

第21回 北信越支部総会および研究発表会・製品発表検討会

日時 : 2008年5月24日(土) 10:00~17:40

場所 : 長岡技術科学大学 講義棟

次第

総会 : 第2会場 E講義室 (13:00~13:45)

支部賞表彰式: 第2会場 E講義室 (13:45~14:00)

雪氷技術賞: 宮崎伸夫 (有限会社 クライメットエンジニアリング 代表取締役)

件名: 降積雪調査用具の高度化と普及に関する貢献

大沼賞: 庭野昭二 (元森林総合研究所十日町試験地 技術専門職員)

件名: 長年にわたる降・積雪及び気象観測,並びに雪氷研究に尽くした功績

雪氷功労賞: 対馬勝年 (富山大学名誉教授)

件名: 雪氷の摩擦や利雪等に関する研究と長年にわたる支部運営に果たした功績

研究発表・製品発表検討会 D講義室・E講義室 (10:00~12:00、14:00~17:40)

懇親会 : 福利棟 2F 第三食堂 (18:00~19:30 会費 3000円 学生 1500円)

【注意事項】

1. 発表方法

会場にはパソコン(OFFICE XPが利用可能)と液晶プロジェクタを用意します。

最新のパワーポイントのファイルには対応できませんので、ご注意ください。

なお、希望者がいなかったのでOHPは用意しません。

2. 発表時間

1鈴:7分, 2鈴:9分(発表終了), 3鈴:12分(質疑応答終了) とします。

発表件数が多く、スケジュールに余裕がありません。時間厳守にご協力下さい。

* ファイルのコピーは事前に済ませておいて下さい。

* 交替時間の節約のため、次の発表者は前方の席で待機するようお願いいたします。

3. 予稿集

当日、会場において予稿集や「雪氷北信越」は配布いたしません。ご承知おき下さい。

なお、「雪氷北信越28号」は6月に支部ホームページに掲載(電子出版)します。

印刷冊子(有料)をご希望の方は「雪氷」またはHPを参照し、お申込みください(5/31締切)。

(社)日本雪氷学会 北信越支部

研究発表・製品発表機材会プログラム

第1会場：D講義室 (1F) 発表時間 16:00-17:00 質疑応答終了 3:00-3:15 質疑応答終了

Table with columns: セッション, 座長, タイトル, 著者名. Contains session details for 10:00-17:00.

第2会場：E講義室 (2F) 発表時間 16:00-17:00 質疑応答終了 3:00-3:15 質疑応答終了

Table with columns: セッション, 座長, タイトル, 著者名. Contains session details for 16:00-17:00.

1

越後雪かき道場 2008

大堀和明・上村靖司・諸橋和行・木村浩和・河内毅 (越後雪かき道場 2008 実行委員会)

1. はじめに

平成 18 年豪雪では、全国で 152 名が犠牲となり、新潟県でも 32 名が亡くなった。4 分の 3 が除雪作業中の事故によるもの、3 分の 2 が高齢者だった。申し出の相次いだ除雪ボランティアだったが、「雪に不慣れ」という理由で断らざるを得ない場面もあった。

豪雪地帯の大半は深刻な高齢化先進地であり、住民の互助による対応も限界に近づいている。豪雪時に広域的な支援を受けるには、除雪ボランティアの方々に対する知識習得・研修の場が効果的だと考えられる。このような理由から「越後雪かき道場」と名付けたボランティア研修プログラムを開始し 2 冬季目を終えた 2 年目となる今冬の成果を報告する。

2. プログラム

これまでの実績は、雪かきの基本的技術を学ぶ初級編が 10 回 242 名、屋根の雪下ろしを学ぶ中級編が 1 回 14 名、機械除雪を学ぶ上級編が 2 回 25 名、延べ 289 名が受講した。アンケート結果を見ると約 7 割が雪国以外の方で、除雪経験も同じような割合である。受講者には級別に認定書を授与している。

「越後雪かき道場」講習プログラムは、雪や安全対策に関する基礎知識を学ぶ「座学」と実際に除雪を体験実習する「実技」で構成される。「座学」の特徴は、初級・中級を対象に編纂された「雪かき道越後流指南書」を講習用テキストとして使用していることである。除雪の基礎知識をまとめた数少ないテキストと自負しており、2 年間の経験でも単なる実技訓練でなく、テキストを使った座学が研修の効果を高めたと感じている。

「実技」は、初級編ではカンジキの履き方、スコップ、スノーダンプの使い方であり、中級編は屋根に登っての安全講習と実作業である。上級編は、小型除雪車の安全講習と操作実習である。「実技」の特徴は、開催地の地域住民の方から「師範」として指導員の役割を果たして頂いている点である。地域により雪かきにも流儀があり、現場の状況を熟知している地元師範は不可欠であると考えた結果である。

地域住民の方にとっては、ボランティアの受け入れ訓練でもある。豪雪時になってからでなく、普段の冬から初心者にも雪かきを教える機会をつくり経験させることで、非常時の受け入れ準備となる。また本人たちにとっても、「教えること」を通じて安全再確認の機会ともなる。さらには「師範」としての参加が、若者との交流のきっかけとなり、生き甲斐創出にもつながる。

3. おわりに

「越後雪かき道場」は、見る方向によって様々な見え方がある。正面から見れば「除雪ボランティア養成のための技能・安全研修」であり、裏側に回って見ると「豪雪地帯の除雪ボランティア受け入れ訓練」である。横から見ると、片面は「雪かきを通じた体験交流」であり、もう片面は「雪かきの技能や智恵の伝承のための暗黙知の形式知化」である。どれか一つではダメで、全てがバランス良くプログラム化されて、始めて道場として成立する。

2 年間の取り組みの経験から、期待した以上に本来の目的ではなかった、「開催地と受講者でつながり」が生まれ、通年での交流が始まった地域もある。その意味では「越後雪かき道場」が限界に近づいている集落に新たな「元気」創出に貢献できたものと自負している。来年度以降は、各プログラムの成熟、指導員の指導要領「指南役 虎の巻」の仕上げをしながら、持続できる仕組みづくりに取り組んでいく予定である。



図1 開催地のひろがり

2

中越地震被災地における住宅再建後の屋根雪処理方法の実態調査

梶壮志 (新潟大学理学部)

○河島克久・福留邦洋・和泉薫・ト部厚志・鈴木幸治 (新潟大学災害復興科学センター)

1. はじめに

2004年の中越地震は新潟県中越地方に多大な被害をもたらし、家屋においても各地で全半壊などの被害が続出した。中越地震から3年が経過し、被災地では住宅再建がほぼ完了した。

中越地震被災地は豪雪地帯であり、屋根雪による事故が多いため、屋根雪処理の安全性確保が重要な課題のひとつとなっている。近年では、雪下ろしの必要のない克雪住宅が全国的に普及しつつあるので、中越地震被災地でも、住宅再建を契機に克雪住宅化が進むなど、屋根雪処理方法に大きな変化が生じた可能性がある。

また、被災地の年齢構成には、平場よりも山あいの方が高齢者の割合が高いという特徴が見られる(平成17年国勢調査)。この差が、克雪住宅の普及率にも影響を及ぼしている可能性もある。

そこで、本研究では中越地震被災地において、平場と山あいの屋根雪処理方法の実態を明らかにすることを目的に現地調査を行った。

2. 調査集落

今回は、平場の集落として川口町田麦山集落を、山あいの集落として小千谷市塩谷集落と川口町峠集落・木沢集落を選んだ。なお、山あいの3集落は隣接しているので、塩谷・峠・木沢集落(ひとつの集落)として扱った。

中越地震による全壊率(全壊家屋/全家屋)は、両集落ともに非常に高い値であった。また、両集落の総人口に対する高齢者人口の割合は、田麦山集落では28%であるのに対し、塩谷・峠・木沢集落では45%にも及んでいる(平成17年国勢調査)。

3. 実態調査の方法

住家のみを対象に悉皆調査を行った(田麦山集落:2007年8月8日、塩谷・峠・木沢集落:2007年10月16日)。

また、中越地震直前の屋根雪処理方法についても、中越地震時に撮影された家屋写真(積雪地域災害研究センター撮影)などから判断した。

なお、屋根雪処理方法は人力雪下ろし、自然落雪式、消融雪式、耐雪式の4つに分類した。この

うち、人力雪下ろし住宅以外を一般に克雪住宅という。

4. 実態調査の結果

地震当時の克雪住宅の普及率は、田麦山集落においては56%であったのに対し、塩谷・峠・木沢集落においてはわずか13%であった。

新築率(住宅再建後全家屋に対する地震後新築家屋の割合)は田麦山集落においては52%であったのに対し、塩谷・峠・木沢集落ではわずか15%に留まった。

表1は住宅再建後全家屋の屋根雪処理方法をまとめたものである。住宅再建後の克雪住宅の普及率は田麦山集落では85%に達していたのに対し、塩谷・峠・木沢集落ではわずか33%であった。

表1. 住宅再建後全家屋の屋根雪処理方法

		克雪住宅			人力 雪下ろし	合計
		自然落雪式	消融雪式	耐雪式		
田麦山 集落	家屋数	83	19	4	18	124
	割合	67%	15%	3%	15%	100%
	割合	85%			15%	100%
塩谷・峠・ 木沢集落	家屋数	18	1	1	42	62
	割合	29%	2%	2%	67%	100%
	割合	33%			67%	100%

5. 平場と山あいの克雪住宅普及率の差について

今回の実態調査から、平場の田麦山集落と山あいの塩谷・峠・木沢集落で、住宅再建によって、克雪住宅の普及率の差が拡大したことがわかった。この背景について、それぞれの集落で聞き取り調査を行った。

その結果、高齢者にとって克雪住宅化は、経済面から困難であり、想定居住期間から必要性が少ないという背景があることがわかった。また、広い落雪・堆雪スペースを必要とする自然落雪式を取り入れる際に、山あいの集落では、地形条件と土地利用が障害となっているということも背景にあることがわかった。

今回は2つの集落のみの調査であったが、山間の集落の高齢化は本調査集落に限ったことではない。したがってこの結果は、被災地の平場と山あいで、屋根雪に対する克雪力に以前より大きな格差が生じたことを意味していると考えられる。

3

一般飲食店の温排気を利用した融雪システムの熱設計

藤野 丈志, 池野 正志 (株興和)・上村 靖司 (長岡技科大)

1. はじめに

消融雪施設においても省エネルギー・低環境負荷が求められるようになってきた。様々な廃熱を熱源とすれば、新たなエネルギー投入を減らせるが、一般に廃熱の出力は不安定で、融雪用熱源としては利用しにくい。

さて、暖かい空気を利用して融雪を行う ACCESS は、低コスト・低環境負荷の融雪システムとして有望視されている。事業所等から出る温排気を ACCESS に導く場合、温排気が得られる運転可能時間帯を考慮し、適切な融雪が提供できるように熱設計を行う必要がある。本報では、運転不可能な時間を考慮した熱設計の試みを報告する。

2. 熱出力の計算方法

2008年3月、新潟県十日町市の飲食店の店舗前通路(約3m²)に空気融雪 ACCESS を試験施工した。飲食店営業時間中には20~30 程度の温排気が常時出ており、融雪対象面積あたりで平均180 W/m²の熱出力(厨房の運営状況により140~230 W/m²と変化)が得られることが確認できた。

店舗前通路における望ましい融雪サービスは、「営業時間内に来店者の通行に支障がでないこと」である。そこで、営業時間内の残雪深とその発生回数を融雪のサービスレベルとした。アメダス(十日町, 1996~2008の12月~3月)の降雪深データから、1時間ごとの降雪量と熱出力から算出される融雪量を差し引いたものを残雪量の増減とする単純な計算方法により、営業時間内の残雪深とその発生回数を予測した。対象とした飲食店の営業時間と開店前準備, 閉店後の片づけを考慮して10:00~21:00の間運転するものとした。

3. 結果

図 1 に開店時(10:00)の残雪深とその発生回数を示す。熱出力が180 W/m²のとき、10 cm 以上残雪が発生する日数は年間平均22日、20cm 以上残雪する日数は年間平均11日となった。また、熱出力を250 W/m²まで上げて100 W/m²の従来融雪システムより残雪が多い結果となった。

来店者の通行に支障のないサービスレベルを残雪量10 cm 以下とするとときの年間22回は、頻度として多すぎるので、開店前の除雪作業を前提とした場合を検討した。その結果を図 2 に示す。融雪熱出力180 W/m²の場合、10 cm を超えていた場合の開店前除雪を前提とすることで、営業時間中の補助除雪回数は5回以下となった。

以上述べた評価手法と線図を用いて、残雪深とその発生回数をもとに融雪システムの熱出力を決定できることが示されたので、本年度冬期の融雪状況との整合性を検討し、熱設計手法を完成させたいと考えている。

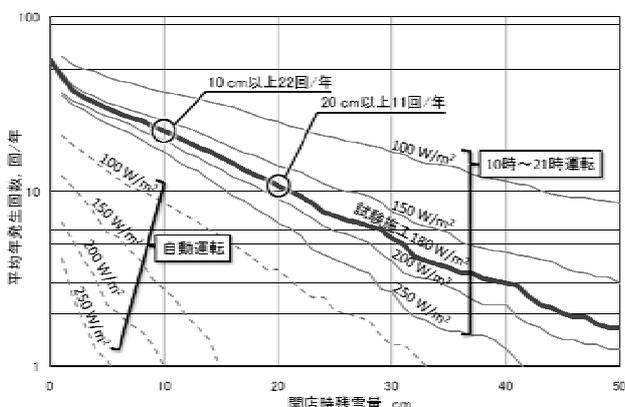


図 - 1 開店時の残雪深とその発生回数

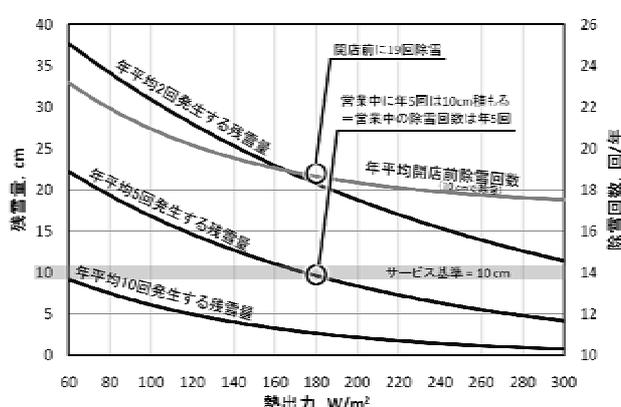


図 - 2 営業時間中の残雪深とその発生回数

4

霜取り時間を考慮した融雪用空気熱源HPの熱出力設計

宮島 洋平 (長岡技科大院)・上村 靖司 (長岡技科大)

1. はじめに

豪雪地帯では積雪が屋根の設計重量を超えないように屋根の雪下ろしを行うが、事故の危険性を伴う。融雪装置の導入は一つの解決策であるが、膨大な化石燃料を消費しランニングコストが高い。

本報ではランニングコスト削減に有望と考えられるヒートポンプ式融雪装置の適切な熱出力をシミュレーションによって検討する。

2. 計算条件

ここでは、上村ら¹⁾の式を用いて、屋根上積雪重量のシミュレーションを行った。計算対象は長岡市の1985 - 1986年の冬期とし、AMeDASデータ(気温,降水量)を用い、1時間毎の積雪重量変化を計算した。

制御は積雪センサーによるものとし、上限値(40cm)を超えると稼働(ON)となり、下限値(20,30,40cm)を下回ったときに停止(OFF)することとした。

空気熱源ヒートポンプ式の融雪装置を駆動する電力として融雪用電力を用いると、1日のうち2時間遮電される。計算上の遮電時間は、14-15時,16-17時の断続2時間の場合と14-17時の連続3時間の2通りを検討した。また室外機の熱交換フィンに発生する霜を融かし取る霜取り運転の時間も考慮した。通常は自動運転されるが、ここでは3時間稼働毎に1時間の霜取りを行うものとした。

3. 結果

図1に屋根単位面積当たりの融雪熱出力を100W/m²とした場合の、1985年冬期(豪雪年)の計算結果を示す。遮電方法による差はほとんどないが、表1の装置発停回数を見ると遮電を3時間連続とした方が、2~4割少なくなる。また運転停止の下限値を運転開始の上限値より小さく設定することがとても効果的であることがわかる。

次に、遮電を連続3時間として、霜取り運転も考慮した結果を図2に示す。霜取り運転(最大で1日6時間)により積雪重量の最大値が30kg/m²程度増加しているが屋根の許容荷重内に収まっている。

参考文献

1) 上村靖司・梅村晃由, 1996: 屋根融雪装置の能力設計に関する提案, 日本雪工学会誌 12(3), 10-15

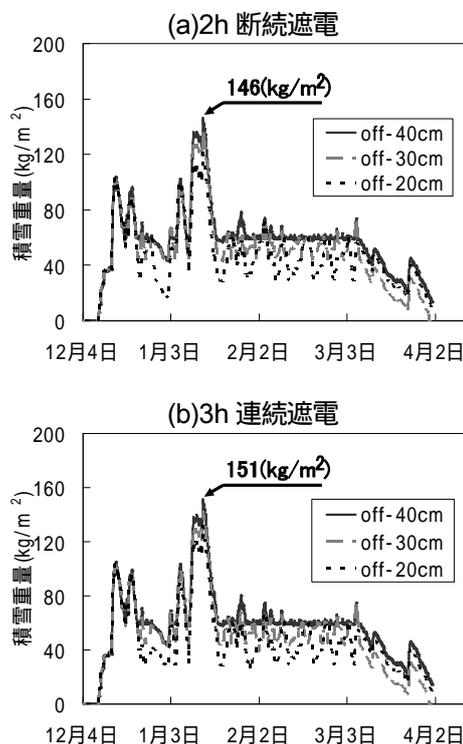


図1. 積雪重量の計算結果

表1. 装置の発停回数

	2h 断続遮電	3h 連続遮電
Off-40cm	176	140
Off-30cm	92	58
Off-20cm	87	51

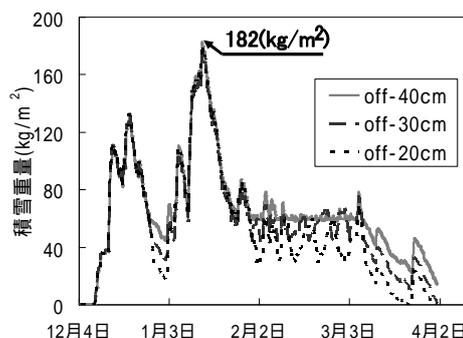


図2. 霜取り運転時間を考慮した場合

5

北信越地方における過去の冰雪貯蔵所（雪室・氷室）数の変遷と分布

山口健太郎（新潟大院・自然科学研究科），和泉 薫・河島克久（新潟大・災害復興科学センター）

1. はじめに

近年，自然エネルギー利用や地域資源活用の観点から，積雪地域において雪氷を利活用する動きが活発化している。しかし，雪氷の利活用は，今に始まったことではなく，昔から雪室や氷室を用いて一般的に行われていた。雪氷利用が最も活発だった時期は，機械製氷や電気冷蔵庫が普及する以前の明治・大正期とみられる。そこで，過去の統計資料を用いて，北信越地方における明治・大正期の冰雪営業者の実態，特に雪氷を貯蔵していた雪室・氷室の数とその変遷・分布についてまとめた。また，新潟県下越平野部（加茂市）の雪室の調査も行ったので，あわせて報告する。

2. 北信越地域における過去の冰雪営業者（冰雪貯蔵所）の実態

明治・大正期の冰雪営業者数は，年度ごとに各県から発行されていた県統計書の「警察 取締営業者」に記載されている。ただし，県によって記載されている年度や冰雪営業者の種類が異なるので，注意が必要である。冰雪営業者数の変遷について，新潟県（図1）を例にみる。新潟県の冰雪営業者のうち，「冰雪貯蔵所」（新潟県ではほぼ全て雪室）の数は，明治31-33年には県内に200ヶ所以上も存在していたことが分かる。しかし，明治30年代前半に伝染病が流行し，明治34年に新潟県令「冰雪営業取締細則」により衛生面から氷の飲食用販売が事実上禁止されたため，冰雪貯蔵所数は1/3以下に激減している。その後，社会経済の発達にともない飲食用以外の冰雪需要が増加し，大正初期には200ヶ所程度に回復したことがわかった。冰雪営業者数の変遷について，同様の傾向を石川県統計書，岐阜県統計書からも確認することができた。

各県の冰雪貯蔵所の最大数は新潟県で244カ所（M33）富山県で43カ所（M26）福井県で14カ所（M34），石川県で112カ所（T14），長野県で125カ所（M27），岐阜県で188カ所（M37）だった（ここで，Mは明治，Tは大正の略である）。ただし，統計書の値には自家使用のための小規模な雪室・氷室は含まれていない（竹井，2006）ので，実際数はさらに多かったとみられる。北信越地方の冰雪貯蔵所数は，降積雪深や県面積の違いはあるものの，新潟県に最も多いことが分かる。新潟県の244カ所という数は，文献や聞き取りから実際に存在が確認された68カ所（和泉，2002）をはるかに上回る。新潟県の冰雪貯蔵所数を警察署・分署ごとの内訳でみると，豪雪地域である上越・中越だけでなく，寡雪地域である下越平野部や佐渡にも数多く分布していたことが分かった。

3. 新潟県下越平野部（加茂市）の雪室

これまでに詳細な調査のない下越平野部の加茂市において雪室の実態を調べたところ，加茂市には昭和20年代頃まで「矢立」，「秋房」，「黒水」をはじめ7ヶ所に雪室があったことが確認された。ほとんどの雪室は，方形の穴の中に雪を貯めるタイプで，1000m³以上の貯雪容積をもつ大規模なものも存在していた。構造の工夫として，融雪水排出のための排水口や，断熱や雨よけのために藁屋根が設置されていた。加茂市では，雪室を「雪屋」とよばれる冰雪販売者が所有していた。貯蔵した雪は，雪屋から主に料理屋などに販売していたが，熱さまし用で個人にも売ることもあった。このような市街地における大きな雪の需要があったからこそ，寡雪地域である下越平野部の加茂市であっても，大規模な雪室を設置し，雪を利用することが可能だったのであろう。

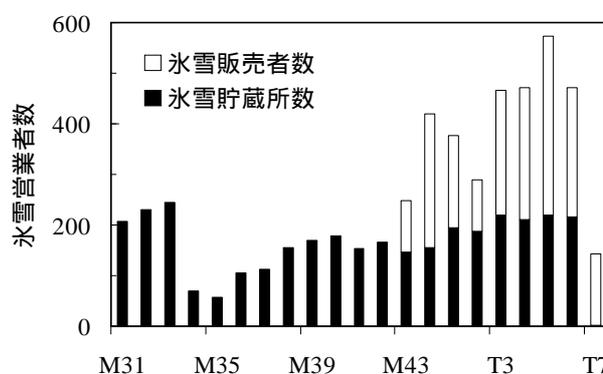


図1 新潟県における冰雪営業者数の変遷

図中のMは明治，Tは大正を表している。

6

雪室をビルトインした雪冷房住宅

上村 靖司 (長岡技科大), 伊藤 親臣 ((財)雪だるま財団),
 広井 年郎 ((有)アクトホーム), 永井 宏幸・ 宝地戸 謙介 (長岡技科大院)

1. はじめに

平成 18 年 4 月に, 30t 規模の雪室をビルトインした雪冷房住宅が新潟県小千谷市に建築された。ここでは, 平成 18, 19 年度に行われた貯雪性能および空調性能 (温湿度, 空気清浄効果) 試験の結果を報告する。

2. 施設

雪室 (H3.02m × W6.05m × D5.45m) は, 住宅の高床基礎部分にビルトインされている。空調は, 雪室と空調室の間を空気が循環する冷風循環式を採用した (図 1)。その理由は, 雪室内で空気と雪が直接接触することで, 空気中の塵, 埃を吸着除去する空気清浄効果が期待できるからである。冷房対象はダイニングキッチン (10 畳), 和室 6 畳, 和室 8 畳の 3 部屋である。

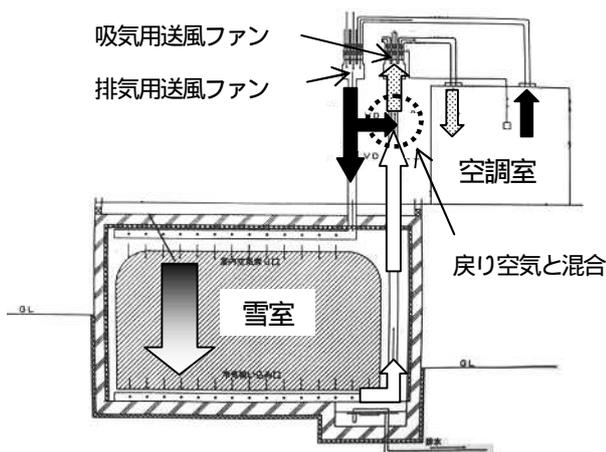


図 1 雪室と冷房システム

3. 結果

図 2 は, 残雪高さ測定を開始した 5 月 11 日以降の積算気温と雪の融解高さの推移である。保存期間中の融解速度は同じであるが, 冷房運転を連続運転とした平成 18 年と断続運転とした平成 19 年で雪の融解速度に差が出ている。どちらの年も雪入れから雪冷房終了までの約 200 日間 (概ね 9 月中旬まで), 十分に雪が保存できることが確認できた。

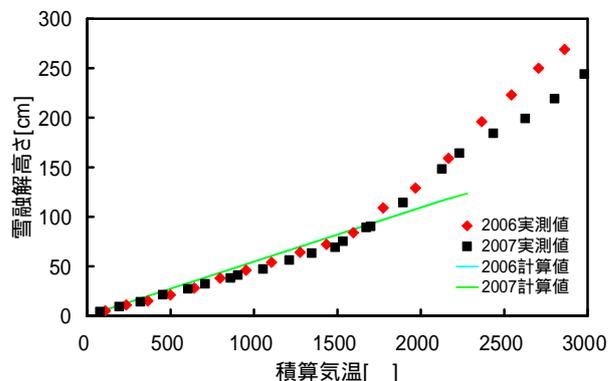


図 2 積算気温と雪の融解高さの関係

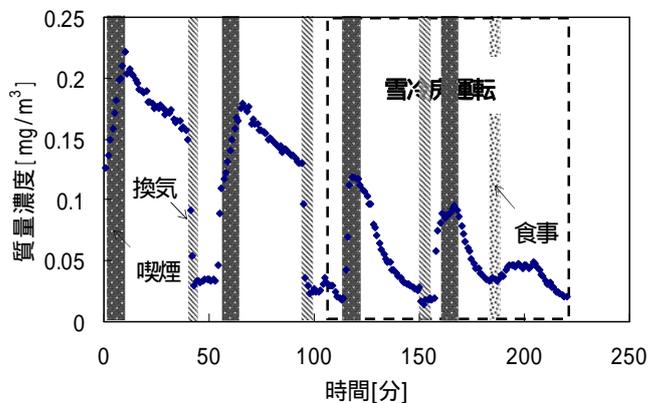


図 3 粉塵濃度測定結果 (和室 8 畳)

雪冷房期間中の空調室内の温度は 25 ~ 27 °C, 湿度は 50 ~ 70% に保たれ, 快適な冷房が行われていた。デジタル粉塵計を用いて, 和室 (8 畳) で断続的に喫煙をしたときの粉塵の体積濃度を測定した結果, 雪冷房運転中には, 喫煙による粉塵濃度のピーク値が低くなり, かつ粉塵濃度の減少率をはやめることが確認できた (図 3)。

雪冷房運転期間を通しての運転コストは, 平成 18 年が 4068 円 (1443 時間運転), 平成 19 年が 1408 円 (499 時間運転) であり, 成績係数は平成 19 年には 9.0 を越えた。通常の電気冷房の成績係数が 3 程度なので, 高い省エネルギーが実現できることが示された。

7

冷水流下による対流・放射複合空調システムの開発

上村 靖司 (長岡技科大), 永井 宏幸 (長岡技科大), 加藤 雅之

1. はじめに

雪冷房における2つの方式, すなわち冷風循環式と冷水循環式の2つの冷房装置の長所を併せ持つ新しい空調装置を考案した。それは, 室内で冷水と空気を直接接触させる「流水 - 空気直接接触式」であり, 空気を冷やして送る対流冷房と, 面からの放射で冷やす放射冷房の2つの機能も有している。試作装置による冷房試験の結果を報告する。

2. 実験原理と試作装置

装置の原理を図1に示す。積層して鉛直に設置したポリカーボネート板の表面に膜状に冷水を流下させる。水流に対向して空気を流すことで強制対流熱交換を行い, 冷却した空気を装置上部から吹き出す。最外層の水膜周りでは, 自然対流熱伝達と放射伝熱が起きる。

試作装置では, 幅 1.0m, 高さ 1.65m, 厚さ 3mm のポリカーボネート板 3 枚を 25mm 間隔に積層した。表面 1 面は放射と自然対流, 形成される 2 経路のダクトで強制対流による熱交換を行う。板状に均一な水膜を形成するため, 装置上部にオーバーフロー型水槽を設置した。

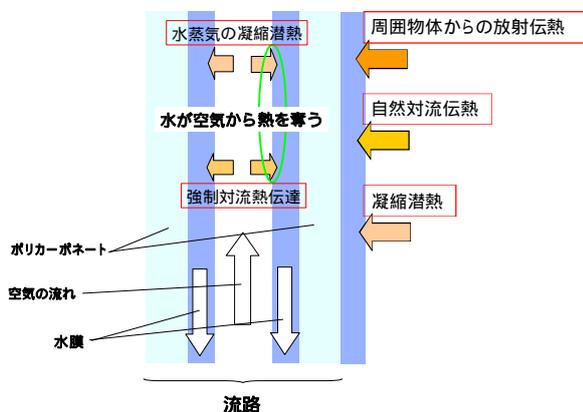


図1 原理

暖房機と加湿器を用いて室内温度 30 ~ 32 相対湿度 50% ~ 60% にし, 下部水槽に氷と水を満たして水温を 6 以下にしたて, 実験を行った。

評価指数として PMV (Predicted Mean Vote) を採用した。これは温度・湿度・平均輻射温度・気流速度の4つの物理的要素と, 着衣量・活動量の2つの人間側の要素, を快適方程式と呼ばれる実験式に代入して求める快適指標の一つである。- 0.5 < PMV < + 0.5 の範囲が快適域とされる。

3. 結果

対流冷房の冷房能力は 0.36 ~ 0.37kW/m², 放射冷房は 0.41kW/m² であり, 全体では 3.1 kW (10 畳用相当) の出力が得られた。室温は, ファン運転開始から 10 分ほどで 6 低下し, 除湿効果も確認できた (図 2)。また, PMV 値も, 運転から 10 分程度で快適範囲に入ることが確認できた (図 3)。

本研究は平成 19 年度富山県元気な雪国づくり事業の補助を頂いて実施されたことを記し謝意を表す。

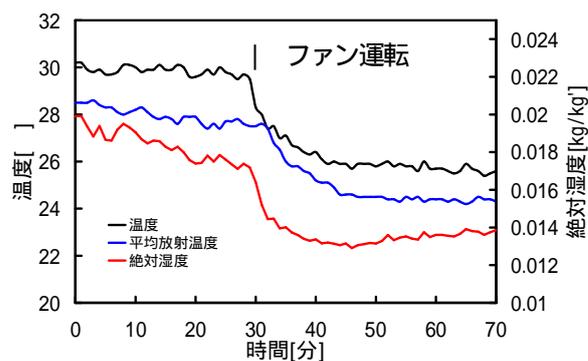


図2 温湿度測定結果

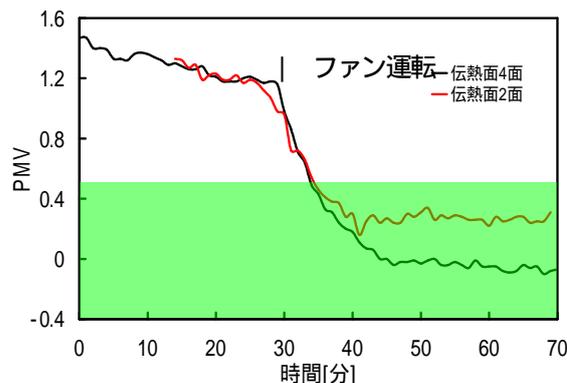


図3 PMV 測定結果

8

長波放射による冷室の試み

○対馬勝年, 田内太平, 田中るみ (富山大)

1. はじめに

夜間の放射冷却で自動車のフロントガラスや屋根に氷が発生する。しかし、側面のガラスにも霜が降りるのを不思議に思っていた。住宅の屋根にも真っ白な霜が降りる。40年ほど前、積雪断面の含水率測定中、日が低く傾くと気温はプラスなのに日影の断面が凍り始めたのも思い出す。

長波を通す膜があるなら、プラスの気温でも室内を氷点下に冷やし、製氷や冷熱貯蔵を行う冷室の実現が期待される。気温が氷点下なら製氷に膜の必要はない。また、猛暑の続く夏場の夜を幾分か涼しくできるであろう。

筆者等はポリエチレンラップに長波を通す性質があり、断熱箱の上面をこのラップで覆って冷室を実現できた。

問題はラップ表面の結露であった。

2. 実験方法

長波の透過性は放射温度計 (千野製作所 IR-AH) に薄膜を貼り付け天空温度の表示の変化から判定した。(1)ポリエチレン, (2)ポリ塩化ビニリデン, (3)ポリエチレン・ポリプロピレン5層の各ラップをテストした。次に、発泡ポリスチレンの断熱箱の上面にラップを貼り、箱内に温度計や最高最低温度計をおいて箱内の温度を計測した。また、底に熱電対を貼り付けた内壁温度の変化も測定した。

3. 測定結果

放射温度計を膜で覆った時の温度

放射温度計のレンズを上記(1)~(3)で覆って天空温度を測定した結果を表1に示す。

ラップ	なし	(1)	(2)	(3)
天空温度℃	-52	-42	-17	-41

上の表1の結果から(1)ポリエチレンラップ, および(3)ポリエチレン・ポリプロピレン5層ラップが赤外線透過率の高いことがわかった。

断熱箱内底面の温度

発泡スチロールの底面に熱電対を貼り付けて底面温度を測定した結果を表2に示す。

時刻, h	19	22	1	4	7	10
気温, °C	5	2	1	1.6	4	13
膜なし	0	1	-4	2	-1	8
(1)	-4.5	-5.5	-7	-5.5	-4	7
(2)	-2.5	-3.5	-4	-1.6	-0.2	8

最低気温は1°Cであったが、断熱箱内は(1)のポリエチレンラップを貼ったもので-7°Cま

で冷えている。(2)のポリ塩化ビニリデンラップ(サランラップ)でも氷点下に冷えているが、(1)より2°C以上高い。

(1)ポリチレンと(3)ポリエチレン・ポリプロピレン5層ラップの効果(表3)

時刻, h	20	24	4	6	8
気温, °C	9.5	6	0	-1	3
膜なし	8	1	-5	-4	1
(1)	4.8	-4	-13	-14	-5
(3)	4.8	-4	-15	-11	10

表3では(1)ポリエチレンラップ, (3)ポリエチレン・ポリプロピレン5層で最低温度-14~-15°Cが記録された。この場合、気温より13~14°Cも低い温度が達成されたことになる。

断熱箱内に最高最低温度計を置いて測定

表4 2007年8月24-25日の測定

時刻 h	17	18	19	20	21	22	2	4	5
気温 °C	26	24	21	20	19	18	19	19	20
(1)	26	21	15	14	14	15	17	15	19

この夜は22時までは快晴であったが、午前2時に雲がまばらにあらわれ、5時には全天が雲で覆われるようになった。最高最低温度計は断熱箱内の気温を示すが、最低で外気温より6°C低くなった。22時にはポリエチレンラップ上面に結露が生じ、2時にはティッシュペーパーで拭き取ったが、膜の効果が著しく減退した。

ポリエチレン膜の厚さの効果

表5 (1)ポリエチレンラップの他, (a)厚さ0.03mm, (b)厚さ0.05mmのポリエチレン膜を貼って、最高最低温度計で温度計測した。

時刻, h	23	0	2	4	6h30
気温, °C	20	22	21	20	21
(1)	18	18	16*	16*	22
(a)	18*	19*	17*	18*	22*
(b)	18*	20*	18*	17*	22*

表中の*印は結露を拭き取ったことを示す。膜面に結露が生じると放射冷却が抑制されるので、この結露を防止することが課題である。

考察

簡単な実験で放射冷却を利用した冷室を実現できることがわかった。冬期には気温がプラスでも製氷もできた。冬期快晴の続く、太平洋側の寒冷地では効率よく放射冷却を利用できると考えられる。製氷の場合、気温がマイナスなら膜なしで利用できるからより効果的になるであろう。

9

複合型融雪システム - OASIS

桑原 賢二, 池野 正志, 藤野 丈志 (株興和)・上村 靖司 (長岡技科大)

雪国における冬期アリアフリーを実現させるためには、対策エリアにある車道、歩道、駐車場、施設アプローチ全体を無雪化するシステムが必要である。無雪化システムには散水消雪施設(消雪パイプ)、無散水融雪施設(温水ボイラ、電熱など)があるが、車道のみ、歩道のみといった個別の交通へ適用が基本であり、歩道無散水後車道散水システムによる歩道と車道のセット無雪化が普及し始めている程度である。

複合型融雪システム - OASISは、バイオマス(木質ペレット)ボイラを出発点とし、複数の無雪化システムの組み合わせで構成される、エネルギー循環型融雪システムである。ペレットボイラにより作り出される熱エネルギーを、お湯：(a)温水通水無散水融雪 (b)回収水加熱散水消雪施設、温排気：(3)空気融雪 ACCESS、に利用する。また、用水路等の水資源がある場合には、さらにヒートポンプ(温水通水無散水融雪)を組み合わせたシステムとなる。このシステムでは、温水通水無散水融雪は歩道に、回収水加熱散水消雪施設は車道に、空気融雪 ACCESS はアプローチに、というように、複数の交通バリアフリーに適用するので、これまでの無雪化システムでは難しかった、対策エリア全体の無雪化を実現できる。また、融雪エネルギーの供給を、CO₂循環と水循環の中で大部分をまかなうので、わずかな商用電源で自立運転することができる。

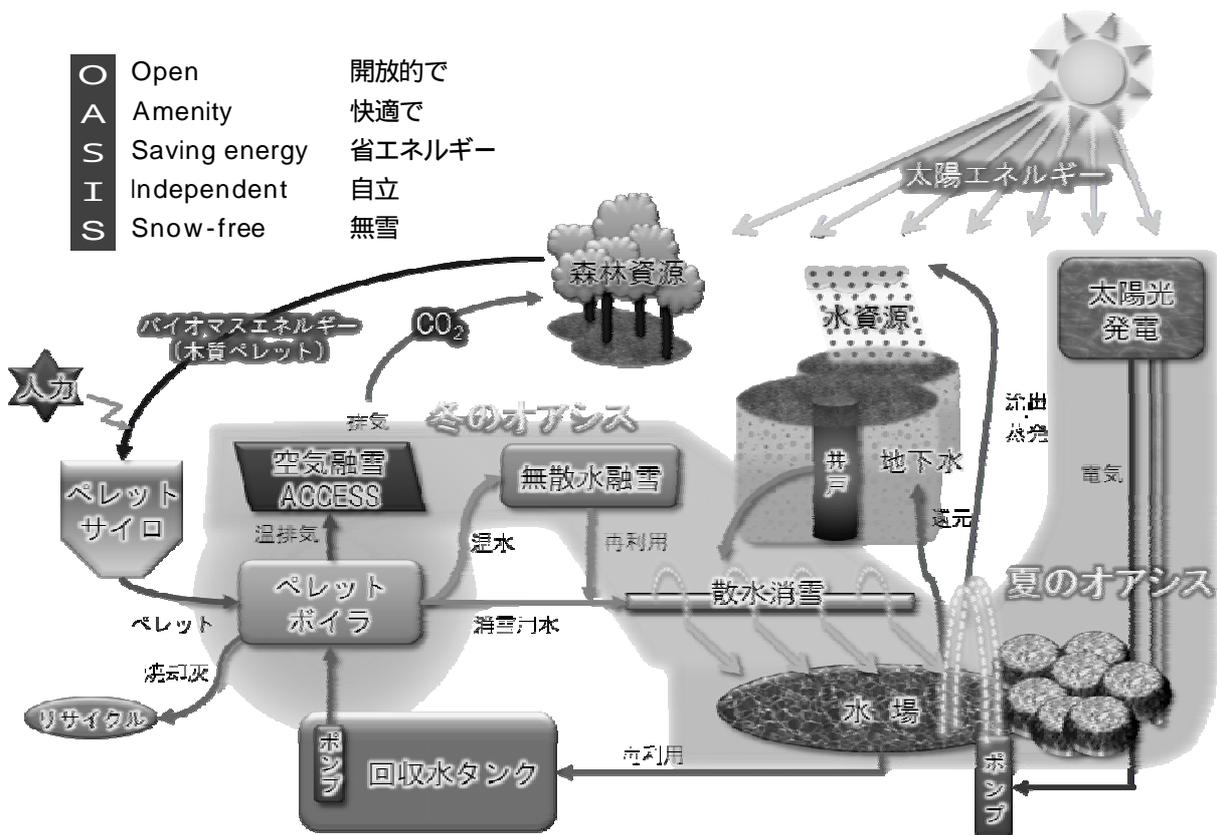


図 - 複合型融雪システム - OASIS

10

路面凍結検知器を用いた凍結過程における電気伝導度の変化に関する実験

○小川 克昌 (有限会社アサップ)

1. はじめに

弊社では、過年度より安価かつ正確に路面凍結を判別するため、簡易な2極式塩分濃度センサーを利用した路面凍結検知器の開発を行ってきた。本実験では、塩分濃度ごとの凍結過程における電気伝導度(抵抗値)の変化を観察し、路面凍結検知精度向上のための基礎データを収集した。

2. 実験の概要

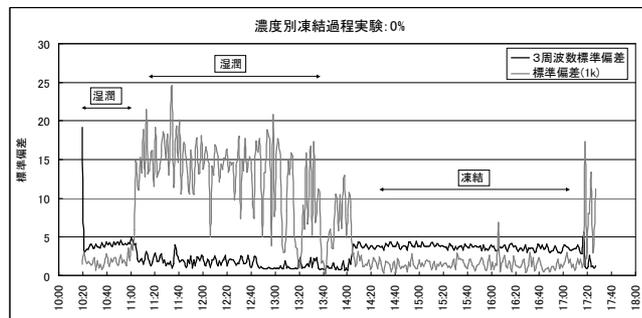
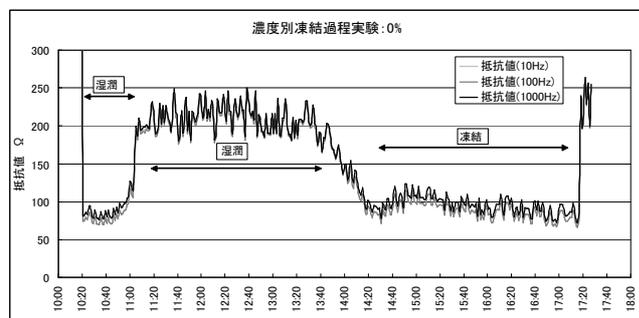
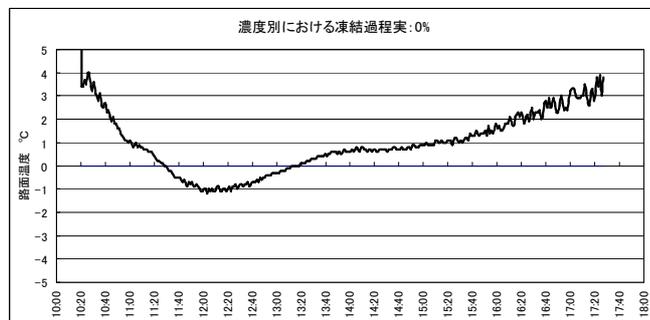
本実験では水膜厚を一定にするため、路面凍結検知センサーの上に水分を含ませたキッチンペーパーを置き、乾燥防止用のサララップで養生して冷凍庫内に設置し、温度を低下させた。また、十分な凍結が確認された後、冷凍庫の電源を切り、庫内の温度上昇により凍結を融解させた。その際、庫内の温度・センサー検知路温・周波数 10, 100, 1000Hz ごとの電気抵抗値(いずれも電圧 5 V (2.5V, p-p)、計測機器に内部抵抗含む)を計測し、1000Hz 周波数における電気抵抗値の標準偏差(10 秒間)と3周波数における電気抵抗値の標準偏差を算出し、凍結の進行と電気抵抗値の変化を観察した。



写真1 実験状況

3. 実験の結果

本実験結果より、過去に実施した実験結果と同様に路面凍結と電気伝導度(道路表面の電気抵抗値)・電気伝導度のバラツキ(標準偏差)の関係性があることが再確認できた。ただし、路面凍結の過程において湿潤時における塩分濃度と電気伝導度の相関性が高いことが確認できたが、凍結時もしくは凍結過程における電気伝導度と塩分濃度の関係性は十分把握できたとはいえない。



4. 今後の課題

本センサーの基礎性能に関する現地実験は終了しており、供用中道路における観測も一部で実施されてきた。今後は、本実験結果をもとに、さらに精度の高い凍結検知能力を持つセンサーの改良を行い、本年度中の商品化を予定している。

以上

11

疑似路面センサーの次世代型センシング機能の研究

山田忠幸(山田技研)・杉森正義(越前クリエイティブ)・竹内正紀(元福井大工)
石坂雅昭・山口 悟・佐藤篤司(雪氷防災研究セ)

1 はじめに

冬期の道路現場は苛酷であり、かつ空間的に広範囲にわたるので、そこで使用する装置は単純、簡便、堅牢、さらに経済性が求められる。われわれの意図をより直裁に簡便な形で装置に指示し、装置がいろいろな気象条件のもとでどのように応答するかを見ていくことは、雪氷路面センシングの一つの方法と考える。この場合、こちら側の設定の意図を明確にするという意味でアクティブ型といえよう。このような目的で実際の雪氷路面を模して作られたセンサーは、道路の消融雪システムの制御管理の現場で実用に供されている。このセンサーは、降雪の有無だけでなく、融雪および凍結防止設備の稼働に対して実際の雪氷路面の挙動に似せて指示を発する。このことは、気象条件に対する疑似路面の応答特性に関することであり、これをさらに追求すれば、雪氷路面対策でのより高度な情報が期待できる。

2 センサーの仕様

計測部の概観を図1に示す。装置の目的から付した名称があるが、仕様から疑似路面センサーともいい、ここでは熱量センサーとしておく。仕様の点は以下の通りである。(1/30)m²のアルミ製の円盤の表面を黒く塗り、これを疑似路面とし、水平に置き降雪中の雪片を受ける。表面からわずが浮いた位置で、2段一組の光ビームを周囲の3方向から円盤上を通す。上段の光軸で降雪の有無、下段の光軸で雪の積もりを判別する。雪が円盤上に積もりかけて下段のビームを切断すると電気ヒーターが入り、雪を溶かす。このときのヒーターの熱量をみかけの融雪熱量とする。気温が高いかあるいは日射等があれば、みかけの融雪熱量がなくても雪は溶ける。これは当初より目論んでいたことである。一方、下段のビームで雪を検知しなくても、放射冷却等で円盤の表面温度が一定温度(-1)より下がろうとするとやはりヒーターが入り、表面温度はこれより下がらないようにする。このときの熱量をみかけの凍結熱量とする。

3 基礎的観測

長岡市の雪氷防災研究センター構内の露場に熱量センサーの装置1式を設置し、同じ構内の気象要素の定点観測値をもとに熱量センサーの機能特質の検討を行っている。

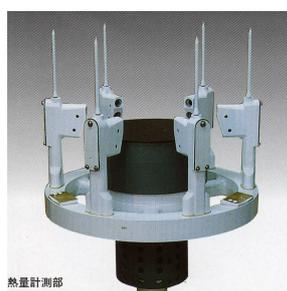


図1 センサーの外観

4 熱量センサーの応答特性

今回報告するのは1977年冬期観測の事例による。観測はさらに継続し、議論を深めていくことになっている。データの時間間隔は10分で、降雪強度、対流熱伝達、日射の単位はそれぞれ(W/m²)で表示している(注)。プラスマイナスの表示は疑似路盤から見て外向きをプラス、内向きをマイナスとしている。したがって、強い日射はマイナス値で表示される。

熱量センサーの仕様が降雪だけを検知するものならば、応答特性は降雪強度に比例するわけであるが、この間の相関はよくない。そこで、意図した仕様のとおり、降雪強度だけでなく他の気象要素をも含んだ量、すなわち対流熱伝達、および全放射を順次加えたものとする、相関性が高くなることが示された。このことから、疑似路面のステージにあたる条件を吟味することによって、いろいろな応答の可能性が得られることが示唆される。

(注)降雪の量の表示方法で、深さまたは高さ(m)とするか、または重量(kg)とするかについて議論が定まっていない。また熱量の議論では時間要素を含む降雪強度であらわすことが必要である。したがって、今回のような議論の場合、降雪に関する表示を時間当たり単位面積当たりの融解潜熱の量になおし、それをW/m²で表示することが合理的であるといえ、また便利である。

12

雪玉の安息角測定(その2)

小林 俊市 (防災科研・雪氷防災研究センター)

1. はじめに

主要な除雪機械の一つであるロータリ除雪車により冬期に除雪作業を実施する際に、雪を回転切削するオーガやブローア的作用により雪玉が形成されることがある。一昨年の研究発表会において、生成した雪玉の流動特性を調べるために安息角の測定を行った結果について報告した。今回は、前回とは異なる方法で安息角の測定を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験方法

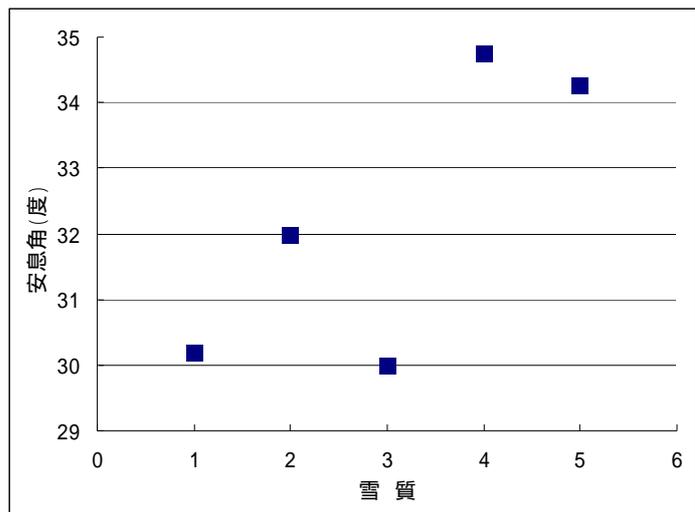
防災科学技術研究所雪氷防災研究センター構内において、ロータリ除雪車(日本除雪機, HTR-140)により除雪作業を実施する際に、シュートから排出される雪を地面または雪面上に敷いたブルーシートで受けて採取した。その中から採取した雪玉を注入式安息角測定器に投入して安息角を測定した(図1参照)。その後雪玉の大きさや密度及び硬度の測定を行った。今回は、シュート及びシュートキャップを調整して除雪車のすぐ脇に投雪する近接投雪のみを実施した。また対象とした雪質は新雪、こしまり雪及びざらめ雪の3種類であった。なお、除雪車のエンジン回転数及びオーガ、ブローアの回転数はそれぞれ2,200rpm、207rpm、490rpmであった。



図1 注入式安息角測定器

3. 実験結果

図2に除雪対象の雪質と安息角の関係を示す。雪玉が形成される時には、元の雪質が新雪のみの場合も新雪にこしまり雪が混じった場合及びこしまり雪にざらめ雪が混じった場合でも、安息角の大きさに大差はなかった。また比較のため、ざらめ雪のみを除雪して雪玉が全く形成されない場合、及び実際に道路上でロータリ除雪車により路側部に堆積したざらめ雪をダンプトラックの荷台に投雪した場合の安息角を同じ図2に示す。どちらも雪玉のみの安息角に比べると、4~5°大きな値を示している。これは、雪玉が形成されることにより雪の流動性が高まったことによるものと考えられる。



雪質 1 : 新雪(雪玉形成)
 2 : 新雪+こしまり雪(雪玉形成)
 3 : こしまり雪+ざらめ雪(雪玉形成)
 4 : ざらめ雪(雪玉無)
 5 : ざらめ雪(ダンプ積込、雪玉無)

図2 除雪対象の雪質と安息角の関係

参考文献

- 1)建設省北陸地方建設局, 1980: 道路除雪における堆雪に関する研究. 273pp.
- 2)小林俊市, 2006: 雪玉の安息角測定実験. 雪氷北信越, 26, 71.

13

周期加熱による着雪除去技術の開発

鈴木善和 (長岡技科大 院)・上村靖司 (長岡技大 院)・小川克昌 (有アサップ)

1. はじめに

雪害のひとつに、物体に雪が付着することで被害や障害が起こる“着雪”がある。着雪防止・除去技術は、熱による方法・物理的方法・物理化学的方法・科学的方法など様々な方法があるが、コストや耐久性、施工性、公害などの欠点があり、決定的な技術は確立されていない。

熱により雪を全て融解する方法は、高コストであり、融解水によるつららの発生などの問題がある。一方、加熱のあとに冷却時間を設ける周期加熱では、接触面に氷結部分が形成され、雪の融解水の吸収を妨げ、接触面に水膜を形成しやすくする効果が期待できる。本報では、周期加熱による着雪除去の実験結果を報告する。

2. 実験

ウラ面にフィルムヒータを貼り付けた、200mm×200mmのアルミ板のオモテ面に模擬雪を乗せ、模擬着雪とした。表1にフィルムヒータの仕様を示す。模擬雪は、氷を微細に砕き、ふるいにより粒径を揃え、作製した。実験装置を図1に、実験条件を表2に示す。加熱・冷却を所定回数繰り返して、落雪の有無を観察し、氷結部分の厚さも測定した。氷結厚さは、実験後に氷結部分以外を刷毛で落とし、残った部分の厚さである。実験結果を図2に示す。

初回加熱を1分としたときよりも2分にしたときの方が全体的に氷結厚さ2倍程となっている。氷結厚さが0.5mm以上で、落下する場合は見られたが、総加熱時間との因果関係は見出せなかった。

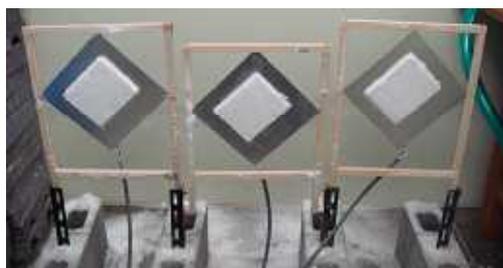


図1 実験装置

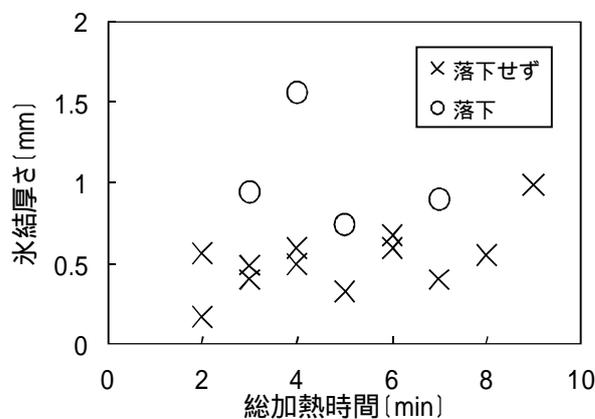
表1 フィルムヒータの仕様

使用電圧:	AC・DC 6 ~ 220 [V]
寸法:	200 × 200 [mm]
定格温度:	40 ~ 120 []

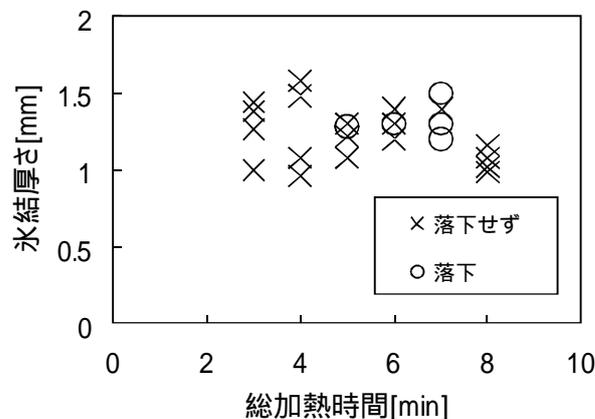
表

表2 実験条件

雰囲気温度	- 5 []
模擬雪密度	218 [kg/m ³]
電圧	100 [V]
加熱時間	1 [min]
冷却時間	15 [min]



(a) 初回加熱1分



(b) 初回加熱2分

図2 実験結果

雪試料の誘電緩和時間と結晶成長由来

竹井巖 (北陸大)

<はじめに> 積雪の誘電測定を行うと、氷試料と同様に誘電緩和現象を観察することができる。しかし氷試料と異なり、積雪（雪試料）の誘電緩和現象には、分散強度が小さくなること、誘電分散の緩和時間が小さくなることが認められる。雪は氷粒と空隙でできた気固混成体なので、誘電率の小さな空隙の存在が雪の分散強度（または静的誘電率）の低下の原因として理解できる。もう一つの雪試料で観察される誘電分散の緩和時間の短くなる問題について、ここでは、検討した結果を報告する。

<実験> 誘電測定を純氷単結晶（c板）、積雪（新雪、しまり雪、ざらめ雪）、冷蔵庫霜、液滴を液体窒素で急速凍結した球形氷粒子および純氷を破碎して粒状にした試料について行った。氷単結晶の場合には、Debye型のCole-Cole図が半円を示し、分散強度は100程度、緩和時間も -10°C で 5×10^{-5} s程度になる。一方、新雪やしまり雪は緩和時間が $5 \cdot 8 \times 10^{-6}$ sの短い値を示すことがわかる。純氷を破碎した氷粒子集合体は、純氷と同程度の緩和時間を示す。また純粋から作成するが急速凍結した球形粒子集合体および冷蔵庫霜試料は、短い緩和時間となる。積雪が一旦融解してできるざらめ雪では、その緩和時間は純氷の値に近い大きめの値を示す。

<考察> 氷の誘電緩和時間については、結晶格子に取り込まれる種類の不純物（塩素、フッ素など）によって短くなることが知られている。また、急速凍結でできた球形氷粒子の測定結果に認められるように、結晶格子の極端な乱れ（もしくは微細粒界の存在）でも緩和時間の短縮がある。いずれも水分子回転を容易にする結晶格子上のDL欠陥のような点欠陥濃度の増加があったものとして説明される。雪粒子には結晶格子の極端な乱れは考えにくいので、雪試料に認められる緩和時間の短縮は不純物による可能性が高い。

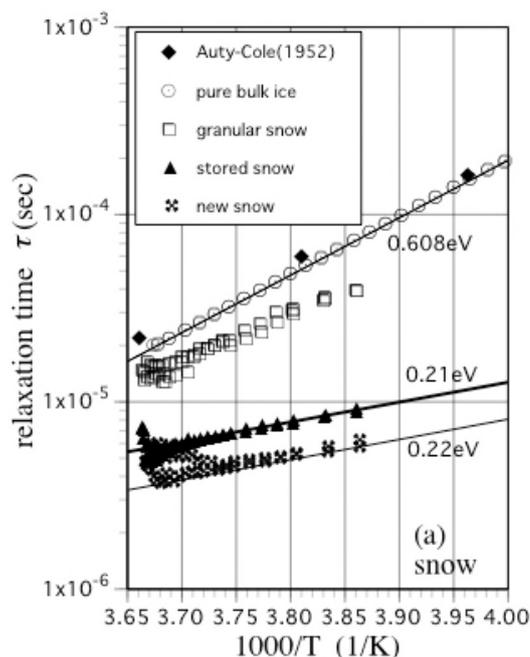
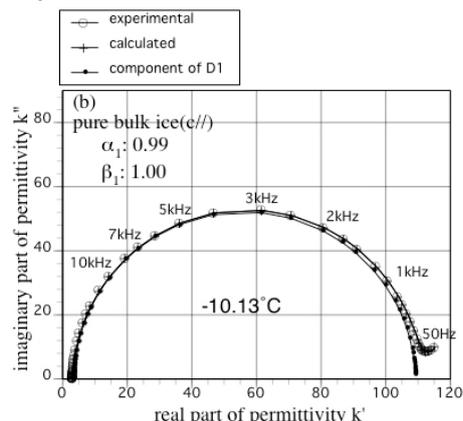
しかし、冷蔵庫霜のような不純物の濃度の低いと思われる氷粒子集合体でも緩和時間の大きな短縮が生じていることは、過去に報告されている不純物氷の実験結果との整合性を欠いているように思われる。

また、一旦融解して形成されるざらめ雪の緩和時間が純氷の値に近づくことは、不純物が再凍結によって排出された結果として合理的に説明できそうであるが、不純物氷の結果に対応させると変化が大きすぎるように思われる。

一般に氷の誘電測定では、ガス抜きした融液から生長させた氷単結晶を、切り出して用いる。ところが、雪や霜は気相成長した氷である。融液成長と気相成長の氷の間では物性が異なる可能性がある。この結晶成長の違いから氷に期待されることは、点欠陥の一種である空孔濃度の相違である。空孔も緩和時間の短縮に寄与するものと考えられる。

ひとつの仮説として、雪試料の緩和時間の短さは、雪が気相成長してできた氷であることに由来している、と主張したい。このことは、気相成長の雪に起源をもつ南極コア氷が不純物濃度に比較して異様に短い誘電緩和時間を示すこと、などの事実のひとつの説明を与えるものと思う。

Iwao Takei, "Dielectric relaxation of ice sample grown from vapor-phase or liquid-phase water", *Physics and Chemistry of Ice* (ed. Werner F. Kuhs), 577-584, (2007)



放射冷却による無気泡・単結晶氷の生成条件

上村靖司 (長岡技科大), 木幡一秀・ 植田巧人 (長岡技科大),

1. はじめに: 伝導や対流の熱移動を極力抑え,放射冷却によって製氷できることが確認されている.本研究では50mm角の無気泡・単結晶氷の生成を目的として,装置を改良して実験した結果を報告する.

2. 実験: 装置を図1に示す.氷の成長がある程度以上進むと,水槽内の水の空気溶解度が飽和に達して水槽内に気泡が析出する.これを防ぐためにリザーバタンク内にエアレーションを行い強制的に水の循環を行いつつ製氷実験を行った.その際エアレーションによって生じる気泡が水槽内に進入するのを防ぐため,リザーバタンクの流出側のホース接続部に格子状の水槽を設置した.

また,単結晶氷の生成と,側壁からの熱流入量との関連性を検討した.

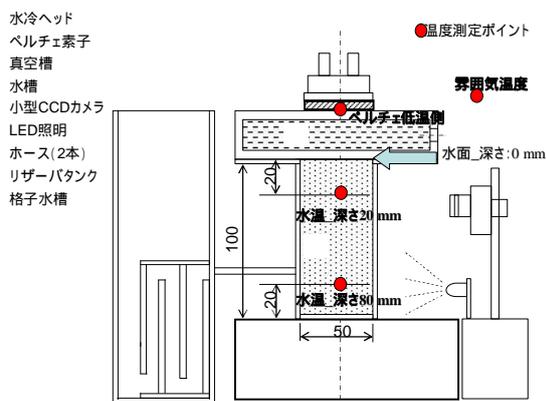
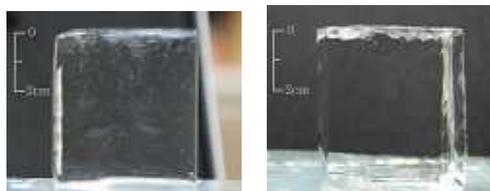


図1 実験装置

3. 結果: これまでの実験で,氷の厚さが20mmに達するまでは気泡析出が起きないことが確認されていた.そこで,エアレーションによる強制循環を冷却開始時から行う場合(Exp1)と氷厚さが20mmになってから循環する場合(Exp2)の2通りについて実験を行った.吸熱面温度は-55 雰囲気温度は1~3 である.製造された氷塊の外観写真を図2に示す. Exp1の氷には小さな気泡が含まれており,氷が厚くなるにつれて取り込まれる数が減っていた.これはエアレーショ

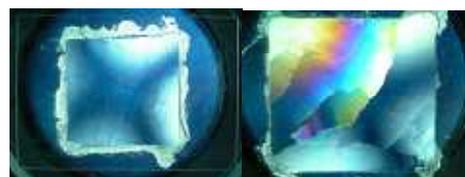
ンにより発生した気泡が取り込まれたものと思われる. Exp2 では,目視観察で気泡が全くみられない無気泡氷であった.

生成された氷を薄片にして変更観察を行い(図3),単結晶が多結晶かを判定し,平均雰囲気温度と水槽側方からの平均熱流入量で整理した結果を図4に示す.まだデータ数が不十分であるが,結晶構造と熱流入量には関係があり,概ね10W/m²以上の熱流入があるときに単結晶氷が製造できることが示唆された.



(a)Exp1 (b)Exp2

図2 生成された氷塊の外観



(1)単結晶の例 (2)多結晶の例

図3 偏光観察

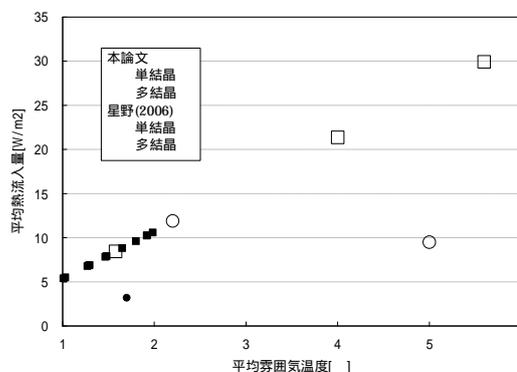


図4 各平均雰囲気温度における平均熱流入量

16

エアロゾルの氷晶核化能力

富山大・理 加藤 孝春、島田 亙

1. はじめに

氷晶の核生成には氷晶核が関与している。しかし、氷晶核は大気中に極微量しか存在しない。そこで本研究では、大気中に浮遊するエアロゾルの中で氷晶核として有効に働くものがないかを考え、いくつかのエアロゾル試料を用いて、それらの氷晶核化能力を調べた。

2. 実験方法

本研究で用いたエアロゾル試料は、石英、斜長石、火山灰、カオリナイト、塩、木炭の6種類である。試料サイズは、顕微鏡の分解能限界から、ふるいを用いて63~125 μmのものを用意した。実験は、アイスクリームストッカーの底の排水口を開放した自然循環型チャンバーを用いた。このチャンバー内では室内の空気が冷やされ、過冷却雲が形成される。ストッカーの底に2つのシャーレを置き、片方に砂糖溶液を入れておく。過冷却砂糖溶液中に氷晶が落下すると急速成長するため、目で見える大きさになる(図1)。エアロゾル試料を散布し、シャーレ内に出来た氷晶数と、もう一方の空のシャーレ内に落下したエアロゾル試料数を測定し、試料のうち何個が氷晶になったかを計算した。本研究では、出来た氷晶1個は有効なエアロゾル試料1個によって発生したものとした。

3. 実験結果と考察

実験より石英、火山灰、木炭の3つの試料の氷晶核化能力が高く、斜長石、カオリナイト、塩の氷晶核化能力は低いという結

果を得た(図2)。氷晶核化能力が高い理由として、石英の結晶構造は氷と似ていること、木炭は凝結凍結核の可能性が高いことが考えられる。また、火山灰粒子を核として出来た氷晶の砂糖溶液中での成長形は他の5つの試料とは大きく異なった。これは火山灰を核として成長する雪結晶の多くが多結晶として成長することと関連があるものと考えられた。一方で、従来氷晶核として有効とされてきたカオリナイトは今回の実験ではあまり有効ではなかった。

氷晶核化能力の値が全て1%未満と低い理由として、ストッカー内の過冷却雲の厚さが非常に薄かったことが考えられる。これは実験を冬の時期に行ったため、室内の空気が乾燥していたからである。

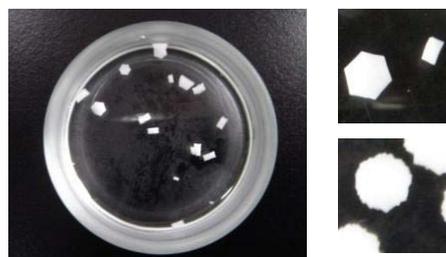


図1 砂糖溶液中の氷晶(左上)
石英を核として成長した氷晶の形(右上)
火山灰を核として成長した氷晶の形(右下)

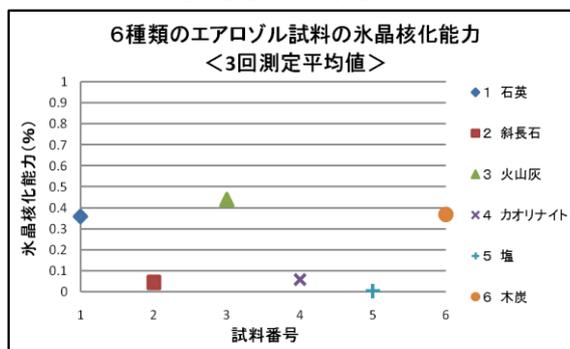


図2 六種類のエアロゾル試料の氷晶核化能力の値を平均したグラフ 縦軸は氷晶核化能力(0~1%)、横軸は試料番号である。

17

TBAB 準包接水和物結晶核生成のメモリー効果

島田 亙、高井香織 (富山大・理)

1. はじめに

包接水和物 (Clathrate hydrate) 結晶は、水分子が作るカゴ状構造に、ガス分子が入ったものである。この結晶は、高圧・低温の条件でしか存在しないため、その核生成や成長機構については不明な点が多く残されている。

そこで、本研究では、1気圧 12 以下で安定な TBAB (Tetra-n-butyl ammonium bromide) 準包接水和物結晶を用いて、核生成の“その場”観察を行った。TBAB は塩であり、その水溶液から準包接水和物結晶を生成できる。今回は 20 wt% の水溶液を用いた。

hydrate 結晶の核生成では、メモリー効果が存在する。メモリー効果とは、最初の核生成の後、平衡温度以上のある温度までで解離させた場合、再び温度を下げたときに、比較的簡単に核生成が起こるとい現象である。

今回は、TBAB hydrate 結晶が解離するときの温度 (解離最高温度) を何 まで上昇させるとメモリー効果が見られなくなるか、また TBAB 水溶液を生成する際に用いた水の純度などに注目して実験を行った。

2. 実験方法

TBAB 水溶液が入った分光光度計用セルを水冷

式の恒温水槽に入れ、温度制御を行った。観察には実体顕微鏡を用い、テレビカメラとタイムラプスビデオで記録した。

TBAB を溶かす際に用いる水には、イオン交換水と蒸留水を用いた。

TBAB 水溶液の温度を下げると、平衡温度 (9) 以下の過冷却状態になる。約 14 K の過冷却状態で初期核生成が発生し、TBAB hydrate 結晶が成長を始める。この水溶液の温度を平衡温度以上にすると、TBAB hydrate 結晶は解離が始めるが、水溶液の温度を平衡温度から数 以内で解離させた場合は、再び水溶液の温度を下げた場合、初期核生成よりも小さい過冷却度で核生成が発生する (メモリー効果)。しかし、水溶液の温度を平衡温度からある程度高い温度まで上げると、メモリー効果は発現せず、初期核生成と同じ過冷却温度まで核生成は発生しない。この限界の温度「解離最高温度」を測定した。

3. 実験結果

イオン交換水を用いた TBAB 水溶液では、明確なメモリー効果が見られなかった。一方、蒸留水では、平衡温度よりも 5 K 高い 14 までメモリー効果が見られた。

詳細については、講演で述べる。

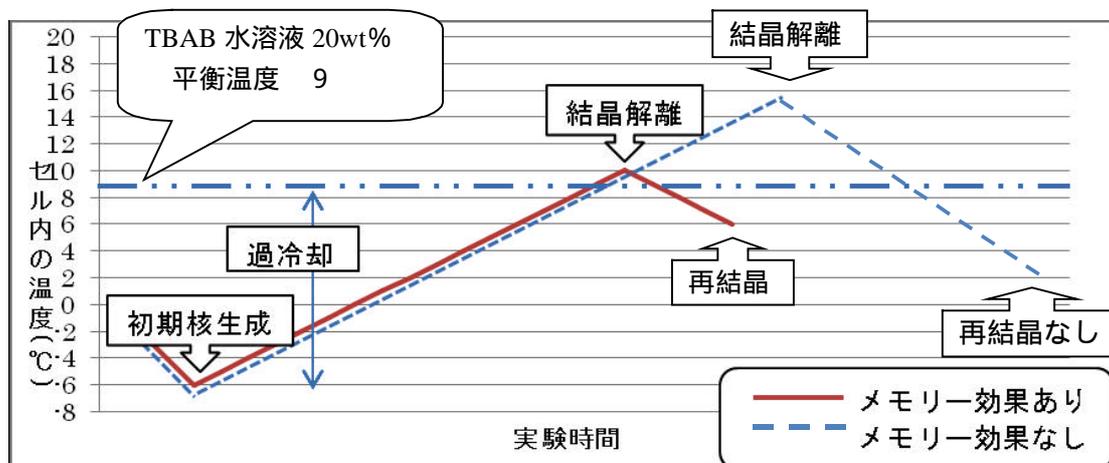


図1 実験の流れとメモリー効果の有無

18

雪面上のオゾン濃度と「雪さらし」

石坂雅昭・山口悟 (防災科研・雪氷)

雪国では、越後上布や和紙の製作過程で繊維の原料を雪の上に晒す「雪さらし」が行われている。これは主に漂白効果をねらったものとされ、その作用は春の日射と雪面からの反射がもたらす紫外線によって生成されるオゾンによるという説明が一般に多くみられる。さらに、融雪雪面からの水蒸気がよりいっそうオゾンの生成を助けるという記述も見られる。一方、オゾン自体の測定は、極域や中緯度の大气と積雪のガス交換過程の研究 (F. Bocquet et al, 2007) などで、また新潟県内でも酸性化物質としてのオゾン量把握と生態系への影響を評価するための広域的な通年測定 (日本環境衛生センター他, 2006) において実施されているが、これらの報告では窒素酸化物など他気体との反応や汚染物質と同様の広域移動、成層圏からの降下などから濃度の変動を議論していて、日射と雪面反射によるオゾンの生成という観点は見られない、果たして、雪面上でのオゾンの生成はあるのだろうか。

このような問題意識から、偶然、オゾン濃度の測定器を借りられる機会を得て、短期間ではあるが、雪面付近のオゾン濃度を測定することができたので、皆さんからの知見も得たいと考えその結果を発表する。

測定は2008年2月26日から3月14日の積雪期間 (70~30cm)、防災科研雪氷防災研究センター (長岡市) の露場で、紫外線吸収法を用いた自動測定装置 (堀場製作所およびダイレック製) を用いて行われた。その結果 (下図)、オゾン濃度 (地上約1.4m) が70ppbを超える高い値は、晴れの日射 (反射も含める) の多い日に、同時か遅れて現れる傾向がある (そうでない場合もある) 他、雨の日は濃度が低下するが、雪の日は雨ほど低下しない傾向も見られた。また、3月12日以降、雪面上と地上1.8m上の2カ所の測定に切り替えたが、特に雪面上のオゾン濃度が高いという結果は得られなかった。

以上は短期間の測定であり、これから結論めいたものを引き出すわけにはいかないが、雪さらしの説明にはオゾン説の他に雪解けに伴う水素イオンという説もあり、今後の観測や議論の参考になればと思う。

謝辞: このたび快く測定器をお貸し下さいました新潟県保健環境科学研究所のご厚意に感謝申し上げます。

参考: 日本環境衛生センター他, 2006: 酸化性物質沈着量地域特性解析調査委託事業報告書。

F. Bocquet et al, 2007: Arctic, Antarctic and Alpine Research, **39**, 375-387.

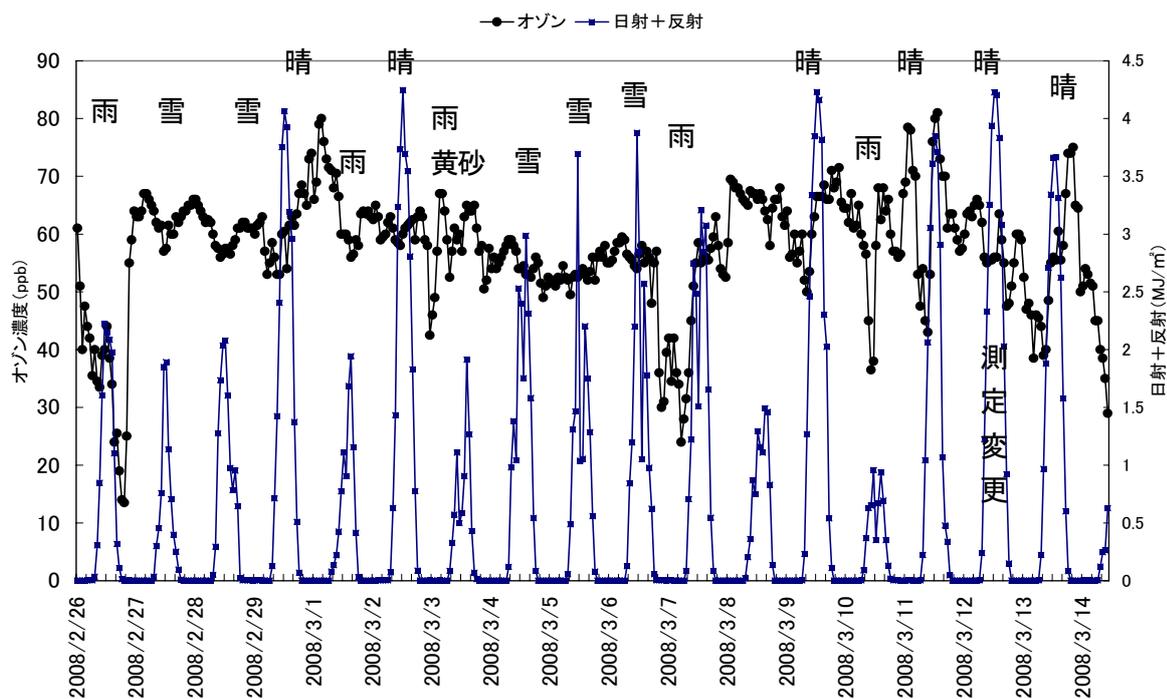


図 積雪期間中の露場 (雪氷防災研究センター) におけるオゾン濃度 (時間平均) と日射量 + 反射量 (時間) の測定結果。天気は大まかな特徴を記したもの

19

長岡市における降水の過酸化水素濃度

廣田 洸平・恩田 純一・佐藤和秀 (長岡高専)

1. はじめに

日本でも酸性雨や大気汚染物質による森林被害が発生し、対策が急がれている。大気中の過酸化水素 (H_2O_2) は、オゾン (O_3) と同様の強い酸化力を持ち、大気、降水中での SO_2 , NO_x の酸化に重要な働きを果たしている。また、降水中に取り込まれた H_2O_2 は、植物の細胞に悪影響を与え、森林衰退の原因物質のひとつとして考えられている。 H_2O_2 は環境問題に深く関わっており、その特性を把握することは非常に重要であると考えられるが、降水中 H_2O_2 濃度の測定例は少なく、 SO_2 , NO_x 等の大気汚染物質との因果関係は不明な点が多い。

新潟県長岡市における降水の H_2O_2 濃度の特性を明らかにするとともに、降水中の H_2O_2 濃度と大気汚染物質 (NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) 濃度との因果関係の解明を試みる。

2. 試料と解析

長岡高専にて、2007年8月29日から2008年2月3日の間の降水を、降り始めから1時間毎に採取し速やかに孔径 $0.2\mu m$ の濾紙で濾過したものを FIA-FD 法によって H_2O_2 濃度測定を行った。

3. 測定結果

降り始めから1時間の降水について、8月29日の降水の $357nmol/L$ を最高値として、1月16日の降水の $20.2nmol/L$ にまで、日射量に関連して H_2O_2 濃度は夏から冬にかけて減少傾向を示している (図1)。冬期の雨の H_2O_2 濃度は雪の濃度より高く、大気の H_2O_2 は、液体の雨滴により多く取り込まれること示唆している。

日射量と H_2O_2 濃度との関係を図2に示す。この日射量とは前の降水後から採取降水の降り始めまでの平均日射量を示す。日射量が強いと H_2O_2 濃度が高くなり、紫外線量に H_2O_2 濃度が依存していることが伺える。

一降水について、1時間毎の H_2O_2 濃度の変動を解析した (図3)。 H_2O_2 濃度は夏に高く、冬に低いが、一降水の時間変動はいずれも降り始めが高く、時間とともに低くなっている。また H_2O_2 濃度が高いものほど、その減少率も大きくなる傾向が見られる。降水による大気中の H_2O_2 の取り込み過程を示しているものと考えられる。

なお、降水の H_2O_2 濃度と NO_3^- 濃度、 SO_4^{2-} 濃度など各種イオン濃度との明瞭な関係は得られていない。

【参考文献】

・佐久川弘, 山下敏広, 河井裕, 増田直樹, 橋本典親, 牧野慎也, 中谷暢丈, 武田一彦 (2006): 広島県における大気, 雨水, 霧, 河川水, 飲料水中の過酸化物の測定および生成・消失機構, 地球科学, 40, 47-63.

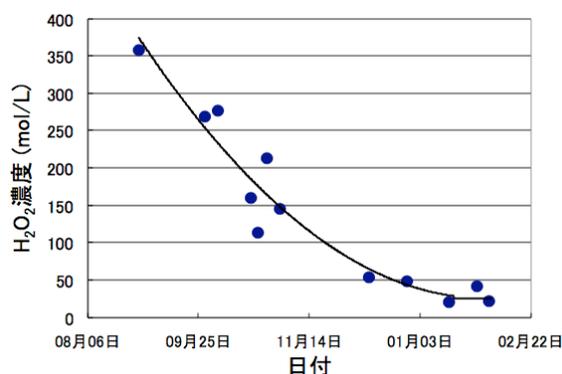


図1 採取時期による H_2O_2 濃度

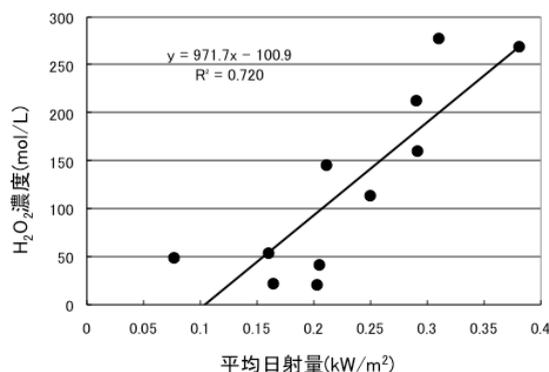


図2. H_2O_2 濃度と日射量

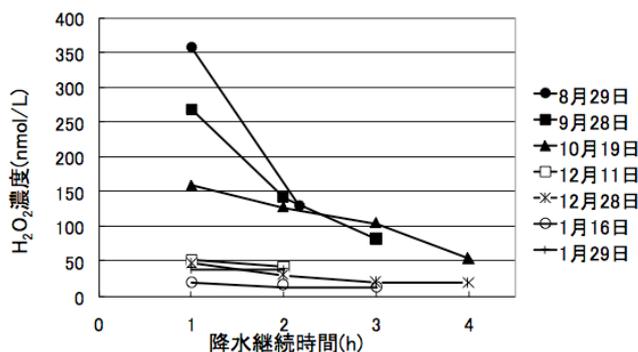


図3. 一降水の H_2O_2 濃度の時間変化

20 立山・室堂平における積雪層中の過酸化物質およびイオン成分濃度の測定

渡辺幸一・青木美貴子・江田奈希紗・成瀬功・山田大嗣・川淵麻菜美 (富山県立大短大部)・川田邦夫 (富山大)

はじめに

大気中の過酸化物質(過酸化水素(H_2O_2)、有機過酸化物質($ROOH$))は、二酸化硫黄の酸化を促進されるなど極めて重要な役割をはたしている。過酸化物質(特に、 H_2O_2)はヘンリー定数が高く(およそ $2.0 \times 10^5 \text{ M atm}^{-1}$)、降水など液滴中に非常に取り込まれやすく、大気中から除去されている。過去における大気中の過酸化物質濃度の変化を推定する手段として雪氷コアや積雪ピット中の濃度測定が行われている(例えば、Sigg and Neftel, 1991; Watanabe et al., 1998 など)が、積雪層中の過酸化物質濃度は、降水過程や積雪後の変化などにより、必ずしも降雪当時の大気中の濃度が反映されているわけではない。本研究では、富山県の立山・室堂平(標高 2450m)における春期の積雪層中の過酸化物質や主要イオン成分の測定を行い、積雪層中に保存されている過酸化物質濃度と積雪層位やイオン成分との関係について考察を行った。また、黄砂粒子の影響による汚れ層の dating や化学成分の輸送過程についても検討した。

方法

4月(2003~2007年)の立山・室堂平において、積雪層の断面観測・分析試料の採取を行い、積雪試料を融解させないまま富山県立大学に持ち帰り、冷凍保存した。過酸化物質濃度の測定は、試料採取後一週間以内に(融解後直ちに) Lazrus et al. (1985) による酵素式蛍光法によって行った(詳しい分析法は、Watanabe et al. (2005)に記述されている)。主要イオン成分濃度についてはイオンクロマトグラフ法によって測定を行なった。なお、積雪層中の汚れ層の dating を、富山県に設置されているライダーデータをもとに黄砂粒子の飛来時期と対応されることによって行った。

結果と考察

図1に立山・室堂平における積雪断面中の過酸化物質およびカルシウムイオン濃度の変化を示す(2006年4月)。過酸化物質濃度は、これまでも報告しているように(渡辺ら, 2006)(新雪部を除いて)しまり雪層に比べてざらめ雪層で濃度が高くなる傾向がみられた。ざらめ雪層は、積雪表層部の融解水や降雨の浸透によって形成されたものと考えられ、大気から過酸化物質濃度が取り込まれたためであると考えられる。雪粒の成長過程では diffusional growth により、大気中の過酸化物質(主に H_2O_2)が水蒸気(H_2O)と分別されることなく降雪中に取り込まれるのに対し、液滴については、高いヘンリー定数のために H_2O_2 が(優先的に)溶け込みやすいものと考えられる。

過酸化物質濃度とカルシウムイオン濃度に逆相関関係がみられ、カルシウムイオン濃度が高い層準では過酸化物質濃度が非常に低くなっていた(逆に、過酸化物質濃度が高濃度であった層準はカルシウムイオン濃度が非常に低かった)。カルシウムイオン濃度が高い層準は、目視で観測された汚れ層とよく一致し、土壌起源粒子(黄砂粒子)によるものと考えられる。土壌粒子中に含まれている金属成分による過酸化物質の分解が起こっているものと考えられる。また、カルシウムイオンと共に硫酸イオンも高濃度となることが多く、黄砂粒子と共に人為起源の汚染物質も輸送されてきていたものと考えられる。

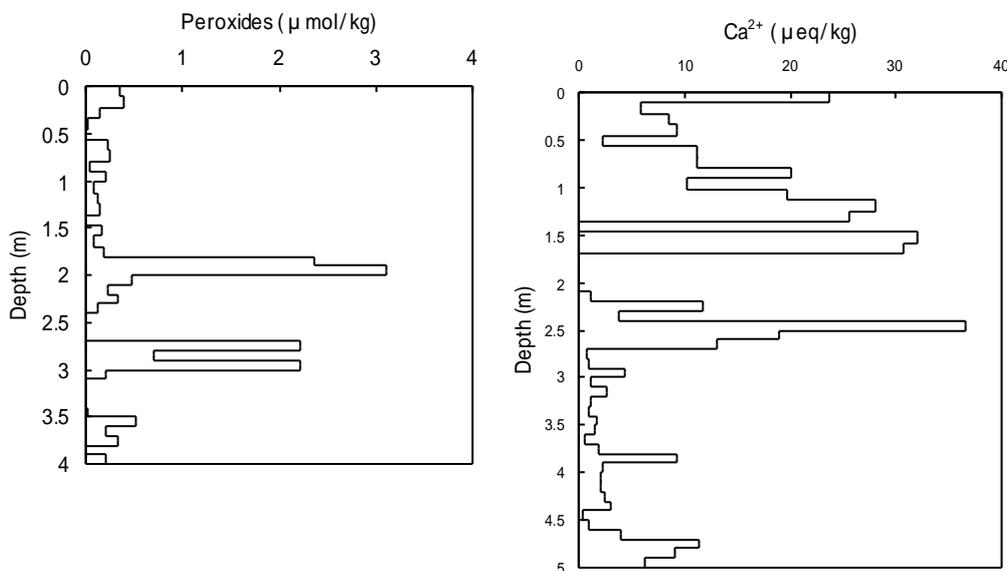


図1 立山・室堂平(2006年4月20~21日)における積雪層中の過酸化物質濃度およびカルシウムイオン濃度

21

新潟県の降雪分布に及ぼす北陸の地形の影響

岩本勉之・中井専人・佐藤篤司(防災科研・雪氷防災研究センター)

1. はじめに

降雪分布は、例えば山雪と里雪に代表されるように、時空間変動が大きいことが知られている。これまでの研究から、新潟県における降雪の空間分布に関しては、総観場の状態が大きく影響していることがわかってきている (Akiyama, 1981)。しかし、降雪雲の形成や発達には地形による効果も大きいいため、降雪分布を決めるメカニズムに関する包括的な理解を得るためには、地形効果を含めた議論が必要である。本研究では、アメダス日降水量を用いて降雪分布の分類を行い、総観場および地形の効果について議論を行う。

2. データと解析方法

降雪分布は、新潟県上中越地域のアメダス日降水量に対して主成分分析を行うことにより決定した。主成分分析により得られる空間パターンが降雪分布、それに対応する時系列が降雪分布の時間変動を表す。

なお、解析に降雨の事例が含まれるのを可能な限り避けるため、輪島の高層気象観測による 500hPa 気圧面の日平均気温が -30°C 以上の日はデータを除外した。解析期間は、1988 年から 2007 年まで (19 冬季分) の 12 月から 2 月までとした。また、地上風のデータとしてアメダス風データを日平均したもの、総観場の参照データとして JRA-25 と輪島の高層気象観測データを用いた。

3. 結果

主成分分析の結果、第 1 モードには寒気に伴う降水の on/off を示すモードが現れた (図は省略)。図 1 に第 2 モードの空間分布を示す。第 2 モードは、新潟県の平野部と山地で逆符号となっていることから、これが平野型 (里雪) と山地型 (山雪) の降水分布を決定するモードであると考えられる。第 1 モードの時系列が 1 標準偏差 ($+1\sigma$) を越える事例を冬型が卓越した事例とし、その中から第 2 モードの時系列が $+1\sigma$ 以上のものを平野型、 -1σ 以下のものを山地型の事例として選び、それぞれの事例で合成図解析を行った。総観場の特徴としては、山地型の際は下層の低気圧が太平洋北西部にあって北陸付近では北西風が卓越し、平野型の際は低気圧はオホーツク海南東部にあって西風が卓越していた (図は省略)。平野型時の地上風の合成図を図 2 に示す。北陸および新潟地域では西風が卓越していることがわかる。また、富山湾付近では地形の影響によって風が水平収束しており、ここで発生した降雪雲が新潟県の平野部に降水をもたらしている可能性が示唆される。

参考文献

Akiyama, T., 1981: Time and spatial variations of heavy snowfalls in the Japan Sea coastal region. Part I. Principal time and space variations of precipitation described by EOF. *JMSJ*, **59**, 578–590.

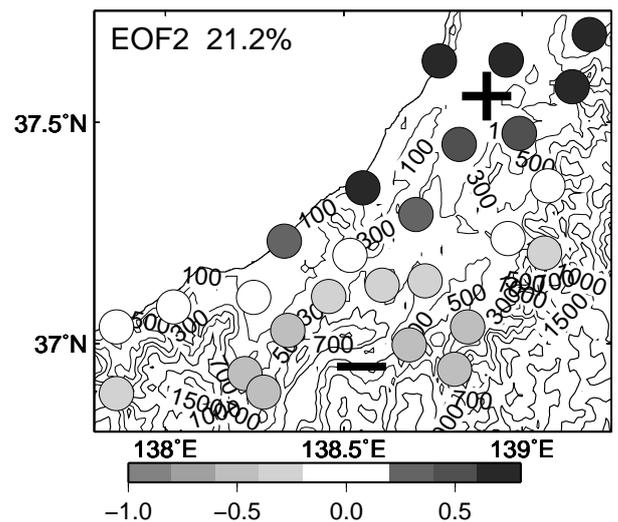


図 1: 新潟県上中越地域のアメダス日降水量に対する主成分分析の第 2 モードの空間分布。

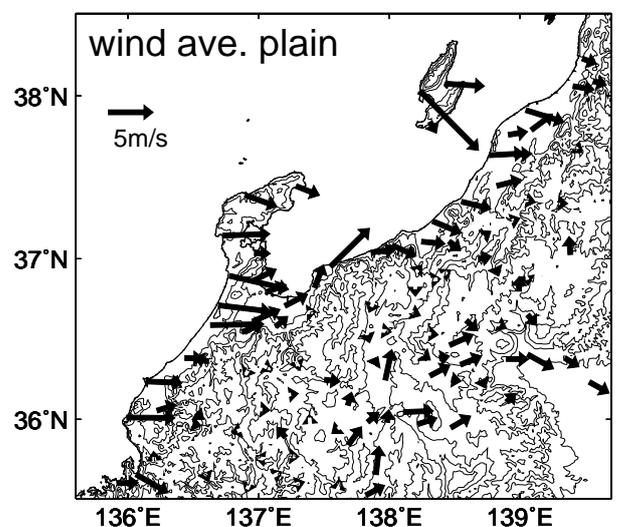


図 2: アメダス地上風の合成図。平野型に分類された事例のもの。

22

雪雲上陸時の降水強度：レーダーとモデルの比較

○中井専人(防災科研・雪氷)・加藤輝之(気象研・予報)

岩本勉之・石坂雅昭・佐藤篤司(防災科研・雪氷)

1. はじめに

雪雲が日本列島に上陸するとき、海岸線を境として顕熱、潜熱の供給がなくなること、また地表面粗度の変化、山地による地形性上昇などが雪雲、ひいては雪氷災害の発生に影響を与える要因となる。上陸時に雪雲、特に降水分布がどのようになるか、Lモード、Tモード、渦状降雪の3種類の雪雲についてレーダーとモデルを用いて調査したので、その結果を述べる。

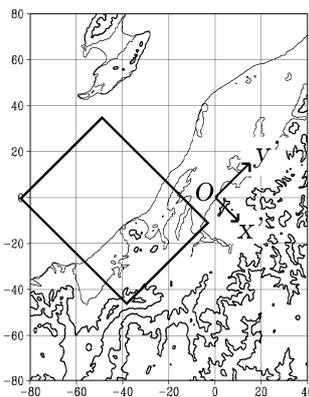
2. 研究手法

観測データとして雪氷防災研究センター(新潟県長岡市)設置の偏波ドップラーレーダーXPOLによるものを使用し、高度1500mの降水分布をもとに雪雲の分類(Nakai et al., 2005)を行い、特徴的な降雪が持続した期間(以下caseと呼ぶ)を抽出した。解析範囲は第1図のように設定し、そのx'軸、すなわち海岸線に直交に近い北西～西北西より雪雲が上陸した17caseを解析対象とした。なおy'軸は海岸線に平行な方向である。観測された等価反射強度因子Zeは実験式により降雪水当量SWE(snow water equivalent, 単位は mg m^{-3})に変換した。

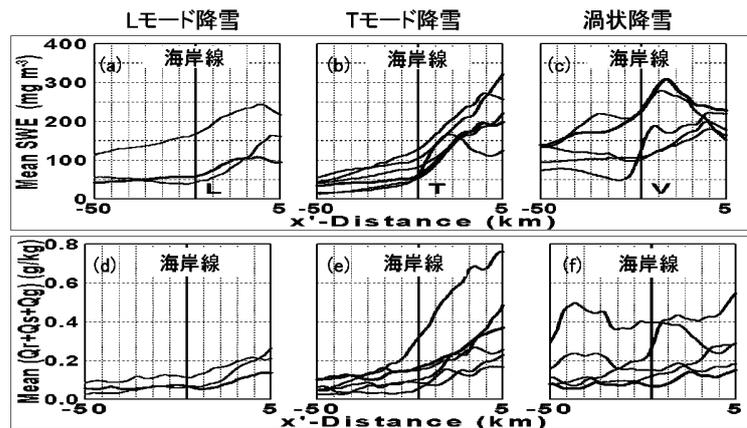
シミュレーションのデータとしては、気象モデルJMANHM(Saito et al., 2006)を5km、1km分解能で2重ネストしたものを使用した。シミュレーションは6時間毎に初期値から計算され、その中で入力データの初期時刻から数えて7-12時間後のデータを解析した。解析範囲、解析期間は観測データに合わせ、case毎の比較を行った。シミュレーションでは雨、雪、霰の混合比が出力されるが、それらの和として降水粒子の混合比Qp(単位は g kg^{-1})を求め、SWEと比較した。

3. レーダーとモデルの比較結果

観測によるSWEには、Lモード降雪での上陸後の増加、Tモード降雪でのさらに顕著な増加、渦状降雪のいくつかに見られた海岸付近でのピークが特徴として表れた(第2図a-c)。これに対応して、シミュレーションによるQpでも同様な特徴が表れた(第2図d-f)。特に、雪雲の種類毎の差異が観測同様に明確であり、第2図が高度1500mにおける比較であることを考えると、少なくとも海岸から40km程度までの降雪が雪雲の種類ごとに特徴的な分布を示すことが裏付けられたと言える。



第1図 解析範囲。コンターは標高で、0m、100mを細線で、500m、1000m、2000 mを太線で示す。軸数値は雪氷防災研究センターXPOLレーダーからの距離(km)を表す。



第2図 case平均、y'平均の降水強度。横軸は海岸線に直交する方向(x')。(a)(b)(c)がレーダー観測によるSWE、(d)(e)(f)がシミュレーションによるQp。(a)(d)がLモード降雪、(b)(e)がTモード降雪、(c)(f)が渦状降雪。

謝辞： 本研究の一部は防災科学技術研究所プロジェクト研究『雪氷災害発生予測システムの実用化とそれに基づく防災対策に関する研究』によるものです。解析にはdraft、GrADSを使用しました。

23

光学式降雪粒子計測器を用いた北陸地域での雨/雪判別に関する研究

○小田島未来子¹、熊倉俊郎¹、田村盛彰²、石坂雅昭³(¹長岡技術化学大学、²田村雪氷研、³防災科学技術研究所雪氷防災研究部門)

Mikiko ODASHIMA, Toshiro KUMAKURA, Moriaki TAMURA, Masaaki ISHIZAKA

はじめに 無人の気象観測施設や観測所では、降雨と降雪の判別は行われていない。また、有人の観測所の降雪種類の判別方法も目視観測であるため、全ての時間に対して行われていない。そして、0 から4℃の間の気温での降雪の場合には、雨雪判別を誤ると積雪水量の算出も大きく誤ることになり、北陸海岸部では気温が0℃から4℃の間での降雪の場合にはあられやみぞれが多く降り積雪推量の算出も難しい。そこで、簡易な降雪判別機器を作成して広く観測を行えば、防災対策にも役立つと考えられる。

今まで石坂ら(2004)によって研究されてきた降雪粒子の自動判別は、観測後の処理により降雪の種類を判別している。また、大きな設備が必要なため簡単に測定することが不可能である。そこで、本研究では時間差のある処理ではなく、観測と同時に降雪粒子の種類を判定しデータを収集できるようにし、かつ、どこでもいつでも計測できるような観測測器を作成したい。そこで、椎名ら(2004)による装置を用いた観測結果と、赤外線を用いた光学式降雪粒子観測器によって得られた観測結果を比較してみる。

データと解析手法 光学式降雪粒子観測器は、長岡技術科学大学環境システム棟屋上(37° 25' 23.10" N 138° 46' 40.31" E 高度56m)に設置し、周りには障害物は無く、風が強い。期間は、安定して得られた2007年1月8日から3月18日までを用いた。この計測器は、赤外線を水平方向に照射し、そこを通過する物体の反射強度を計測する。また、落下物が照射範囲内のどこを通過するのか、粒子径や表面の状態は測定できないため、落下速度を直接推定するのは不可能である。一方、石坂ら(2004)により防災科学技術研究所(37° 25' 33.36" N 138° 53' 11.86" E 高度50m、長岡技術科学大学から直線距離で約9.5km離れている。)において、画像処理を用いた自動観測による降雪粒子の観測が行われている。この観測を椎名ら(2004)が処理した方法を元に、2006年12月8日から2007年5月2日の測定結果を用いて処理を行っている。これら二つの観測値の5分間平均を算出し、二つの関係を比較検討する。

結果と考察 画像処理を用いた自動観測による図には、y軸に近い線から、Locattelli and Hobbs(1974)が観測から求めた塊状あられに対応する最適曲線(best fit curve)の20%増やした線、次は六花あられに対応する最適曲線の20%減らした線、その下の二本は濃密雲粒付雪片の曲線の20%の増減が引いてある。そして、上下それぞれ二本の線の間にあるものは上が「あられ」下が「雪」と判別することができる。この全期間の散布図を図1に示す。また、同様に光学式降雪粒子計測器を用いた結果をx軸に粒子径に相当する反射強度[V]の平方根をとったもの、y軸に落下速度に相当する継続時間[msec]の逆数をとったものを全期間の散布図と目視で確認が取れている「雪」と「あられ」をプロットした図を図2に示す。二つの観測場所が離れているため、若干の誤差が出ていると思われるが、時間統計的に見ると似通っているため「あられ」と「雪」を分類し判別することができるのではないかと考えられる。

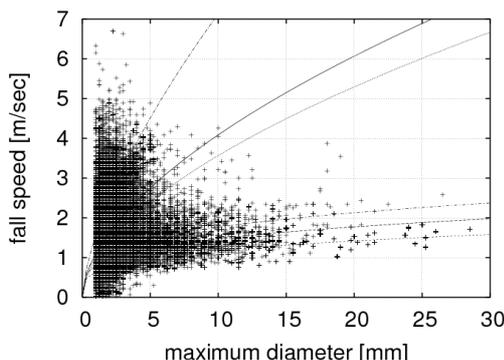


図1 画像処理を用いた自動観測による全期間の散布図

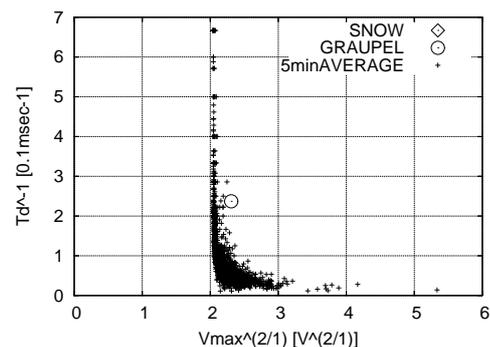


図2 光学式降雪粒子計測器を用いた観測による全期間と雪(2007/02/12 05:35-40)とあられ(2007/02/02 04:10-15)の散布図

24

分布型融雪流出解析モデルの同定法の検討

浮須 修栄、高橋 明 (三国川ダム管理所) 中村良光、野口卓記 (雪センター)
陸 旻皎 (長岡技術科学大学) ○渡辺伸一、杉田明史、早川典生 (楸アルゴス)

はじめに：積雪地域の流域全体にどれだけの降雪量があるかについて著者らは以前から分布型融雪流出解析モデルが、この課題に明確な答えを出す方法であることを指摘している。¹⁾

この問題に関して近年、気象庁から1 km格子のレーダーアメダス解析雨量 (解析雨量と呼ばれる) が発表されており、降水量の空間的分解能は飛躍的に改良された。従来の検討では、流域内に設置された複数の降水量計の測定データから、全流域内の格子点における降水量を推算し、これを入力値として各格子点において流出量を算定したが、この解析雨量の入手により、新たに分布型融雪流出解析モデルの同定法を検討したので、ここに報告する。

分布型モデルと対象流域：分布型流出モデルは流域内各格子点において、降水量と気温を与え、気温により降水の形態を雨か雪かに判定し、土壌の状態に応じて流出させ、その流出を格子点を連結する流路網により流域出口まで追跡するものである。このとき流域全体の実測降水量を年間集計すると、流域からの年間流出高に届かないことが多い¹⁾。この理由として、降水量計は一般に降水を全て捕捉し切れていないことが報告されている²⁾。

そこで、各格子点での解析雨量に、降水量計の捕捉率の逆数に相当する係数を乗じて割増することとし、その値としてはその点の気温が2°C以下であれば雪のときの係数 A_s を、また気温が2°C以上であれば雨のときの係数 A_r を乗ずることとし、それらの値は式 (1) で与えられる流域流量の計算誤差率 ε が最小になるような組み合わせを採用することとした。

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum (Q_{obs,i} - Q_{cal,i})^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum Q_{obs,i}^2}} \quad \dots \text{式 (1)}$$

ここで、 N はデータの総数、 Q_{obs} は実測流量、 Q_{cal} は計算流量である。式 (1) で右辺の分子は誤差の自乗平均の平方根 (RMSE) であり、分母は実測流量の実効値である。

対象流域は三国川ダム集水域の76.2 km²であり、流域内には降水量計が5点あり、うち3点は冬期間は観測を休止している。この流域に対して分布型融雪流出解析モデルは50mメッシュの

数値標高データを用いて作成し、解析雨量の与えられている2006年11月から2007年10月までの1年間の同定計算を行った。

計算結果：図1はこの誤差率の A_s, A_r 平面上での等値図であり、誤差率の最小値が $A_s=2.9, A_r=1.2$ の時に得られたことを示している。この補正係数を使用して2006年11月から2007年10月までの1年間の流域全体での流出量の実況値と計算値を対比したのが図2である。両者は良い一致を示している。

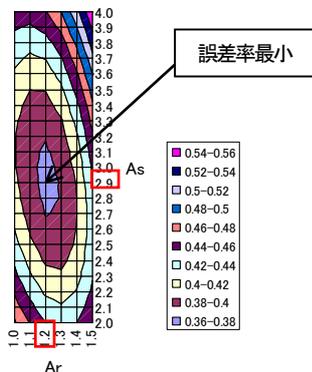


図1 計算誤差率等値図

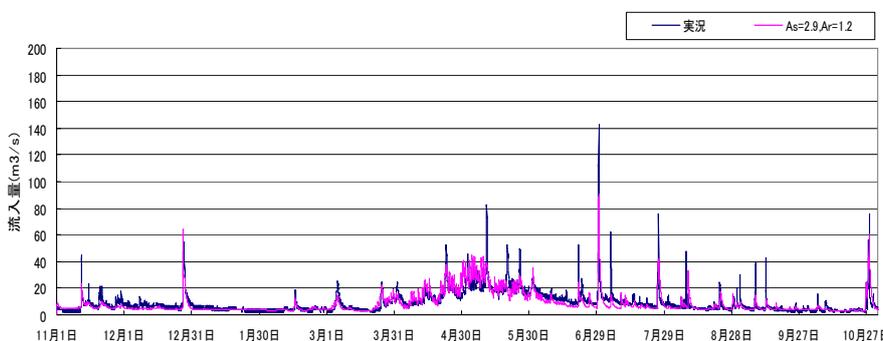


図2 実況流出量と計算流出量 (2006年11月-2007年10月)

参考文献：

- 市山健二、笠原和仁、中村良光、野口卓記、陸 旻皎、渡辺伸一、杉田明史、早川典生 (2007) 雪氷北信越第27号、83
- 横山宏太郎他 (2003) 冬季における降水量計の捕捉特性、雪氷、65巻3号、303-316

※なお本検討にあたっては、特許出願中の技術「雪氷水資源の分布型評価方法」(出願人：長岡技術科学大学、アルゴス、北陸建設弘済会) を使用している。

25

降積雪期における雪面付近の気温観測

○中井専人・山口悟(防災科研・雪氷)

1. はじめに

雪のつもり始めは積雪となるまで地表面での融解が起こる。また、気温が10℃近くでも積雪があれば雪面は0℃である。降積雪の融解や雪面付近の熱輸送は地上付近の気温にどう影響するのだろうか。この疑問に対する基礎データを得るため、地上付近の温度プロファイルの観測を行った。

2. 観測機器

観測には電池駆動の2ch.温度ロガー(ESPEC RT-10にビス止め型センサー(M3圧着端子)を接続)2台を使用し、ロガー本体とセンサーを全て1本のポールに取り付け、雪氷防災研究センター露場内に設置した。センサーの高さはポール設置面から160cm、80cm、50cm、20cmの4点である。センサーは0℃校正の後、発泡スチロール材を用いた自作シールド内に取り付けて自然通風とした。

3. 観測結果

160cmの気温T160(他の高度も同様に表記)と露場(350cm)の気温とを比較したところ、積雪約20cm以下の期間ではほぼ直線関係が見られたので、その期間のT160を通常観測される「地上気温」とみなし、それより地面近くの気温とT160との差(D値と呼ぶ、また例えば20cmはD20と表記)を解析した。

観測例1)2007年11月22日03JST-15JST:

無雪状態から早朝に降水があり、午前中に融解した。降水の前半(雨雪は不明)はすべてのD値はほぼ0Kで、積雪後の0℃近くでの降水期間中は雪面に近いほどD値が大きくD20は最大+0.4Kになった。これらの時間帯の露場風速(870cm)は $\sim 1\text{ms}^{-1}$ であった。雪面近くの非断熱加熱が示唆される。日の出後は日射と昇温に対応して地上に近いほどD値が小さく、D20は最小-0.7Kになった。この時間帯の露場風速は $\sim 3\text{ms}^{-1}$ であった。積雪の融解、昇華、融雪水の蒸発を反映すると考えられる。

観測例2)2008年1月10日12JST-12日18JST:

積雪約15cmでT20/D20は雪面直上の状態を表す。10日、11日ともに5℃を越える暖かい日であったが10日夜間は0℃付近まで気温が下がった。12日夜から13日にかけても降水に伴って気温はゆっくりと0℃まで低下した。露場風速はこの事例を通して $\sim 1\text{ms}^{-1}$ であったが、11日深夜のみ $\sim 2\text{ms}^{-1}$ であった。10日夜間はT160<1℃の状態D20が-2K近くまで低下し、雪面から高度65cm以下の冷却が顕著であることが示された。11日から12日にかけてT160の0℃への低下と降水に伴いD20がほぼ一定の速度でマイナスからプラスへ約1K上昇し、鉛直混合と雪面付近での非断熱加熱が示唆される。

雪面付近では「地上気温」に比べて-2.0K～+0.5Kの偏差があり、様々な加熱、冷却プロセスが関与すると考えられる。

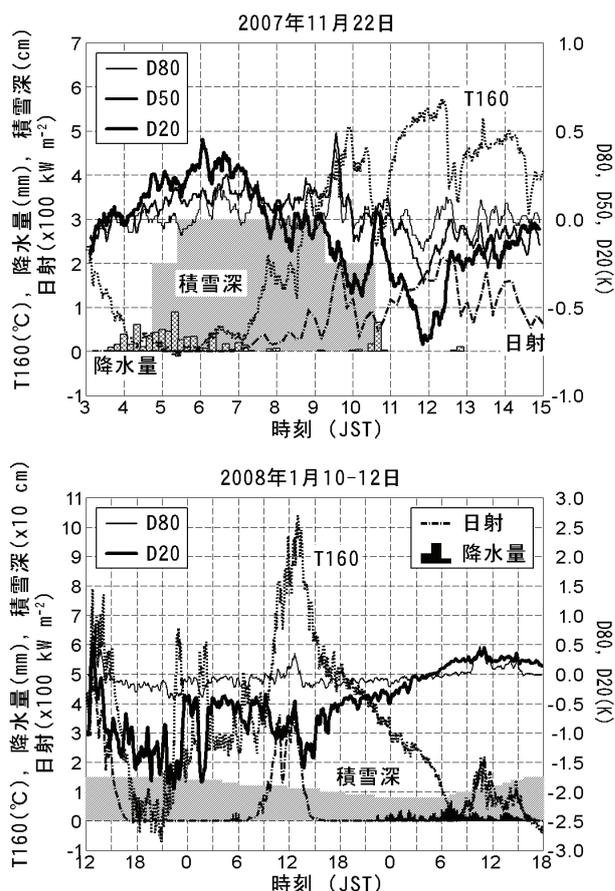


図 観測結果、T160とD値は本研究で設置したポールによる観測、それ以外の気象要素は雪氷防災研究センター露場における観測速報値を使用した。

26

国道 17 号における雪崩パトロール現場への雪崩危険度予測システムの導入

○松井富栄¹⁾・町田誠¹⁾・早川典生¹⁾・樋口徳男²⁾・平島寛行³⁾・上石勲³⁾・佐藤篤司³⁾

1) 町田建設(株) 2) 長岡国道事務所 3) 防災科研 雪氷防災研究センター

1. はじめに

新潟県南魚沼郡湯沢町の国道 17 号においては、毎年雪崩パトロールを実施し雪崩の前兆現象を把握することにより雪崩災害防止対策を講じている。これは、長年の経験と過去の雪崩災害履歴を基に実施されているが、平成 19 年度には新たな試みとして防災科学技術研究所雪氷防災研究センターが積雪変質モデル SNOWPACK を用いて開発した表層雪崩を対象とする雪崩危険度予測システム（以下、予測システム）を試験的に導入した。

ここでは平成 19 年度の国道 17 号における雪崩発生状況と予測システムの出力結果、そして予測システムと雪崩パトロールとの関係について述べる。

2. 雪崩発生状況

2. 1 表層雪崩

図 1 に示す火打地区において、2008 年 2 月 28 日～29 日にかけて雪庇崩落による表層雪崩が発生して、300m 斜面を流下し雪崩誘導柵により火打橋橋脚方向に誘導されデブリは停留した。

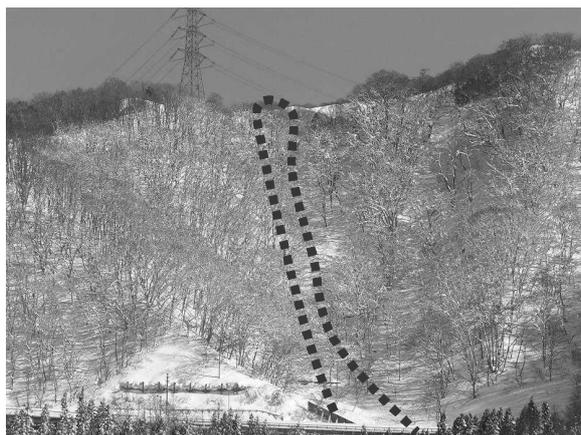


図 1 火打地区での雪崩

2. 2 全層雪崩

堀切・芝原・貝掛地区で 3 月に入って全層雪崩が発生したが、芝原と貝掛地区では雪崩流下阻止対策として築造した雪堤にてデブリは停留した。

3. 雪崩パトロールにおける予測システムの活用

2 月 27 日から 28 日まで強い降雪があり、2 日

間で降雪量 80cm を記録した。2 月 27 日 16 時に予測された、翌 28 日早朝までの火打地区における積雪安定度及び層構造をそれぞれ図 2、図 3 に示す。2 月 27 日 17 時から翌 28 日早朝まで大量降雪による新雪層の積雪安定度は低いと予測され、雪崩発生の危険性が高いことが確認できた。この結果を踏まえ 27 日 17 時以降においては、夜間パトロールなどによる監視強化を実施した。

なお、予測システムはこのほかの期間にも、高い雪崩危険度を予測してはいたが、概して 2 月 27、28 日のときほど強い危険性ではなかった。

4. まとめ

雪崩パトロールに予測システムによる解析結果を活用することにより、雪崩発生の危険性を関係者が容易に認識でき、さらに対応を計画する上で高い効果を示すことが今回の事例で立証された。今後においても、雪崩発生事例の収集と検証を積み重ねて雪崩パトロールに活用し、雪崩災害防止策の信頼性を高めていきたい。

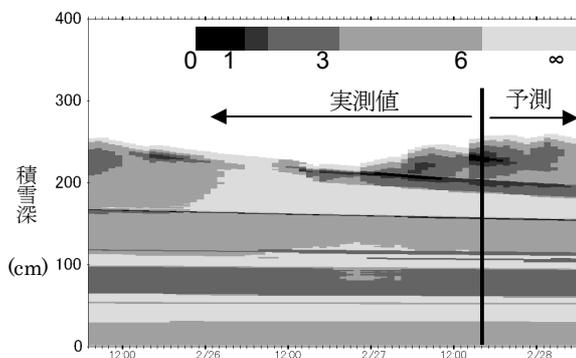


図 2 予測システムによる積雪安定度

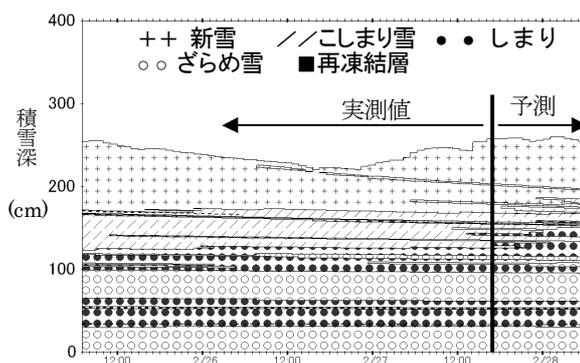


図 3 予測システムによる積雪層構造

27

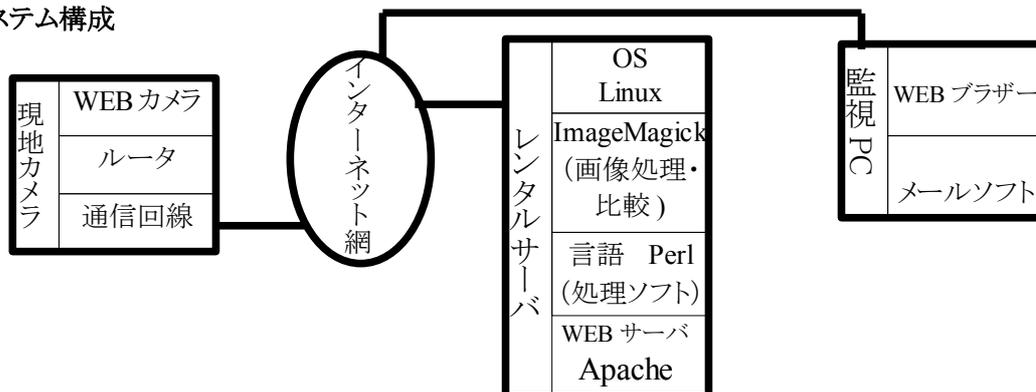
WEBカメラを用いた雪崩発生警報システムの研究開発

○加藤務(新潟電機株)・上石勲・佐藤篤司(防災科研・雪氷)

1.はじめに

雪氷防災研究センターでは、雪崩発生多発地域にWEBカメラを設置し、モニタリング及び画像記録を行っている。この記録画像と最新画像の差分を取る事により、雪崩発生を判定しメール等で通知する。これにより、速やかに雪崩の状況を確認する事が出来る。

2.システム構成



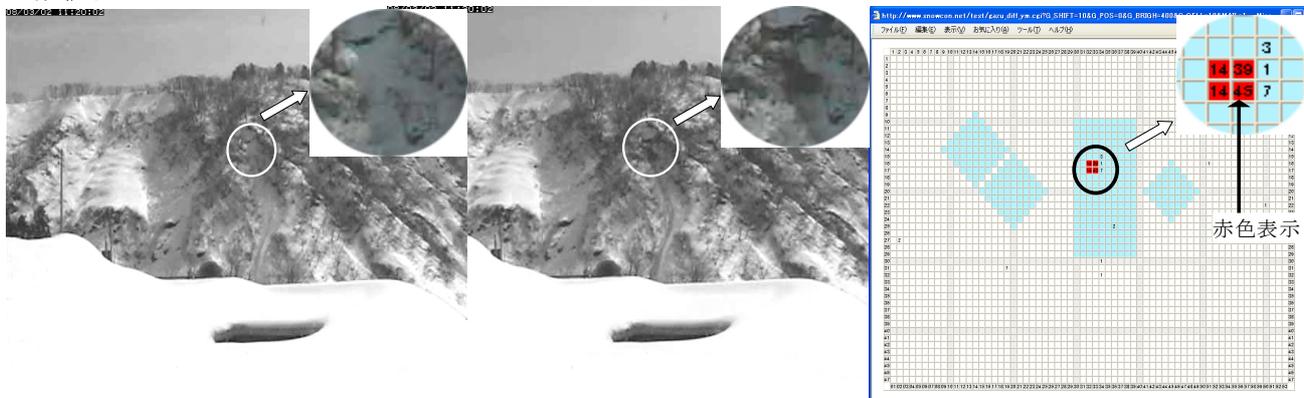
3.画像処理手法

画像緒元

画像:640×480ピクセル

数値表 1セル:10×10ピクセル≒3m×3m(図1の斜面中央付近)

数値表:Y=47セル X=63セル



滑落前(10分前)(図1)

滑落後(図2)

差分数値表(図3)

WEBカメラのモニター画像は定期的(10分間隔)にサーバ上に記録保存されている。最新画像(図2)と比較画像(10分前)(図1)の位置合わせ後、差分画像を作成さらに、差分数値表(図3)を作成する。差分数値表は差分画像で「白」になった部分を数値化し、設定値以上の数値を「赤色」表示している。また、差分数値表内(図3)の「菱形・長方形」エリア内で、設定数値以上の場合はメールを発信する。メール内には、最新画像・比較画像・差分数値表のHP上のアドレスが有り、上記図を簡単に呼出せて状態変化時の確認が可能としている。起動は、HP上の「差分数値表」を呼出す事で一連処理が行なわれ、5分間隔で再実行される。

4.結果

図の様な規模の雪崩でも、検出が可能であるがその反面、雪崩以外の画像に変化があった場合、差分数値表にも検出される。日の出入り・霧・レンズ面の水滴等の変化も検出される為、対策が必要である。また、夜間は、照明が無い為検出が出来ない。

5.今後の課題

複数箇所をモニタリングし、更に精度を向上させ検証して行きたい。又、雪崩以外の検出にも使用可能か検証したい。

簡易な積雪変質モデルを用いた雪崩情報システムの構築

西村浩一(新潟大) 小倉 勉、小松麻美(日本気象協会北海道支社)

道路での雪崩を対象とした雪崩情報システム(雪崩危険度予測)の構築を目指した作業を開始したので報告する。対象領域を国道39号の石北峠とし、48時間後までの気象予測値(気温、降水量、風向・風速)をもとに積雪の安定度(SI)を算出するアルゴリズムを作成した。

気象予測データは1kmグリッドで与えられるが、雪崩の危険度予測にあたってはより詳細な分布が必要となる。そこで、DEMを用いて50mグリッドの気温、風向・風速、積雪深の分布を算出した。気温は高度による遞減率を用いた。一方、複雑地形上での積雪の再配分つまり吹雪・吹きだまり量の推定は、積雪深分布を求める上で不可欠であるが、決定的な手法はまだ確立していない。そこで本研究では下記の手順に従った。

- 1) 降雪は1km x 1kmの領域内で一様と仮定する。
- 2) 風向別に領域内の風向・風速分布を計算し(図1)表面高度近傍の値を抽出したルックアップテーブルを作成する。風向・風速の予測値に対してこのテーブルを逐次参照し、領域内の風向・風速の値を求める。
- 3) 各格子点の風速値を用いて吹雪量を計算し、収支から削剥(堆積)量を求めて積雪深を得る。

さらに遠藤(1993)、斎藤、榎本(2003)をもとに、降水量(降雪量)と気温から積雪構造(雪質、雪温、密度分布)の予測が可能な簡易な積雪変質モデルを構築し、その出力結果と対象地点の傾斜から積雪のせん断強度と応力の比である積雪安定度(SI)を求めた。2004年1月13日から15日にかけての積雪と安定度の変化の計算結果を図2に示す。雪崩は14日の午前8時に発生しており、安定度が2.5以下となった時間帯と一致している。

また上記のアルゴリズムと予測結果を検証する目的で、今冬は対象域内の4箇所での定点観測や移動観測により国道沿いの風向・風速と気温分布の測定を行ったほか、まとまった降雪が予測された期間に積雪の断面観測を連続して実施した。

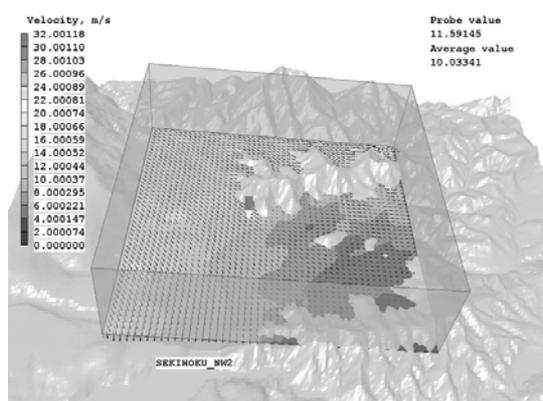


図1 対象領域内の風速分布の計算

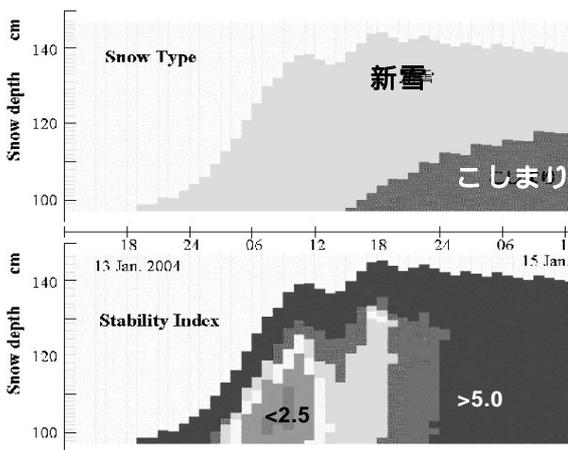


図2 積雪安定度の計算結果

遠藤八十一、1993：降雪強度による乾雪表層雪崩の発生予測、雪氷、55、113-120.

斎藤佳彦、榎本浩之、2003：積雪層構造予測数値シミュレーションの開発と利用について、北海道の雪氷、22、33-36

29

しもざらめ化率の積雪変質モデルへの導入

平島寛行、阿部修、佐藤篤司(防災科研)、Michael Lehning(SLF)

1. はじめに

防災科研で行っている雪崩発生予測では、計算した積雪安定度を用いて危険度を評価している。積雪安定度の因子であるせん断強度は密度と含水率の関数として雪質ごとに異なる式を用いて計算されるため、しまり雪からこしもざらめ雪に変質する際に(逆の場合も)積雪の状態が雪質判別のある閾値をこえると、せん断強度が不連続に変化するという問題があった。

本研究では、この問題を解消するため、阿部ほか(2007)により定式化されたしまり - しもざらめ間の遷移状態を表す「しもざらめ化率」をモデルに導入し、変質によるせん断強度の変化を連続的に計算できるように改良を行った。

2. しもざらめ化率の導入

阿部ほか(2007)は、以下の式でしもざらめ化率 C を定義している。

$$C = (S_{ET} - S) / (S_{ET} - S_{DH}) \quad (1)$$

ここで、 S はせん断強度、 S_{ET} はしまり雪の、 S_{DH} はしもざらめ雪の場合の各密度におけるせん断強度の経験値である。

実験により C と水蒸気輸送量(M_v)を整理すると初期密度の関数 をパラメータとして(2)式が得られる。

$$C = 1 - \exp(-M_v) \quad (2)$$

式(2)に基づいて C の時間変化を計算する式を構築してモデルに組み込み、式(1)を用いてせん断強度を計算できるようにモデルを改良した。

3. 実験結果との比較

モデル内での C の再現性を確認するため、阿部ほか(2007)が行った実験と同じ積雪初期状態、表面温度、底面温度を与えてモデル計算を行い(図1) 計算された C の変化と、実験結果から得られている C の比較を行った。その一例を図2に示す。時間の経過とともに C が増加していく様子が再現され、全10回の実験の平均では、実験結果と比較して、 C は0.24の二乗平均誤差があり、これによるせん断強度の誤差は約42%と見積もられた。

4. フィールドへの適用

2007年2月13日、新庄支所にて、夜間の冷え込み

によって雪表面から約5cmの層にこしもざらめ雪が形成され(図3a)、せん断強度を測定すると0.24kPaであった。この層は改良前のモデルでは再現されず(図3b)、せん断強度は0.45kPaと計算されたが、改良後のモデルではしもざらめ化率が0.4まで上昇し(図3c)、せん断強度は0.29kPaと計算された。正確な予測にはまだ課題が残されるが、この改良でこしもざらめの発達段階をせん断強度に反映させることで、より現実に近いせん断強度の計算値を得ることができた。

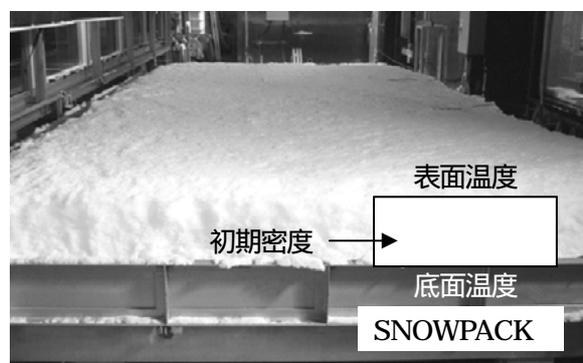


図1 実験の計算条件の設定

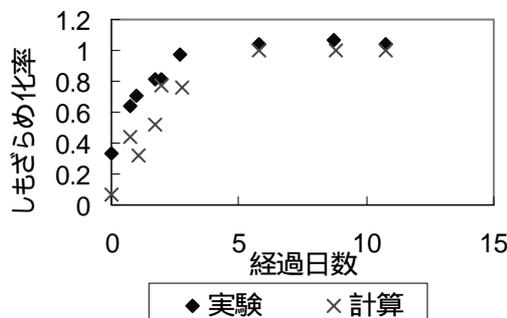


図2 しもざらめ化率の変化

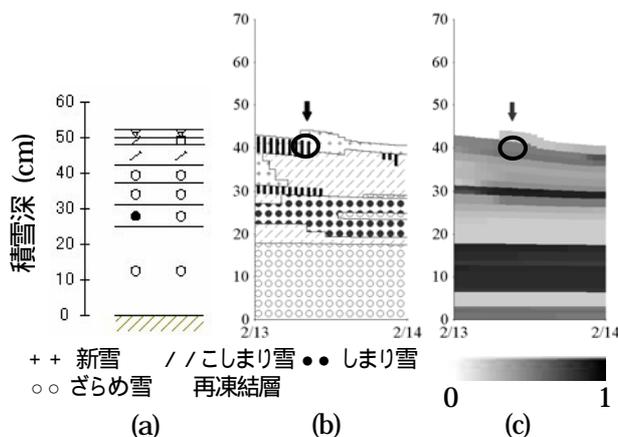


図3 新庄支所露場におけるこしもざらめ(a)観測、(b)改良前のモデルで計算した雪質、(c)改良モデルで計算したしもざらめ化率

30

中部山岳地における積雪の地域特性の研究—07-08 冬期の観測結果(速報)—

池田慎二(新潟大学大学院自然科学研究科・株式会社アルゴス)

1、はじめに

中部山岳地においては、日本海側と太平洋側で積雪量、雪質が大きく異なることが経験的に知られている。本研究は、中部山岳地における積雪の地域特性に関する知見を得ることによって冬期に山岳地で活動する人々の安全と冬期山岳地を活用したレクリエーション産業の発展に資することを目的としている。ここでは、07-08 冬期に行った観測の結果について報告する。

2、調査方法

図1および表1に示した4箇所において1~4月の各月の月上旬に全層の積雪断面観測を行った。いずれの観測地も亜高山帯林内の平坦地で極端な吹き払い・吹き溜まりとなる箇所を避けた。観測項目は、積雪層構造、雪質、粒度、雪温(10cm毎)、密度(層毎:100cc サンプラー使用)、硬度(層毎:ハンドテスト・プッシュゲージ)また、主要な層においては雪粒の写真撮影も行った。

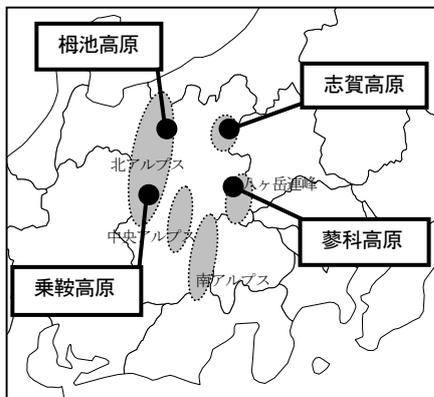


表1 観測地概要

観測地	山域	観測地標高(植生)
梅池高原	北アルプス北部	1600m(亜高山帯針葉樹林)
志賀高原	志賀高原	1600m(亜高山帯広葉樹林) 1800m(亜高山帯針葉樹林)
乗鞍高原	北アルプス南部	1800m(亜高山帯針葉樹林) 2000m(亜高山帯針葉樹林)
蓼科高原	八ヶ岳連峰北部	1800m(カラマツ林) 2200m(亜高山帯針葉樹林)

3、観測結果 図1 観測地位置図

各観測点における積雪深の推移を図2に、3月上旬の積雪断面観測結果を図3に示す。

蓼科高原を除いた3点においては1月上旬から3月上旬にかけて大きく積雪深の差が現れ日本海側と太平洋側の差異が明瞭に現れた。また、3月上旬の断面観測結果において積雪深が少ない太平洋側の観測点(乗鞍高原、蓼科高原)では、こしもぎらめ雪が卓越する層構造がみられた。発表の際には、各月の断面観測結果について雪温、密度、硬度等の観測結果も合わせて報告する。

なお、観測に際して前原徹氏、勝島基史氏、勝島則子氏の各氏にご協力いただいた。ここに感謝の意を表す。

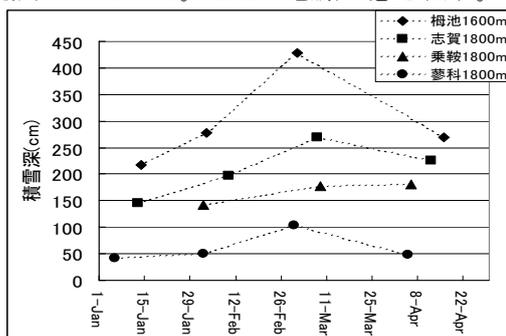


図2 各観測点の積雪深の推移

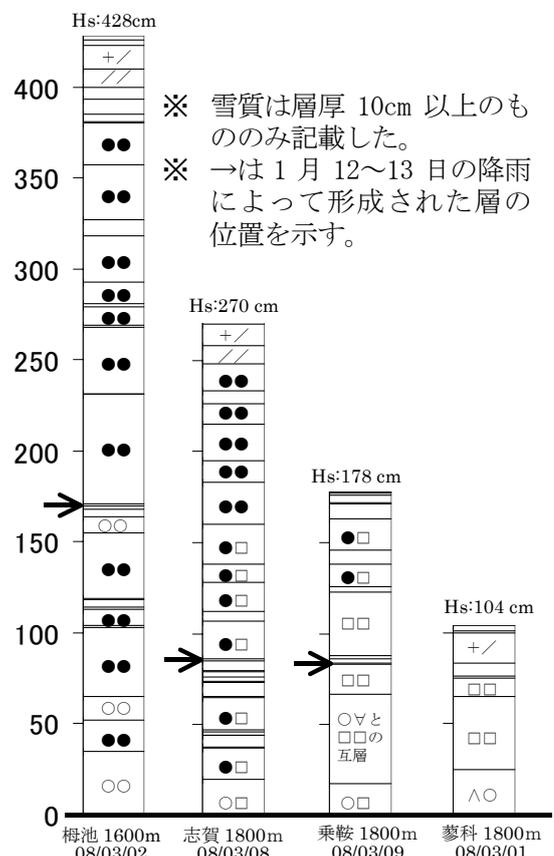


図3 3月上旬の断面観測結果

31

GIS 防災情報ボランティアによる積雪深情報の集約・提供の仕組み確立に向けた検証実験

河島 克久 (新潟大学災害復興科学センター), GIS 防災情報ボランティア検討ワーキング

1. はじめに

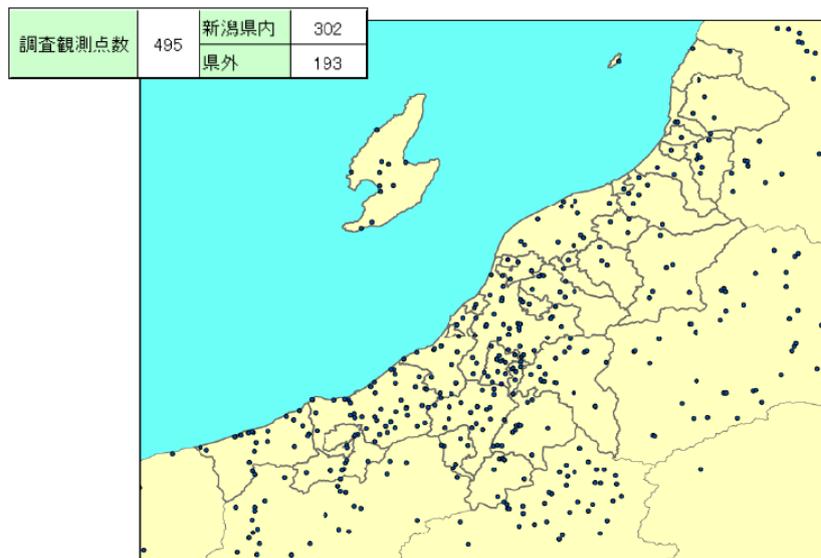
国土交通省国土計画局では、「安全・安心のためのソフト対策推進大綱 (平成 18 年 6 月)」に基づき、被災地から離れた場所にいながら、被災地に正確で整理された地理情報を提供する活動を行う「GIS 防災情報ボランティア」の仕組み確立に向けた検討を進めている (GIS 防災情報ボランティア検討ワーキング, 座長: 京都大学防災研究所・林春男教授)。ここでは、本検討ワーキングが平成 19 年度の地域レベルの活動の一つとして新潟県で実施した「積雪深情報の集約・提供の仕組み確立に向けた検証実験」について紹介する。

2. 検証実験の目的

新潟県内には公開・非公開を合わせて 300 を超える積雪深観測点が存在している。しかし、観測実施主体によって観測時間・間隔が異なったりデータ形式・公開方法が統一的でなかったりするため、この積雪深情報が必ずしも有効に活用されているとはいえない。そこで、新潟県及びその隣県において国、自治体、研究機関、民間企業が観測している積雪深情報を集約・地図化し、多方面に有用な積雪深分布図を提供する仕組みを検討するとともに、その日常的運用にとっての課題を整理するのが本検証実験の目的である。

3. 実施概要

検証実験では、事前に、観測点情報 (住所・緯度経度、公開の有無や方法等) を調査・整理し、観測点毎の最適な積雪深情報集約方法 (公開ウェブサイトからの収集, 観測実施主体からの電子メールによる提供等) や統一的なデータ格納方法を決めた。次に、データ収集・チェック, 分布図作成・チェック, ウェブ公開等のボランティアの役割分担を決めたうえで、2008 年 1 月 28 日と 2 月 12 日に検証実験を実施した。今回の実験でデータ収集した観測点は、新潟県内外合わせて合計 495 地点である (右図)。さらに、実験実施日には、小千谷市 (1 月 28 日), 長岡市小国町・柏崎市高柳町 (2 月 12 日) において積雪深の実測を多地点で行い、作成した積雪深分布図の精度を調べた。なお検証実験の事務局は㈱パスコが務めた。



積雪深データを集約した観測点の分布

4. 検証実験の結果

1 月 28 日の検証実験では、データや積雪深分布図のチェックに時間を要し、分布図のウェブ公開まで 10 日程度の時間を要したが、2 月 12 日の実験では 3 日後の 2 月 15 日には分布図の公開ができた。これは自治体、大学、ボランティアなど複数の機関が各自の担当を比較的円滑にこなすことができたことを意味する。小千谷市等で行った精度検証からは、複数の機関の観測データを集約することで、作成された分布図が実態とよく合っており、一自治体が独自で行っている観測だけからは不明な地域の積雪深状況も、周辺自治体等の観測データを用いて分布図化することによってある程度把握可能になることが分かった。しかし、既存の観測点はどうしても平野部・都市部に偏る傾向があり、山間部に点在する集落の積雪深を良好な精度で把握するのが困難な地域もある。

今回の検証実験を通じて、データ集約から公開までの時間短縮化、積雪深分布図のユーザーニーズの把握とそれに適した表現方法の確立、観測点網の適正化、降雪量情報の集約などが今後の課題として残された。

関川流域における流出への融雪量の寄与について

横山宏太郎*・水津重雄**・小南靖弘*・中野聡史*・宮崎伸夫***

*：中央農研北陸研究センター、**：ジオシステムズ、***：クライメットエンジニアリング

はじめに

地球温暖化について、IPCC 第4次報告書(2007、気象庁訳)では「気候システムの温暖化には疑う余地がない。このことは、大気や海洋の世界平均温度の上昇、雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されていることから今や明白である」と、従来よりもさらに踏み込んだ表現をしている。一方で、温暖化の主要因とされる温室効果ガスの削減についてはなかなか進まない現状を考えれば、様々な分野で温暖化の影響評価と対応策の策定を急いで進める必要がある。

雪に関しては、日本、特に新潟県などでは最も大きな変化が起こり、水資源をはじめとして地域の産業や生活への影響も大きいものと考えられており(井上・横山1998など)、さらに影響評価を進めていく必要がある。ここではその基礎として、新潟県の主要産業である水田農業にとって重要な4月～6月の河川流出量に対する融雪量の寄与と、積雪相当水量との関係を検討する。

方法と結果

著者らは新潟県上越地域を対象に、継続的な積雪調査と積雪モデルにより、積雪の変動特性を検討してきた。その中で、関川流域を対象としたモデル計算により、1986冬から2007冬まで22冬分の積雪相当水量、融雪量、流出量等の時系列データを得た。これから、4月から6月の融雪量と流出量を月単位で積算し、流出量に占める融雪量の割合を計算した。その結果、図1に示すとおり、流域流出量に占める融雪量の割合は4月では58～91%(平均76%)、5月では38～76%(平均59%)と非常に大きいことがわかった。

融雪量の寄与が大きいことは、雪に関する量から流出量を予測・推定できる可能性があることを意味する。そこで、関川流域の月流出量を目的変数とし、積雪相当水量の冬期間最大値および流域内の気象官署である高田の月平均気温を説明変数として、重回帰分析を行った。その結果4月(図2)では決定係数0は.83と高く、5月では同0.42となるが、積雪相当水量と月平均気温を用いて流出量をある程度推定できることがわかった。このような簡易な推定法は、温暖化条件下など入力データの種類が限られる場合にも利用できるもので、さらに検討したい。

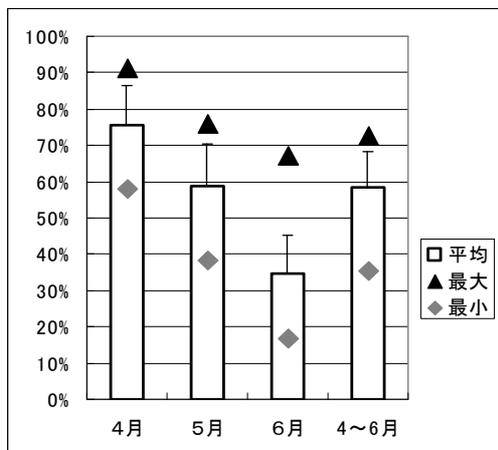


図1 関川流域について4月から6月の流出量に占める融雪量の割合。22冬の平均(棒グラフ)と標準偏差(棒グラフ上の縦線)、ならびに最大値(▲)・最小値(◆)を示す

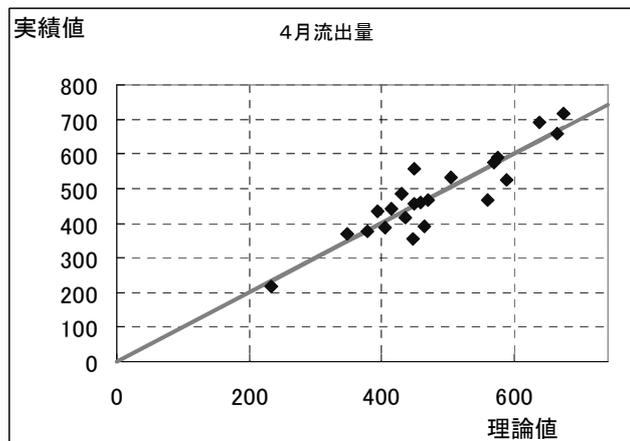


図2 関川流域の4月の流出量を、流域最大積雪水量と月平均気温の重回帰式で計算した結果(横軸)と原データ(縦軸)の関係、直線は横軸：縦軸=1：1、数値の単位は 10^6m^3

33

アメダスデータを利用した簡便な融雪量推定ツールの作成

長峰 聡 (新潟地方気象台)

1. はじめに

新潟地方気象台では2004年10月の新潟県中越地震発生後、2007年5月まで被災地を対象とした天気情報を発表した。その中で、融雪期の土砂災害対策に資するため、3~5月にかけては翌日の融雪量予想を発表した。これを引き継ぎ、融雪に関する防災気象情報の更なる充実を目的に、公開されている研究成果を活用し、汎用ソフトであるエクセルを使った簡便な融雪量推定ツールを作成したので、その概要を紹介する。

2. 融雪量推定ツールの概要

図はツールのフロー図である。このツールは積雪水量と融雪量を求め、雨が予想される場合は予想雨量を加算し、積雪底面から地表に届く水量(フロー図には「底面流出量」と表記)を求めるものである。過程ごとの概要は以下のとおりである。なお、文中の「前日」「当日」などは、融雪量計算を行う日を基準としたものである。

2-1. 積雪水量を求める過程

アメダスの気温、降水量、風の10分値を用いる。雨雪判別は気温で行い、降水量は風速によって補正を加えた。「雪」と判別された降水量を仮の積雪水量とし、融けて減少する分を差し引いて積雪水量を求めた。ここでは山口ら(2006)を参考に、当面1をしきい値として試用し、降水量の補正方法は横山ら(2003)によった。

2-2. 予想融雪量と底面流出量を求める過程

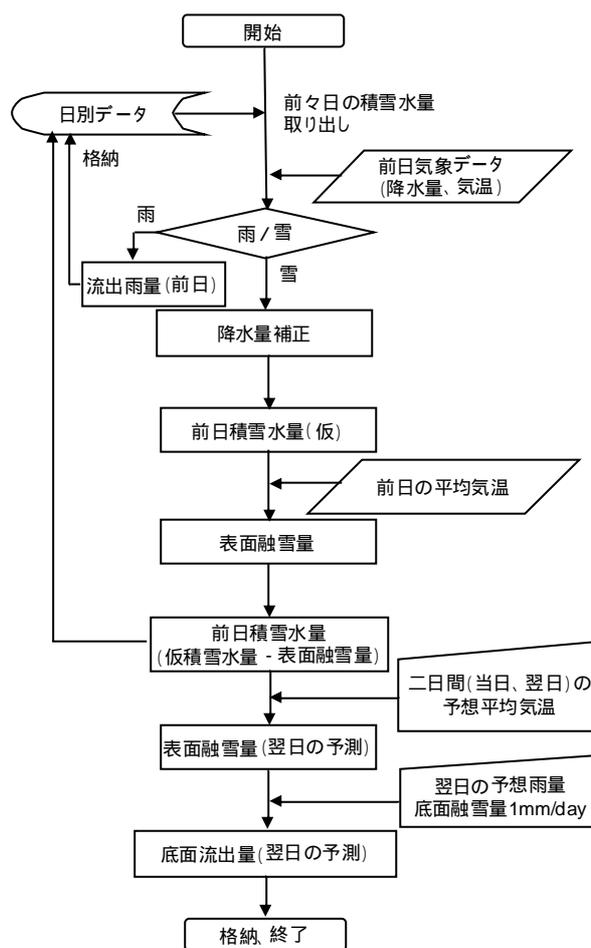
予報現場では毎日計算する事になるため、利用に適した手法を検討した結果、ディグリー・デイ法を採用した。ツールの構成が単純化でき、操作の簡略化も見込める。また、予報現場で日常的に使用している気温の数値予報ガイダンスのみで融雪量が求められる利点がある。

融雪量の算出に用いる気温は、2005~2007年融雪期では融雪量予想対象日の予想平均気温を用いた。しかし河島ら(2002)によると、精度改善のためには予想対象日の気温に加え、その前日の気温も反映させることが妥当とされている。これを参考に、計算作業を行う当日の気温と、翌日の予想気温による二日間の平均気温を用いた。こうして求めた翌日の予想融雪量に底面融雪量として1mm/dayを加え、さらに翌日に降雨が見込まれる場合は予想雨量を加算して、最終的には積雪底面から地表に供給される「底面流出量」を求めている。

3. まとめ

アメダス観測値を使用して積雪水量を求め、さらに予想気温を用いて簡便に融雪量を推定するツールを作成した。そして2007年11月以降のアメダス観測値によりテストを行った。今後は次の冬期に備えて精度評価と改良を行うことにしている。なお、このツールの作成には雪氷学専門家の方々が発表された研究成果を活用させていただいた。また、懇切なご指導をいただいた。関係各位に心から感謝申し上げます。

【参考文献】山口悟ほか、2006：積雪深の変化に寄与する降雪の雨/雪判別気温に関する考察，雪氷北信越，26，57．横山宏太郎ほか，2003：冬期における降水量計の補足特性，雪氷，65，303-316．河島克久ほか，2002：鉄道防災に適用可能な日融雪量の簡易推定方法，雪氷，64，605-615．



34

南米パタゴニア地域における海洋性氷河流域の流出モデリング

松元 高峰(北大理学研究院)・紺屋 恵子(JAMSTEC)・佐藤 軌文(開発工営社環境部)

はじめに 海洋性の湿潤な気候下にある山岳氷河は、質量交換が活発であり、また気候変動に伴う質量収支変化の感度も大きいと推測されている。このような氷河が広く分布する河川流域の水文特性(水収支・流量変動)も、やはり気候変動の影響を強く受けて変化することが考えられるが、観測の難しい地域が多いことから、まだその実態は明らかではない。本研究では、太平洋沿岸の多雨地域にあつて、質量交換が世界でも最も大きな氷河群のひとつと考えられている南米の北パタゴニア氷原北部を対象として、現地観測結果に基づく水文モデリングを行なうことにより、氷河流域からの河川流量の季節・経年変化を再現することを試みた。

研究地域・方法 本研究では、北パタゴニア氷原北端部に位置するエクプロラドレーレス氷河(92 km²)を含む河川流域(196 km²)を調査対象とした。氷河末端部において河川流量観測と気象観測とを2004年に開始し、現在まで継続している。このうち 2005/06 水文年について、観測結果から年間の水収支各項を求めた。氷河融解量は現地観測結果にもとづくディグリーデイ法により、蒸発散量は気温を用いた経験式により推定した。また流域上部での降水量観測は困難であるため、1年間の貯留量変化が0であると仮定することで降水量の高度増率を算出し、面積降水量を推定した。

続いてこれらの観測データから、エクプロラドレーレス氷河流域の流出モデル構築を行なった。モデルは流域内の氷河域と非氷河域のそれぞれを直列2段のタンクで表現する構造とした。従来の氷河流出モデルでは、氷河内の流出システムにおける水理特性の季節変化を、季節的雪線の位置に応じてモデルに与える形式をとるのがほとんどであった。しかし、雪線位置の変化がほとんどないエクプロラドレーレス氷河の水理特性変化を組み込むために、本研究では「氷河への水の供給量の履歴」をパラメータとして、氷河域のタンクの流出係数を変化させるという形式を新たに試みた。

結果 2005/06 水文年における流域への水の涵養量は、雨量が約 3200 mmで、融解量が約 3100 mmとなり、流域の約半分を占める氷河で著しい融解が発生しているにも関わらず、ほぼ同量の降雨による寄与があるという、パタゴニアにおける海洋性氷河流域の水収支特性が観測から明らかになった。

本研究の流出モデルでは、「氷河への水の供給量の履歴」に応じて氷河域のタンクの流出係数を変化させることにより、氷河流出システムの発達に伴う流出特性の変化を簡便に再現することができた(図1)。さらに、大気大循環モデル(NCEP-NCAR 再解析)による日平均地上気温・降水量データに、統計的ダウンスケーリングを施したものをモデルへの入力値とする試みも実施した。その結果、実測流量による検証を行なった 2006/2007 の1年間については、年間総流量を約4%の誤差で再現することができた。このことは、パタゴニア地域の氷河流域における流出量変動を、実測気象データを用いずに推定しうる可能性を示しており、古水文環境の復元や将来予測への応用が期待できる。

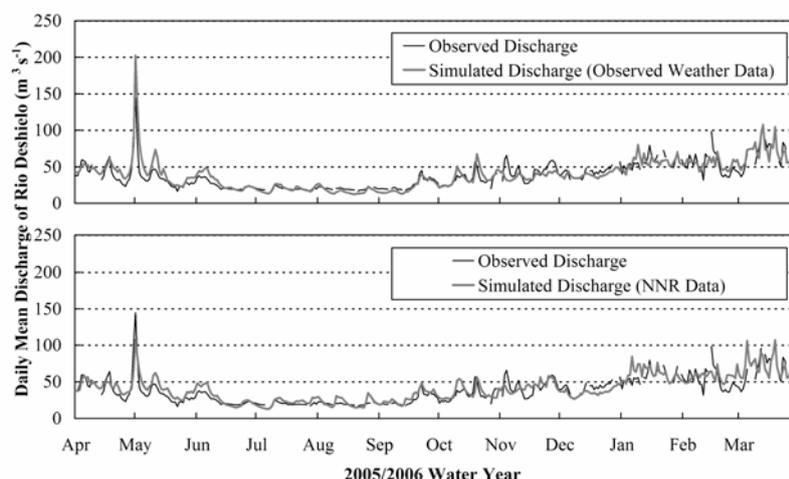


図1 エクプロラドレーレス氷河流域からの流出量実測値と推定値(上:実測気象値入力 下:大気大循環モデル値入力)

35

白山千蛇ヶ池雪溪の夏季規模の経年変化

○小川 弘司 (石川県白山自然保護センター)、伊藤 文雄 (福井大学)

はじめに

筆者らは、白山にある多年性雪溪の千蛇ヶ池雪溪を対象に、その越年規模(面積)の経年変化を、1981年以降モニタリングするとともに、写真などからより過去の雪溪規模の収集も行ってきた。今回は新たに夏季の雪溪規模(面積)について、通年の経年変化を明らかにしたので報告する。

調査地と調査方法

千蛇ヶ池雪溪は、白山の山稜西側の標高2,570m付近に位置し、白山火山の噴火活動によって形成された爆裂火口のすり鉢状の地形にある。雪溪のタイプとしては、吹きだまり型に属する。

夏季規模の大きさは8月10日を基準にその前後に撮影した写真及び現地での測量によって明らかにした。明らかにした年は、福井大学雪氷班(発表者の伊藤がメンバー)などが撮影した現地写真記録による年が、1969—71年、1973年、1976—77年、1982—1992年、1994年、1997—2000年、2002—03年で、林野庁が撮影した空中写真による年は1975年、現地での簡易測量による年は2004—06年、3次元写真測量による年は2007年で、計29か年である。

それぞれの雪溪規模は、以下のような方法で面積を求めた。現地写真記録の場合は写真に写っている雪溪と雪溪の周囲に設置した測量基準点や岩などの不動点などを基準に各年の雪溪域を定め、GIS上で図化し面積を求めた。林野庁の空中写真の場合は写真判読と雪溪周囲の既存測量基準点等を基に、GIS上で雪溪域を図化し面積を求め、現地での簡易測量の場合は、巻尺とクリノメーターを使用して測定した。3次元写真測量は、現地で撮影したデジタル写真撮影データをクラボウ社製 Kuraves を使用して雪溪域を抽出しGIS上で面積を求めたものである。それぞれの測定方法には違いがあり、その精度にはばらつきがある。なお、各年の雪溪域の図化には佐川貴久氏の協力を得た。

雪溪の夏季規模(面積)の変動

29か年の夏季規模において、面積が最大となったのは1984年の約8,400 m²、最小は1998年の約1,900 m²であった。最大であった1984年は、昭和59年豪雪と呼ばれ大量の降雪があった年であり、最小の1998年は、降雪量が少なく平均気温が平年に比べかなり高い年であった。経年変化を見ると、連続したデータではないが雪溪規模は、漸減傾向を示していた。また秋季(10月上中旬)に計測した越年規模の経年変化と比較するとよく似た傾向にあった。

今後は、雪溪の季節消長と周辺気象観測データとの関係について解析を進めて行きたい。



1984年夏季の千蛇ヶ池雪溪(8月7日撮影)



2007年夏季の千蛇ヶ池雪溪(8月10日撮影)

36

気温別降水分布の経年変化について

山口悟、岩本勉之、中井専人(防災科研)

1. はじめに

温暖化によって北陸地方の積雪深が減少する原因としては、

1. 冬期降水量が減少する。
2. 雪が雨で降るようになる。

の二つが考えられる。1 番目に関しては、IPCC による地球温暖化予測情報においても、日本海側では冬期降水量が若干減少する可能性が示唆されている。また十日町において、冬期平均気温が高い冬は、降水量が少なくなる傾向があることが実際の観測結果から明らかにされた(遠藤,2006)。一方 2 番目に関して、Yamaguchi et al. (2007)は、気温変化に伴って“気温別降水分布”が単純に平行移動するという仮定の基に、温暖化に伴って長岡の降雪量がどれくらい変化するかを議論した(図 1)。しかし気温別降水量分布と気温変化の関係については詳しく解析されていない。

2. 解析方法

本研究では、長岡における過去 31 冬期(12-2 月)分の 1 時間ごとのデータを使い、各冬期における“冬期平均気温(T_a)”、“降水が観測された時間のみの冬期平均気温(T_p)”、“および”気温別降水量分布のピークの気温(T_s : 図 1 参照)”を求め比較を行った。

3. 解析結果

図 2 に 31 冬期分の解析結果を示す。 T_a と T_p はほぼ同じ経年変化を示しているのに対し、 T_s はあまり経年変化を示さなかった。実際にそれぞれの標準偏差()を計算すると、 T_a と T_p の は ± 0.9 になるのに対し、 T_s の は ± 0.5 と約半分の値となった。これらの結果より、気温別降水分布は気温変化に伴って単純には平行移動しない可能性が示唆された。従って、温暖化に伴って北信越地方でどれくらいの雪が雨に変わるかを考えるためには、なぜ気温別降水分布が気温変化と同じような変化を示さないかを明らかにする必要がある。

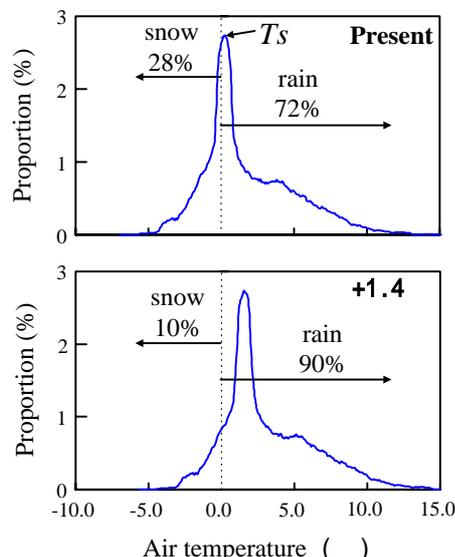


図 1 長岡における気温別降水量分布

雨雪判別を 0 とすると現在冬期降水量のうち 28%が雪として降っている。気温別降水量分布が気温上昇とともに平行移動すると仮定すると、気温が 1.4 上昇した場合に冬期降水量のうち 10%が雪として降るようになる。

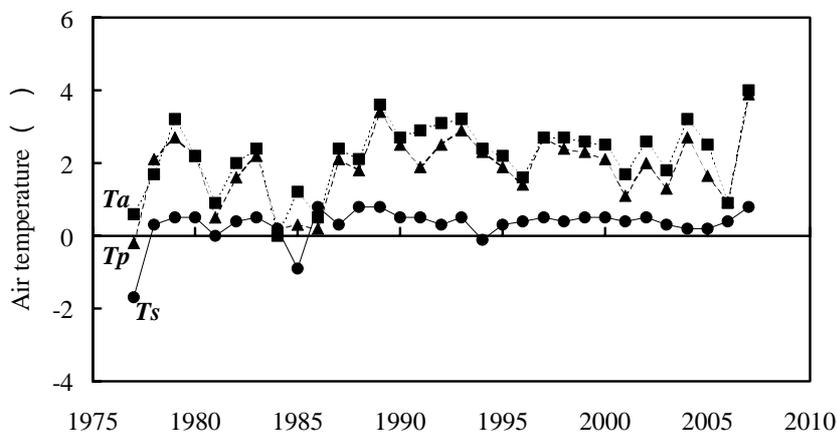


図 2 長岡における T_a , T_p , T_s の経年変化

37

風洞実験と数値モデルによる吹雪の発達プロセスの解明

○ 鈴木貴 (新潟大学大学院)・根本征樹 (防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター)・西村浩一 (新潟大学)

1. はじめに

吹雪は、風による粒子の取り込み、粒子の軌道変化、粒子と雪面との衝突、風速の変化という4つの素過程から成ることが知られており、これらのプロセスのモデル化が野外観測、風洞実験等と併行して試みられてきた。しかし、風による粒子の取り込みと粒子と雪面との衝突(スプラッシュ)過程のモデル化に関しては、実験の困難さもあり、多くの課題が残されている。こうした背景のもと、本研究では、風洞実験と数値モデルにより吹雪の発達過程を解析し、両者を比較することにより個々の素過程に対するモデルの評価を試みた。

2. 実験方法

2-1. 風洞実験

ふるいを用いて風洞内に雪粒子を敷き詰め、一定の風速条件で風上から雪粒子を供給し、吹雪を発達させた。雪粒子の跳躍開始位置から1.0m, 2.0m, 5.0m, 10.0m 風下の位置で質量フラックスと風速を測定した。質量フラックスはSnow Particle Counterにより、雪面から0.01m, 0.02m, 0.03m, 0.06m, 0.10m, 0.20mの高度で、風速は超音波風速計を用いて雪面から0.03m, 0.06m, 0.10m, 0.20mの高度でそれぞれ測定した。

2-2. 数値計算

本研究では、個々の雪粒子の運動方程式から軌道を計算するというラグランジュ的視点に立った吹雪モデルを用いた。モデルは、風による粒子の取り込み(Anderson and Haff, 1988)、スプラッシュ(Sugiura and Maeno, 1999)および風の構造変化の過程が組み込まれているほか、乱流による跳躍層から浮遊層への移行過程も再現可能である(Nemoto and Nishimura, 2002)。

周期境界条件のもと、粒子と風の運動方程式から軌道を計算し、質量フラックスと風速を算出した。

3. 結果と考察

風洞実験から得られた吹雪の空間発達をTaylorの凍結乱流仮説に基づいて時間発達に変換し、数値計算結果との比較を行った。

初期摩擦速度 0.30 m/s での $t=1.67$ s の質量フラックスの高度分布(図1)では、実験と計算結果は比較的良く一致しており、定常に近い状態では、モデルは風洞実験結果を良く再現しているといえる。

次に、同じ摩擦速度における雪面から高さ0.03mの質量フラックスの発達過程を図2に示す。吹雪の発生直後に、風洞実験ではモデル計算結果には

無いオーバーシュートが見られるが、約1秒後には両者の結果は良く一致している。その後は計算結果の方がやや大きい。吹雪開始直後の相違に関しては、風洞実験では風上から雪粒子を供給していることも一因と考えられる。

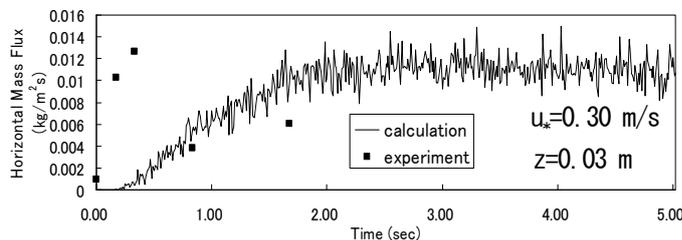


図2 質量フラックスの時間発達

風速の高度分布(図3)を見ると、風洞実験の方が風速の減少が大きい。初期の大量の雪粒子の跳躍運動にともない、風から多くの運動量が奪われたためと考えられる。また、この風速の低下が、風下(1.67 s)でのフラックスの減少をもたらしたとも推測できる。

数値モデルでは風上からの雪粒子の供給を仮定していないことから、今後は同じ条件で風洞実験を実施し、吹雪発生直後のモデルの検討と吹雪の発達プロセスの解明を目指す予定である。

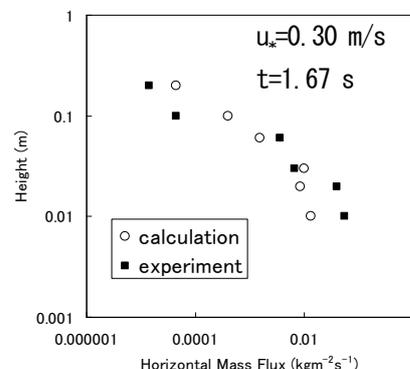


図1 質量フラックスの高度分布

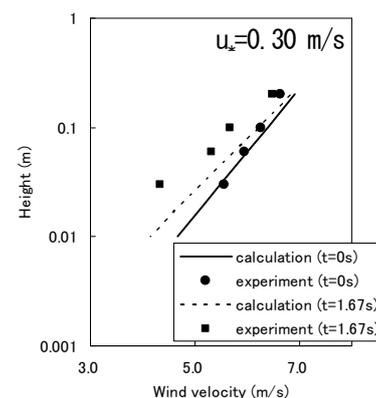


図3 風速の高度分布

38

風洞内における吹雪粒子の電荷-質量比率の測定

○大宮哲 (北大大学院) 佐藤篤司、小杉健二、望月重人 (防災科研・雪氷防災研究センター)

1. はじめに

吹雪粒子は電荷を帯びている事が知られている。この帯電が吹雪粒子の運動に関与し、交通障害の原因となる吹き溜まりの形成や粒子の浮遊運動による視程障害の発生、雪崩の原因ともなる雪庇の形成に寄与している可能性がある。しかし、吹雪粒子の電荷量測定の例は少なく、その帯電特性はあまり知られていない。本実験では、様々な条件下における跳躍雪粒子の電荷-質量比率 (粒子 1 kg あたりの電荷量) を測定し、その結果について考察した。

2. 実験概要

本実験は、防災科研・雪氷防災研究センター新庄支所にある循環型低温風洞を用いて行った。風洞内にて雪粒子の跳躍運動を起こし、その跳躍粒子の電荷量をファラデーケージとエレクトロメーターを用いて測定した。本研究で行った実験条件の組み合わせを表 1 に示す。

表1 実験条件

	粒径別	吹走距離別
温度(°C)	-5, -10, -15, -20, -25	-10, -20, -25
吹走距離(m)	11.5	0, 2, 5, 8, 11.5
粒径(mm)	0.125~0.25, 0.25~0.5, 0.5~1.0, 1.0~	0.5~1.0

3. 結果と考察

-20°C についての粒径別電荷-質量比率の結果を図 1 に示す。このグラフから、粒径が小さいほど電荷-質量比率の絶対値は大きくなり、また、得られた測定値の幅も大きくなる傾向が見られた。実験を行った全ての温度について同様の傾向が見られた。次に、粒径ごとに雪 1kg あたりの総粒子数と総表面積を求め、粒子 1 個あたりの電荷量と表面積の関係を比較した (図 2)。この結果から、実験した温度範囲(-5~-25°C)において電荷量と表面積との間に線形関係が見られたため、粒子の単位表面積当りの電荷量は温度から決定できる事が分かった (図 3)。

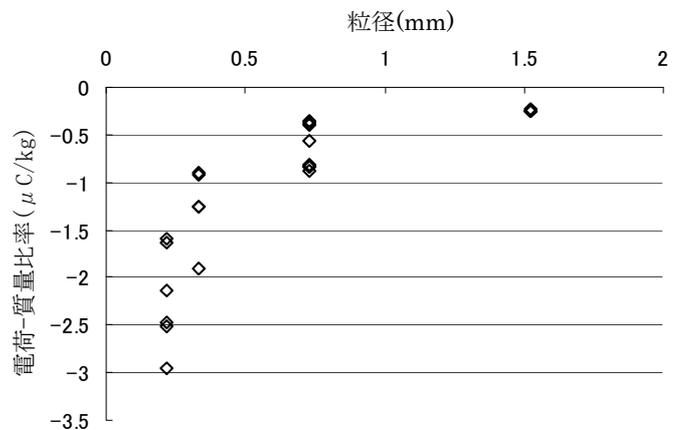


図 1 粒径別の電荷-質量比率 (-20°C)

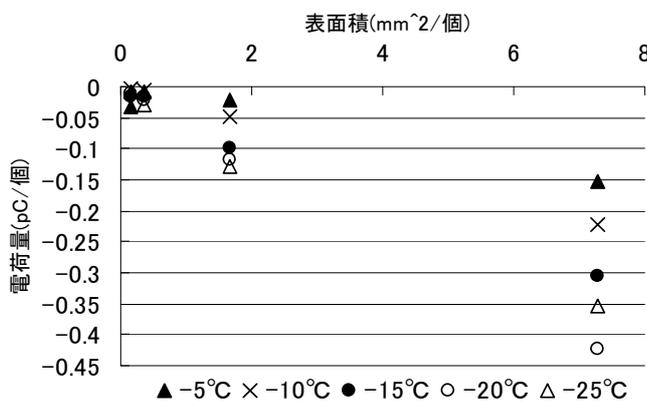


図 2 粒子 1 個あたりの電荷量と表面積の比較

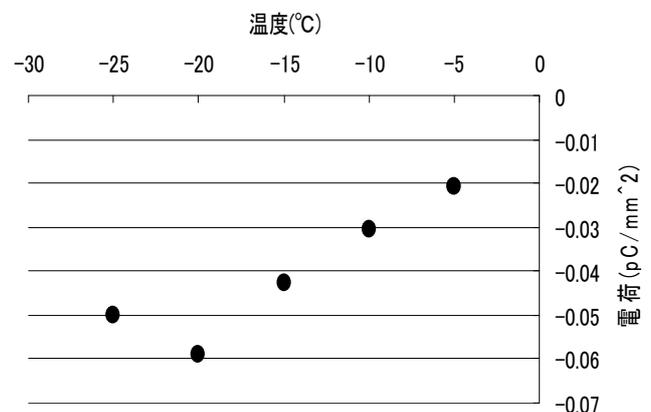


図 3 温度別の単位表面積あたりの電荷量

39

雪庇の内部構造の観察と力学的解析

○金子 直樹・川田 邦夫(富山大学)

1.はじめに

山岳地域に形成される雪庇は主に風を伴った降雪が風上斜面から稜線を超えて風下斜面側に付着、堆積しながらできる吹き溜まりの一種と考えられている。その形態は雪庇が形成される土地の地形的な要因と気象要因によって様々である。雪庇はその特異な形態から登山家や研究者に古くから知られていたが、雪庇の形成から消失までの観測を定期的に行った研究例は少ない。さらに雪庇の形成過程に関係する雪庇内部の構造における違いや崩壊についてもまだ多くの謎が残っている。本研究では富山県の牛岳山頂付近に形成された雪庇の観測を今冬に行ったのでその結果を報告する。

2.調査概要

・調査地点(図1)

→富山県牛岳山頂付近の稜線(標高 890m)

風向：西北西

・調査期間→2007年12月1日～2008年4月4日

・調査方法

調査地点では気象観測(気温、風向、風速)とカメラ撮影を行い、雪庇の形態変化を追跡した。また形成された雪庇の断面観測を定期的に行い、層構造を観察することによって雪庇の崩落・消失過程を探った。

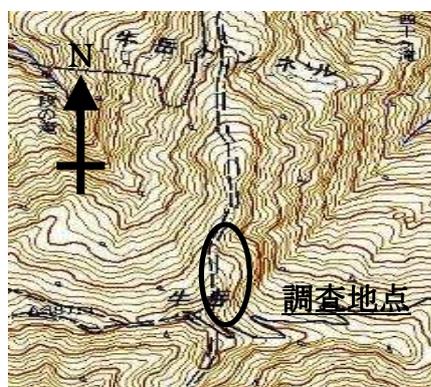


図1 調査地点を表した牛岳稜線部の地形図(国土地理院発行による2万5千分1地形図引用)

3.調査結果

調査は計8回行った。2008年3月8日以降、日平均気温が0℃以上を上回る日が続いたことが分かる。(図2)これにより3月16日の調査では雪庇の一部が崩落していた。これは雪庇内部で圧密による変形に加え、雪庇内部に融雪水が浸透したことと樹木による放射熱によって積雪の強度が弱まったことが原因として考えられる。また雪庇の ROOF 部分の先端には雪庇の張り出し方向に対して直角に多数のクラックが発生しており、ROOF 部分の上部には引っ張りの力が働いていることも確認できた。

今後は今回行った調査のデータから雪庇全体の重量、雪庇の変形に働く力の大きさを解析することによって牛岳における雪庇の崩落・消失過程を解明していく。また牛岳以外の雪庇を観測・調査することによって雪庇について形態をタイプ別に分け、それぞれのタイプの雪庇がどのような挙動で崩落・消失していくかを追跡する予定である。

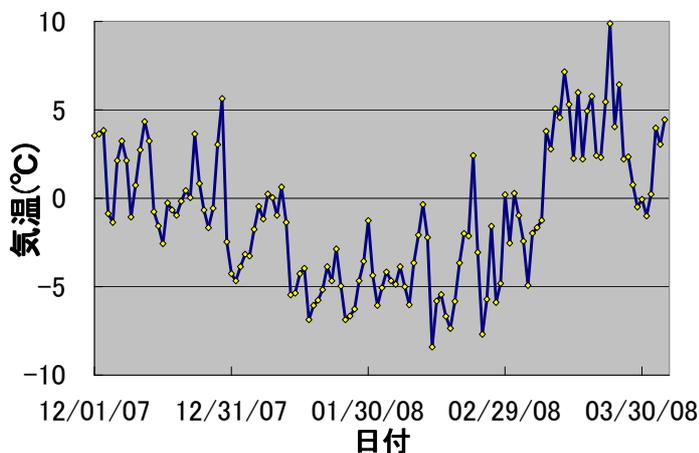


図2 調査地点での日平均気温の変化

40

積雪の諸要素と音響減衰係数との関係(2)

小南靖弘・横山宏太郎 (中央農研北陸)

はじめに

積雪などの多孔質試料の内部における音波の減衰は、その間隙の量と形状とを反映しているので、試料の性質を表す指標の一つとして有用である。著者らは以前、積雪の音響減衰係数を測定して密度、含水率等との関係を検討した(2002年度全国大会、2003年度北信越支部大会)が、主として測定精度の点で十分な解析ができなかった。そこで測定方法を改良して2006-2007および2007-2008寒候期に測定をおこないデータを蓄積したので報告する。

方法

図1のように積雪断面に3箇所の穴を掘り、スピーカとマイク2つを等間隔に挿入する。孔の位置決め精度の影響を減らすため、マイク間の距離を2倍にし、また、壁面の外側から回り込む音の影響を検討して配置を決定した。測定は、スピーカより200Hzから1/3オクターブ間隔に8000Hzまでの単音(正弦波)を発射し、それぞれのマイクの出力を記録する。各々のマイク入力を E_1 、 E_2 として、音響減衰係数 $(-\ln(E_2/E_1))/L$ 、ただし L はマイク間の距離)を求めた。

結果

前回の結果と同様、周波数が1kHz以下の低音域では各雪質とも減衰係数に大差はないが、高音域ではしまり・新雪が大きく、ザラメは小さかった。そこで高音域(1.6kHz以上)の減衰係数の逆数と粒径との関係を見ると、粒径の増大に伴って減衰係数が低下する(逆数が増加する)傾向が見られた(図2)。粒径と間隙径とはおおむね比例すると考えられるので、この結果は音響の通りやすさは通気係数と密接な関係があることを示唆する。一方、粒径が大きくても減衰係数が大きい場合もことから、密度や含水率等の粒径以外の要因も関係していると考えられ、現在解析を進めているところである。

なお、この課題の一部は科学研究費補助金「音響特性を用いた積雪-大気間の二酸化炭素移動量評価手法の開発」(平成17-19)によって行われた。

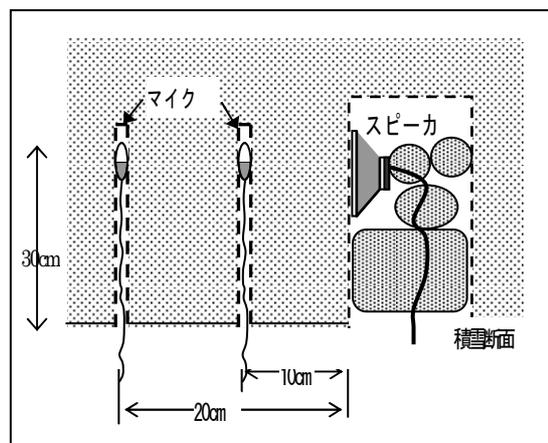


図1 実験方法(上から見た図)

積雪断面から奥方向に、スピーカおよびマイクを挿入する穴を掘る。スピーカは雪で埋め、マイク挿入穴も塞ぐ。

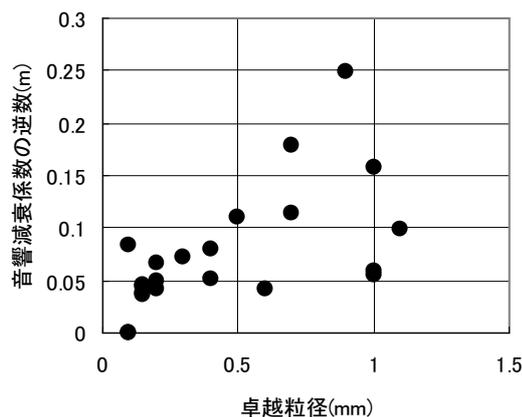


図2 測定例(積雪粒径と減衰係数の逆数との関係)

粒径は格子板上にほぐしたものを目視によって測定、音響減衰係数は周波数1.6kHz以上の平均。

41

土砂を伴った全層雪崩の発生機構に関する研究(2)

鈴木正一(新潟大・院)・和泉薫・河島克久(新潟大・災害復興センター)・上石勲(雪氷防災研究センター)

1. はじめに

2004年10月の中越地震によって、中越地域中山間地の急斜面は、表層崩壊の大きな被害を受けた。そればかりでなく2004-05, 2005-06年冬季の記録的な大雪のため多くの雪崩災害が発生した。この中で特徴的だったのは、デブリに多量の土砂や倒木を含んだ全層雪崩が多く見られたことである。これと同様な全層雪崩が地震から3年以上も経過した2008年1月6日に長岡市森上(旧栃尾市)の県道脇の斜面で発生した。ここでは、この森上で発生した土砂を伴った全層雪崩に着目し積雪、及び土質の調査から推定した発生機構について報告する。

2. 調査方法

森上の雪崩発生箇所(標高 248m)において発生5日後の1月11日に積雪深、積雪重量、斜面傾斜、崩落表土厚等を測定し(図1)斜面に崩れ残った表土の試料サンプリングを行った。この試料の一面せん断試験によって表土のせん断強度を得た。雪崩発生前後の森上での積雪状況、気温は、約9km南方の長岡市田代(標高 423m)で防災科研雪氷防災研究センターが観測している降積雪状況データから推定した。斜面傾斜角と積雪荷重、表土荷重から斜面方向の駆動力を求め、表土のせん断強度との比較を行い、雪崩発生時の斜面での力学バランスを解析した。

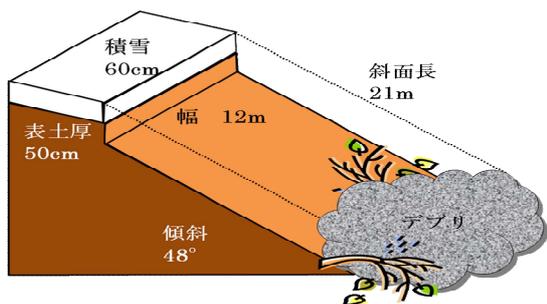


図1 長岡市森中の全層雪崩発生斜面

3. 実験結果と考察

一面せん断試験結果から図2に示す垂直応力とせん断強度の関係が得られた。表土試料の含水比は48.9%であり、二日間浸水しても含水比に変化がなかったためほぼ飽和状態と考えられる。すべり位置に作用する表土と積雪の荷重による垂直応力は 6.5kN/m^2 、駆動力は 7.3kN/m^2 と計算された。図2

よりこの垂直応力のもとで、せん断強度は 4.2kN/m^2 となり駆動力を下回るため、表土内部のせん断破壊により土砂を伴った全層雪崩が発生したことが説明される。この雪崩発生に関わる気象・積雪状況は次の通りである。図3に見られるように12月31日~1月2日の間に山沿いを中心に急激な積雪増加があった。また付近に幹折れした杉が多数みられたことから、この時樹木に大きな冠雪が生じたと考えられる。冠雪により樹木の根元にかかる荷重が増え転倒モーメントが大きくなり表土が緩んだと推定できる。雪崩が発生した1月6日は日中の最高気温が 2.7 まで上昇し(図3)融雪が進んだ。この融雪水が緩んだ地盤に浸透し表土の含水比が上昇して、飽和状態に近くなりせん断強度が駆動力を下回ったと考えられる。

この他、小千谷市塩谷でも土砂を伴った全層雪崩が確認されている。このように中越地震の影響で不安定となった表土層がまだ残っていることが考えられる。

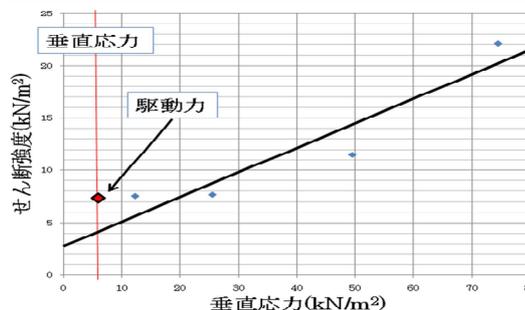


図2 一面せん断試験結果

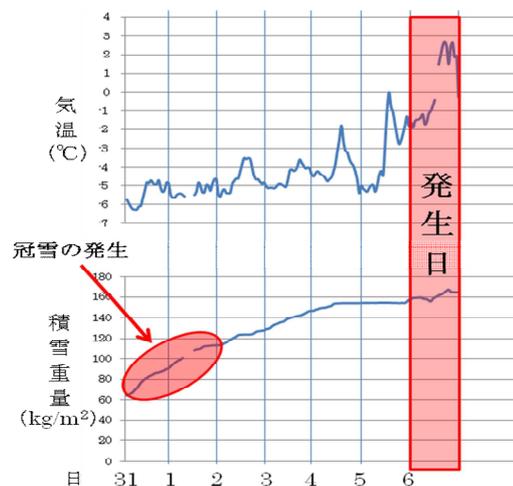


図3 田代で観測された気温と森上の推定積雪重量 (2007/12/31 ~ 2008/1/6)

42

2007-08 年冬期の雪崩災害の発生状況とその特徴

長部友和(新潟大・工)・和泉薫・河島克久(新潟大・災害復興科学センター)

1. はじめに

前年の暖冬少雪に引き続き 2007-08 年冬期(以下今冬とする)もまた平野部では少雪であったものの山沿いや山地では平年程度、もしくはそれを上回る積雪量となった所もあった。このような状況の下、今冬の国内で発生した雪崩災害をネット上の新聞記事(全国紙・地方紙)や現地調査などによってまとめ雪崩災害の発生状況とその特徴について報告する。

2. 2007-08 年冬期の気象状況

気象庁によると、12 月、1 月の気温は平年よりやや高く降雪量は平年より少ない状態で推移し、2 月中旬までは気温は平年並みで降雪量はかなり少なかった。しかし 2 月後半になると冬型の気圧配置が強まったため一時的に気温は下がり山沿いでは平年並みの降雪があった。その後、冬型の気圧配置になる日はほとんどなく 3 月下旬まで気温が高い日が続いたため融雪が進行し、積雪が急激に減少した。

3. 雪崩災害の発生状況と特徴

表 1 は今冬を含めた過去 9 冬期における被災対象別の雪崩災害件数と死者数を示したものである。今冬を除く過去 8 冬期の雪崩災害は一冬期あたり平均で約 48 件、死者は約 9 人であり、件数が最も多い被災対象は道路であった。これに対し今冬の雪崩災害は 21 件、死者は 15 人であったので、件数こそ少ないものの死者がかなり多かった。また、登山やスキーなどのレジャーにおける雪崩災害件数が道路の件数を初めて上回ったことも今冬の特徴といえる。表 1 の[]内に示したのは各冬期におけるレジャー関連の雪崩災害件数の割合である。2005-06 冬期までは平均で約 18%であったのに対し、この 1、2 年はその割合が半数近くにまで達している。表 2 には今冬の雪崩災害のうち死者を伴ったものを挙げた。この 7 件に共通することは、すべてが高標高山地においてレジャー中に起きた表層雪崩である。今冬は、大きな気温変化と断続的な降雪などによって山地ではたびたび弱層が形成されたと考えられる。そのため、平年程度、もしくはそれ以上の積雪量があった高標高山地では、レジャー中の表層雪崩によって多くの死者が出ることに繋がったのであろう。

表 1 被災対象別雪崩災害発生件数(死者数)

対象	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
道路	29	40	18(1)	11	6	47(1)	115	6	8
集落	0	3	3	0	2	4	15(1)	0	0
作業	2(6)	1(3)	1(1)	1	2	3(2)	5(1)	0	2
レジャー	7(7)	8(6)	4(5)	5(5)	2(2)	9(8)	23(14)	5(7)	10(15)
[割合]	[18%]	[15%]	[15%]	[29%]	[17%]	[15%]	[14%]	[42%]	[48%]
その他	0	2	1	0	0	0	3	1	1
合計	38(13)	54(9)	27(7)	17(5)	12(2)	61(11)	161(16)	12(7)	21(15)

表 2 死者の出た 2007-08 年冬期の雪崩災害

年月日	道県	場所	標高(m)	種類	対象	死者
2007/11/23	北海道	上川管内上富良野町 上ホロカメットク山 安政火口付近	1500	表層	登山	4
2007/12/31	岐阜県	高山市北ア槍ヶ岳槍平小屋	1990	表層	登山	4
2008/2/3	長野県	小谷村梅池高原スキー場 林間コース	1540	表層	スキー	2
2008/2/9	長野県	駒ヶ根市中ア和合山南斜面	2850	表層	登山	1
2008/3/8	岩手県	八幡平市 源太ヶ岳	1300	表層	登山	2
2008/3/9	新潟県	糸魚川市 鉾ヶ岳付近の尾根	1240	表層	登山	1
2008/4/12	長野県	長野県大町市北アルプス 爺ヶ岳 扇沢	1700	表層	登山	1

43

魚沼地域今年の雪崩と雪崩防止施設

○町田 誠, 早川典生 (町田建設㈱)

1. はじめに

今冬は当初2年続きの少雪と思われる程、雪は少なく暖かい日が多かったが、2月に入ると一変して次々と寒波が到来し、過去10年平均を上回る降雪となった。魚沼地域でも2月から3月にかけて数箇所雪崩が発生した。本稿では恒久的な雪崩防止施設が果たした役割、問題点を述べる。

2. 今年の17号気象データ

図1の国道17号三俣での降雪量のグラフで見ると、今冬は2月下旬まで過去10年間平均の降雪量に及ばなかったが、以後の降雪のため結果的には上回った。この傾向は図2の降雪量と除雪費の比較で更に顕著である。すなわち平成18年豪雪時は12, 1月の除雪費が多かったが、今冬は1, 2月が多かった。

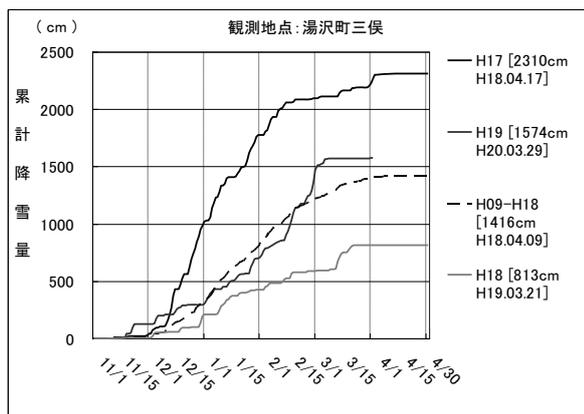


図1 国道17号の気象データ [三俣]

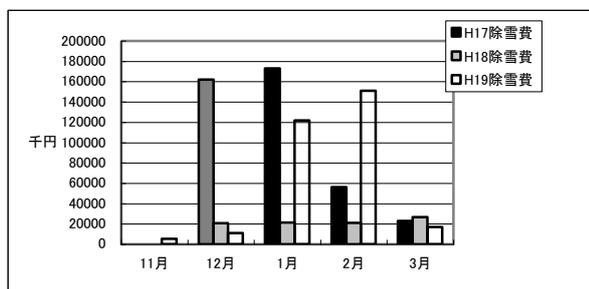


図2 塩沢地域3年間の除雪費の比較

3.1 国道17号表層雪崩と雪崩誘導柵の効果

火打地区において、2008年2月28日、図3の破線域内で山頂から雪庇崩落による表層雪崩が発生して、沢部を流下し雪崩誘導柵が機能して火打橋橋脚方向に誘導され停留した。



図3 火打地区での雪崩

3.2 南魚沼地域で発生した雪崩

2008年2月3日南魚沼市一村尾地区にて図4に示す面発生湿雪全層雪崩が発生し、一部予防柵をすり抜けて道路に流出した。雪崩の大半は雪崩予防柵に堆積したが一部柵間より流出した。予防柵設置の仕方に問題が指摘される。



図4 一村尾地区での雪崩 (一部柵間をすり抜けている)

3.3 根かせ式基礎予防柵

国道17号三国地区では2007年度山肌を傷めることの少ない“根かせ式”基礎予防柵を設置し平年並み以上の積雪によく機能した(図5)。



図5 根かせ式基礎予防柵

十日町地域で発生した雪崩事例報告

○青木文行, 町田誠, 早川典生 (町田建設(株)), 町田敬 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

新潟県十日町市国道 353 号線周辺における雪崩の発生状況とその後の対応から、雪崩パトロールの果たす役割について述べる。

2. 雪崩発生状況



図1 雪崩発生箇所図

2. 1 清津公園線小出地区 (図1 ①)

2008年2月16日早朝に雪崩パトロール巡回中、図2に示す点発生乾雪表層雪崩(V=100 m³)を確認し、道路に堆積したデブリに、普通車輛が乗り上げていた。

この日は降雪強度も強く、斜面には不安定な新雪があり、二次発生の危険性が高いと判断され、夜間の交通止め及び除雪業者によるパトロール強化を行った。



図2 小出地区での雪崩発生状況

2. 1 国道 353 号線 十二峠 (図1 ②)

2008年2月21日午後3時頃に面発生湿雪全層雪崩が発生し、発生区から沢伝いに約100m流下したため、道路流出し交通障害となったが人的被害・被災車輛は無かった。

斜面には、崩落の予想される積雪があった為、応急対策として道路脇に雪堤を築造することにより雪崩の道路流出の阻止を行った。



図3 十二峠での雪崩②

2. 3 国道 353 号線 十二峠 (図1 ③)

2008年3月13日午後4時頃に面発生湿雪全層雪崩が斜面上部(L=100m)から発生し、下部の予防柵を越流し、道路にデブリが150m³流出した。この雪崩での被災車輛・人的被害は無かった。

応急対策として、斜面には崩落の予想される積雪があった為、道路脇に雪堤を作り、翌日には人力による斜面積雪の削り取り処理を行った。



図4 十二峠での雪崩③

3. まとめ

今冬の十日町地域では3件の雪崩が発生し道路流出を未然に防ぐことが出来なかった。今後は、この発生履歴を基に事前対策を講じる必要がある。また、各雪崩について、雪崩パトロールによる迅速な対応及び応急対策を施したことにより二次発生の予防、被害防止を適切に行うことができたと考えられる。

今後においては、雪崩災害防止における雪崩発生履歴の記録及びハザードマップの作成を行い、雪崩パトロールや気象予測、雪崩危険度予測などのソフト対策の充実と、雪崩対策施設によるハード対策との組合せの検討が肝要であると思われる。

45

2008年2月17日妙高・幕の沢で発生した大規模な乾雪表層雪崩の調査報告

○竹内由香里¹・和泉 薫²・上石 勲³・河島克久²・山口 悟³・宮崎伸夫⁴・遠藤八十一・村上茂樹¹
 ・西村浩一⁵・Evgeniy Podolskiy⁵・鈴木 貴⁵・平島寛行³・新開龍三郎⁶・花岡正明⁷・岩崎和彦⁷

(1 森林総研十日町試験地, 2 新潟大災害復興科学センター, 3 防災科研雪氷防災研究センター,
 4 クライメットエンジニアリング, 5 新潟大理学部, 6 アルゴス, 7 土木研雪崩・地すべり研究センター)

雪崩の概要 妙高山域の幕の沢で2008年2月17日に大規模な乾雪表層雪崩が発生した。幕の沢では継続的に雪崩のモニタリング観測を行なっているため、地震計やビデオカメラの記録により発生日時を知ることができた。雪崩の流路に設置した地震計は13時48~49分に雪崩の震動を記録していた。また、ビデオカメラにより同49~50分に雪崩の雪煙が激しく飛び散り押し寄せる映像を録画できた。2月22日に幕の沢源頭部に破断面が見えたので、発生域は標高約1700 m付近の東~南東向き斜面と考えられる。雪崩の到達範囲を踏査した結果、最長到達点は標高約770 m、発生域からの流下距離は水平距離で約3000 mであった。幕の沢では2000年以降の9冬期で、流下距離が2000 mを超える大規模な雪崩を5回観測した。その中では今年の雪崩が最大で、過去に幕の沢で調査された1984年の雪崩(是沢, 1988)に迫る規模であった。これらの大規模雪崩は、2000年3月27日の岐阜県左保谷雪崩を別格とすれば、国内最大級である(和泉, 1985)。そこで、まずは雪崩の規模を記録することを主目的として、①デブリの積雪水量、②雪崩の到達範囲を調査した。本発表ではこれまでに進んだ現地調査について報告する。雪崩発生時の気象や積雪条件については本誌の上石ら(2008)を参照されたい。

調査の方法 デブリの積雪水量は、デブリが融け始める前の4月2日に測定した。最初に堆積域中央部でデブリの断面観測を行ない、デブリの雪質、密度、含水率、硬度、積雪水量を測定し、雪塊の混入状況を観測した。続いて、雪崩流路中央の縦断方向100 m毎に6地点と補足4地点において、神室型スノーサンプラーを用いてデブリ層を採取し、厚さと積雪水量を測定した。さらに、これらの測定点から沢の横断方向へ測線を取り、各2~5点において測深棒で積雪深を測定した。全ての測定点の位置はGPSや距離計を用いて記録した。一方、雪崩の到達範囲の調査は、デブリの上部1 m程が融けて、雪崩に運ばれデブリに埋まった枝や葉、倒壊した樹木などが雪面に現れる頃を見計らって4月16日に実施した。堆積域を踏査し、デブリの到達を確認した位置や、雪崩によって樹木の幹や枝が折れたり傷ついたりした位置をGPS、距離計、クリノメーター、コンパスを用いて計測した。

調査の結果 堆積域上流部の一部には4月16日時点でデブリの厚さが8 mを超えていた箇所があったが、それを除くと4月2日に流路中央部10地点で測定したデブリの厚さは150~310 cm(平均230 cm)、水量は700~1600 mm(平均1200 mm)、デブリの平均密度は 510 kg m^{-3} であった。デブリの含水率が平均8.9%であったので、デブリの乾き密度は平均 470 kg m^{-3} と推定された。雪崩の最長到達点は、図1の矢印付近であり、上述の通り、発生点からの流下距離は水平距離にして3000 mであることがわかった。なお4月現在、現地調査を続行中であり、今後も続報を発表していく予定である。



図1 幕の沢の雪崩流下経路。
 G: 地震計, V: ビデオカメラの位置。

46

2008年2月17日、妙高幕の沢で発生した雪崩の発生状況解析

上石勲, 平島寛行(雪氷防災研), 竹内由香里(森林総研), 山口悟(雪氷防災研), 新開龍三郎(アルゴス)

1. はじめに

2008年2月17日13時48分、妙高幕の沢(新潟県妙高市関山)において大規模な雪崩が発生したことが確認された(詳細は本誌竹内発表予稿参照)。雪崩発生時の気象条件ならびに積雪変質モデルを用いて雪崩発生区での積雪状況について解析した。

2. 雪崩発生時の気象積雪条件

森林総研の妙高幕の沢観測点(標高810m 雪崩停止点近く)のデータでは、2月12日の急激な気温低下(+1 ~ -10)後、2月13日から降雪が断続的に続き、雪崩発生時の積雪深は約4mに達していた(図1)。

3. 積雪変質モデルによる解析

雪崩発生地点の位置、地形条件(標高1700m、斜面方向南東、地形勾配40度)とし、幕の沢気象データ(気温(標高補正)、積雪深)と関山アメダス(風速、日照時間)を積雪変質モデルに入力して解析した。その結果、2月12日に積雪の表層が融解、再凍結してその上にこしもざらめ雪が形成されていた。解析によれば、この層は雪崩発生時の積雪安定度(SI)が1.8であり、雪崩のすべり層となった可能性が高いものと考えられる(図2)。

4. 現地状況等からの雪崩発生状況の推定

雪崩発生5日後の発生区の破断面の状況(図3)や、4月13日に実施した現地デブリ調査で層構造の残った1m程度の雪塊も多数見られたことから、雪崩はある程度の厚さで発生した面発生乾雪表層雪崩だったことが推定される(図4)。

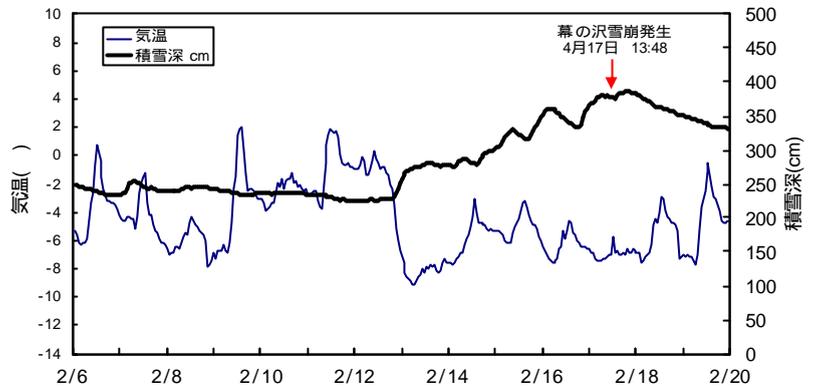


図1 幕の沢観測点の積雪深、気温の変化

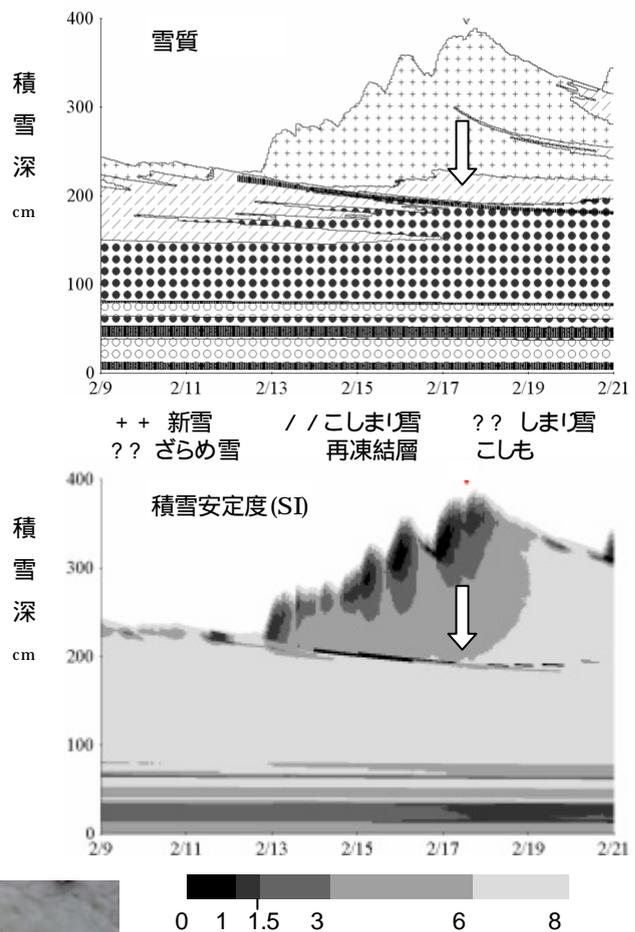


図2 積雪変質モデルによる計算結果

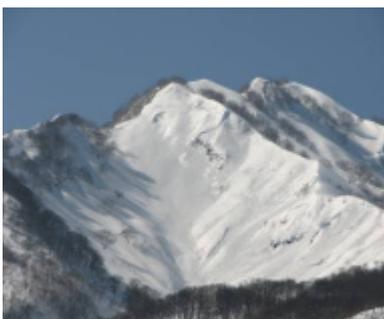


図3 雪崩発生付近写真(新開撮影)



図4 雪崩のデブリ含まれる雪塊

47

2008.2 妙高杉の原で発生した大規模雪崩

伊藤 陽一・鈴木聡樹 (土木研究所), 池田慎二・新開龍三郎・杉本昌春 ((株) アルゴス)

はじめに

2008年2月28日早朝, 新潟県妙高市の妙高杉ノ原スキー場上部で雪崩が発生しているのをスキー場関係者が発見した. リフト終点の小屋が一部損壊したほか, 雪崩がスキー場コース内に流入していた. 当日新潟県警やスキー場関係者が撮影した写真から厚い破断面をもつ大規模雪崩であることがわかったので, 翌29日に発生区での積雪断面観測および堆積区でのデブリ調査などを実施した.

調査結果

図1は2月29日に撮影した標高2260m付近の上部破断面の様子である. 破断面はこのほかにも複数観察された. 雪崩は面発生乾雪表層雪崩で, 最も標高の高い破断面(図1)とデブリ末端との標高差約590m, 水平距離約1350m, 見通し角は約24°と見積もられた.

図1付近ですべり面下約60cmまで積雪断面観測を行った結果を図2に示す. 厚さ2cm以下の薄いざらめ層が2層(図2の-125, -256cm付近)あるほかはほぼしまり雪であった. すべり面付近(図2の-231cm付近)では弱層を形成するような雪は観察されなかったが, 硬度が小さくなっているのが特徴的である. 妙高杉ノ原スキー場の標高1500m付近での気象観測データや付近のアメダス(関山)データ(図3)によると, 2月11日と22日頃に晴れて気温が上昇しており, 2つのざらめ層はこのときに形成された可能性が高い.

シアーフレームテスト(250cm²)を深さ-231cmで行ったところ, 4回のうち2回は破断せず, 破断した2回の平均値も184.9Nと大きい値を示した. 斜面傾斜角を35~40°として求められた積雪安定度(SI)は3.0~3.2程度で, 雪崩発生危険度はそれほど大きくなかった. なお, テストを行った部分の雪温は-8°Cと低く, 急速に雪質が安定化するような状態ではなかった.

謝辞: 調査にあたり妙高杉ノ原スキー場および日本雪崩ネットワークの林智加子氏にご協力いただいた. ここに記して感謝します.

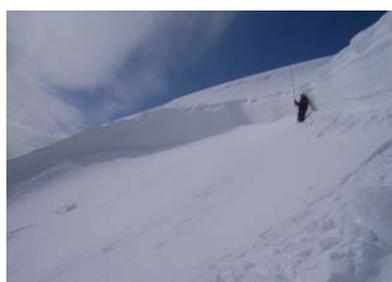


図1 上部破断面の様子

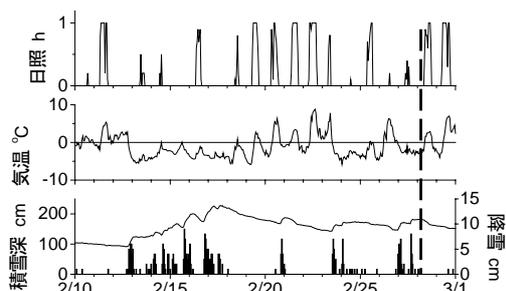


図3 関山アメダス気象 (縦線は雪崩発見時刻)

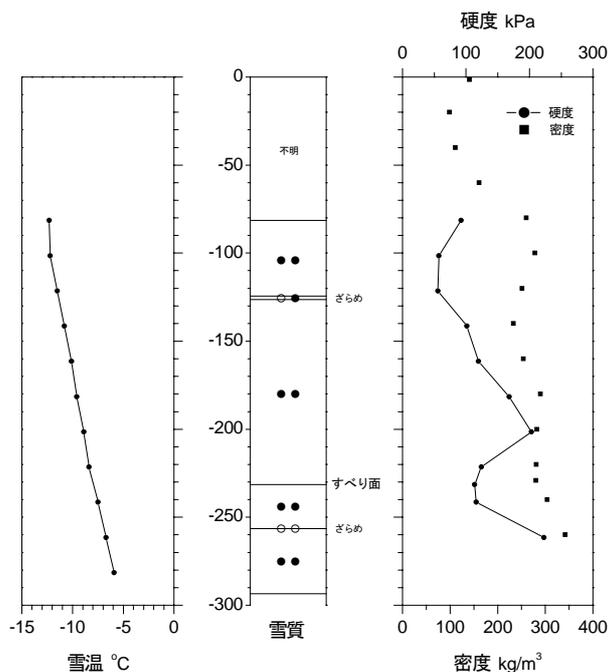


図2 積雪断面観測結果

48

雪崩防止のための応急対策—雪崩パトロールの現場から—

○ 岩崎剛, 町田誠, 早川典生 (町田建設株), 町田敬 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

新潟県魚沼地域において 2007-8 冬期間に魚沼地域振興局管内の 2 箇所で発生した雪崩(図 1 ①,

②) についての対応例を報告し、雪崩パトロールとその判断による応急対策の有効性を述べる。

2. 雪崩発生箇所



図 1 雪崩発生箇所図

3. 雪崩発生状況

3. 1 国道 290 号 高倉地区 (図 1 ①)

2008 年 3 月 12 日 3:00 頃国道 290 号魚沼市高倉地先で図 2 に示す面発生湿雪全層雪崩が発生した。直下の国道 290 号に 90 m³の雪が流出したが、被災車両、人的被害等は無かった。現地調査を行った結果、斜面積雪に二次発生の危険が見られたことから、応急対応として、人力にて危険箇所の積雪処理を行い、雪堤の築造を行った。



図 2 高倉地区の雪崩

3. 2 国道 252 号 柿ノ木地区 (図 1 ②)

2008 年 3 月 16 日国道 252 号魚沼市柿ノ木地先 2 箇所で面発生湿雪全層雪崩が発生したが、事前に雪堤を築造してあったため道路流出を阻止した(図 3)。この斜面は過去における雪崩発生履歴と発生前の 2 月 25 日の雪崩パトロールから雪崩発生の危険現象が確認された事から雪堤の築造を行い対応していた。



図 3 柿ノ木地区の雪崩 (破線が雪堤位置)

4. まとめ

高倉地区の雪崩事例については応急対応として人力処理と雪堤の築造を行ったことにより、その後の雪崩発生阻止と道路防護に高い効果を得ることが出来た。

柿ノ木地区の雪崩事例については定期パトロールの実施により雪崩危険箇所の早期発見、早期対応を図れた事例であり、雪堤対応により雪崩災害を最小限に止めることが出来た。

雪崩パトロールに関しては、過去の雪崩発生事例を十分に把握し、雪崩管理に際しデータベース化しておくことが重要であると言える。また恒久的雪崩防止施設の設置は経済的負担が大きく、容易には実現しないことが多いので、雪崩パトロールの実施による雪崩危険性の早期発見と、それによる雪崩危険度除去の応急対策は極めて重要である。

49

雪中爆破工法における爆薬量と装薬深の検討

○町田敬¹⁾・陸旻皎¹⁾・上石勲²⁾・佐藤篤司²⁾・町田誠³⁾・早川典生³⁾

1) 長岡技大 2) 防災科研 雪氷防災研究センター 3) 町田建設(株)

1. 目的

人工雪崩誘発技術の一工法である積雪中に爆薬を装薬し発破する雪中爆破工法において、装薬量や装薬深の関係を明らかにすることは、過装薬や鉄砲現象（噴出現象）を防ぎ安全性を向上する上で重要である。本研究においては、装薬量と装薬深が積雪に与える影響を観測し、人工雪崩誘発に有効な組み合わせを見出すための基礎実験を行ったものである。

2. 実験条件

実験地は、新潟県南魚沼市栃窪の標高 510m の山間地に広がる田地で行った。実験日は、2008 年 3 月 26 日に行い、当日の積雪深は 201cm であった。

3. 使用爆薬とその性質

使用爆薬は、含水爆薬であるハイジェックス（製品名）を使用している。この爆薬は、安全性、耐水性、耐衝撃に優れており低温化においても爆破性能の低下がない。以前まで使用していた旧型の含水爆薬、チタマイト（製品名）との性能の違いを表 1 に示す。形状は円柱型で薬径 25mm、薬長 175mm、1 本当たり爆薬量は 100g である。1 孔あたりの爆薬量を 100g 以上にする場合は、雷管を取り付けた親ダイに雷管の取り付けを行っていない増ダイをビニールテープにて密着固定することによって爆薬量を 100g 単位で増加することが可能である。

4. 実験方法

本実験においては、1 孔当たり 100g、300g、500g の 3 種類の装薬量を用いて、雪面から深さ 1.5m と 1.0m で計 6 ケースの実験を行なった。

発破は 6 ケース同時に行い、雪面に表れる発破時の変化をビデオ撮影により観測した。その後、装薬地点を掘削し、積雪の変形状況を 3D レーザースキャナーや 15cm 間隔のメッシュを用い詳細に計測している。

5. 結果とまとめ

発破時のビデオ観測から、同装薬量のケースを比較すると装薬深 1.5m のケースは発破時に雪面から噴き上がる雪量が少ないが、装薬深 1.0m の浅いケースにおいては、噴き上がる雪量が多く、その高さも高いことが観測された。この状況は、装薬地点の断面掘削後の計測からも確認でき、破壊孔が雪面を突き抜けた逆円錐型をしていた。また、装薬深 1.5m ケースにおいては、球型をしており、破壊孔以遠の積雪層に装薬深 1.0m 比べ多くのクラックを確認することが出来た。

これらの結果から 50cm の装薬深の違いが積雪に与える影響は非常に大きいことが明らかとなった。また、噴出現象によって積雪層に伝わる爆発の影響の低下が危惧された。これらの結果を考慮すると、今後は雪中の圧力の測定などを行うことにより噴き抜け現象がどの程度影響するか比較計測し、装薬量と装薬深及び装薬間隔について適切なものを導くことが出来ると考えられ、さらに安全性の向上や人工雪崩誘発技術の発展に寄与するものと考えられる。

表 1 爆薬の性能

項目 製品名	ハイジェックス 紙巻品	チタマイト 紙巻品
仮比重	1.10~1.20	1.05~1.15
爆速[JIS法] (m/s)	5,500~6,000	4,000~6,600
砂上殉爆度 (径倍)	2.5~5.0	2~4
低温起爆感度	-25℃で完爆	-10℃で完爆
耐水性 耐吸湿性	優秀	良好
落槌感度 [JIS法]	8級	8級
後ガス	最優秀	最優秀