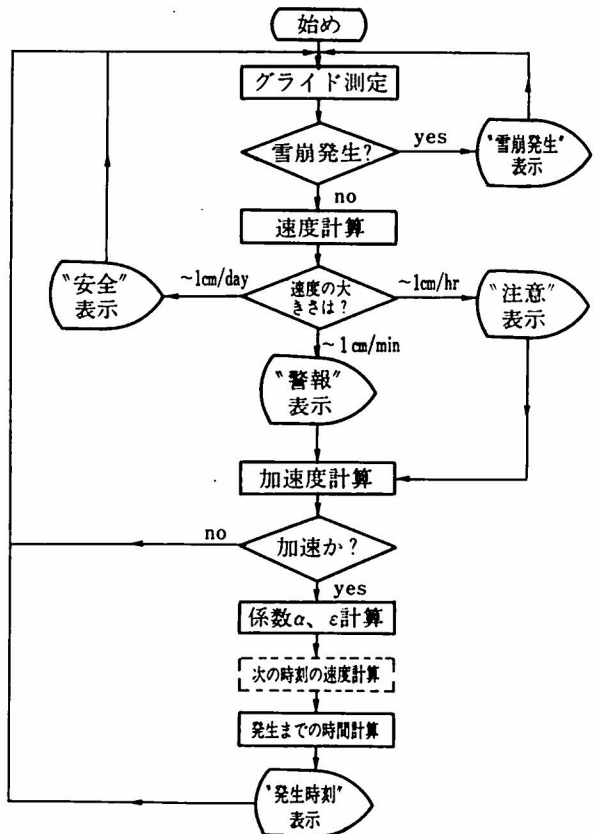


図4 全層雪崩発生予測流れ図

ターの開発を行っている。同時に、総合的雪崩予知システムとして気象条件による雪崩発生だけでなく、地形・植生の異なる斜面の情報、例えば斜面角度40度以上の灌木斜面で危険という警報もだせるようなシステムについて開発を進めている。

雪崩予測の今後の課題としては、発生機構、特に表層雪崩の発生機構と予測手法の開発が挙げられる。

3. 雪崩予知技術の防災行政対策への利用

雪崩警報の信頼性は、その前提となる雪崩予知あるいは予測の精度にかかっている。しかし、完全な予知は今後も特殊な場合を除いて望めないと考えた方がよい。そこで雪崩警報は雪崩危険の確率的な概念によることになろう。56年豪雪時には、新潟県において雪崩注意報は12月28日に発令され、連続141日続き翌年5月18日に解除された。これは極端な例であるが、危険だという状態が続けば人間はいつしか無感覚になってしまう。元スイス国立雪と雪崩研究所長ド・ケルバン博士が雪崩警報は音楽のようにリズムをもたせなければならぬといったのはこのことである。防災行政としては現在の子知経験・技術と地域的な気象積雪状態から判断しなければならない状態にある。

このような状態は特に雪崩避難勧告を発令・解除する時に必要となる。もう一つの問題は避難勧告に法的強制力がないということである。56年豪雪時においても、避難勧告を受けた住民で避難勧告に従わなかった場合が4市町村であった。その理由には過去の経験から雪崩の危険性はないという主張、町の世話になりたくない等の理由である。このよう

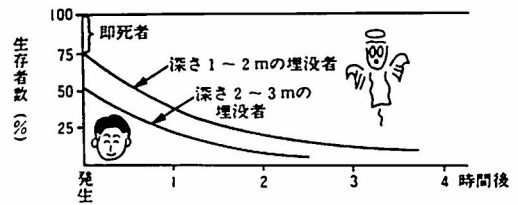


図5 スイスアルプスの統計による救出までの時間と生存者率*

な場合の説得・話し合いも必要なことである。

最後に、不幸にも雪崩が発生し埋没者がでた場合である。雪崩に埋まったら大半の人は1～2時間のうちに死亡するといわれている(図5)。雪崩災害の場合には特に早期に救助体制を敷くこと、救出開始までの時間をできるだけ短くすることが被害者をなくす道である。しかし、時には59年豪雪の清津峡雪崩災害の場合のように20時間後に救出された場合もあるので、搜索の打ち切り、中断には慎重な配慮が要求される。この清津峡の場合には救出1時間後に死亡した。このことは、その後県会で、救出された際に医師が現地にいなかったことが原因の一つではないかと追求されることとなった。このような場合もあることを災害対策本部は留意することが必要である。

おわりに

雪崩の発生の仕方は多様であり、地域によって異なる。ある地域の雪崩発生予知基準を作るには、今のところ、過去の雪崩発生記録の整備が不可欠である。このような雪崩発生記録を整備されることを、この場を借りてお願いしておきたい。

(引用文献)

*新田隆三(1981):雪崩の世界から、古今書院