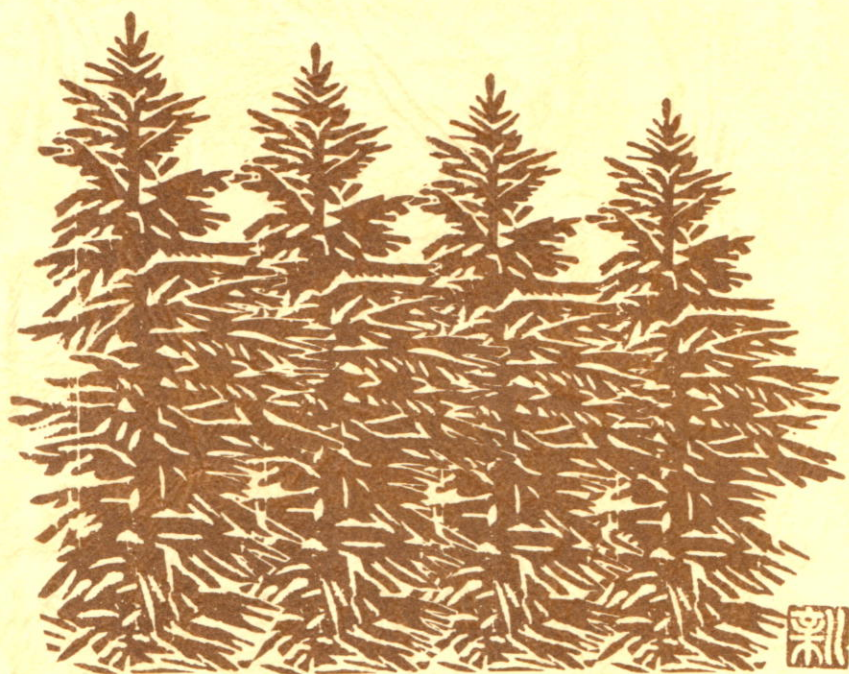


日本雪氷学会北海道支部機関誌

北海道の雪氷

第12号



平成5年8月

発行 日本雪氷学会北海道支部

目 次

巻頭言	石川信敬	1
平成5年度研究発表会講演要旨		2-65
平成4年度事業報告		66-68
平成4年度会計報告		69
平成5年度事業計画		70
平成5年度会計計画		71
平成5年度北海道支部役員名簿		72

樹林の多機能は代替が効かない

近年、北海道では、既往の開発地域において、樹林ないし樹林帯による〈緑の空間〉づくり、〈緑の表面積の拡大〉の必要性が認識され始め、「みどり環境づくりの手引」なども相次いで刊行され、〈地球にやさしい〉を合言葉に、公共事業としての樹林関係予算も漸進的に計上されるようになってきた。誠に喜ばしいことである。

なぜ樹林づくりか？ 樹林（帯）は、実に多様な環境保全機能を有しているからである。それらは、防風、防雪、防音、CO₂吸収とO₂の供給、大樹汚染物質の捕捉、温度・湿度の調節、視線誘導、景観・風土、野生生物の住み家・通路、木材生産、等々である。

他方、これらの1つ1つの機能に対して、今日のわが国の技術力・経済力からみると、防風柵、防雪柵・スノーシェルター、防音壁、自発光ポール、等々に知られるように、対応が十分に可能なものもある。それでも、技術力だけでは対応できないものも、なお多い。

そして、人為によるこうした工作物は、多くの場合に、1つないし2つ程度の機能しか有さない。しかも、その他の機能に関しては、マイナスの場合が多い、とさえ言える。生きていない工作物は、スペシャリストに止まる。反対に、樹林（帯）は、生きた工作物であって、素晴らしいジェネラリストなのである。この代替が効かない、総合力に優れた工作物を積極的に造成し、保育管理を大切にして、後世に遺したい、と切に思う。

鳥の声のみの緑となりにけり

（表紙と文：斎藤新一郎）

巻 頭 言

支部幹事長 石川信敬（北大低温科学研究所）

新聞、雑誌、テレビ等至るところで今年の夏の異常ぶりが報道されています。北海道においては7月上旬に束の間の晴天日がありましたが、6月から続く日照不足と低温のため農作物への影響が懸念されています。全国的にも今年は暑い夏とは縁遠いようです。この長雨や冷夏が何故起きたかという原因の説明は既に幾つか出されています。しかしこれほど特徴的な夏を予想する事が出来なかったことから、現在の科学技術や知識では、気象（ばかりでなく噴火や地震などさまざまな自然）現象の発生を、前もって予測することがいかに困難かつくづくと考えさせられます。それにしても地球温暖化という言葉がむなしく響く夏でした。今年の冬は厳しくなるのでしょうか？

さて北海道支部会は創立34年、会員数も200余名になりました。支部活動も多岐にわたります。6月の研究発表会ではここ数年、発表件数も増加し活発な討論の場になってきました。講演会は主に札幌圏を中心に年数回行っています。札幌以外の会員を対象とした談話会では雪や寒さに関連した様々な問題、例えば住宅、衣料、交通、農業、漁業、健康、動植物等身近な話題を取り上げて、その道の専門家に講演して頂いています。講演会や談話会は、会員ばかりでなく一般の人にも聞いて頂き、雪氷寒冷環境の問題により多くの人の関心が集まるようにしています。なお談話会の開催にあたっては何時も開催地の自治体や団体の方に多大なるご苦勞をお願いしています。これら支部の催し物の内容は本機関誌「北海道の雪氷」に掲載することにより、参加者以外の方にも伝わるようにしております。

日本雪氷学会は法人化に伴い名実ともに一人前の学会として認知され、さらなる発展が期待されています。北海道支部会におきましても学会活動がより活発になるよう会員皆様のご協力を切にお願いする次第です。支部の活動の在り方や談話会の開催場所・内容、機関誌について皆様の要望や意見を事務局までお寄せ下さい。

平成5年度研究発表会講演要旨

日時：平成5年6月11日(金)10:00-15:45

場所：北海道立道民活動センター かでる2.7 310号室

10:00-10:30 支部総会

10:35-15:45 研究発表会：発表時間13分(質疑応答を含む)

10:35-12:10 座長 福沢卓也(北大低温研)

■融雪水の積雪内浸透の非一様性について

野村睦, 石井吉之, 兒玉裕二, 小林大二(北大低温研)

■山腹斜面における土壌サクシヨンの季節変動

石井吉之, 小林大二(北大低温研)

■雪尺の周りの融雪凹みの成因(放射収支増試算)

小島賢治(札幌市中央区南9条西17丁目2-25)

■氷の三次元粒度解析

西田顕郎, 秋田谷英次(北大低温研)

■吹雪時に形成された積雪層構造の観測

八久保晶弘(北大低温研)

■降雪粒子の酸性化機構

高橋庸哉(北教大附属教育実践研究指導セ), 遠藤辰雄(北大低温研),

村本健一郎, 中川千枝(金沢大)

■着雪氷防止技術に関する研究(1)-各種材料の着氷力について-

吉田光則, 金野克美(北海道立工業試験場), 山岡勝(北海道電力(株)総合研究所),

近藤孝(北海網機(株)), 浅井規夫((株)シオン), 佐竹正治((財)日本気象協会北海道本部),

藤野和夫, 堀口薫, 水野悠紀子(北大低温研)

13:00-14:20 座長 石井吉之(北大低温研)

■大雪山「雪壁雪渓」の最近の消長

高橋修平, 亀田貴雄, 榎本浩之, 百武欣二(北見工業大学)

■深層掘削機実験用15m氷柱の製作

高橋修平, 亀田貴雄(北見工業大学), 斉藤健(北海道陸別町しばれ技術開発研)

■高速道路における除伐木を用いた視線誘導樹の試み

斉藤新一郎(北海道立林業試験場), 林敏夫(道路公団札幌建設局)

■雪圧防止杭と裾枝打の組合わせによる排雪にともなう防雪林の雪害の軽減について

斉藤新一郎(北海道立林業試験場), 林敏夫(道路公団札幌建設局)

■北海道における最近の交通事故について

加来照俊(北大工学部)

■冬期路面状況からみた峠部道路の区間分けについて

高橋勝宏, 加治屋安彦, 松沢勝(北海道開発局開発土木研)

14:25-15:45

座長 松沢勝(北海道開発局開発土木研)

■ロードヒーティング制御法

佐山惣吾, 西川泰則, 三浦健一(北開試), 須藤昌義, 酒井好夫((株)フジイ)

■蒸気を用いた雪処理について

苫米地司, 伊東敏幸(北海道工業大学)

■冬期間の気象条件からみた外装材の修繕状況について

伊東敏幸, 苫米地司(北海道工業大学)

■積雪地域における冬期間の防災・消防・医療・福祉の現状について

山形敏明, 苫米地司(北海道工業大学), 高橋章弘(道立寒地住宅都市研究所),

加治屋安彦(北海道開発局開発土木研)

■屋根雪荷重の制御について

川上俊一, 伊東敏幸, 苫米地司(北海道工業大学)

■'93釧路沖地震の地盤変状と予想凍結深の関係

戸松征夫(西松建設(株)技術研究所), 福田正己(北大低温研), 矢作裕(北教大釧路校),

佐藤晴彦(西松建設(株)技術研究所)

融雪水の積雪内浸透の非一様性について

野村睦・石井吉之・兒玉裕二・小林大二（北大低温研）

1. はじめに

融雪水の積雪内浸透は融雪流出における重要な過程であるが、その流下形態には不明瞭なことが多い。染料を雪面に撒き、その後断面をつくって色のついた水を追跡するという観測が従来よく行なわれており、この方法から融雪水が積雪内を非一様に流下していることがわかっている。しかし、どれだけの量の水が実際に流下しているのかはわからなかった。そこで特殊なライシメーターを用いてこの非一様に流下している水の量を測定し、その実態を調べた。

2. 観測の方法

観測は1992年の4月に北海道幌加内母子里の観測露場で行なった。積雪下面から流出する融雪水の量を測定するために2種類のライシメーターを用いた。ひとつは底面の大きさが $3.6\text{m} \times 3.6\text{m}$ (12.96m^2)の大型ライシメーターで、もうひとつは底面が $1.4\text{m} \times 1.4$ (1.96m^2)のライシメーターである。後者のライシメーターは内部が $14 \times 14\text{cm}$ (196cm^2)の柵100個に仕切られており、各柵に流出してきた水の量を測定できるようになっている(図1)。このライシメーターをここではM.C.L.(multi compartment lysimeter)と呼ぶ。そのほか融雪量を見積もるために熱収支観測を行なった。なお、観測期間中の積雪深は134cmから82cmであった。

3. 観測結果と考察

日融雪量と各ライシメーターで測定した日流出高を比較したところ、大型ライシメーターではほぼ1:1であったが、M.C.L.では非一様に流下している水の影響を大きく受けて約2.5倍であった。また、流下速度についても各ライシメーターごとに調べた。ここで言う流下速度とは、日融雪量の1/2が融雪した時刻と日流出高の1/2が流出した時刻の時間差で積雪深を除いた値である。このようにして求めた流下速度は同じ日であればいずれのライシメーターでもほぼ同じ値であった。さらに、流下速度とその日の流出高を比べる(図2)と、日流出高が大きいと速度も大きいという関係がみられた。

M.C.L.の内部が100個に仕切られていることから、詳しく流下の非一様性を調べた。図3は積雪下面における流出の水平分布を表わしたものである。図3において○はM.C.L.全体の流出量の1%以上の流出があった柵、■は10%以上の柵を示している。いずれの日も図中の柵18個もしくは19個でM.C.L.全体の流出量の90%近くを占めた。また4月4日を除くと、ほぼ同じ柵で流出が起こったことがわかる。このことから積雪内に水の流出し易い径路が存在したことが窺える。これらの柵では1日中連続して水が流出していたので、図2で用いた流下速度と同様の流下速度を各柵毎に求めてその柵の日流出高と比べた(図4)。図4からわかるように、日流出高と速度の関係は、図2と異なり不明瞭である。このことは各柵に流出する水の径路の形態が柵毎に大きく異なるためと考えられる。

以上の観測結果から融雪水が積雪内の限られた部分を集中して流下していることがわかった。このような集中化した流下を説明するためには水平方向への水の動きを考えねばならない。そ

ここで浸透の媒体である積雪をみる（図5）と、積雪は全層ザラメ化していたものの氷板や粒度のちがいがら成層構造が認められた。従来の染料を用いた観測では水平方向への水の動きは層境界で生じていると報告されている。したがって、今回の結果のような流下の非一様性は、層境界における流下の停止・水平方向への動き・集中化といった過程から生じたと考えられる。

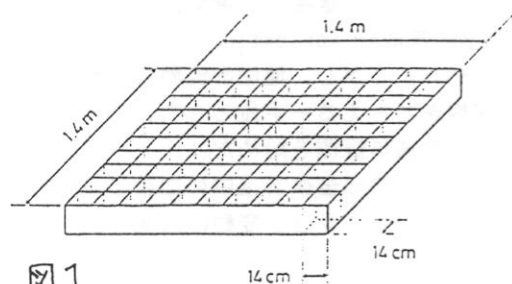


図1

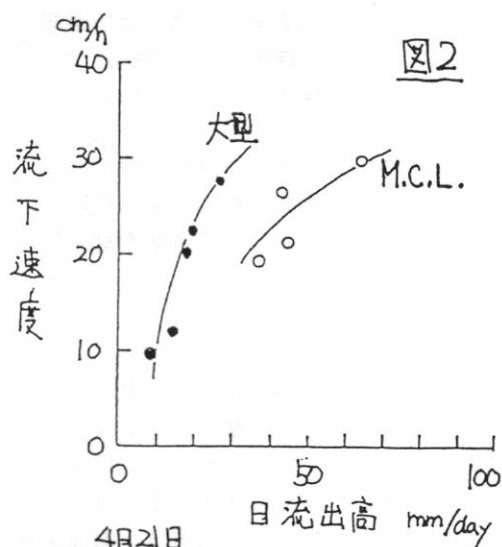


図2

図3

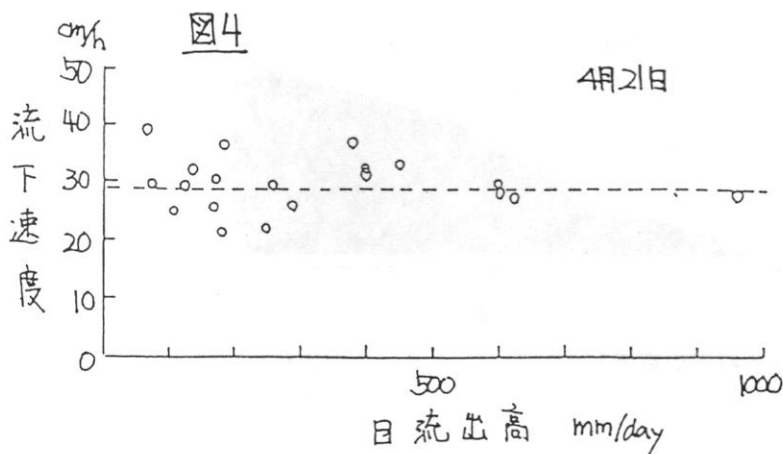
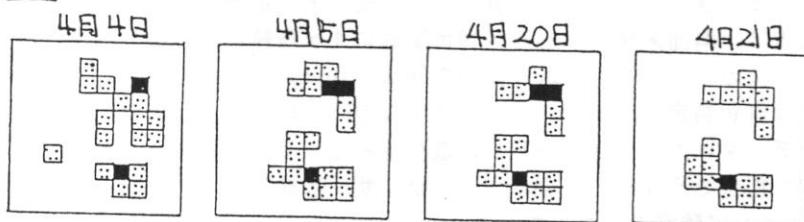


図4

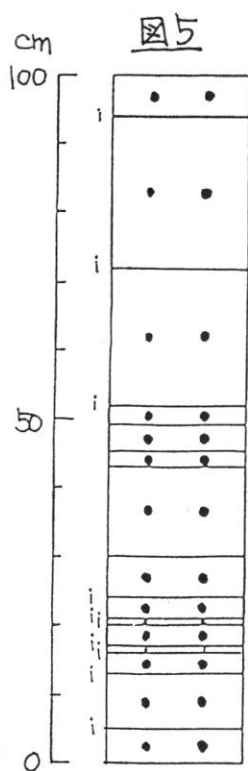


図5

山腹斜面における土壌サクシジョンの季節変動

○石井吉之・小林大二（北大低温研）

1. はじめに

北海道北部の母子里試験地（流域面積 1.3km^2 ）では、川水の水温及び電気伝導度を指標とした流出成分分離の結果から、融雪出水時の早い流出応答成分（quickflow）の70～80%が地中流出によると推察されている（Kobayashi, 1985, 1986）。しかし、地中水流動の実態についてはほとんど調べられていない。そこで、地中水の実態をとらえる一手段として、この流域内の山腹斜面にテンシオメータ群を埋設し土壌サクシジョンの通年観測を始めた。テンシオメータは脱気水を用いるため一般に冬季の観測が困難であるが、受感部全体を地中に埋設することにより（鈴木・斎藤, 1990）、冬季や融雪期の積雪条件下でのサクシジョン変動の観測も試みた。

2. 方 法

観測は1次河道に面した南西及び北西向きの2斜面（標高約400m）で行なったが、ここでは南西向き斜面（斜面長70m、斜面勾配 20° ）についての結果を報告する（図1）。周囲の植生は疎な混交林で、下草には背丈ほどのチシマザサが密生している。基岩上の土壌層は4mと厚く、地表面下10～20cmがササの根を主体とする腐植層、それ以深はシルト分に富む風化土壌である。深くなるほど角礫を多く含むようになり、直径30cm程度の大きな角礫も存在する。

テンシオメータの埋設地点は、斜面末端より上方へ10m間隔に4ヶ所設けた。各地点では腐植層を20cm掘り下げ、ポラスカップの深度が地表面から50cm、100cm、200cmとなるように埋設した。テンシオメータには自記測定が可能なコーナシステムのKDC-S5（圧力センサー式）を用い、測定値は30分間隔でデータロガー（KADEC-UV）に取り込んだ。テンシオメータ本体への脱気水補給は6ヶ月に1度の割合で行なった。なお、圧力センサーは負圧用であるが、プラス100cmまでの正圧も測れることを実験室で確かめた。

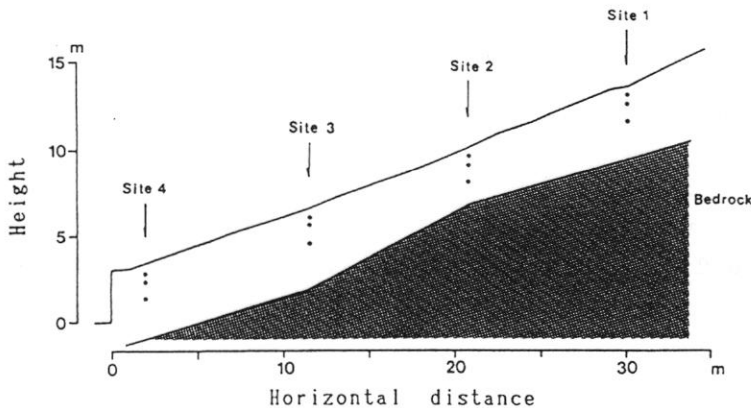


図1 観測斜面の縦断形状とテンシオメータの埋設位置

3. 結 果

(1) サクシジョンの季節変動

1991年11月から1992年10月までの Site 1 におけるサクシジョンの日平均値を、日降水量（当

日9時～翌日9時)、積雪深(毎日9時)とともに図2に示す。概して上の層ほどサクションが大きく、下層の200cm深は年間を通じ飽和ないし飽和に近い状態にある。

11～12月は50cm程度の積雪があるが、気温がプラスの場合には、降雨や融雪水の浸透に伴うサクション変動が現れている。真冬でも融雪が起こる本州のざらめ雪地帯と同様の状況である。1～3月の厳寒期には、量は少ないが安定した地温融雪水の供給をうけ、サクションはほぼ一定の状態を保つ。3月下旬の融雪の始まりとともに土壤全層が飽和或はそれに近い状態となり、

5月上旬の消雪までこの状態が維持される。消雪後のサクションは、降雨によって一時的に小さくなることはあっても、概して増加傾向にあり土壤層は乾燥化へ向かう。6月末から7月にかけては、1年を通じて最もサクションが増大する。この時期は河川流量が最渇水となる時期と一致する。7月下旬の大雨によりサクションは急激に減少し、土壤層が湿潤化した。しかし、その後も無降雨日が続くとサクションは急速に増大している。9月になり降雨日が多くなってもその傾向に変化は無く、そのためサクション変動が最も激しくなっている。10月は降水量が少なかったこともあるが、下旬になっても5月末～6月と同程度にサクションが増大している。

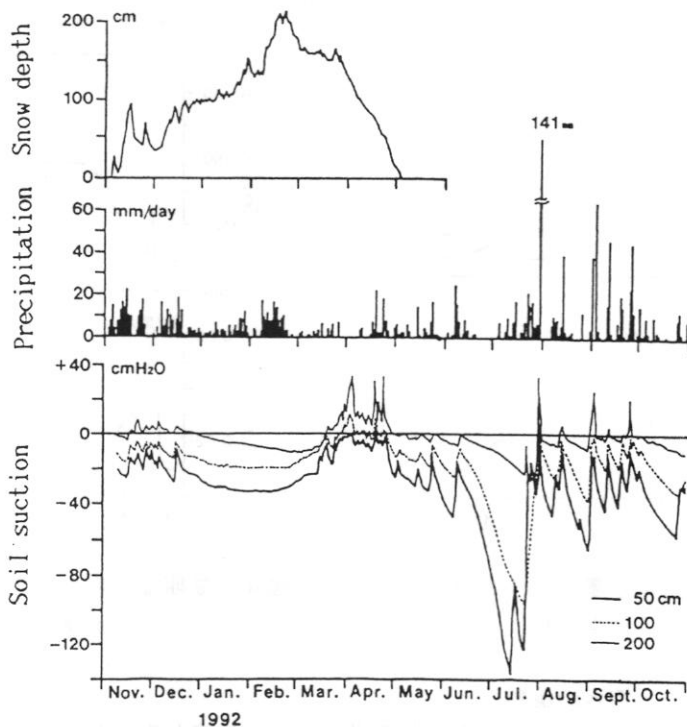


図2 積雪深、降水量、サクションの季節変動

(2) 融雪や降雨に伴うサクションの時間変動

融雪後期の4月21日0時から25日0時までの融雪水量(積雪下面流出量)、Site 1における深度別サクション、流域末端での河川流量の時間変化を図3に示す。融雪水の供給とともに浅層の50cm深から順にサクションが減少しはじめ、融雪水が浸透する状況が現れている。融雪水量の少ない24日は、上層から下層への変化の遅れ時間が大きく、浸透速度も遅くなっている。不飽

和土壌層内では、深くなるにつれてサクションの変動幅が小さくなり、地表面での変動が緩和されていくのが一般的である。しかし、この斜面では200cm深は既に飽和状態にあり、50cm深や100cm深に比べ大きな正圧の変動を示している。

夏の渇水期における降雨時の同様の変化を図4に示す。降雨強度が大きい時間帯に、封入空気の影響と考えられる素早いサクション応答が50cm深と100cm深に現れている。雨水の浸透に伴うサクション変動はこの応答よりかなり遅れ、50cm深だけに緩慢な変動が現れる。しかし、100cm深と200cm深には変化が見られず、土壌層全体が飽和に近い状態にある融雪期の変動とは著しく異なっている。

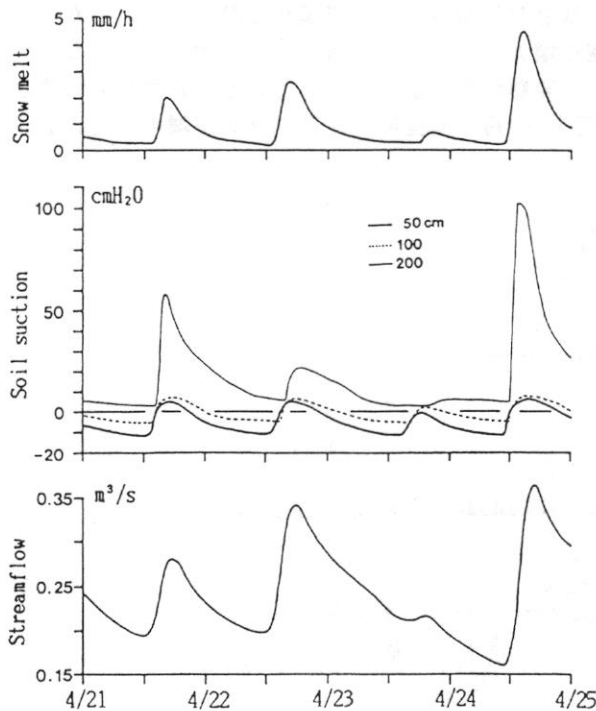


図3 融雪後期の融雪水量、サクション、河川流量の時間変化

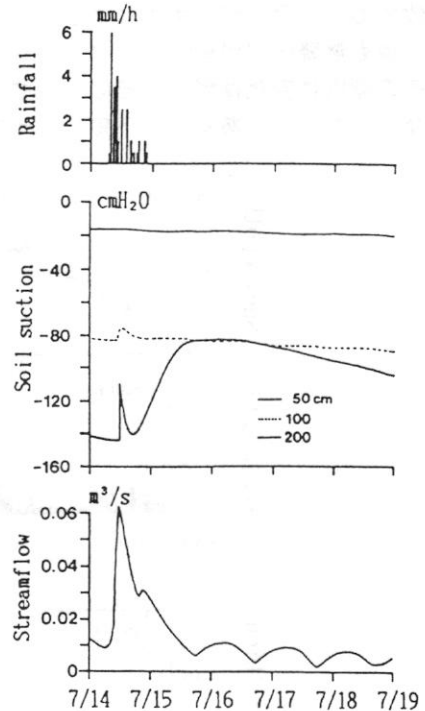


図4 夏期渇水期の降水量、サクション、河川流量の時間変化

(3) 斜面縦断方向の土壌水の流動

土壌水の流動を飽和・不飽和領域にまたがるポテンシャル流とみなした場合、全水頭 h は、 $h = z + \phi$ で表される。ここに、 z は位置水頭、 ϕ はサクション（または正の圧力水頭）である。4月21日12時、15時、18時、24時の各時刻における Site 1~4 のサクション測定値をもとに、斜面末端の切土底面を位置水頭の基準面とし、土層内の全水頭等値線を描いた結果が図5である。融雪水の浸透を示すサクション変動が現れる前の12時は、等水頭線はほぼ水平で、土壌水の流動方向は鉛直下向きが主である。浸透後の ϕ の変化は200cm深が最も大きいので、等水頭線は鉛直方向に傾き、斜面縦断方向の流れが優勢となる。しかし、必ずしも縦断方向に一律な流れではなく、不規則な上向きや下向きの流れも存在している。この状態は15時~18時にかけて顕著であるが、24時には概ね12時の状態に戻る。

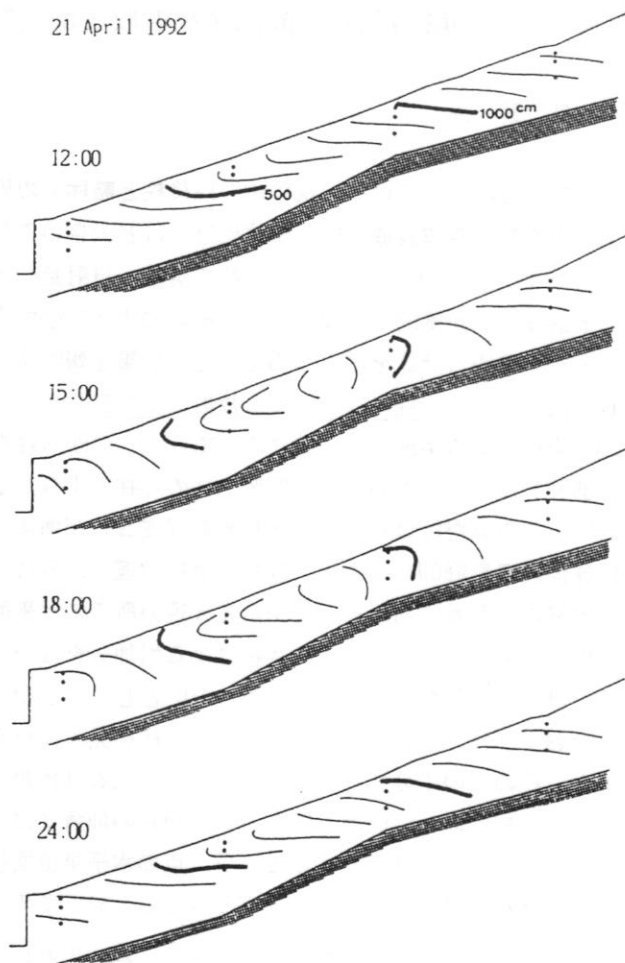


図5 融雪に伴う土壌層内の全水頭等値線の変化

4. おわりに

流域内の山腹斜面におけるサクション変動が、河川の流出応答とどのような関係にあるかを知ることが当面の課題である。1年間の観測を通じ、降雨や融雪に伴うサクション変動には急速な場合と緩慢な場合とがあることが明らかになった。各々の場合の斜面流の流出機構がどのように異なるか、或はサクション変動と無関係に斜面流の河道への集中が起きているかどうか、などの点を今後明らかにしていきたい。

文献： 1) Kobayashi, 1985. Jour. Hydrology, 76, 155-162. 2) Kobayashi, 1986. Jour. Hydrology, 84, 157-165. 3) 鈴木・斎藤, 1990. 平成2年度日本雪氷学会予稿集, 108.

雪尺の周りの融雪凹みの成因（放射収支増試算）

小 島 賢 治

1. まえがき 雪尺など雪に立っている柱状物体（以後柱と略称）の周りにできる融雪凹みの成因のひとつとして、雪面での長波長放射収支が柱に近いほど大きいことが重要であるという実験結果をすでに報告した（小島、1991）。今回は、柱の温度、日射量、大気放射などの条件を設定して雪尺の周りの放射収支増が量的に何程になり、それによって生ずる融雪凹みの大きさと形がどのように変化するかを求める計算を試みたので、その結果を報告する。

2. 放射収支増の計算方法 (a) 柱の存在による放射収支の変化 図1(a)で水平面上の1点Oを中心、OHを半径とする半球面を天球にみたと、Oから柱を見る立体角 ω 内で、球面四辺形ABCD（斜線部分）からの低温の大気放射が、柱の存在により高温の柱面（斜線）からの放射に置き換わるので、その分だけO点での長波長放射収支 ΔR が増す。この増分を $\Delta(\Delta R)$ と表す。一方、昼間は球面四辺形ABCDからの天空散乱光が柱で遮られる代りに、柱面で反射された日射がO点における本来の日射量に加わる。柱から充分遠い所での水平面全天日射量Iの雪による吸収分（短波長放射収支）を ΔI とし、柱の存在による増加分を $\Delta(\Delta I)_{ST}$ と表すことにする。

図1(b)は柱の近くだけを拡大したもので、元の点Oを O' とし、 O' に向いあう柱の面の底辺と上縁の中央をそれぞれOおよび H_1 とする。点 O' から柱の上縁を見る仰角を $\angle O'O'H_1 = \tau$ とし、 $\beta/2 = \beta'$ とすると、 O' から柱の面の半分（ $O'H_1$ の左か右）を見る立体角は、 $\omega' = \omega/2$ 、 $\omega' = (\pi/2) - \cos^{-1}(\sin \beta' \cdot \sin \tau)$ である。 O' からの仰角 ξ にある微小立体角 $d\omega$ 内の放射量を（放射強度を q として） $q d\omega$ とすると、 O' 点の水平単位面積が受ける立体角 ω 内の放射量 $Q_V = \int_{\omega} q \sin \xi d\omega$ であるが、 q を一定とみなし、 $\sin \xi$ の $\omega(\tau)$ 内平均を $\overline{\sin \xi}^{\omega(\tau)}$ で表すと、 $Q_V = q \omega(\tau) (\overline{\sin \xi}^{\omega(\tau)})_V$ である。柱の周りに凹みができてからは、水平から θ 傾いた雪面の単位面積、単位時間当りの放射量（垂直成分）を $Q_N = q \omega(\tau) (\overline{\sin(\theta + \xi)}^{\omega(\tau)}) \doteq q \omega(\tau) \sin\{\theta + \sin^{-1}(\overline{\sin \xi}^{\omega(\tau)})\}_V$

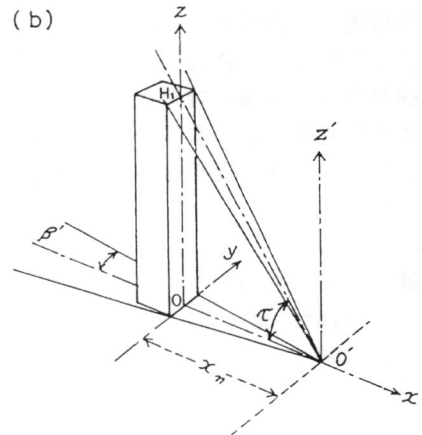
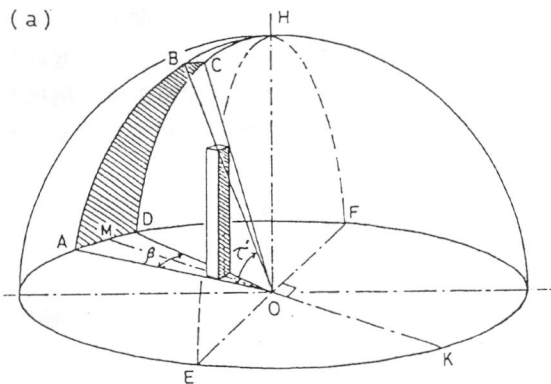


図1 水平面上の1点から、鉛直に立つ柱を見る立体角

によって求めた。 $\tau = \pi/2$ では $(\overline{\sin \xi}^{\omega(\tau)}) = 0.5$ である。任意の $\tau < \pi/2$ に対する $\overline{\sin \xi}^{\omega(\tau)}$ を求める方法の記述は省略する。柱の南北のx軸上の各点 ($x=1, 2, 3 \dots 30\text{cm}$) における長波長および短波長放射収支増を、それぞれ次の式で計算した。単位時間については

$$\Delta(\Delta R) = \omega(\tau) (\overline{\sin \xi}^{\omega(\tau)}) \frac{\sigma}{\pi} (\overline{T}_b^4 - \overline{T}_r^4) \quad \dots (1)$$

$$\Delta(\Delta I) = \omega(\tau) (\overline{\sin \xi}^{\omega(\tau)}) \frac{1}{\pi} (cf - \kappa) \overline{I} (1-a) \quad \dots (2)$$

であるが、1日当りの量としてこれらに融雪時間(通常 08-17時の9時間)を掛けた。式(1)の $\overline{T}_b$ と $\overline{T}_r$ はそれぞれ柱の面の温度(°K)および上空の大気放射の温度(°K)である。 σ は Stefan-Boltzmann 定数 ($5.670 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$) である。式(2)の I は水平面全天日射量、 a は雪のAlbedo、 κ は I の中の散乱光の割合、 f は柱の反射率、 c は任意係数 (0.5 ~ 1.0) で、小島他(1976)の実験結果を参考にして決めた。計算の対象とした雪尺は、(A) $5 \times 5 \times 100 \text{ cm}$ と (B) $2.4 \times 2.4 \times 100 \text{ cm}$ の2種類で、全面白色で細い目盛つきである。柱の温度は上下には一様としたが、日が当る時は南北面、AとBそれぞれ異なり、曇天下ではこれらは同じ(08-17時平均8℃、夜間17~02時平均5℃等)とした。柱Aの南面平均温度を $\overline{T}_b$ (SA)のように表すと、晴では $\overline{T}_b$ (SA) = 12℃、 $\overline{T}_b$ (NA) = 10℃、 $\overline{T}_b$ (SB) = 11.3℃、 $\overline{T}_b$ (NB) = 9.8℃、 $\overline{T}_r = -12.8^\circ\text{C}$ 、 $\overline{I} = 450 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $\kappa = 0.28$ 、 $f = 0.65$ 、 $c(S) = 1.0$ 、 $c(N) = 0.64$ 、 $a = 0.65 \rightarrow 0.62$ 、雪密度 $350 \rightarrow 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、とした。曇では、 $\overline{T}_b$ は上記の通りで、 $\overline{I} = 200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $\kappa = 0.56$ 、 $c = 0.7$ とした。計算は6日間にわたる凹みの南北断面の形の変化を追うように進めたが、天気は(記号で)① | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ① のように変化させた。縦の線はその時点で凹みの断面を求めて、各 x_n 地点での傾き θ_n を求め、次の日の放射収支増の垂直成分 (ΔQ_R) $_{Nn}$ から垂直融雪深 (Δz) $_{Nn}$ を計算し、さらに、鉛直融雪深 (Δz) $_{Vn}$ に変換して前日の深さに加えるという手順を繰返した。融雪深とは柱の影響による増分の意味である。

(b) 雪面の南北傾きによる日射吸収量の増減 傾き i の南北斜面での直達日射フラックス F_s は、時角を h として、

$$F_s = F_0 \{ \sin \psi^* \sin \delta + \cos \psi^* \cos \delta \cosh \} \quad \dots (3)$$

$$\sin \psi^* = \sin \psi \cos i - \cos \psi \sin i, \quad \cos \psi^* = \sin \psi \sin i + \cos \psi \cos i$$

で表される (Zdunkowski et al., 1980)。 F_0 は入射方向に垂直な単位面積が単位時間に受ける直達日射量(上の式では h によらず一定)、 δ は太陽赤緯、 ψ は緯度である。 i は南下りで正、北下りで負とする。札幌の融雪期として時期を春分とすると $\delta = 0$ であるから、式(3)は

$$F_s = F_0 \cos \psi^* \cosh \quad \dots (4) \quad \text{となり、水平面では } F_{HR} = F_0 \cos \psi \cosh \quad \dots (4a)$$

$$\text{となるから、斜面と水平面との差 } \Delta F_s \text{ は、} \Delta F_s = F_0 (\cos \psi^* - \cos \psi) \cosh \quad \dots (5)$$

である。札幌の春分に近い快晴の日に観測された水平面全天日射量から F_0 を逆算すると一定にはならない。これを $F'_0(h)$ として時角 $h_1 \sim h_2$ の平均を ${}^{h_1} \overline{F'_0}^{h_2}$ で表すと、 ΔF_s の h_1 から h_2 までの時間積分は

$$\int_{h_1}^{h_2} (\Delta F_s) dh = {}^{h_1} \overline{F'_0}^{h_2} (\cos \psi^* - \cos \psi) \int_{h_1}^{h_2} \cosh dh = {}^{h_1} \overline{F'_0}^{h_2} (\cos \psi^* - \cos \psi) (\sinh h_2 - \sinh h_1) \quad \dots (6)$$

凹みの斜面の雪が吸収する直達日射量の水平面からの増分は (F'_0 の時間単位を hr として)、

$$(\Delta(\Delta I))_{SL} = {}^{h_1} \overline{F'_0}^{h_2} (\cos \psi^* - \cos \psi) (\sinh h_2 - \sinh h_1) (12/\pi) (1-a) \quad \dots (7)$$

3. 計算結果 (a) 雪尺による放射収支増の水平分布、柱の太さによる差異の例

第1日(晴)の08-17hの雪尺の南北それぞれ25cmまでの間の雪面(水平)での放射収支増 $\Delta Q_R = \Delta(\Delta R) + (\Delta(\Delta I))_{SH}$ を式(1), (2)で計算した結果を図2に示した。これに起因する凹みの深さは ΔQ_R に比例するので、熱量の正を下向きにとってある。曲線は融雪凹みの初期に特有な形を表している。曲線Aは5cm角、Bは2.4cm角の雪尺についてのものである。

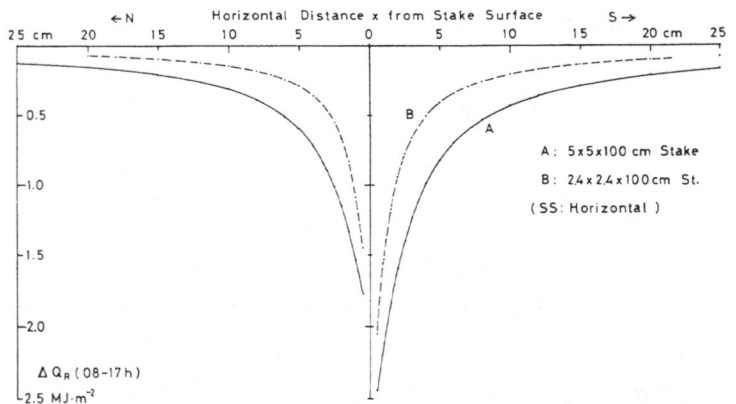


図2 第1日(晴天、雪面水平)の雪尺の南北25cmの放射収支増分布
Aは5cm角、Bは2.4cm角、高さは何れも1m、白色塗装、細い目盛つき。
計算に用いた柱の温度、日射量等の数値は本文参照(柱の影の影響省く)

(b) 晴と曇の日の放射収支増の内訳

雪尺の存在による放射収支増を、式(1)による長波長放射収支増と式(2)による短波長放射収支増とにわけ、晴天の場合を図3(a)に、曇天の場合を同図3(b)に、柱の南北20cmのそれぞれの分布を示した。曲線の傍らに ΔR と ΔI とあるのは正しくは $\Delta(\Delta R)$ 、 $\Delta(\Delta I)$ である。融雪時間は同図(b)の ΔR (24h)と印した破線以外は皆1日9時間である。図の負側に記入した×印を点線で結んだグラフは柱の影による直達日射損失である。負の絶対値が大きすぎて、柱の北には凹みができない勘定となる。そこで、初日は北側(x軸沿いに)は雪面は水平のままとし、第2~5日はすべて曇とした。そして、融雪時間は第2、3日は08-17時、第4日は08-02時、第5日は08-08時(24時間)とした。図2(b)の $\Delta(\Delta I)$ は負である。曇では柱による反射より柱で遮られる天空散乱光が優るためである(式(2)の $(cf - \kappa) < 0$)。曇天の昼間だけの ΔQ_R は小さいが、夜間も融け続けるとかなりの量となる。

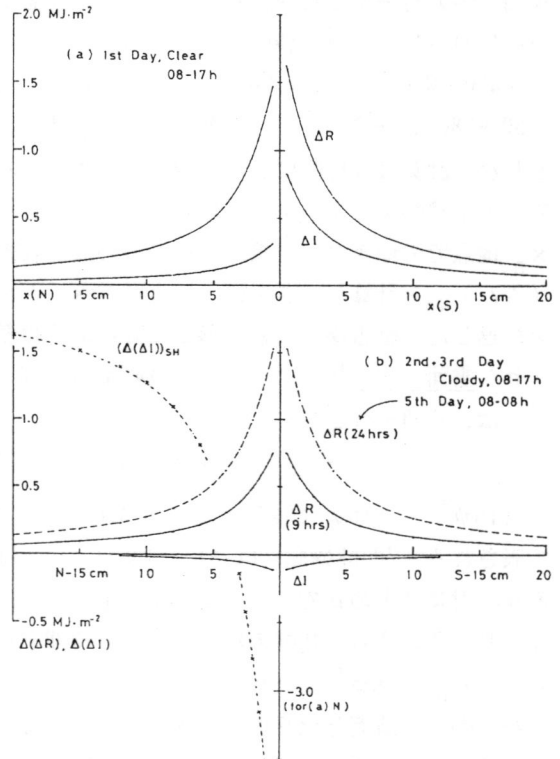


図3 (a) 第1日(晴、水平)の雪尺の南北20cmの放射収支増内訳。曲線 ΔR : 長波長放射収支増、 ΔI : 短波長放射収支増、点線 $(\Delta \Delta I)_{SH}$: 柱の影による直達日射損失
(b) 第2、3日(曇天)の長波長および短波長放射収支増。曇天では短波長成分が負(収支減)、破線 $R(24hr)$ は第5日(曇天、08-08h融雪)の長波長放射収支増24時間分の分布

(c) 斜面の日射吸収増(減)

を含む第6日、晴の場合

第5日の曇天下の融雪後の凹みの南北断面の形を図5の曲線4で示した。柱の北側の凹みは南側よりはるかに浅い。この雪面の傾斜を考慮して、第6日の放射収支増(減)の垂直成分を求めた。図4の曲線R、Iはそれぞれ $\Delta(\Delta R)$ および

$(\Delta(\Delta I))_{SI}$ の南北水平分布で、I'は式(7)による斜面であるための日射吸収増(北側)および減(南側)を示す。北側は柱の影となる時間を除いたので、雪面の傾きとの兼ねいで途中に極大を持つ分布となる。一方南側

は $x < 4$ cmでは傾きが急過ぎて日が当たらない。これより南へ遠ざかるにつれて、水平との差が小さくなる。これら3種の放射収支増の和 ΔQ_R の分布が白丸印を結ぶ曲線である。その南北関係が前日までと逆転して、北側で大きくなった。南側の柱の近くで ΔQ_R が急増しているが、これは柱の温度が下まで一様とした無理な仮定にも起因する。図5の柱の南北の凹みの断面図に5と印をつけた破線が第6日の融雪後の凹みの形の計算結果である。前報(小島、1991)にも示した凹みの断面の南北の違いの特徴(測定結果)をよく再現している。

4. おわりに

凹みの成因は放射収支増だけではない。風による顕熱伝達増もあり、また、雪が積る時の風向の偏りによる風下の凹みが、その後の融雪凹みにいつまでも跡を残す。融雪凹みに関するこれまでの研究発表に対して多くの方から頂いたご意見、特に北見工業大学高橋修平教授からの数々の貴重な助言に感謝したい。

文 献

小島賢治・油川英明・石川信敬・高橋修平・久保田裕士、1976：建造物、障壁等の付近における融雪量の分布と熱収支。低温科学、A43、111-121。

小島賢治、1991：雪尺・樹木等の周りの融雪凹みの成因について。北海道の雪氷、10、58-61。

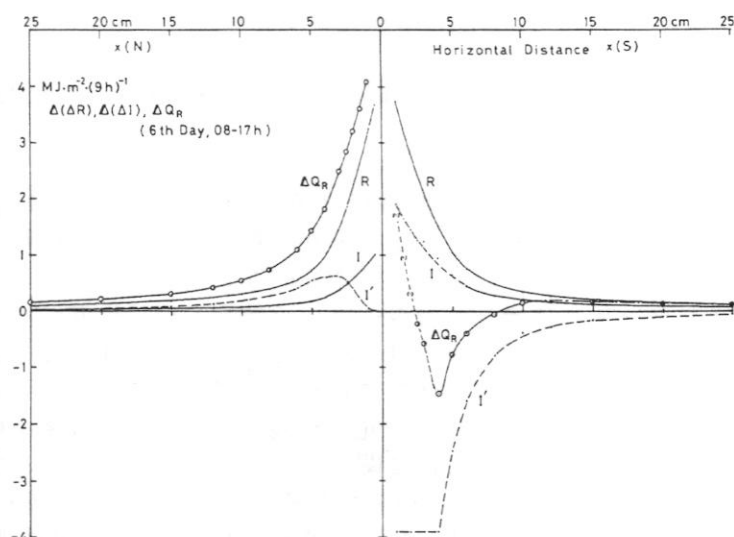


図4 第6日(晴、08-17h)の柱の南北の放射収支増(減)分布。
曲線 R: 長波長放射収支増、I: 短波長放射収支増(柱自身による)、
I': 凹みの雪面が南(北)に傾いているための直達日射吸収増(減)
の分布、 ΔQ_R : 3者の合計による放射収支増(減)の分布

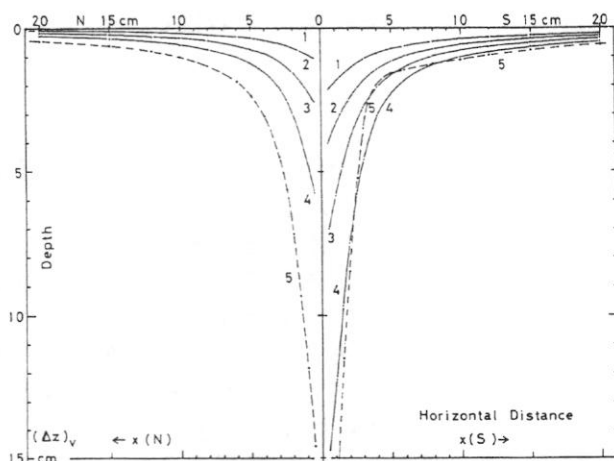


図5 第1日、第3日、～第6日の融雪後の凹みの南北断面計算結果。第1日の北側は水平のままとし、第6日(曲線5)は、曲線4の雪面の傾きと図4の放射収支により計算した。

氷の3次元粒度解析

○西田 顕郎、 秋田谷 英次 (北大低温研)

1. はじめに

通常、多結晶氷の粒度解析は薄片や断面による2次元的な観察によってなされる。平均粒径などはそれで事足りるが、粒径の分布や配位数など、すこし構造に立ち入ったデータが欲しくなると、3次元的な観察が必要になる。また、2次元的な観察による粒度解析はステレオロジーという数学的理論に基づくが、それには構造に関する大胆な仮定、例えば、等方性、形状の一樣性などが必要である。いつも薄片で見ているコアの氷結晶粒子が立体的にどういう形をしているのか見てみたいという素朴な興味もあって、多結晶氷の3次元的な観察のための実験系を作ってみたので、その紹介をする。ここでは主に方法に関して発表する。具体例として南極みずほコアについて解析した結果も述べるが、得られた統計データについてはまだ検討を要することが多い。

原理的には断面を狭い間隔で積み重ねれば3次元的な粒子像を描くことができる。実際、そうやって結晶粒子の3次元的な形状を調べた例は既にある。その中で、この方法の特徴は、多数の粒子を同時に処理するため、統計的な解析が可能であること、断面間隔が0.1mmなのでサブミリメートル程度の細かい観察ができること、体積や重心位置などの定量的な議論が容易であることなどである。今までは、断面間隔がせいぜい5mm程度で、少数の特定粒子に着目し、その形状に関する議論が主であった。

2. 観察方法 (図1)

ミクロトーム台にカメラと照明系を固定し、視野を変えずに氷を0.1mm間隔で削り、写真を撮っていく。照明はハーフミラーによる垂直落射照明で、ハーフミラーは通常の板ガラスで代用している。

氷をミクロトームで削った直後は荒れた像しか得られず、表面を処理して結晶粒界を可視化する必要がある。ここではごくわずかにエタノールでしめったティッシュペーパーで表面を拭いた。するとすぐに結晶粒界が見える。この処理方法には、気泡の部分を腐食しすぎてしまうという難点があり、それを補正するために、処理前の写真も撮っておく。この方法で得られた結晶粒界像と、同じ部分の薄片偏光像を比較したところ、不一致は認められなかったが、このことはもう少し入念な検討が必要である。

写真からOHPシートに粒界をトレースし直し、同時に気泡部分を補正する。このトレース作業に最も手間がかかる。これをイメージスキャナによってパソコンに取り込む(図2)。取り込んだ画像を処理し、それぞれの粒子を認識し、重ね合わせる。こうして結晶粒子が計算機上で3次元的に再構成される。

3. 結果

結晶粒子の立体像の1例を掲げる(図3; 1つの粒子を4方向から見たもの)。

試料はみずほコア90m、視野は15mm×15mm×8.5mm、粒子数254、うち視野の中に完全に入っている85粒子に関して解析した。この85粒子は視野の体積のうち16%しか占めておらず、大きい粒子に対してこの視野が十分でないことは明かである。その意味で、

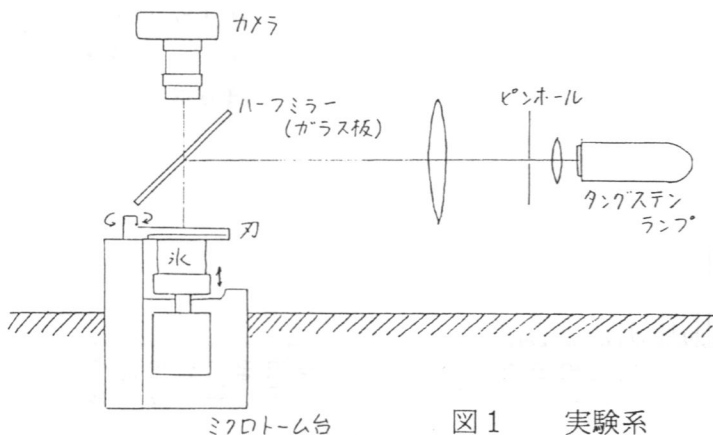


図1 実験系

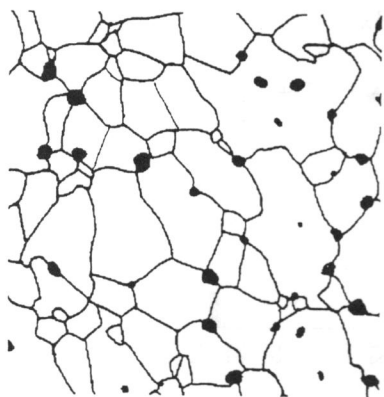


図2 断面像をパソコンに取り込んだところ

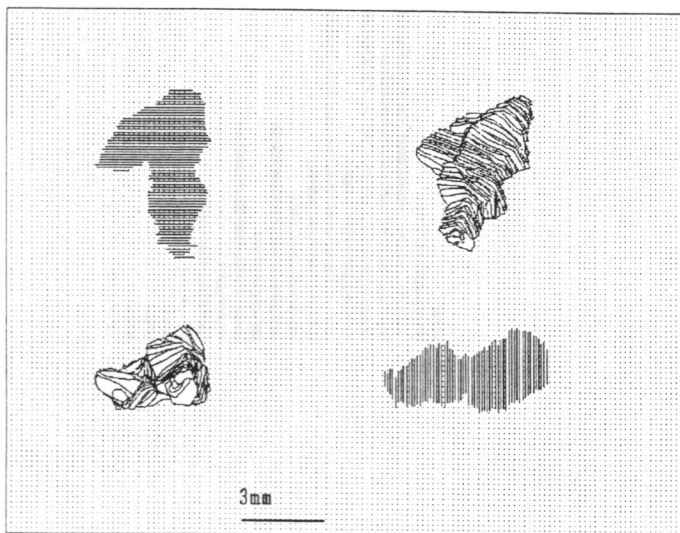


図3 みずほコア90m深の結晶粒の例
(1つの粒子を4方向から見たもの
体積 16mm^3 、配位数20)

このデータはサンプリングの一様性が崩れており、体積の小さい粒子についてのみ参考にして頂きたい。

体積分布は、小さい粒子ほど多く大きい粒子も無視できないという非常にブロードな構造であることがわかる(図4)。粒子の配位数は平均8.3だが、これは大きい粒子のサンプリングが少ない結果であり、実際はもっと多いと思われる(図5)。大きい粒子ほど配位数が多いことがわかる(図6)。このグラフ(図6)はサンプリングの一様性には無関係なので、標本数は小さいけれど、信頼できると考えている。

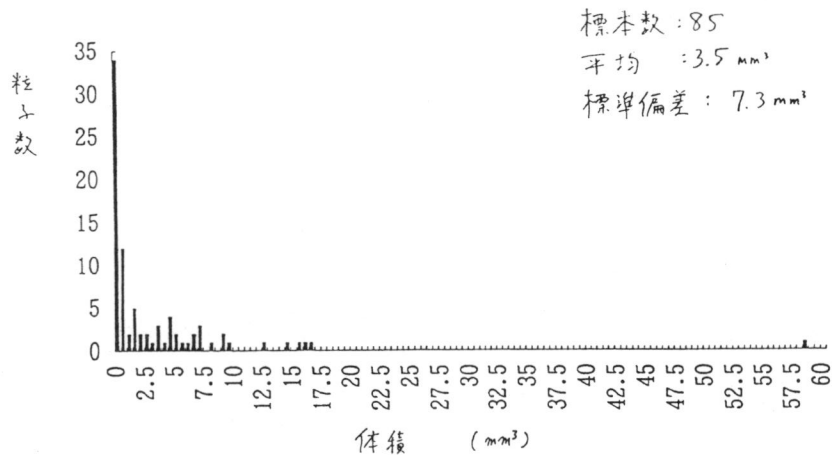


図4 結晶粒の体積分布

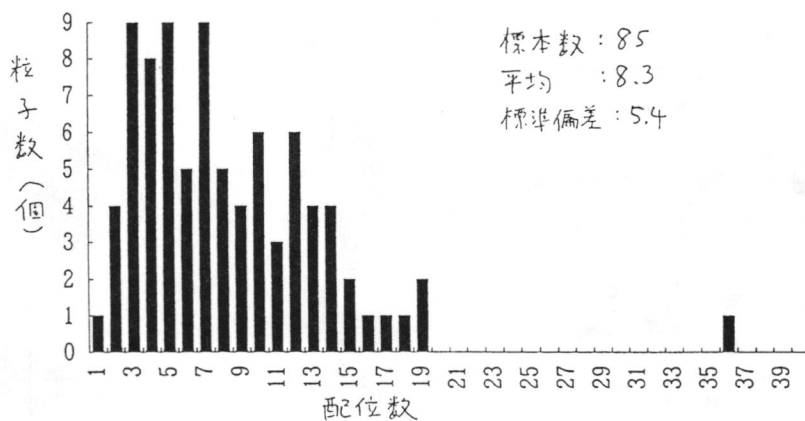
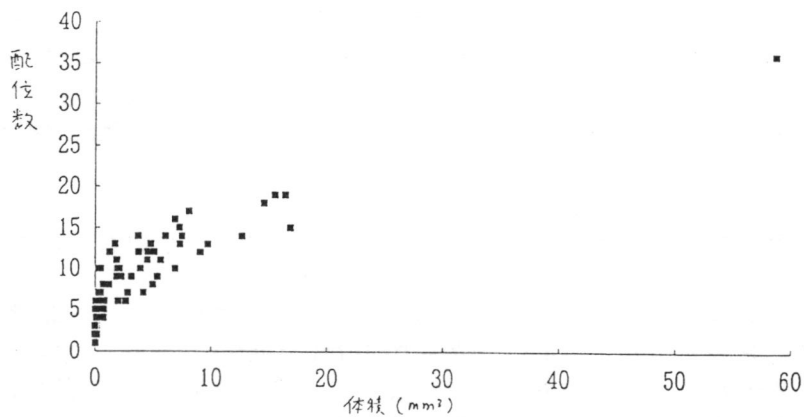


図5 粒子の配位数の分布



吹雪時に形成された積雪層構造の観測

・八久保 晶弘 (北大低温研)

新積雪層の物理的性質(密度・硬度など)は、降雪粒子の形状・粒度分布や気象要素に依存している。物理的性質がそれぞれの要素にどれだけ依存するかを調べることは、積雪の変態過程の研究において初期条件を与えるという点で重要である。今回は風が新積雪層の形成に及ぼす効果に注目してみた。

積雪断面にインクを散布すると、層構造を反映した濃淡の縞模様が現われる。これは、インクが相対的に毛管力の働く、より密な層でトラップされるためである。特に、吹雪時などに形成される風成雪の部分では、インクの縞模様の間隔が密(数mm間隔)になることから、層構造が細かいことがうかがえる。筆者は前述のインクを散布する手法を用いて風成雪の形成過程を観測し、層構造の成因について興味深い結果を得たので報告する。

観測

1993年3月17日に間寒別の北大手塩地方演習林内にある北大低温研の雪崩観測所にて、風成雪の形成過程の観測を行なった。この日は1日中吹雪で、北東の風が卓越し平均風速は約7m/sであった。

観測は東西に延びる稜線の南斜面(堆積斜面)側の、稜線上にある観測所から数mの地点で行なった。

観測方法は以下の通りである(図1参照)。

①雪面に青インクを散布する。

②1分おきに小箱を雪面に差していき、同時に観測所における風向と風速を30秒おきに記録する。

③小箱の中の積雪を取りだし、断面に赤インクを散布する。

④それぞれの小箱について、差した時の時刻、積雪深の変化、赤インクで染まった層の位置、並びに表面の雪質・粒径を記録する。

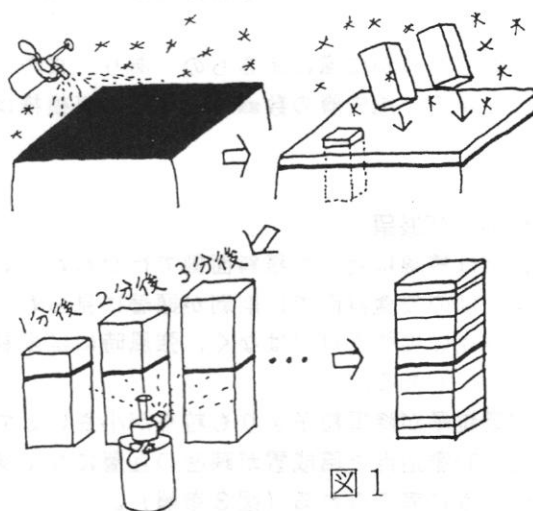
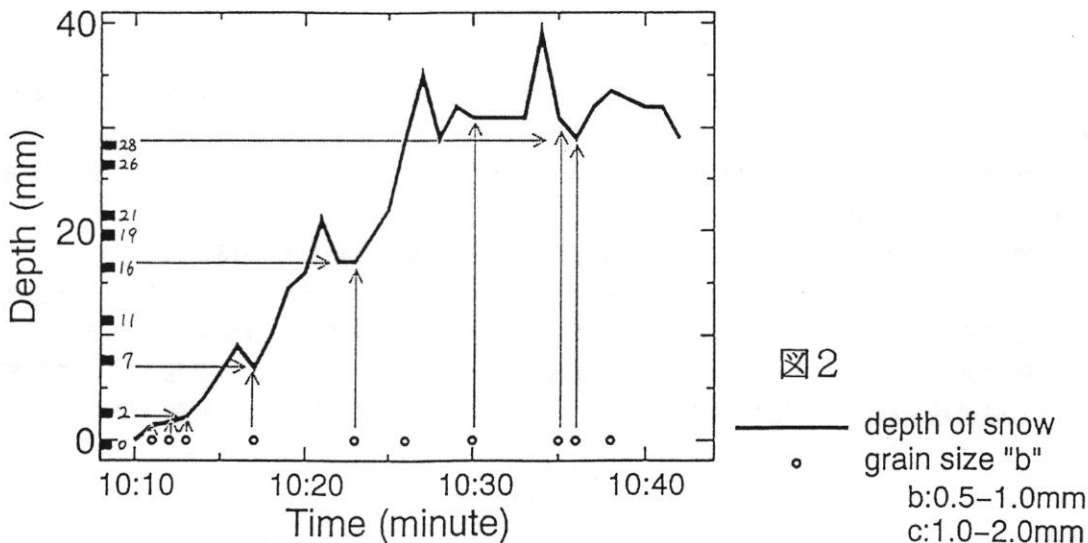


図1

Snow depth variation at Toikanbetsu

3/17 10:10-10:42



結果

積雪深の変化グラフを図2に示す。積雪深は観測開始時を基準にとった。グラフの○印は、試料の表面の粒径が0.5~1.0mm（目測による）の範囲内にあり、比較的細かいと判断した所である。また、縦軸に試料がインクで染まった層を書き入れた。以下にグラフから得られたことをまとめると、

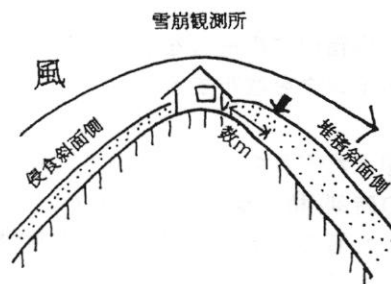
- ①約30分間で3cmほど積もったが、所々に削剥が起こったことを表わす減少部分がある。
- ②削剥された直後の雪面は粒径が小さいことが分かる（縦矢印）。
- ③インクの染まった層は削剥直後に形成されていることが分かる（横矢印）。

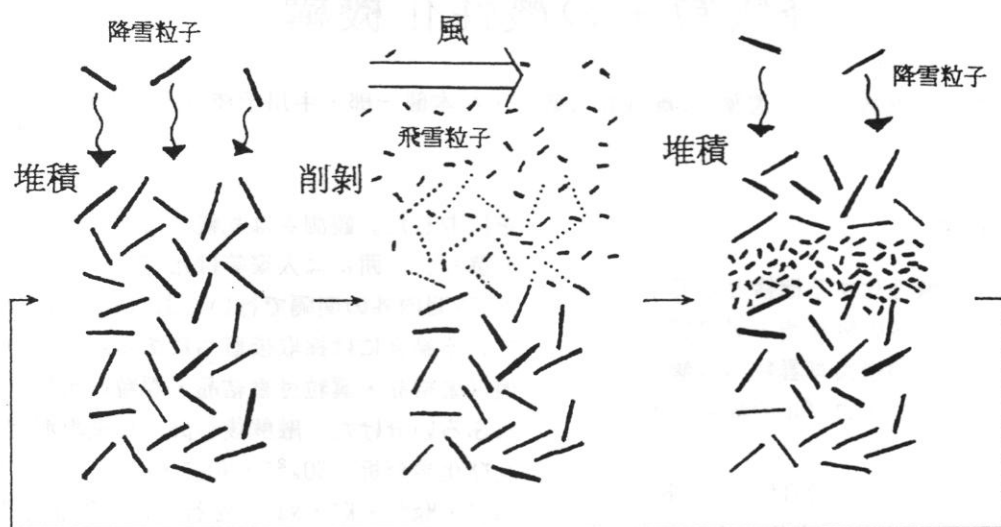
削剥は明らかに風によるものであり、またインクで染まる層は空隙の径が小さい層であることから、風成層の数mmオーダーの縞模様は風が関与していると考えられる。

考察および展望

観測は稜線に近い堆積斜面側で行なわれた。しかし、すぐ北側の侵食斜面では削剥が顕著に見られ、よって観測地点は堆積だけではなく、強風時には削剥されやすい所でもある。

飛雪粒子が降雪粒子よりも粒径が小さいとすれば、今回の観測地点で風成雪が疎密の互層になる機構は次のように考えられる（図3参照）。





①弱風時、降雪粒子が堆積する。

図3

②強風時、堆積した降雪粒子が風に飛ばされたり、あるいは飛来する飛雪粒子による研磨作用で表面の降雪粒子が削られて、雪面は削剥される。

③風が弱くなると飛雪粒子は堆積し、粒径の小さな層を形成する → ①へ繰り返す

しかし、侵食斜面では堆積より削剥が卓越する所もあり、また堆積斜面でも稜線からかなり離れた所では削剥を受けにくいと考えられるので、場所によって風成雪の縞模様の形成機構は異なるだろう。よって今後の観測では、飛雪粒子の動向を探るためにも、両斜面の数ヶ所での同時観測が望まれる。

密な層を作る本質的な原因は削剥による研磨作用ではなく、恐らく削剥直後の細かな飛雪粒子の堆積であると考えられる。グラフではインクの滞水層の形成時刻が削剥と合わない所もある。このことは、ある時刻の試料採取から次の採取までの間（1分）に観測されなかった削剥が有ったとするよりも、削剥するには至らないが飛雪粒子を運搬し堆積させるだけの風が有ったとする方が妥当であろう。

以上のことから、インクの滞水層が形成された時刻の風速は大きく、削剥時の風速は特に大きいことが期待される。今回の観測では風向と風速を同時に記録したが、30秒おきの瞬間値の測定では風の息を捉えるのに無理があり、確かめることができなかった。今後は応答の速いセンサー（例えば超音波風速計）を用いて、アナログで記録することを考えている。

今回の観測では、観測時間（約30分）の間、降雪粒子の粒径・形状や降雪強度が不変であると仮定した。今後の課題として、風と密度の関係を定量的に論じるには降雪粒子の時間変化を考慮しなければならないだろう。

降雪粒子の酸性化機構

高橋 庸哉（北教大）・遠藤 辰雄（北大低）・村本健一郎・中川千枝（金沢大）

1. はじめに

降雪粒子を酸性化する機構としては降雪粒子への酸性ガスの吸着やエアロゾルの捕捉及びRiming前の過冷却雲粒への酸性ガスの吸収・反応やエアロゾルの捕捉が考えられる。

Parungo et al. (1987)はコロラドで雪結晶が降る場合のpHは5.5より大きいことを観測し、氷の結晶格子に異物が極めて入り込みにくい性質のためと考えた。一方、濃密雲粒付雪結晶の場合には5.0より小さく、雪の酸性化は酸性物質を取り込んだ過冷却雲粒の捕捉によると考えられた。Collett et al. (1991)は雲粒捕捉の割合が増加するとイオン濃度が増加することを見いだした。これに対して、雪結晶による酸性ガスの取込みに関する室内実験によって、 SO_2 の取込みは雪結晶の成長時や疑似液体層が存在する0℃付近で著しく、 H_2O_2 の存在で強められることが示された (Mittra et al.; 1990, 1992)。また、 HNO_3 も取込まれやすいことが指摘されている。

本研究の目的は降雪粒子の酸性化機構をその観測から解明しようとするものであり、降雪粒子の成長様式（気相成長及び雲粒捕捉成長）による違いを論ずる。

2. 観測方法

1992年1～2月に石狩湾周辺で降雪雲の発生・発達機構に関する集中観測が行われたが、これに併せて石狩町美登位で降雪粒子

を採取した。観測点は札幌の北北西20kmに位置し、周囲には人家等は殆どない。採取は1時間内外の間隔で行い、あられが含まれている場合には採取後直ちにあられとその他（雪結晶・雲粒付雪結晶・雲粒付雪粒）にふるい分けた。融解後、pH・導電率測定及び化学分析（ SO_4^{2-} ・ NO_3^- ・ Cl^- ・ NH_4^+ ・ Ca^{2+} ・ Mg^{2+} ・ K^+ ・ Na^+ ）を行った。降雪粒子に関しては次の事項を連続的に観測した：

a)降雪粒子の形態； b)降雪粒子の大きさ・落下速度・空間数密度； c)降雪強度。また、レーダ・ソーダや雲粒子ゾンデなどのデータを参照した。

3. 結果と考察

a. 気相成長の場合

図1は雲粒捕捉が殆どない雪結晶・雪片が観測された場合のpH及び含まれる化学成分濃度の時間経過を示したものである。雪結晶形は樹枝雪片や交差角板などであった（図2参照）。雲粒が寄与していない場合でもpH4.0～4.3と強い酸性を呈した。nss- SO_4^{2-} と NO_3^- を比較して、後者の方が多く取り込まれていた。 NH_4^+ が殆ど含まれていないことから、硝酸塩エアロゾルの形で取り込まれるのではなく、 HNO_3 ガスの吸着によると考えられる。しかし、pH値を NO_3^- 濃度だけでは説明できなかった。図3は Cl^-/Na^+ 当量濃度比を示したものである。 Na^+ はすべて海塩起源とすると海水と比べて Cl^- は約3倍となっている。実測のpH値はnss-Cl

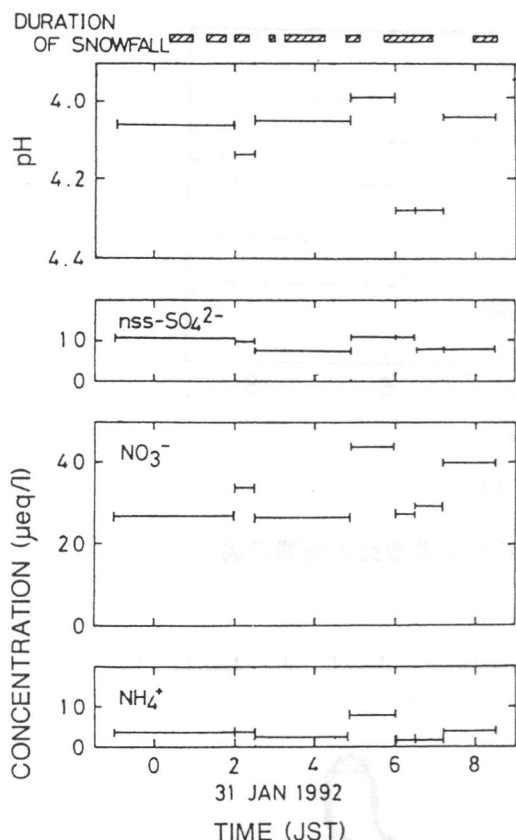


図1 気相成長が卓越した場合のpH及び含まれる化学成分濃度の時間経過

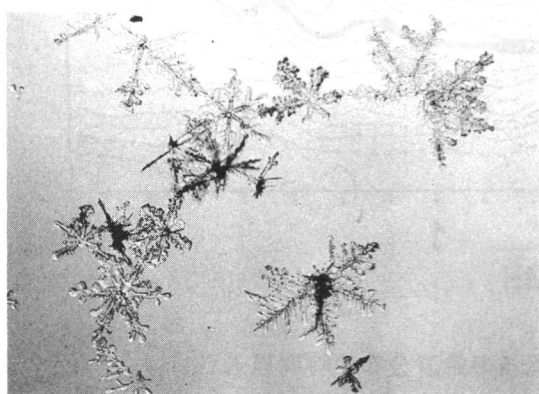
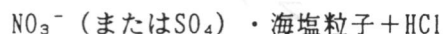
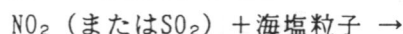


図2 観測された降雪粒子の例（雪片；1月31日08:22）

$^{-1}$ を考慮することによって説明することができた。 nss-Cl^{-1} の起源については次の2つが考えられる：

(1) 海塩粒子が酸性ガスと反応して、塩化水素ガスを放出する場合



(2) 陸上起源（発生源：清掃工場など）

図4はこの時のドップラ・レーダVAD法による水平風速鉛直分布の時間経過を示したものである。下層300m程では陸風（東風）が吹いており、それより上層では北西風が吹いている。清掃工場は南側に存在するが、風上側近傍にはないので(1)の可能性の方が高いと推定される。

b. 雲粒捕捉成長の場合

図5はふるいによりあられとその他に分離した場合のpH及び含まれる化学成分濃度を示したものである。あられの方が強い酸性を示した。しかし、 NO_3 濃度はその他の方が高かった。これは、その他の方が落下速度が遅く、 HNO_3 ガスに晒される時間が長いと考えられる。また、雲粒の寄与がない場合と比較して、 nss-SO_4^{2-} が多く取り込まれていた。この場合に、ドップラ・レーダVAD法で求めた風向の鉛直分布はほぼ北西で、都市汚染物質の影響より汚染物質の長距離輸送の可能性が高い。

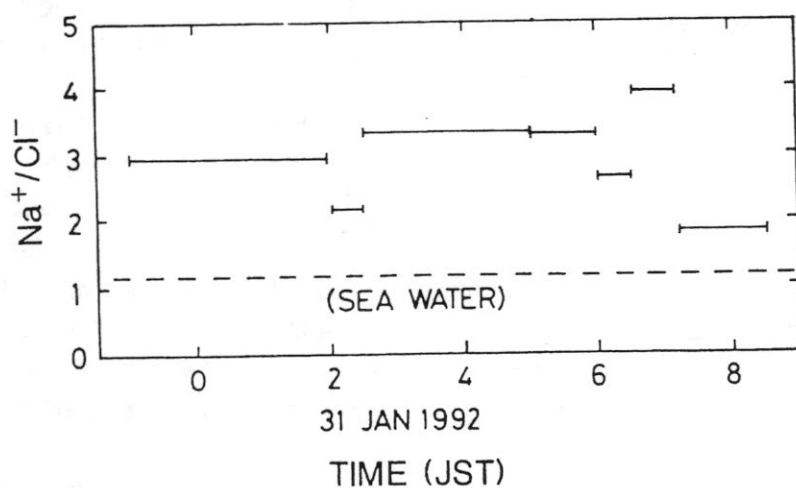


図3 図1と同時刻での $\text{Cl}^{-1}/\text{Na}^{+}$ 当量濃度比の時間経過

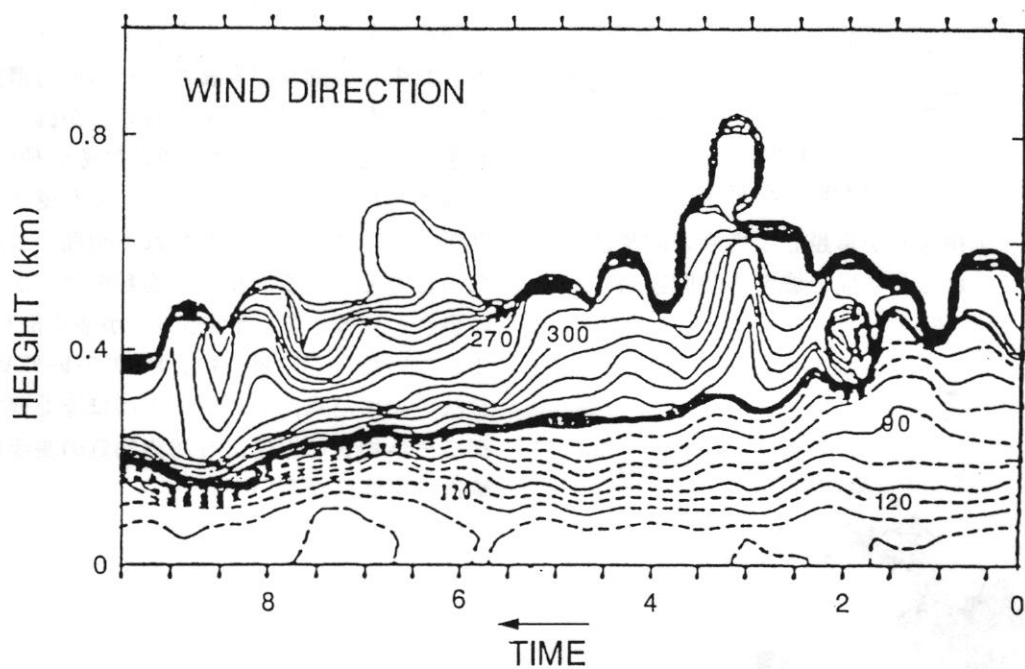


図4 図1と同時刻での水平風速の鉛直分布の時間経過

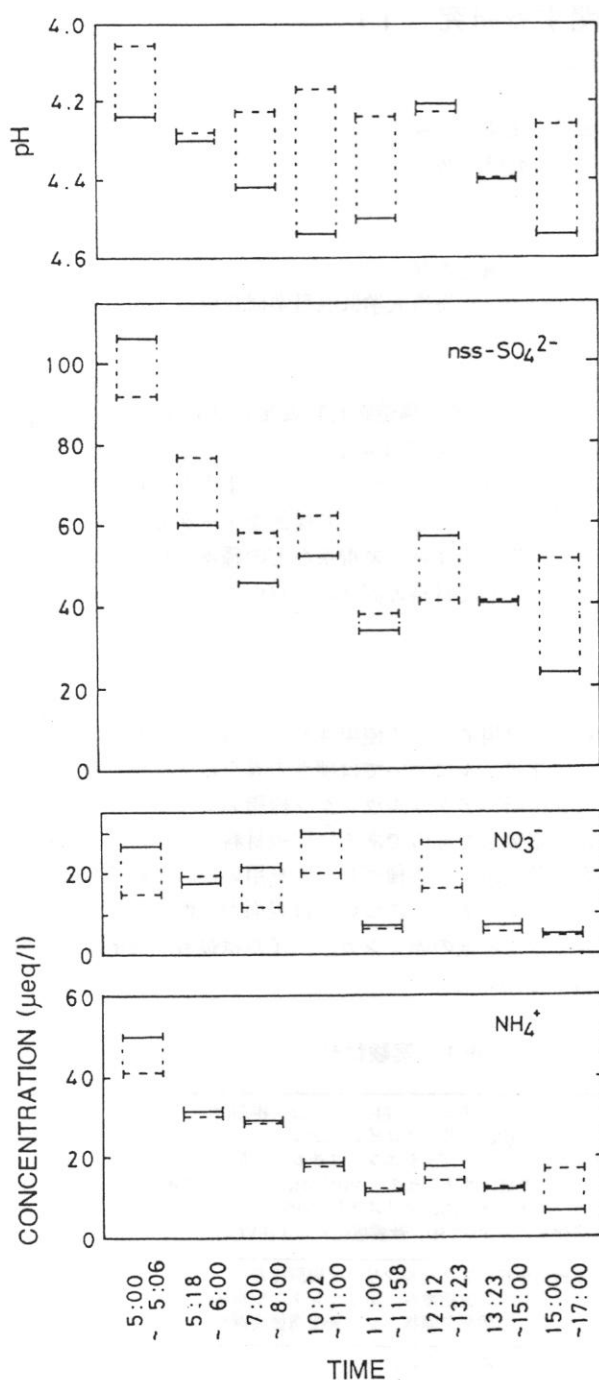


図5 ふるいにより分別されたあられ（点線）とその他（実線）のpH及び含まれる化学成分濃度

4. まとめ

降水の酸性化機構を解明するために、降雪粒子を採取し、pH測定や化学分析を行った。気相成長・雲粒捕捉成長の場合ともpH4.0~4.5程の酸性を示した。気相成長ではNO₃⁻を取込みやすく、雲粒捕捉成長ではSO₄²⁻も取り込まれていた。また、nss-Cl⁻の寄与も無視できない場合があることがわかった。

謝辞： 試料分析では金沢大学環境保全センターの御支援を頂いた。また、レダ解析データは北大・低温研の佐藤晋介・牛山朋来氏に提供頂いた。

着雪氷防止技術に関する研究（１）

－各種材料の着氷力について－

○吉田光則、金野克美（北海道立工業試験場）

山岡 勝（北海道電力（株）総合研究所）

近藤 孝（北海鋼機（株））

浅井規夫（（株）シオン）

佐竹正治（（財）日本気象協会北海道本部）

藤野和夫、堀口 薫、水野悠紀子（北海道大学低温科学研究所）

1. はじめに

材料表面と雪や氷の付着に関しては、湿雪の付着強度⁽¹⁾、海氷と構造物材料表面間の凍着強度⁽²⁾などの研究が行われているが、種々の材料について体系的に検討されたものは少ない。

本報告は、材料表面に凍結した氷の凍着力（以下着氷力とする）について、どのような材料が雪や氷との付着力が大きいか、どのような因子が付着力を小さくするかなどという基礎的なデータを得ることを目的とする。このために各種試験条件の検討および高分子系、金属系、無機系などの種々の材料の着氷力特性を体系的に明らかにして、着氷力に影響を及ぼす因子として材料の固体表面自由エネルギーおよび表面粗さについて検討した。

2. 実験方法

2.1 実験材料

本実験に用いた材料を表1に示した。これらの材料は実用的に広く使用されているものである。プラスチックは12種類で厚さ2mmの板状材料である。塩化ビニルについては硬さの異なる2種類（硬質と軟質）のものをを用いた。フッ素樹脂、アクリルシリコン樹脂、アクリルウレタン樹脂およびポリウレタン樹脂塗料の4種類はアルミニウム板に所定の配合により塗装したものである。屋根材料としては、一般的なポリエステル樹脂系と耐候性の良好なフッ素樹脂系の各色および各種グレードを用いた。金属材料は一般に市販されているもので、アルミニウム、ステンレスおよびチタンについては表面が鏡面仕上げされているもので、鋼は表面が酸化皮膜のものをを用いた。レンガは普通の赤レンガ、タイルは最も一般的な陶器質施釉タイルである。コンクリートは比較的緻密なものをを用いた。

2.2 実験装置および方法

(1) 着氷力測定

着氷力の測定には図1に示す装置を用いた。駆動モーターの回転数を調節することにより、負荷速度をコントロールすることができ、荷重はロードセルにより動ひずみ計を通してレコーダに出力される。仕様としては最低温度-40℃、最大荷重100kgfである。低温槽内部の回転式試料テーブルには試料10枚がセットでき、外部のハンドル操作に

表1 実験材料

高分子材料	プラスチック	テトラフルオールエチレン(PTFE)、シリコン樹脂(SI) ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP) アクリルニトリル-ブタジエンスチレン共重合体(ABS) 6-ナイロン(PA)、ポリアセタール(POM)、アクリル(PMMA) ポリカーボネート(PC)、ポリスチレン(PS) 硬質塩化ビニル(PVC-H)、軟質塩化ビニル(PVC-S)
	塗料等	フッ素樹脂塗料、アクリルシリコン樹脂塗料 アクリルウレタン樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料 ポリエステル樹脂塗装鋼板、フッ素樹脂塗装鋼板
金属材料		アルミニウム（鏡面仕上げ） ステンレス（鏡面仕上げ） チタン（鏡面仕上げ）、鋼（酸化皮膜）
無機材料		ガラス、タイル レンガ コンクリート

より試料を順次送ることができる。本装置はせん断法および引張法の試験が可能であるが、本実験においてはせん断法を中心に行った。

実験手順は、氷作成用のステンレスリング（標準の場合：高さ15mm、直径25.4mm）を試料表面に置き、所定の温度に十分冷却した後、5℃の蒸留水を注ぎ、所定の時間放置して氷を試料表面に凍着させた。その後ステンレスリングにせん断方向より荷重を負荷することにより材料と凍結面をはく離させる。その時の荷重を付着面積（ステンレスリング内面積）で除した値を着氷力(kgf/cm²)とした。

(2) 接触角測定

接触角測定は自動接触角計（協和界面科学株式会社）を用いて行った。固体表面上の液滴をCCDカメラによりコンピュータに取り入れ、画像処理により接触角を測定するもので、正確かつ迅速に測定が可能である。接触角は後述する固体表面自由エネルギーの算出に用いた。

(3) 表面粗さ測定

試料表面の粗さ測定は触針式表面粗さ計（株式会社東京精密製）を用いて、JIS B 0601（表面粗さの定義と表示）に準拠し、10点平均粗さ（ R_z ：μm）を算出した。

3. 結果および考察

3.1 各種材料の着氷力

図2に-10℃における各種材料の着氷力を示した。プラスチックにおいてはポリテトラフルオルエチレン、シリコン樹脂が小さく、アクリル、硬質塩化ビニルが大きな値を示した。硬さの異なる塩化ビニルは硬質に比べ軟質のものが小さい着氷力を示した。塗料についてはフッ素樹脂およびアクリルシリコン樹脂塗料が比較的小さい着氷力を示した。屋根材料においては塗料の種類や一般タイプ（カラー鋼板C）、艶なしタイプ（カラー鋼板D）などの表面状態により、着氷力に大きな差が認められた。これらは表面の粗さが異なるためであり詳細は後述する。無機材料は大きな値を示した。特にレンガおよびコンクリートは表面が多孔質なためアンカー効果により、特に大きな値を示したと考えられる。

3.2 表面エネルギーについて

固体の表面張力すなわち固体表面自由エネルギーはぬれ、吸着、接着などを支配する重要な因子である。そこで固体表面上の液滴の接触角から固体表面自由エネルギーを算出し、その関係を検討した。図3に示すように表面エネルギーが大きいと着氷力も大きくなる傾向が認められた。

3.3 表面粗さについて

同種の塗料を用いた屋根材料、すなわち表面エネルギーがほとんど同じものは、図4に示すように表面粗さが大きいと着氷力が大きくなる傾向が認められた。表面粗さが小さいポリテトラフルオルエチレン（PTFE）、ポリエチレン（PE）、アクリル（PMMA）などのプラスチック材料は表面粗さより表面エネルギーの影響が大きいことが認められた。

4. おわりに

氷の付着は、水分子と固体表面に位置する原子との間に形成される水素結合やファンデルワールス力などによるものである。このため表面エネルギーなどの化学的な因子の影響は大きい。しかし物理的な表面粗さも影響を与えている。実際にはこれらの因子の相互作用により着氷力が生じていると考えられる。

水が凍結して付着した場合、その氷を除去するために必要な力、すなわち着氷力を小さくするには(1)表面エネルギーを小さくすること、(2)表面粗さを小さくすることが必要と考えられる。さらに硬さに関して

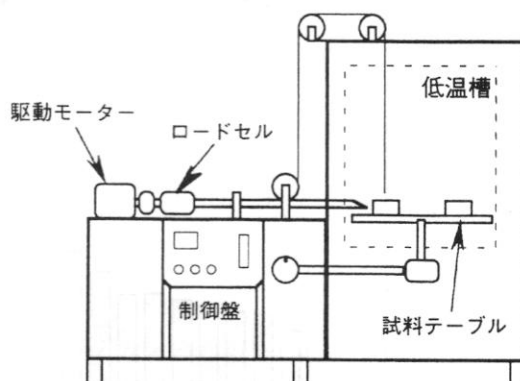


図1 着氷力試験機

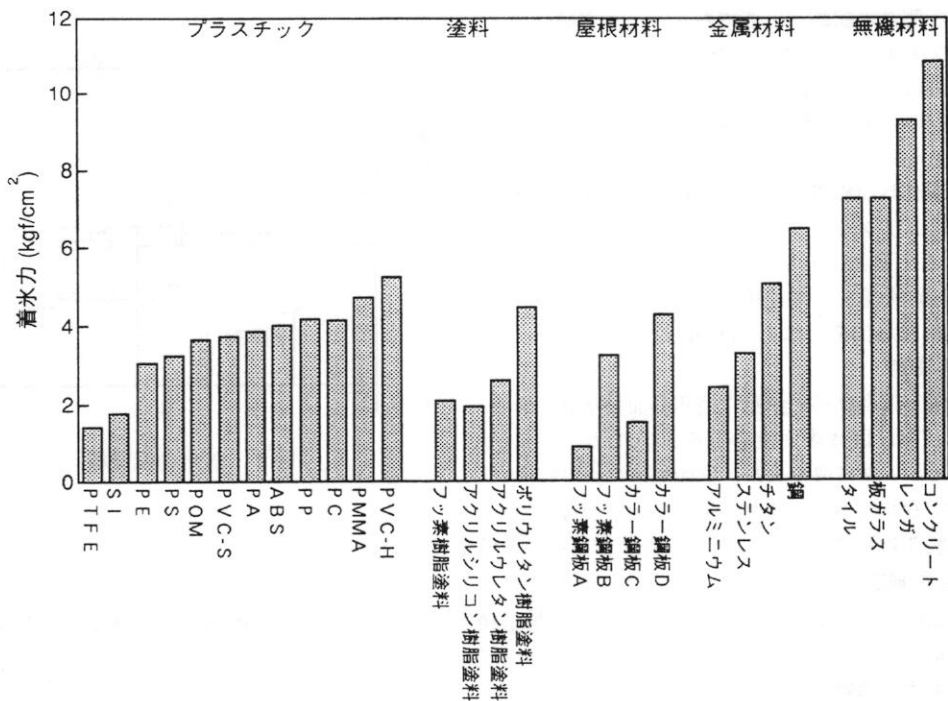


図2 各種材料の着氷力 (-10°C)

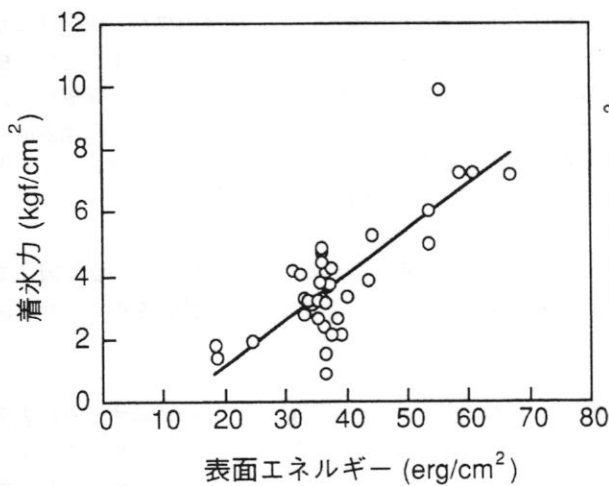


図3 着氷力と表面エネルギーの関係

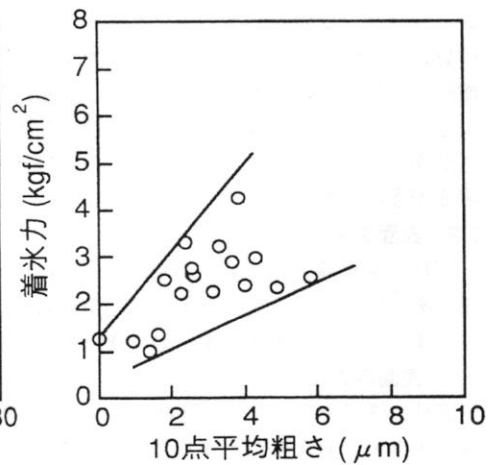


図4 着氷力と平均粗さの関係

は硬質より軟質が小さい着氷力を示した。

なお、本研究は北海道が主宰する産学官共同研究の一環として行われたものである。

参考文献

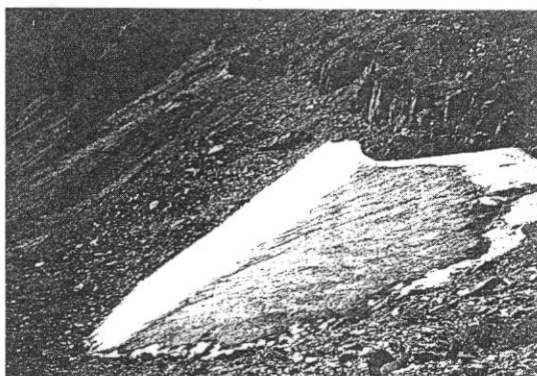
- (1) 水野悠紀子ほか；湿雪の付着強度、低温科学 物理篇、35、133-145 (1977)
- (2) 中澤直樹ほか；海水と構造物材料表面間の凍着強度について、'85寒地技術シンポジウム講演論文集、172-177 (1985)

大雪山「雪壁雪溪」の最近の消長

○ 高橋修平、亀田貴雄、榎本浩之、百武欣二（北見工業大学）

1. はじめに

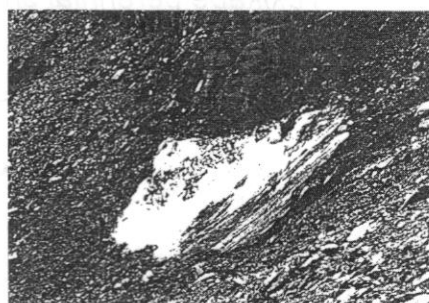
北海道中央部・大雪山系高根ヶ原東斜面に位置する「雪壁雪溪」については、雪溪の雪氷学的調査が、北海道大学低温科学研究所・雪溪研究グループにより1964年から1979年にかけて16年間行われてきたが（木下他, 1965; 若浜他, 1968など）、その後、調査は中断されていた。このように長年にわたり跡調査が行われている雪溪は、他に日本国内では北アルプスの「はまぐり雪」雪溪、内蔵助雪溪などがあるのみで、気候変化指標の一つとして貴重な存在となっている。北見工業大学雪溪研究グループは1989年に雪溪消耗末期における「雪壁雪溪」調査観測を再開したので、これまでの調査報告を行う。



1989年9月29日

2. 調査方法

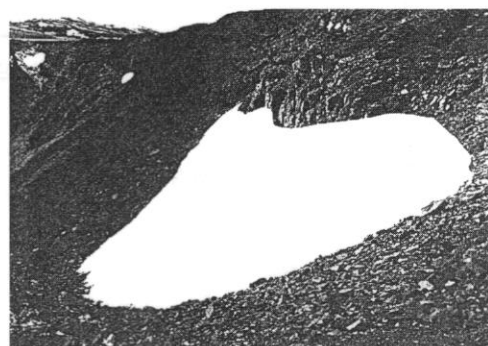
消耗末期の9月末あるいは10月初めに、三脚付きポケットコンパスにより雪溪の簡易測量を行った。雪溪周辺には5点の測量基点が設けられており、その基点から雪溪周囲の主要点を最寄りの基点からの磁方位（読み取り精度 1° ）および距離（読み取り精度0.1m）を測定することにより、雪溪の周囲形状を測量した。また、雪溪縦断面図を得るために、上部のNo. 1基点から最大傾斜方向の1直線上の雪溪表面高測定を行った。



1991年9月30日

3. 調査結果

図1に1989年および1992年の雪溪の状況写真、図2に1989年から1992年にかけての各年の雪溪形状平面図を示す。雪溪規模は1989年から3年間は減り続け1991年は、ほぼ消失に近い状態まで縮小したが、1992年はかなり大きい規模に回復した。



1992年9月28日

図1. 大雪山「雪壁雪溪」

Yukikabe perennial snow patch in Mt.Daisetsu, Hokkaido

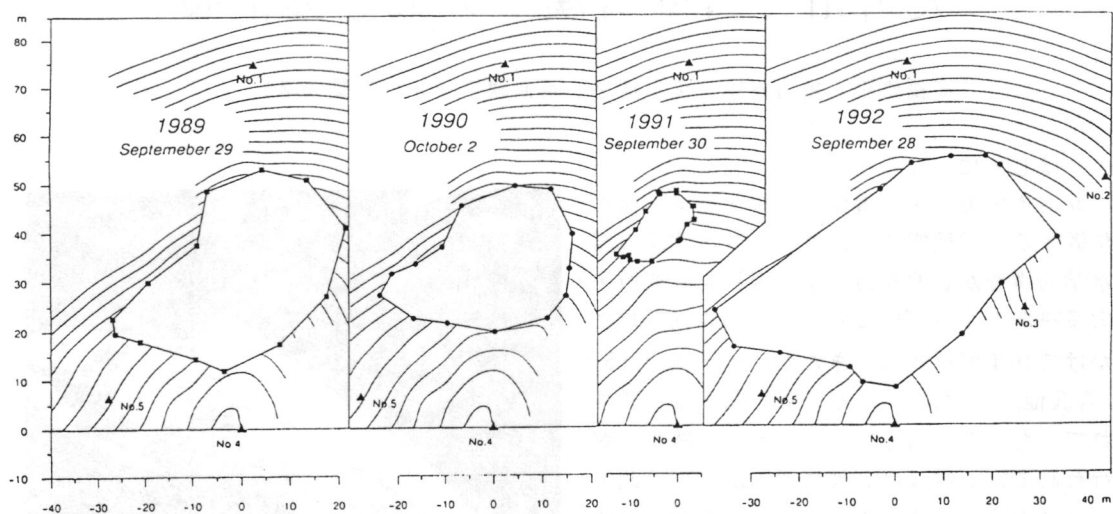


図 2. 「雪壁雪溪」消耗末期の平面図 (1989年～1992年)

Yukikabe perennial snow patch in Mt. Daisetsu, Hokkaido
1964 - 1979, 1989 - 1992

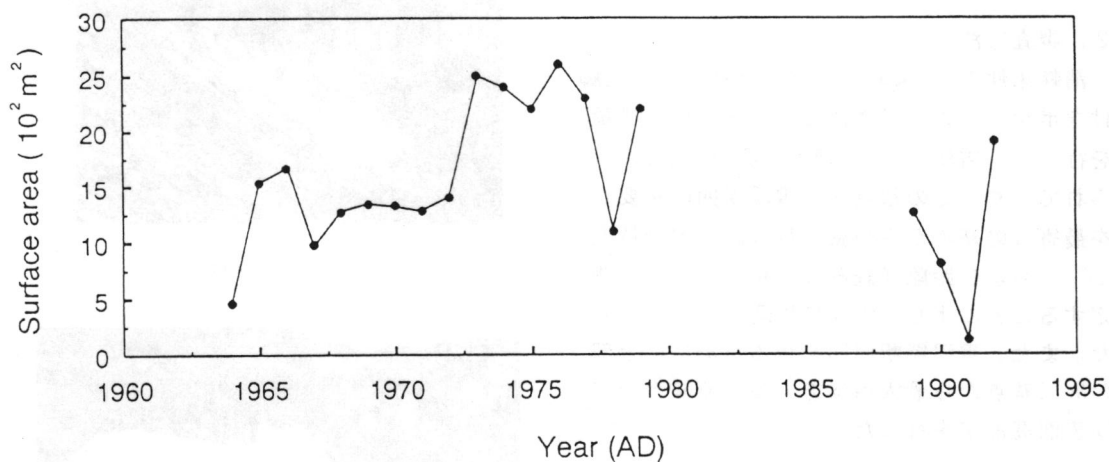


図 3. 「雪壁雪溪」の消耗末期面積の年変動

図3に1964年以來の「雪壁雪溪」の面積の年々変動を示す。ただし、それぞれの観測時期は9月初めの場合もあって、まちまちであるので、雪溪規模と積算温度の関係（成瀬他、1972）から、消耗末期の値に補正してある。途中、観測空白期間はあるが、規模が大きかったのは1973年から1977年、1979年および今回の1992年はそれに匹敵する大きさとなった。

4. 雪溪規模変動の原因

今回の観測結果における特徴の一つは1991年にほとんど雪溪が消滅し、1992年には非常に大きくなったことである。この原因について考察する。

雪溪規模の消長原因は大きく分けると、涵養量変化による場合と消耗量変化による場合が考えられる。雪溪涵養量は一般には冬期間降雪量に依存するが、雪壁雪溪の場合、地形から高根が原の吹きだまり型涵養であると考えられ、冬期の積雪状況は、雪溪上部斜面は高根ヶ原の台地平面とほぼ同じ高さで張りだしているとの報告もあり、消耗初期の雪溪高さは、ほぼ一定と考えることが出来る。すると雪溪規模変動の主原因は消耗期にあることになり、佐藤他（1981）は雪溪規模変動の主原因は夏期の気温変動による消耗量変化と雪溪規模の関連を求めている。

そこで気温との関連を調べるために、最寄りの気象官署である旭川の気温から、気温遞減率 $-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ として雪壁雪溪の標高での気温を推定した。そのとき月平均気温が正となるのは5月から9月であるので、この期間が消耗期間であると考えて5月～9月の夏期平均気温を求め、その経年変化を図4に示す。雪溪規模が最小となった1991年に夏期気温が特に高いということはなく、この4年間で一番高いのは1990年であった。

図5には、雪溪平面積と夏期平均気温との関係を示す。気温が高いとき融解が促進されるとすれば、表面積は気温は逆相関をもつこ

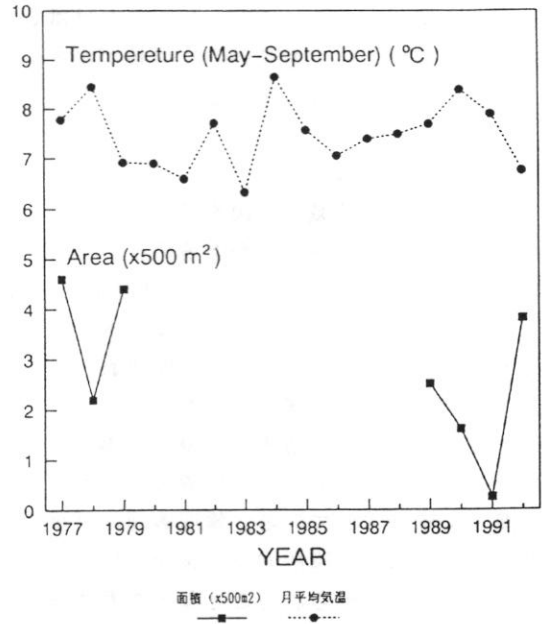


図4. 夏期平均気温（5月～9月）と雪溪面積の変化

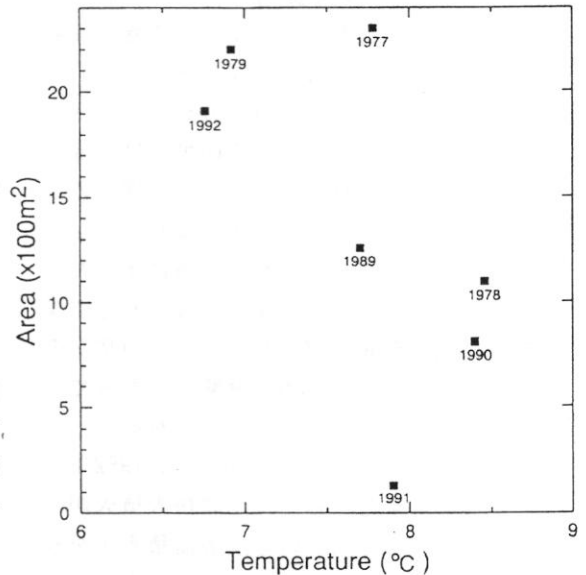


図5. 雪溪面積と夏期平均気温の相関

とになる。1978～1992年の間の関係によれば、逆相関の関係がみられるが、1991年だけは、気温がそれほど高くもないのに面積が小さく、これらの関係から外れている。

5. 火山灰の影響

1991年の雪渓消滅の原因を考えると、その他の原因として可能性があるのは、1988年12月から1989年3月にかけての十勝岳噴火による火山灰降灰である。図1の雪渓状況写真からわかるように、1989年は表面が汚れているが、1992年は汚れは無く、きれいである。この十勝岳の噴火による火山灰降灰の事実は、「雪壁雪渓」南方約10kmに位置するヒサゴ沼雪渓でも確認されている。雪渓表面には積雪期における直接の降灰および後から融雪期に火山灰が吹き寄せられることなどが考えられるが、いずれにせよ1991年までは、雪渓消耗期に古い積雪層が現れると表面は非常に黒く汚れた状態になっていた。

この表面汚れにより、アルベードが減少し日射吸収が促進されたとすると、1991年にいたる消滅まで、消耗が進行したことが説明できる。高橋他(1981)の雪壁雪渓に熱収支計算を応用すると、仮に、アルベードが0.5から0.2に半減したとすると約 $50\text{W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{day}^{-1}$ の吸収熱量増加が見込まれる。この増加は気温と融解量の関係に換算するとき、約1度 $^{\circ}\text{C}$ の温度上昇に相当する。この効果により1989年から1991年は消耗が促進されて消滅に至ったと考えられる。また、1992年は、ほとんど雪渓が無い状態から涵養が行われ、一冬の積雪のみで堆積が行われたため、融解期になってもきれいなままで存在したと考えられる。

この考えを過去にさかのぼると、1962年7月に大きな災害をもたらした十勝岳大噴火が注目される。そして図3の雪渓表面積変化をみると、観測開始をした1964年にほとんど雪渓は消滅している。この前後の気象条件をさらに詳しく調べる必要があるが、1962年の噴火

後におけるこの雪渓消滅は、火山灰の融雪促進効果が十分考えられ、今回の1991年雪渓消滅の状況とよく一致していると言える。

文 献

- 木下誠一他, 1965: 大雪山の雪渓調査(第1年度). 低温科学, 物理編, 23, 121-127.
佐藤篤司他, 1981: 大雪山「雪壁雪渓」の長期消耗過程. 雪氷, 43, 97-100.
高橋修平他, 1981: 大雪山「雪壁雪渓」の融雪に関する熱収支特性. 雪氷, 43, 147-154.
成瀬廉二他, 1972: 大雪山系における多年生雪渓の分布および「雪壁」雪渓の消長について. 低温科学, 物理編, 30, 115-128.
若浜五郎他, 1968: 大雪山の雪渓調査(第3年度). 低温科学, 物理編, 26, 215-235.

深層掘削機実験用15m氷柱の製作

高橋 修平 北見工業大学

亀田 貴雄 北見工業大学

斎藤 健 北海道陸別町しばれ技術開発研究所

1. はじめに

本実験は国立極地研究所より深層掘削ドリルの国内実験地として陸別町並びに北海道陸別町しばれ技術開発研究所へ、実験用水柱及びそれらにともなう実験設備製作の依頼を1992年に引き続きサポートすることとなった。この報告は、実験用水柱の製氷過程を記録・観察し、水が天然結氷する状況を把握し、今後起こりうる様々な製氷を効率よく結氷させる技術を得るためにまとめたものである。またこれらの一貫した技術は、北見工業大学より指導をうけている。

2. 製氷期間

天然製氷 1993. 1. 1 ~ 1993. 1. 23

人工製氷 1993. 1. 24 ~ 1993. 1. 30

3. 製氷方法

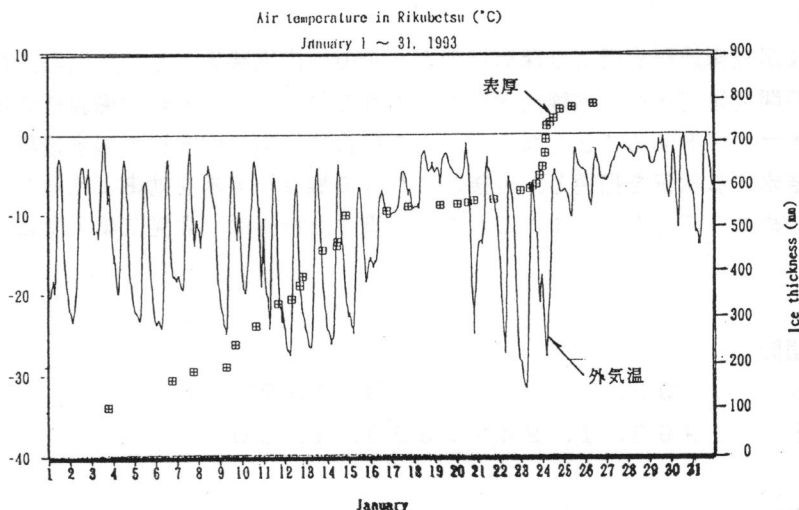
この15m氷柱の製氷は、 $0.9\text{m} \times 0.9\text{m}$ 、高さ1.5mの金属製水槽を10個用意し、足寄郡陸別町下陸別に於て、この地の自然環境を生かし野外での天然製氷を進めていた。しかし、本年は例年になく暖冬であり、やむなく冷凍庫での人工製氷にいたっている。今回の氷柱は、掘削ドリルの動きを確認できるように透明度を高くするため水道水を直接使用せず、温水ボイラーにより水を約 70°C まで温めて水中内の酸素、不純物をできるだけ取り除いたのち再び $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ に低下させた水を使用した。この水を効率よく結氷させるため注水量は当日の外気温、翌朝の予想外気温、過去のデータを考慮し、数時間毎に結氷状態を確認しながら注水した。おもに夕方から深夜にかけての作業になったが当日の状況により日中にも注水している。最終的に高さ15mにするには $0.9\text{m} \times 0.9\text{m}$ 、高さ1.5mの水が完成後、金属製水槽と一体のままクレーン車で積み重ね接合部は氷を雪状に削り出したアイスパウダーと水を混合

し易く、高いときは結氷しづらいことが明らかに知ることができる。20日～23日にかけて外気温が低いにも関わらず結氷量が少ないのは注水量の誤判断である。この部分を判断できるデータを求めているのである。グラフ2は、積算寒度と氷厚の関係を示したグラフである。このグラフより氷厚400mmとするには、 $-4,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{hour}$ 必要となる。ここで外気温を -20°C と仮定すると以下ようになる。

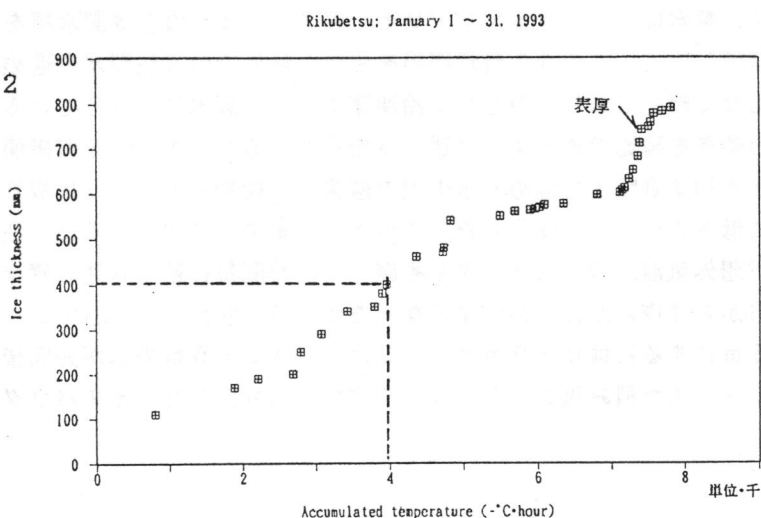
$$-4,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{hour} \div -20^{\circ}\text{C} = 200\text{hour}$$

これから、外気温 -20°C が200hour継続すると氷厚400mmとなることが予想できる。

グラフ1



グラフ2



5. まとめ

自然の外気温を有効に利用するという事は、非常に困難なことを多く含んでおり今回の氷柱製作のように人工の力をかりるということも常に考えられることであるが、それらを解明するということもまた重要なことである。今回の製氷についてのデータは水槽という条件があるが、今後の製氷について応用の可能なデータが得られていると考えている。

高速道路における除伐木を用いた視線誘導樹の試み

○斎藤新一郎（道立林業試）・林 敏雄（道路公団札幌建設局）

まえがき

道央自動車道路には、冬期間の地吹雪害を防止するために、道路沿いの余地（法面および押え盛り土部分）に防雪林が造成されてきた。苗木からスタートした防雪林造成は、植栽後10年を経て、ヨーロッパトウヒの場合に、樹高が高さがほぼ4m（3～5m）に到達し（斎藤・上島，1992），風上側に設置された防雪柵の機能を代替するに至っている（図-1）。



図-1 ヨーロッパトウヒの植栽10年後の成長状態（道央自動車道札幌～岩見沢間）

けれども、防雪林が目的の機能を発現し始めると同時に、それ自身が過密になって、下枝が枯上がり始め、個体間の優劣が明らかになり、このまま据置かれると、林帯としての健全性が損われかねない状態に入りつつある。密度管理の観点（五十嵐ほか，1986）から、既に除伐の適期に入っている、といえる。

そこで、試験的に除伐に入ったのであるが、除伐木を捨て伐りするだけでなく、装飾枝葉やクリスマスツリーとして利用し、さらに、より以上の活用策を検討した。それが、常緑針葉樹が初冬に伐採されると、根なしでありながら、翌春まで葉を青く保ちうる性質を利用して、また、常緑樹は発光ポールよりも吹雪時の視認性が良いという事実（磯部ほか，1990）に着目して、＜視線誘導樹＞として、除伐木を路肩のガードレールに取付ける、という試案であった（図-2）。

視線誘導樹の取付け

成長の良好な防雪林（江別西～江別東間）において、立て木（高く太い、枝張りが広い、曲りが小さい、傷なし）と除伐木（劣勢、曲りが大きい、後まで残る傷あり）の選定が実施され、高さが2.5～4.0mの対象木が伐採されて、視線誘導樹を取付ける場所（江別東～岩見沢間）まで運搬された。

除伐木は、裾枝打ち（高さが1mまで）がなされ、ガードレールに太い針金で、2箇所を固定された。この設置間隔は、25mおよび50m（自発光ポールの設置間隔）である

(図-3)。

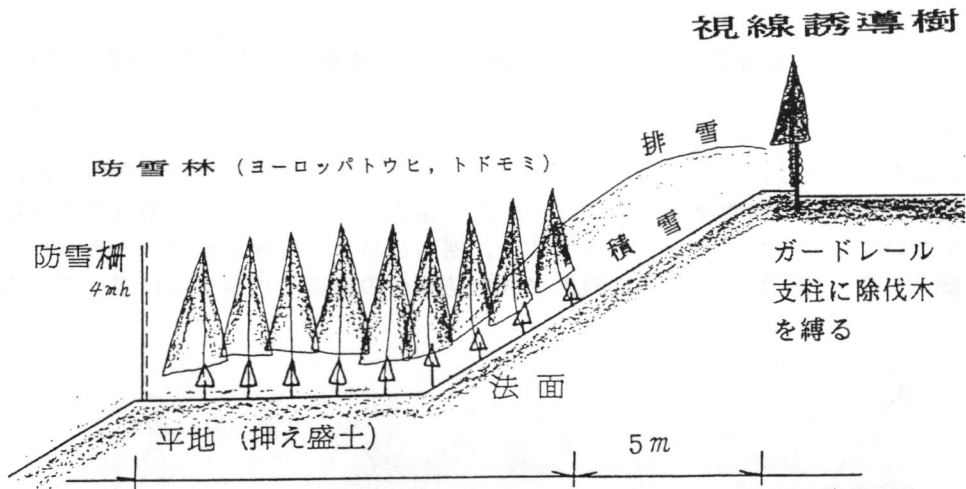


図-2 視線誘導樹の取付け位置の模式図

吹雪時における視認性

これらの視線誘導樹の吹雪時の視認性は、道路公団札幌建設局岩見沢管理事務所によって観察された。

それによると、50m間隔では、視程が25%に低下した場合には、自発光ポールが1本だけ見え、視線誘導樹は2本まで見えた。また、より良い視程の場合には、ポールが2本、誘導樹が4本見えた(図-4)。

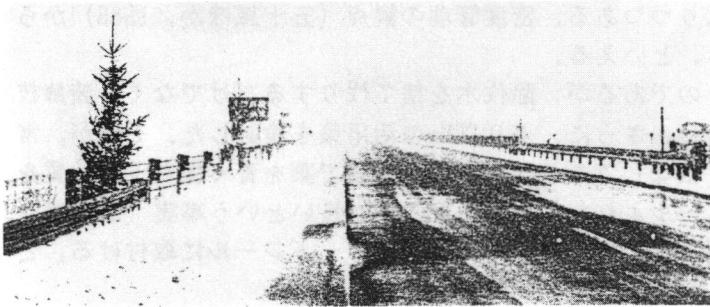


図-4 50m間隔で設置された視線誘導樹と自発光ポール



図-3 視線誘導樹

25m間隔では、視程が76%の場合に、ポールが2本まで見え、誘導樹が5～6本(50m間隔では3本)まで見えた。また、ほぼ同じ視程の場合に、ポールが2本(25m間隔なら3本)まで見え、誘導樹が6本まで見えた(図-5)。それゆえ、吹雪時には、視認性において、樹木(の大きさ)が、自発光ポールより勝る、ということができる。

このことから、樹木を植えることができない場所(橋梁、高架、ICのループ、ほか)

にも、視線誘導樹を設置することが有効であり、冬期の視程障害（加来ほか，1992）の緩和対策としても効果がある，といえよう。

防雪林の育成において，こうした場所も含めて，視線誘導樹となるべき除伐木は（間伐木も），十分に需要に応じるだけの供給量を有しているからである。

なお，晴天時には，これらの緑の根なし樹は，クリスマスツリーの並木として，冬期の車行の楽しみを高める効果が十分にあった。

また，路面排雪はこれらの視線誘導樹を避けて従来通りに行われたが，排雪による幹折れや傾きは，1冬の後にも，ごく僅かであった。

生きた視線誘導樹の植栽について

排雪の問題がなければ，路肩に，あるいは盛り土法面の上部に，生きた視線誘導樹を育成することが可能である。走行路面に近いほど，視線誘導効果が高いからである。

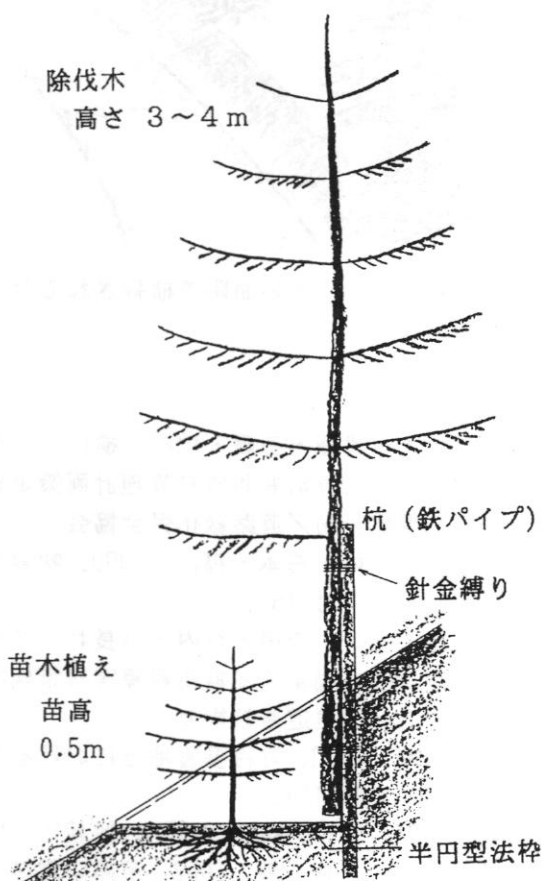
それでも，切り土法面であれば，排雪（投雪）の範囲の上手になら，生きた視線誘導樹を育成することができる。そして，法枠工を設置して，小ステップを造成し，そこに苗木を植栽するのである。ただし，苗木が成長して効果を発現するまでの数年間は，積雪グライド防止杭に，除伐木を縛ることで代替する（図－6）。

切り土法面における，この生きた並木（冬期には視線誘導樹，無雪期には修景緑化樹として機能する）は，間隔が高速道路では25m，国道や道々では15mくらいが望ましい（図－7）。

この植栽木が小雪崩を起こす危険性は，積雪深までの下枝を打つことにより，幹だけが積雪グライドに抗する状態になって，電柱とほぼ同じ状態になるから，ほとんどない，と



図－5 25m間隔で設置された視線誘導樹と自発光ポール



図－6 苗木と除伐木を組合わせた，生きた視線誘導樹の育成（案）

視線誘導樹（常緑針葉樹類）

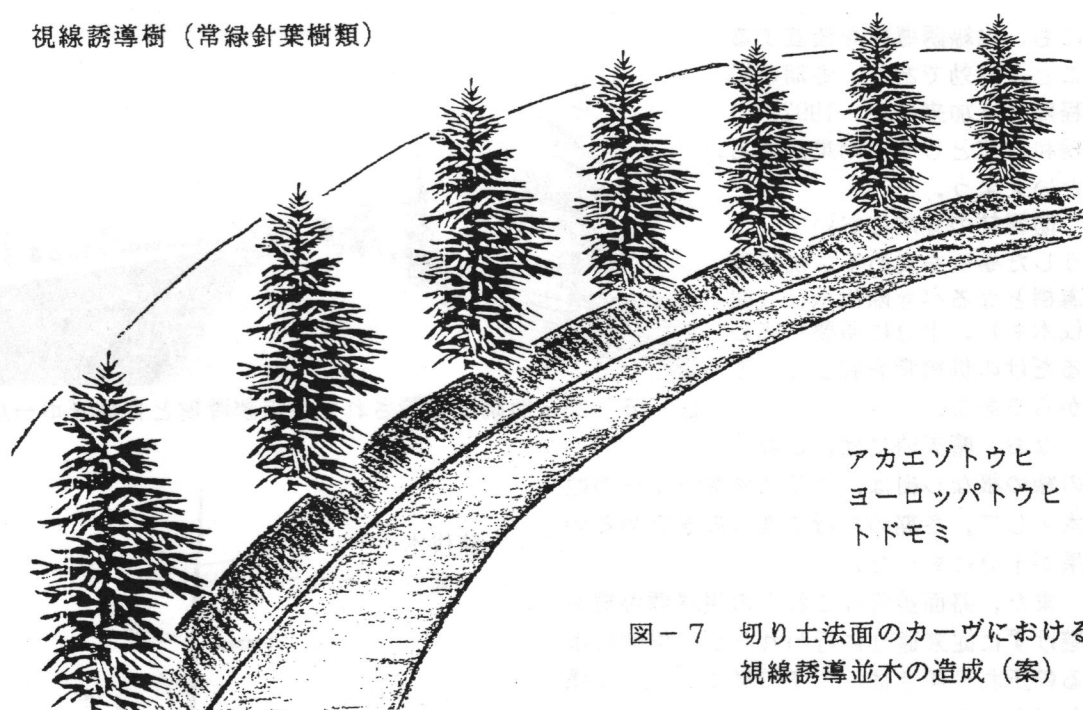


図-7 切り土法面のカーブにおける
視線誘導並木の造成（案）

予想される。より狭い間隔で植栽されるなら、むしろ、雪崩防止林としての機能も加わるにちがいない。

参考文献

- 五十嵐恒夫・遠藤・斎藤・竹内・横山・千葉・片谷・矢島・野堀・番匠，1986．道央自動車道札幌～岩見沢間防雪林管理計画策定調査研究報告書（その2）．106pp.，日本道路公団札幌建設局／道路緑化保全協会．
- 磯部圭吾・竹内・石本・福沢，1990．吹雪時における常緑樹の視認性について．雪氷大会講予稿集，平2：163．
- 加来照俊・井上・今田・竹内・小長井・石本・斎藤・佐竹・成定・古谷ほか，1992．平成3年度道央自動車道冬期視程障害対策検討報告書（その2）．162pp.，日本道路公団札幌建設局／高速道路技術センター．
- 斎藤新一郎，1992．寒冷多雪地方における冬季の修景緑化への2，3の提案．雪氷大会講予稿集，平4：107．
- 斎藤新一郎，1993．視線誘導樹の植栽について．開発こうほう，no. （投稿中）．
- 斎藤新一郎・上島 勉，1992．道路防雪林の成長経過についてー道央自動車道札幌～岩見沢間の事例．北海道の雪氷，no.10：62～64．

雪圧防止杭と裾枝打ちの組合わせによる排雪にともなう防雪林の雪害の軽減について

°斎藤新一郎（道立林業試）・林 敏雄（道路公団札幌建設局）

まえがき

道路防雪林とは、道路管理者サイドからみれば、風上側からの地吹雪を捕捉して、道路に堆積させないようにし、また、視程障害を抑制するための＜生きた工作物＞である。けれども、防雪林を構成する樹木サイドからみれば、捕捉した雪が雪丘を形成して林木に雪害をもたらす（斎藤・成田，1991；斎藤，1992），道路からの排雪が林木に雪害をもたらす（五十嵐ほか，1993），という宿命を背負っている。

道央自動車道では、道路法面に防雪林が造成されていて、苗木植栽からスタートし、順調に成長して（五十嵐ほか，1986），防雪効果を発現し始め、除伐などの保育管理が必要な段階になってきている。他方、苗木から雪上木の段階で、積雪＋排雪のグライドにより、雪害（幹曲り、幹折れ、根抜け、枝抜け、枝折れ）が生じてきて、健全な林木からなる機能の大きい防雪林を育成するために、雪害対策が求められている（斎藤・上島，1992；五十嵐ほか，1993）。

林木の雪害の実態

法面に植栽された林木は、法面を滑動する積雪＋排雪のグライド圧により、倒伏を余儀なくされる（図－1）。苗木～幼木の段階では、幹が柔軟であるから、倒伏しても、春には立上がつて、その後の成長にはほとんど障害がない。しかし、雪上木～若木の段階



図－1 積雪＋排雪のグライドによる林木（植栽10年性）の倒伏

になると、幹は堅くなり、枝も太くなって、雪圧に抵抗するようになり、雪害としての幹曲り（幹の根元曲り）、幹折れ、幹割れ、さらには根抜け、根返りさえ生じる。また、枝は、幹の肥大成長のための栄養生産をしているのであるが、雪圧に対しては被害を受けやすく、枝が雪の沈降圧によって引き下げられるから、幹の雪害が生じるのであるし、枝そのものも、枝抜け、枝折れを余儀なくされる（図－2）。特に、枝抜けは、枝の材が幹の材より緻密なので、幹の材が破壊されてしまう。そのため、幹の中心まで傷が残る、傷の巻き込み（癒合組織の発達）があつて、外観上では癒合が観られても、将来の芯腐れの原因になりやすい。枝抜けの状態が、図－3，4に示される。

雪圧防止杭の効果

雪害対策の1つは、雪のグライド圧を軽減することである。そして、この自動車道では、部分的であるが、植栽木の上手に杭打ち（2列、列間1.20m、杭間1.45m、地上高0.5m、直径10cm前後、カラマツ丸太）がなされていて、ほぼ10年間の耐久性があり、林木の成長の促進や雪害の軽減の観点から

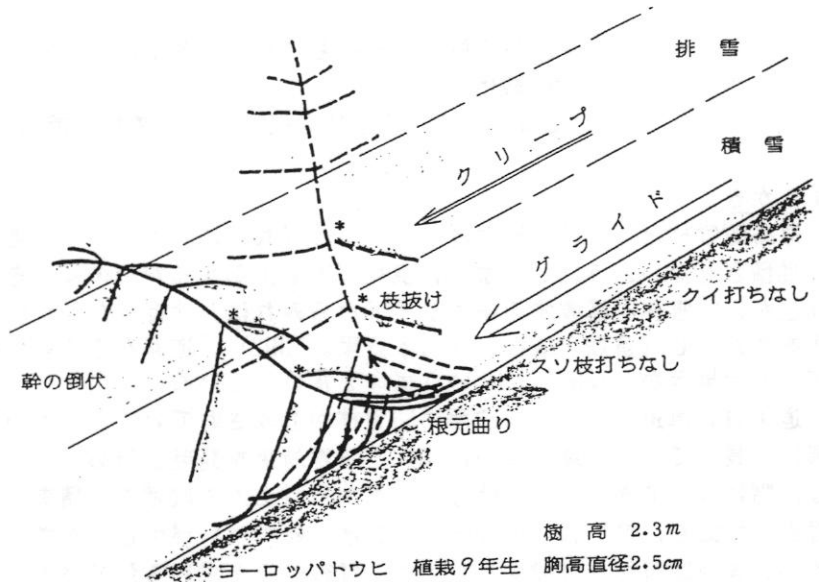


図-2 積雪+排雪のグライドによる林木の雪害の模式図



図-3 積雪の沈降圧による林木の枝抜け



図-4 同 左

は、杭打ちなし区間に比較して、大きな効果をあげている（斎藤・上島，1992）。

1993年の冬期に、雪圧防止杭がグライド圧を軽減する効果が、積雪断面の観察から確認された。その断面では、杭の後方に、三角形の空間が形成されていて、上手からの雪のグライドを阻止し、下手に圧力のない部分を提供していた。精密な断面観察ではないが、図-5は、その状態を示している。

また、春先に、図-3および4の近くで、図-6が観察された。グライドしてきて、堅い締った雪が、林木という生きた杭に乗り掛かっている状態である。堅い雪は、周囲の雪より融けるのが遅れたのである。このグライド雪の圧力が、林木の幹の根元曲り、幹折れ、枝抜けを引起こすにちがいない。

図-5 積雪断面中の雪圧防止杭およびその効果範囲としての空間部分（☆）



図-6 林木に乗り掛かり、融けるのが遅れた雪

裾枝打ちの効果

雪害対策の2つめは、枝があるから雪害が生じやすいのであるから、枝を切って、雪圧を小さくすることである。これが、裾枝打ち（林業的には、地上約2mまでの枝を剪定する作業）である。裾枝打ちは、裾枝をそのまま据置かれた（放置された）林木に比較して、雪害の軽減に効果がみられ、特に上手の枝を積極的に打つ（剪定する）ことが重要である（斎藤・上島，1992）。

下手の枝は、雪に引き下げられ、幹も倒伏を余儀なくされるが、上手の枝がなければ、雪害には至りにくいからであり、幹の肥大成長に重要な役割を演じるからである。そして、幹1本になれば、グライド圧も小さくなるはずである。多雪地方の山地斜面では、樹木は根元曲りすることで、雪圧に耐えて成長してゆくのであり、同様に、防雪林の林木も雪圧に対して根元曲りして成長することが、健全な林帯の造成に結果することになる。

なお、注意すべき点であるが、上手と同様に下手も高めに枝打ちすると、雪の沈降圧により、幹が上手に引下げられ、根元が既に下手に曲っているので、S字状の幹曲りとなつて、より太くなった時点で、L字状の本来の幹曲りとは違って、幹折れに至りやすくなる。

裾枝打ちの効果を観るために、1993年の冬期に、積雪断面と林木の関係を観察した。図-7は、ようやく雪上木になった段階の林木の根元曲りであり、上手を高く、下手を低く裾枝打ちされている。

また、図-8は、高さが3mを越えた雪上木であり、下手が0.5mまで、上手が1.2mまで裾枝打ちされていて、倒伏が小さく、その効果が明白に現われている。

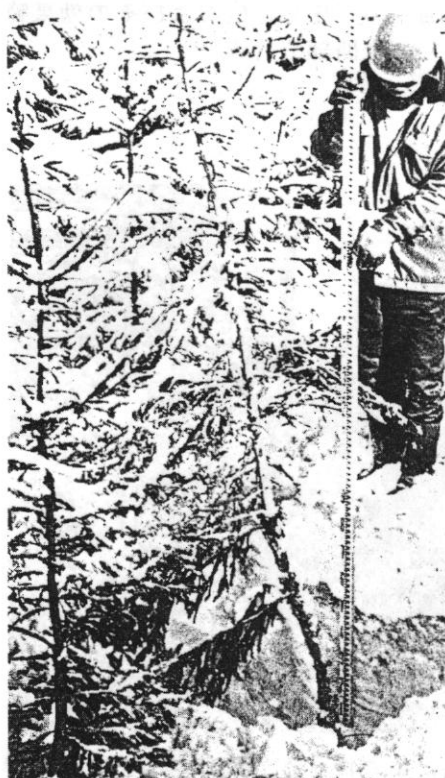


図-7 雪上木になった段階の林木の幹の倒伏
裾枝打ちにより、幹折れや枝抜けが
生じていない

図-8 裾枝打ちによる幹の根元曲りの軽減

以上のように、夏期の観察（斎藤・上島，1992）からも、今回の冬期の観察からも、道路法面の防雪林を育成するには、雪害防止の観点から、雪圧防止杭の設置および裾枝打ちの実施が重要である、といえる。

参考文献

- 五十嵐恒夫・遠藤・斎藤・竹内・横山・千葉・片谷・矢島・野堀・番匠，1986. 道央自動車道札幌～岩見沢間防雪林管理計画策定調査研究報告書（その2）. 106pp.，日本道路公団札幌建設局／道路緑化保全協会。
- 五十嵐恒夫・秋田谷・竹内・斎藤・片谷・小川・番匠・田中・狩谷，1993. 北海道における植栽位置等と雪害に関する調査研究（その2）報告書. 106pp.，日本道路公団札幌建設局／道路緑化保全協会。
- 斎藤新一郎，1992. 耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害について(4)――雪丘害に対する保育方法および更新方法について. 北海道の雪氷，no.11: 33～35。
- 斎藤新一郎・成田俊司，1991. 耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害について(3)――間伐および裾枝打ちが雪丘形成に及ぼす影響について. 北海道の雪氷，no.10: 62～64。
- 斎藤新一郎・上島 勉，1992. 道路防雪林の排雪による林木の雪害とその対策について――道央自動車道札幌～岩見沢間の事例. 北海道の雪氷，no.11: 36～38。

北海道における最近の交通事故について

加来 照俊（北大工）

1. はじめに

スパイクタイヤ禁止法が1991年4月から札幌市とその近郊地域で施行された。スパイクタイヤ禁止法は、交通環境にいくつかの変化をもたらした。最も大きな効果は、スパイクタイヤ禁止の原点であった道路粉塵公害が大幅に改善されたことである。しかし、マイナス面もみられた。一つは極端に滑りやすい路面に起因する都市内道路の渋滞であり、一つは交通事故である。本報告では、事故について分析した結果を報告する。分析に用いた事故データは、スパイクタイヤ禁止地域内で発生したスリップによる人身事故についてである。特に追突事故については、衝突時の詳細なデータを用いて分析した。

2. スパイクタイヤ禁止指定地域内のスリップ事故

北海道警察本部が発表したスパイクタイヤ禁止地域内の冬期人身事故の現況を表1から表6に示す。

表1は月別の全人身事故件数とスリップ事故件数である。全事故の発生件数は1991年と1992年で殆ど変わっていないが、スリップ事故は33.3%増加している。特に1991年11月のスリップ事故件数が11件に対し1992年には76件になっている。

表2はタイヤと路面別のスリップ事故件数である。スリップ発生時の路面状況とタイヤの種類別に事故件数を集計した。1992年の凍結路面でのスリップ事故件数は積雪路面の4倍強である。また、スタッドレスタイヤ装着車が凍結路で起こしたスリップ事故件数は、積雪路で起こした事故件数の5倍であった。一方、スパイクタイヤ装着車の倍率は3倍であった。

表3は月別路面状況出現日数とスリップ事故件数の関係である。月別路面状況出現日数

表1 冬期事故現況

区分	月別	11	12	1	2	3	計
全事故	平成3	1033	1057	998	1041	801	4930
	平成2	941	1182	937	998	1070	5128
スリップ° 事故	平成3	76	300	328	264	186	1154
	平成2	11	151	253	246	205	866

表中の数字は事故件数（件）

表2 スリップ°事故発生状況

平成3年

区分	月別	11	12	1	2	3	計
スリップ° 事故	積雪	12	45	56	49	41	203
	凍結	64	255	272	215	145	951
	計	76	300	328	264	186	1154
	スハ° イ	積雪	5	7	5	5	22
	イ	凍結	2	9	26	18	67
	スタッ ド	積雪	4	37	46	41	160
	ド	凍結	28	266	234	190	807

平成2年

区分	月別	11	12	1	2	3	計
スリップ° 事故	積雪	1	30	88	81	50	250
	凍結	10	121	165	165	155	616
	計	11	151	253	246	205	866
	スハ° イ	積雪	5	26	30	17	78
	イ	凍結	9	45	51	44	149
	スタッ ド	積雪	14	50	46	30	147
	ド	凍結	1	21	108	96	408

は、北海道開発局による国道での路面状況調査から求めた。この表から凍結路面では積雪路面の5倍強のスリップ事故が発生していることがわかる。また、3月のスリップ事故発生率の高いことがわかる。

表4はスリップ事故発生時のタイヤと事故直前速度の関係である。スリップ事故は30 km/h以下の低い速度で全体の57.9%発生しており、タイヤ別では凍結路においてスタッドレスタイヤの比率が高くなっている。

表5と6は、タイヤの装着率と事故件数の関係をまとめたものである。表5は1991年11月から1992年2月迄のタイヤの装着率と事故件数の関係であり、表6は年別の変化を示している。

3. スリップ事故と摩擦係数

前節から、路面条件と装着タイヤがスリップ事故の増減に影響し、滑り易い状況でスリップ事故が多く発生すると言えよう。そこで、事故原票、事故調書、冬型事故特別調書を基にスタッドレスタイヤ装着車の事故時の摩擦係数を調べてみた。

分析方法は、運転者が事故の危険を認知した速度、車両の破損程度及び事故時の路面状況から摩擦係数を推定する方法をとった。

分析した事故は1991年と1992年の1月に発生したスリップ事故の内427件の追突事故である。1991年は221件、1992年は206件の事故を調べた。

表7は事故時の諸データと事故から推定した摩擦係数の一覧表である。また、事故発生時の摩擦係数と事故発生比率の関係を図1に、図2に速度・摩擦係数・追突事故件数の関係を示す。

表7の危険認知速度はkm/h、危険認知距離はmである。衝突の破損程度は衝突時の推定速度で表した。5 km/hは車両の破損が軽微、10 km/hは小破、20 km/hは中破を意味する。(f+0.01)は推定した摩擦係数(f)を0.01増加させたときの停止距離を意味する。また、この表中で数値がプラスは衝突を、マイナスは衝突回避

表3 路面状況の平均出現率とスリップ事故(平成3年度)

	月別	11	12	1	2	3	計
積	出現日数	0.6	7.8	10.4	6.3	2.4	27.5
	スリップ事故	12	45	56	49	41	203
雪	件/日数	20.0	5.8	5.4	7.8	17.1	7.4
凍	出現日数	3.5	4.6	7.4	5.6	2.7	23.8
	スリップ事故	64	54	272	215	145	951
結	件/日数	18.3	55.4	36.8	38.4	53.7	40.0

表4 スリップ事故の事故発生直前速度(平成3年度11月から3月)

直前速度	積雪路面			凍結路面		
	スリップ	スリップ	以	スリップ	スリップ	以
0-30	119	11	98	549	35	473
31-40	53	9	38	269	18	230
41-50	20	1	15	95	12	72
51-60	6	1	5	24	2	20
61-	5		4	14		12

表中の数字は事故件数(件)

表5 スリップ事故とタイヤ装着率

タイヤ	スリップ事故(件)		装着率(%)		事故率(件/%)	
	スリップ	スリップ	スリップ	スリップ	スリップ	スリップ
91/11	2	32	7.3	47.0	0.30	0.73
91/12	14	266	15.9	80.0	0.95	3.58
92/1	33	280	22.0	75.7	1.62	4.00
92/2	23	231	21.5	76.8	1.15	3.24

表6 冬期のタイヤ装着率の年変動

年別	1988	1989	1990	1991	1992
スリップ	61	99	116	253	328
事故	スリップ	51	64	68	71
	件数	7	25	45	158
タイヤ	スリップ	90.5	85.9	61.6	56.9
	装着率	7.5	12.8	37.6	41.2

を意味する。表7の下部に摩擦係数を増加したときに減少するであろう事故数を示した。

一方、図-1からスリップによる追突事故は全体の事故の70%が摩擦係数0.2以下で発生していることがわかる。また、図-2に示すように事故発生速度は、前節の事故現況からもわかるように、一般に伝わっているような高速ではなく、かなり低い速度で発生していることがわかる。さらに、図2に示すように滑り摩擦係数と速度の間に正の相関が見受けられることから、運転者は路面の滑り易さに合わせて走行していることがわかる。

この分析を行うに当たり、いくつかの問題点がある。一つは危険認知速度である。これは実測した値ではなく、事故当事者の申告によるものである。もう一つは、衝突時の速度を破損状況から推定した点である。しかし、車両の破損状況と衝突時の速度を網羅的行った研究報告は国内外で見当たらず、おおまかな推定値を使わざるを得なかった。このため車両を剛体と仮定した衝突シュミレーションを用いてチェックを行った。

4. まとめ

日本ではスパイクタイヤを禁止するに当たり、欧米各国のように融雪氷剤を使用していない。スタッドレスタイヤの改良と、運転者の技術向上を主なる対策として進めてきた。しかし、今回の分析をみる限り、それらには限界があると思われる。この問題は、筆者らの研究結果を基に警告を繰り返してきたが、問題にされなかったのは残念である。

本来、雪氷に覆われた路面が滑る、滑らないは物理現象の一つであり、これを単なるスピードダウン、車間距離の保持、注意して運転ではカバーしきれない。また、滑り易ければ事故が増えることは、世界的に認められていることである。これは否定できないことである。今後、塩撒きを初めとする何らかの滑り防止が必要である。

最後になったが、本調査を行うに当たり北海道警察本部と現場の警察官に大変ご助力を戴いた。記して謝意を表する次第である。

表7 事故（スリップ、追突）発生時の推定摩擦係数
（以下の表は調査した427件から5件抽出した事故）

危険 認知 速度 km/h	危険 認知 距離 m	破損 程度 km/h	推定摩 擦係数 f	f+ 0.01	f+ 0.02	f+ 0.03
20	9	10	0.14	-2.01	-1.41	-0.80
35	18	10	0.24	-0.84	-0.10	0.58
35	17	10	0.27	-0.82	-0.22	0.35
40	18	5	0.35	0.22	0.69	1.14
25	17	5	0.14	0.48	1.52	2.44

摩擦係数の増加 (fは推定した摩擦係数)	f+ 0.01	f+ 0.02	f+ 0.03
事故になる事例(件)	339	208	105
事故を回避できる事例(件)	88	219	322

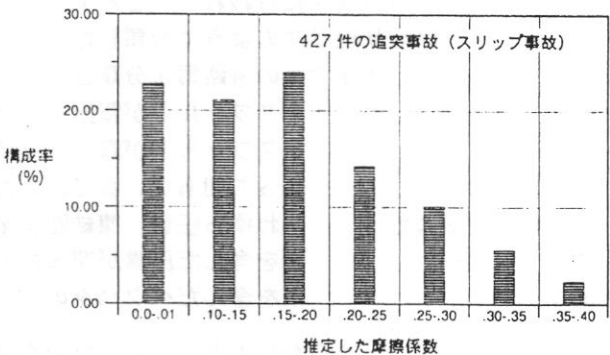


図1 推定摩擦係数と事故発生件数構成率の関係

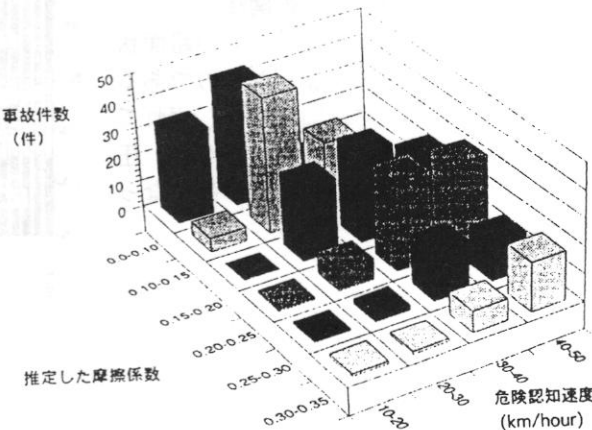


図2 推定摩擦係数別と事故直前速度別の事故件数

冬期路面状況から見た峠部道路の区間分けについて

○高橋勝宏，加治屋安彦，松沢勝（開発土木研究所）

1 はじめに

近年スタッドレスタイヤの普及により、ドライバーはより慎重な運転を求められつつあり、ドライバーの冬期路面状況に対する認識もますます高まっている。冬期の路面状況は地点ごとに異なり、また刻々と変化している。より高度な路面管理やドライバーへの適切な情報提供を考えると道路管理者は路面状況を詳細に把握しておく必要がある。

また道路情報システムの構築に際して凍結センサー等の最適配置を考えると、雪氷路面の出現特性に応じた区間分けをする必要がある。今回は、1991年12月～1992年3月に一般国道230号中山峠（札幌市川沿～喜茂別町国道276号交点）において実際に路面状況を観察したデータから、道路の区間分けについて分析した結果を報告するものである。

2 冬期路面状況観察

冬期路面状況観察は、1991年12月～1992年3月の間、一般国道230号中山峠（札幌市川沿～喜茂別町国道276号交点）において、あらかじめ指定した53個所の調査地点で行い、上り・下りの車線別路面状況、天候、凍結防止剤散布の有無を調べた。この調査は、除雪を請け負っている業者に依頼し、毎日朝夕に行われているパトロール時に、乗務員が車中から目視判定して行った。ここで、路面状況は次のように分類した。

（これらの分類は雪氷学会の道路雪氷分類とは異なり簡略化している。）

- ①アスファルト（乾）：アスファルトが露出した路面で、乾燥している。
- ②アスファルト（濡）：アスファルトが露出した路面で、濡れている。
- ③新雪（粉雪含む）：降って間もない雪で、まだ圧雪になっていないもの。
- ④圧雪（粒雪含む）：いわゆる圧雪。凍結防止剤散布などで生じるざくざく雪。
- ⑤アイスバーン：水を含んだ圧雪が凍ったもの。または、路面上の水の膜が凍ったもの。
- ⑥シャーベット：水を含んだベタベタの雪。

これらの結果は、あらかじめ渡しておいた調査用紙に記入してもらった後回収し、各項目別に集計を行った。

3 路面状況の出現率の関係

図-1は、全調査期間内での路面状況の出現率の関係を表したものである。これを見ると、喜茂別側に少しずれているが、峠に近くなるにしたがい、圧雪・アイスバーンの出現率が高くなっていることがわかる。

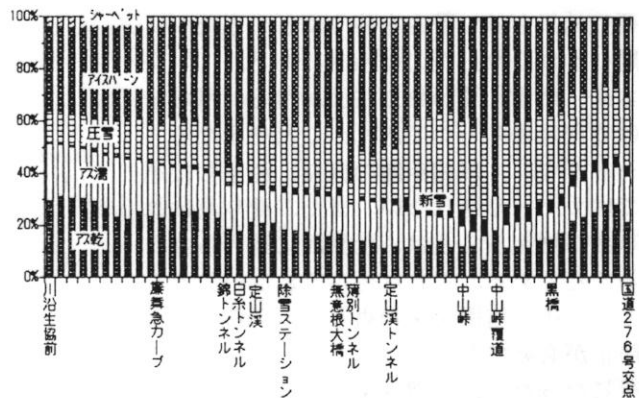


図-1 全調査期間内の路面状況の出現率

4 同一路面出現率

圧雪・アイスバーンはドライバーにとって、注意が必要な路面状況である。そこで圧雪・アイスバーンの出現特性に着目して、この路線を幾つかに区間分けする。ここでは同一路面出現率というものを考えて、それに基づいて区間分けを行う。

まず、この同一路面出現率というものについて説明する。図-2に示すように地点1と地点2において同一の路面状況といえるのが、AとDであり同一の路面状況といえないのがBとCである。

そして図中の式を圧雪・アイスバーンに着目した同一路面出現率と定義する。但し上下線で判定が異なる場合は集計からはずした。これはどちらに入れるか判断に迷うためである。なお上下で異なる率は平均3.2%と少なく全体の結果に影響はないと考えられる。

次にすべての異なる2地点で同一路面出現率を計算し、一欄表にまとめた。この一欄表の見方について、先に説明する。

図-3は同一路面出現率の表の例である。図の矢印を見るとわかるようにNo.6藤野生協とNo.3石山大橋で同一路面出現率が98%であるということを示している。図中の網掛けは同じ地点同士でありこれを対角線として反対側は同じ値になる。

		地 点 1	
		圧雪・アイスバーン	それ以外
地 点 2	アイスバーン	A	B
	それ以外	C	D

$$\text{同一路面出現率 (\%)} = \frac{A + D}{A + B + C + D} \times 100$$

図-2 同一路面出現率の定義

地点名	No	1	2	3	4
川沿生協前	1	100	100	100	98
藻南公園交差点	2	100	100	100	98
石山大橋上	3	100	100	98	98
石山交差点	4	98	98	98	100
丸重吾橋上	5	98	98	98	100
藤野生協前	6	98	98	98	100

2地点が同じ路面状況である率が98%になる

→ 同一路面出現率

図-3 一欄表の例

図-4は圧雪とアイスバーンに限定した同一路面出現率である。90%以上を黒とし白い部分は90%未満の同一路面出現率である。

- ①中山峠を境に札幌側と喜茂別側では同一路面出現率が異なっている。
- ②中山峠覆道の部分は前後の地点との同一路面出現率が低い
- ③定山溪トンネル出口から中山峠頂上まではその前後の地域と比べても異なる出現率である
- ④チェーン着脱場 (No. 20) と簾舞～中山峠頂上にいたる区間との間に90%以上の同一路面出現率の関係がある。

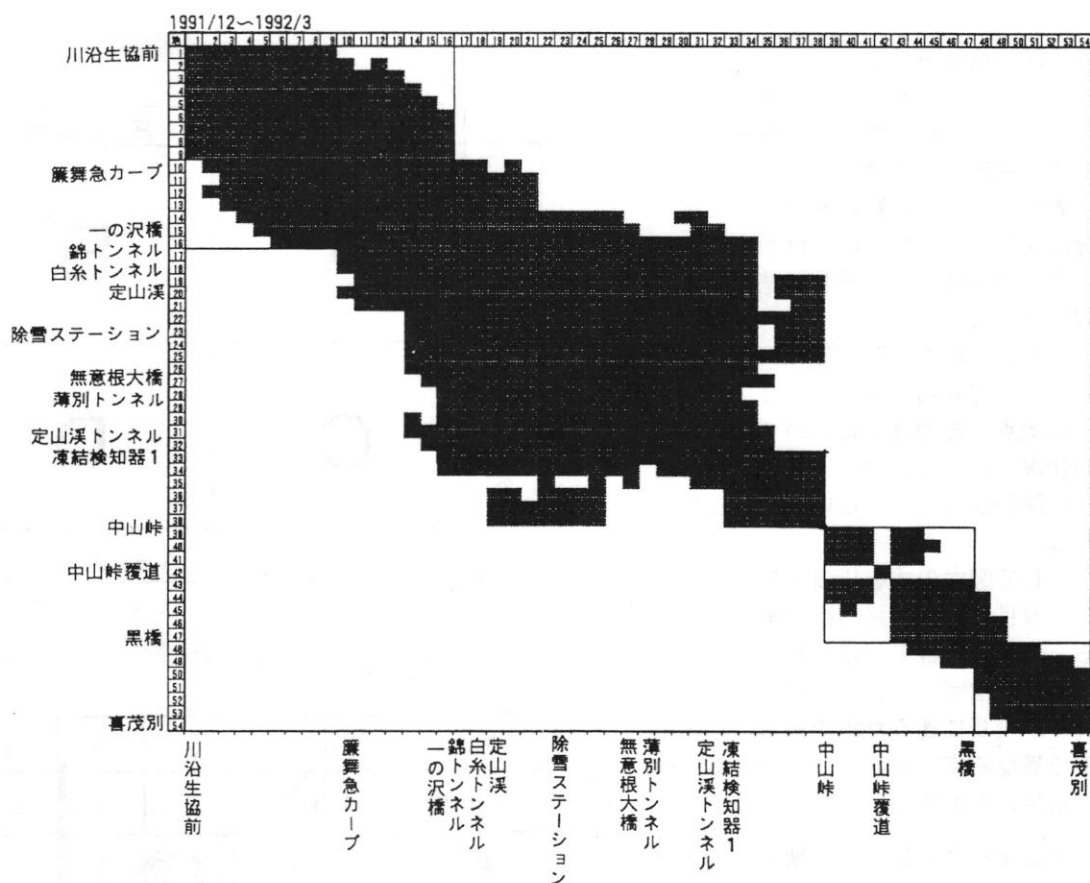


図-4 同一路面出現率一覧表

このことから、図中の90%の部分網羅できるようにし、できるだけ少ない区間に分けると次のように5区間に分けられ、以下のような気候的・地形的特徴がある。

- | | | |
|----------|-------------|---|
| 1 川 沿 | ～ 一の沢橋 | 都市のヒートアイランド現象 |
| 2 一の沢橋 | ～ 凍結検知器1 | 峠部北側の日当たりがあまり良くない |
| 3 凍結検知器1 | ～ 中山峠頂上 | 峠部北側の日当たりのいい区間 |
| 4 中山峠頂上 | ～ 黒 橋 | 標高が高い山岳部で冬には北西の季節風が当たる
(曇りが多く晴れが少ない) |
| 5 黒 橋 | ～ 国道276号交差点 | 日当たりのよい平坦部 |

但し4は途中にある中山峠覆道は同一路面出現率が違うのでその部分は別の区分になる。

今回は、一昨冬行った冬期路面状況観察の結果を用いて、圧雪・アイスバーン路面の同一路面出現率から路線の区間分けを紹介した。今回は12月～3月だったが、月別の分析や初冬や晩冬についても調査の必要がある。この他にも今回の観測データを用いて詳細な分析を行っている。また昨冬は国道274号穂別～清水間についても同様の調査を行った。これについては、解析が進み次第、また別の機会に報告することとしたい。

最後にデータ整理と一覧表の作成にご尽力を頂いた(財)日本気象協会 北海道本部の小林利章氏に謝意を表す次第である。

ロードヒーティング制御法

佐山惣吾、西川泰則、三浦健一（北海道工業開発試験所）

須藤昌義、酒井好夫（㈱フジイ）

1. 緒 言

ロードヒーティング電力出力の制御は一般に、一定電圧でタイマーの働きにより、ある時間間隔で電力をON-OFFする方法を採っている。使用される電熱線は主としてニクロム線である。その他カーボンおよびブレード¹⁾も一部使用されている。それら発熱体の大きな相異は固有抵抗にある。それらはおおよそ①ニクロム $0.04\Omega/m$ ②カーボン $850\Omega/m$ ③ブレード $70\Omega/m$ である。すなわちニクロムは他の発熱線に比較し大巾に抵抗値は低い。商業用電力 $200V$ を用いて適当な融雪温度を保つためには、ニクロムの発熱線一本の長さは他と比べ $240m$ と大きくなり、したがって発熱体1ユニットの面積も大きくなる。ニクロム線の例によるとそのユニット面積は $17m^2$ となる。これに対しカーボンの場合は発熱体1本の長さは約 $1m$ でありユニットは最小 $0.25m^2$ と小さくできる。このためカーボンの場合には小融雪面積でも小まめな制御が可能となる。この特徴を生かし開発したのが本ロードヒーティング制御法である。

2. 供給電力と路面温度

恒温槽実験を行うため次に述べる試験ブロックを作った。 $300W \times 300L \times 50mm$ Tコンクリート、低部 $200mm$ T発泡ポリスチロール、コンクリート厚さ方向中央部平面に $100mm$ ピッチで3本のカーボン発熱線を入れた。

次の目的と方法で実験を行なった。ブロックを入れた恒温槽を $-1^\circ C$ または $-5^\circ C$ に保ち、標準融雪電力 $200W/m^2$ すなわち表面積 $0.09m^2$ のブロックに $18W$ 通電する場合を 100% とし、その他 44% 、 33% および 25% 通電を行い、通電時間とブロック表面温度の関係を測定した。恒温槽温度 $-1^\circ C$ の場合の測定結果をFig.1に示す。

この結果によると約 $4h$ で表面温度は平衡に達する。その時の温度は、 100% 通電で $10.6^\circ C$ 、 44% $5.2^\circ C$ 、 33% $3.5^\circ C$ 、 25% では $2.0^\circ C$ である。融雪路面温度を $1\sim 2^\circ C$ と設定すると図中次に示した電力制御が省エネルギー的である。① $0\sim 20min$ 100% ② $20\sim 40min$ 44% ③ $40\sim 60min$ 33% ④ $60min\sim$ 25% 通電。また $-5^\circ C$ で 25% 通電の場合、約 $3.5h$ で表面温度は $0^\circ C$ 以上となる。したがってブロックの予熱は約 25% の通電が適当と思われる。この知見に基づき、融雪電力 100% 、 62.5% 、 25% 、 0% の4段階に切り替える省エネルギーロードヒーティング制御法の開発に至った。

本制御法の基礎的原理は、2本または2群の発熱体を、並列に通電することにより 100% 、直列に通電することにより 25% 、タイマーにより 100% と 25% に交互に切り替えることにより総体的に 62.5% と 0% の4種類の出力を保つことにある。

3. 制御法 I

基本的制御例をFig.2に示す。地温センサー1により、路面温度が設定温度より低い場合、電磁接触器2が閉じ最初予熱電力 25% が、継電器3により直列に結線された発熱体7、8に通電される (Fig.3 ①～②)。次に降雪開始時に降雪センサー4からの信号で起動されたタイマー5により最大電力 100% が、継電器3により並列に結線された発熱体7、8に、約 6

0 min 通電される (Fig.3 ②～③)。その後融雪電力はタイマー6により t_2 約10 min 間隔で100%、25%で切り替えられて発熱体に通電し、総体的に62.5%の出力が得られる (Fig.3 ③～④)。降雪終了時には降雪センサー4の信号により、出力は25%となり (Fig.3 ④～⑤)、さらに地温センサー1の信号により電磁接触器2が開かれ出力は0%となる (Fig.3 ⑤)。

4. 制御法Ⅱ

基本的制御例をFig.4に示す。地温センサー9により路面温度が設定温度より低い場合、電磁接触器10が閉じ、最初予熱電力25%が2つの継電器11、12により直列に結線された2組の発熱体A15、16、B17、18に通電される (Fig.5 ⑥～⑦)。次に降雪開始時に降雪センサー13からの信号で起動されたタイマー14により、約10 min 間隔で相互に、融雪電力62.5%が継電器11、12により直列、並列交互に切り替え結線された発熱体15、16、17、18に通電される (Fig.5 ⑦～⑧)。降雪終了時には降雪センサー13の信号により、出力は25%となり (Fig.5 ⑧～⑨)、さらに地温センサー9の信号により電磁接触器10が開かれ、出力は0%となる (Fig.5 ⑨)。この結果、各組の消費電力を引き下げることにより融雪電力基本料金を低減することができる。

参考文献 1) 佐山、西川、三浦、須藤、酒井、田中：北海道の雪氷第14号 (1992) P.42

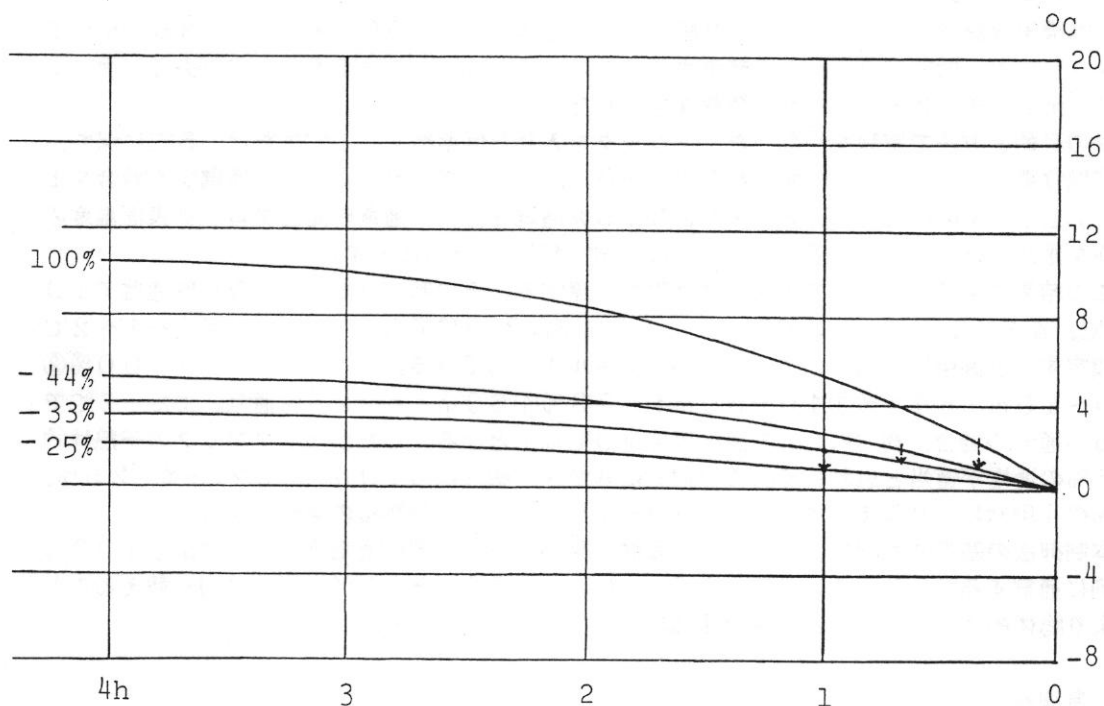


Fig. 1 Surface temperature profil of concrete block against heating time at various power supply in a cold chamber -1°C .

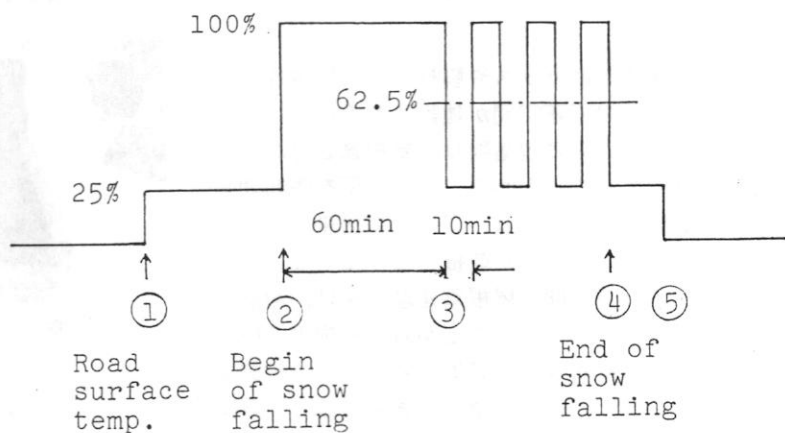
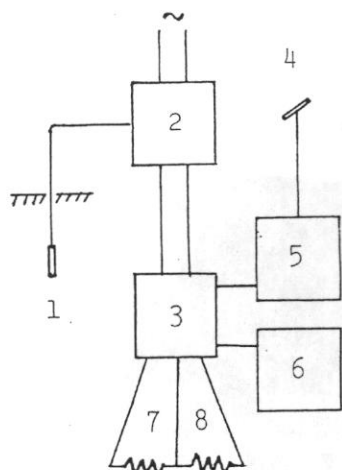


Fig. 2 Schematic diagram of control system I. Fig. 3 Control pattern of system I.

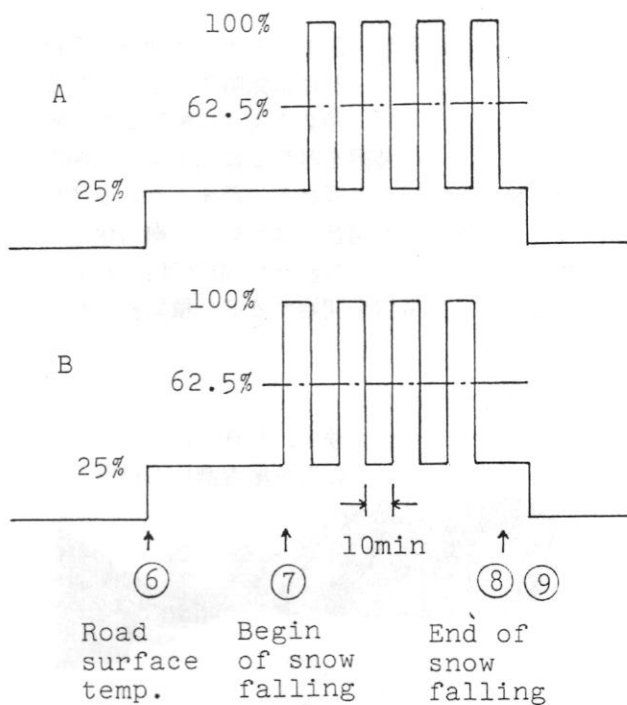
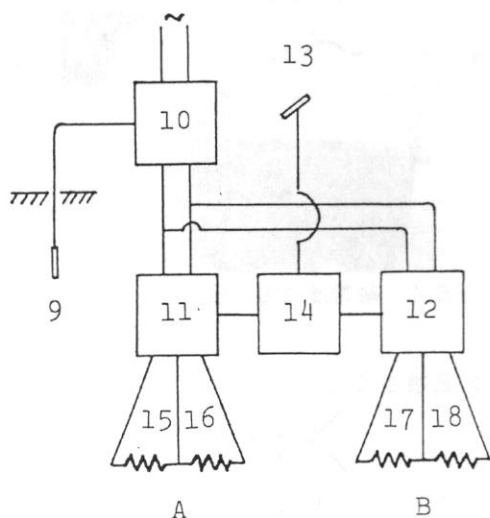


Fig. 4 Schematic diagram of control system II. Fig. 5 Control pattern of system II.

蒸気を用いた雪処理について

○苫米地 司, 伊東 敏幸 (北海道工業大学)

1. はじめに

積雪寒冷地にガラスや膜材などを屋根葺き材に用いた透明天蓋空間が建設されるようになってきた。これらの建築物は、屋根葺き材が透過性に優れていることから、この空間を冬期間有効に利用するためには、屋根面に出来るだけ雪を積もらせないことが前提となっている。これらの透明天蓋空間の屋根雪処理方法は、勾配を持った屋根形状であることから、屋根雪を融雪させながら滑雪させて処理する方法が一般的である。しかし、屋根面積が大きくなると、写真1に示すように滑雪した雪が局部的に堆積し、この雪処理が問題となる。

このようなことから、本研究では建築物の暖房用に用いられる蒸気を用いた融雪処理を検討した。

2. 実験方法

蒸気の供給には、図1に示す直径50mmの鋼管パイプに150mm ピッチに蒸気噴き出し口となる3φの穴を開けて、図2のように配管した装置を用いた。この装置を写真2に示すように融雪槽に設置した場合と写真3に示すように堆積した雪に直接置いた場合とについて、融雪状況を観察した。蒸気圧は $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 、温度は約 130°C である。なお、融雪を開始する前に積雪密度を測定した。

3. 融雪実験結果

融雪槽を用いた実験は、写真4に示すように積雪密度 $0.32\text{g}/\text{cm}^3$ の雪を融雪槽に 1m^3 投入し、



写真1 滑雪した雪の堆積状況

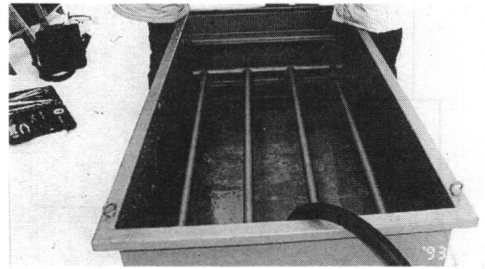


写真2 融雪槽に設置した蒸気供給装置

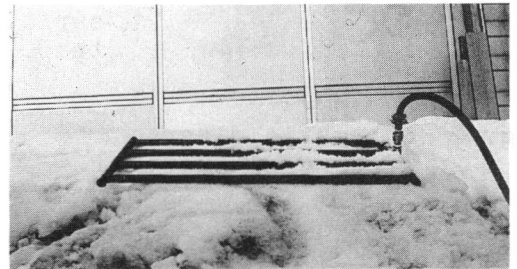


写真3 堆積した雪に設置した蒸気供給装置の概要

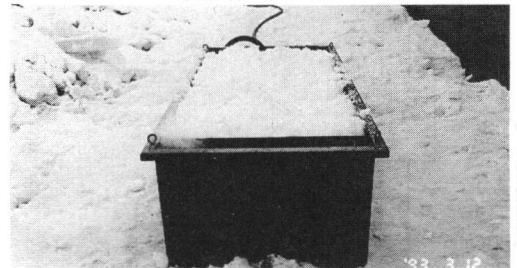


写真4 融雪槽に雪を投入した状況

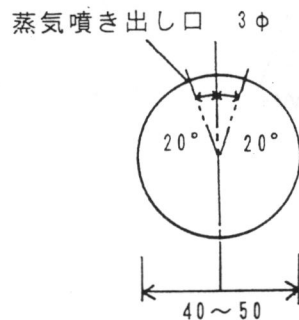


図1 蒸気吹き出し口の概要

その後、蒸気を供給しながら融雪状況を観察した。蒸気供給後、約5分で約30℃の融雪水が排水口からオーバーフローした。蒸気供給後、12分で完全に融雪をした。

蒸気の供給装置を堆積した雪に直接置いた実験は、写真3のように設置した後に蒸気を供給して融雪状況を観察した。蒸気を供給し始めると、蒸気の供給装置が融雪しながら自重で沈降する。蒸気供給後、10分で写真5に示すように深さ約1mの雪を融雪する。いずれの方法においても比較的効率良く融雪処理しているといえる。

本融雪実験では、図3のように堆積した雪の上部から下方に向けて蒸気を供給するため、空隙に沿って蒸気が供給され、全体的に融雪が進む。当初、蒸気を用いた融雪では蒸気が周辺に蔓延し、周辺の壁面に結露が発生することが懸念されたが、前述のように空隙に沿って蒸気が進行することから、このような現象が見られなかった。一般的に用いられている温水の場合、局部的に融雪した後に徐々に全体的に融雪する。

ここで、蒸気と温水とのエンタルピーを比較すると図4となる。図のように、蒸気と温水との温度が同じ場合、蒸気の方が潜熱を多く持っていることがわかる。本実験で用いた蒸気圧 2 kg/cm² を例に蒸気と温水とのエンタルピーを比較すると以下ようになる。

T_s : 約130℃, h' : 516KJ/kg

h'' : 2163KJ/kg

$$h''/h' = 3.86$$

このように、同じ温度の場合には蒸気の方が温水の3.86倍の熱エネルギーがあることになる。

4. まとめ

蒸気を用いた融雪は、短時間に効率良く全体的に雪を処理することが明らかとなった。エネルギー面からみても、蒸気は一般に用いられる温水の数倍の熱エネルギーを持っている。さらに、暖房の熱源として蒸気を用いている建物では、容易に融雪用のエネルギー源として入手することが可能である。このようなことから、蒸気を用いた雪処理は十分に実用的である。

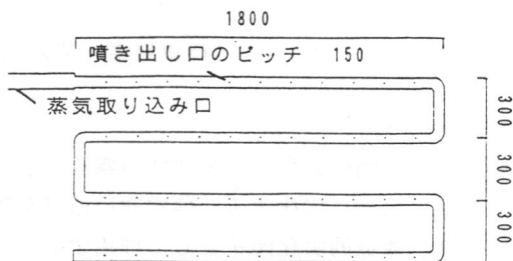


図2 蒸気供給装置の配管状況

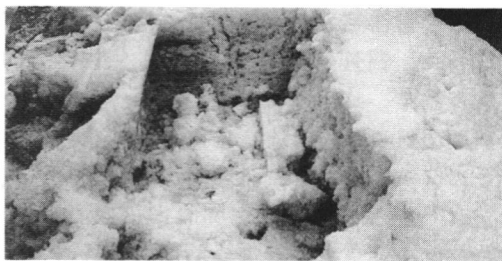


写真5 堆積した雪に設置した蒸気供給装置による融雪状況

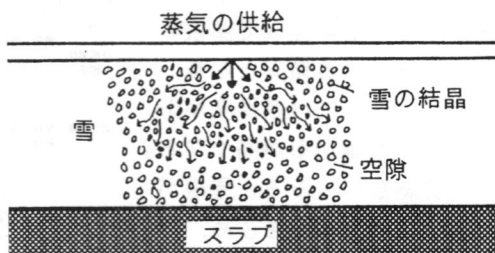


図3 蒸気の移動状況

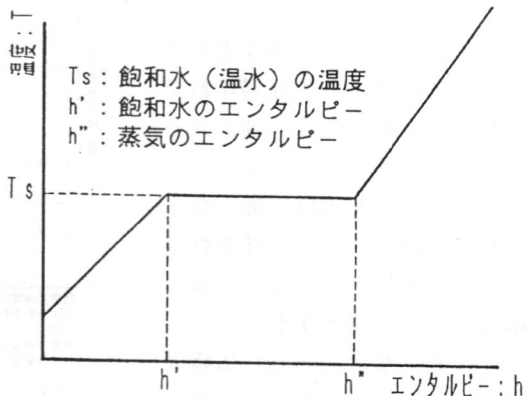


図4 温度とエンタルピーとの関係

冬期間の気象条件からみた外装材の修繕状況について

○伊東敏幸， 苫米地司（北海道工大）

1. はじめに

積雪地域の建物外装材は，冬期間の寒冷による凍害および積雪による雪害の影響を受けて徐々にあるいは急激に劣化する。積雪寒冷の外部環境により外装材に発生する劣化現象は，図1に示す通り，機械的劣化因子として作用するため，破損等の致命的な劣化現象が多い。

本研究は，北海道内各地における外装材の損傷状況と気象との関係を明らかにすることを目的として，公営住宅の修繕状況と冬期間の気象条件との関係を検討した。

2. 調査概要

調査対象は，北海道内各地に建設されていて，規模，構造および外装仕上げが比較的画一化している公営住宅とした。調査は道内 212市町村の公営住宅管理者への郵送アンケート形式により行った。調査の回収率は51%，気候区分的に分散する市町村より回収されている。

3. 調査結果

冬期間の気象条件による市町村区分は，表1に示すような寒冷差区分と積雪差区分で分類した。この区分を用いて，外装材の修繕状況と気象条件との関係を検討した結果以下の結果が得られた。

寒冷差区分別に外装材の修繕部位をみると，図2に示す通り寒冷度が高くなるに伴い外壁の修繕比率が高くなる。同様に積雪差区分別にみると，図3に示す通り積雪が多くなるに伴って屋根の修繕比率が増加する傾向となり，積雪区分が6以上では寒冷度が影響して外壁の修繕比率が高くなる。なお，全修繕数からみると屋根が外壁の約2倍の修繕数を占め，外装材のなかでは屋根修繕の比率が多い現状にある。

次に，使用年数が25年未満の建物における修繕までの経過年数の傾向をみる。寒冷差区分別に外壁修繕までの経過年数をみると，図4に示すように寒冷度が高くなるにつれ14年経過以前に外壁を修繕する割合が増加している。同様に屋根修繕までの経過年数をみると，寒冷度が高くなるにつれ19年経過以前に修繕する割合が高くなる。

積雪差区分別に屋根修繕までの

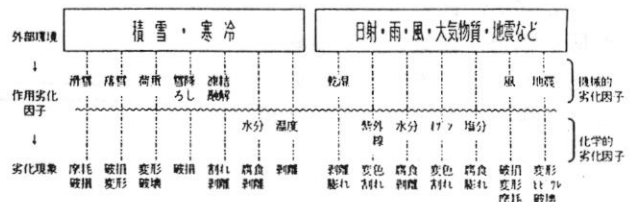


図1 外部環境による作用劣化因子と劣化現象

表1 北海道内市町村の寒冷差区分と積雪差区分

		積雪差地域区分** (下段:累積平均積雪量[cm・day])							
		1) 1,500～ 3,000	2) 3,000～ 5,000	3) 5,000～ 10,000	4) 10,000～ 15,000	5) 15,000～ 20,000	6) 20,000～ 25,000	7) 25,000～ 30,000	8) 30,000 以上
寒 冷 差 地 区 分**	2) 46～52			江差町 奥尻町 (2)**	上ノ国町 大成町 (3)	熊石町 (1)			
	3) 52～58	室蘭市	伊達市	函館市 登別市 清川町 (1)	松前町 知内町 杜野町 (9)	小樽市 余市町 岩内町 (10)	仁木町 共和町 蘭越町 (5)		
	4) 58～64		越川町 (3)	苫小牧市 南幌町 白老町 (8)	札幌市 恵庭市 砂川市 (16)	夕張市 三笠市 洞爺村 (12)	月形町 当別町 (2)	浜益町 (1)	
	5) 64以上	釧路市 門別町 (2)	北見市 網走市 根室市 足寄町 (21)	旭川市 帯広市 紋別市 富良野市 (36)	稚内市 名寄市 美瑛町 新得町 (27)	留萌市 上川町 喜茂別町 深川市 (17)	羽幌町 美深町 歌登町 (8)	稚内市 赤井川村 沼田町 (5)	

*1 積雪差地域区分
日本気象協会作成の積雪度図に基づく積雪区分。
(S31～S52年における年平均積雪量を1年間集積した値による積雪度図により定義)

*2 寒冷差地域区分
日本気象協会作成の寒冷図に基づく寒冷区分。
(S26～S38年における最高気温が45℃以下の年平均日数から算出される指数と1月および2月の平均最低気温から算出される指数との平均指数に基づく寒冷図により定義)

*3 該当する道内の市町村数

経過年数をみると、図5に示すように積雪が多くなるに伴って15～19年に修繕する割合が比例的に高くなる傾向にある。このことから、積雪量および積雪期間は屋根損傷に大きく関わっているといえる。なお、積雪差区分と外壁修繕までの経過年数にはこのような傾向はみられない。

公営住宅管理者からみた屋根修繕に至る損傷原因を積雪区分別にみると図6となる。公営住宅管理者は市町村の建設課が担当している場合が多いことから、損傷原因の判定は信頼性があると考えられる。図のように、積雪区分3の地域は道南の海岸沿いの市町村が多いことにより塩害が25%を占めるが、積雪区分4以上の地域では雪害を損傷原因に挙げる地域が多くなる。積雪区分別に屋根修繕の修繕方法をみると、図7のように積雪が多くなるに伴って部分的な修繕工事の割合が多い傾向にあり、屋根雪が原因である部分的な屋根の損傷が多く発生していると考えられる。また、再塗装などの全面補修の割合が高いことから、屋根葺材の防錆以外に屋根雪の滑雪性能の回復させる目的で修繕する場合が多いと考える。

4. まとめ

積雪および寒冷区分を用いて外装材の修繕状況を検討した結果、屋根損傷と積雪量に顕著な傾向が確認された。このことから、各種の気象因子を定量的に用いて屋根材の損傷を検討することが可能と考える。

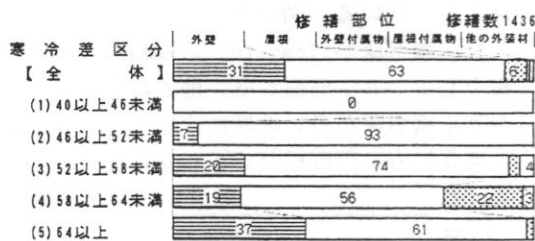


図2 寒冷差区分別にみた修繕部位

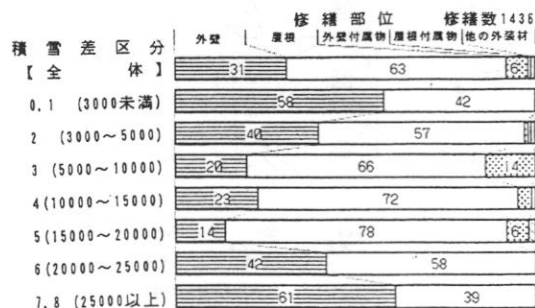


図3 積雪差区分別にみた修繕部位

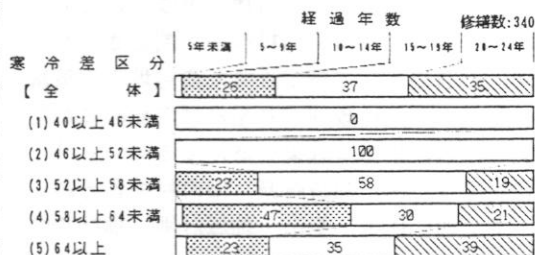


図4 寒冷差区分別にみた外壁修繕までの経過年数

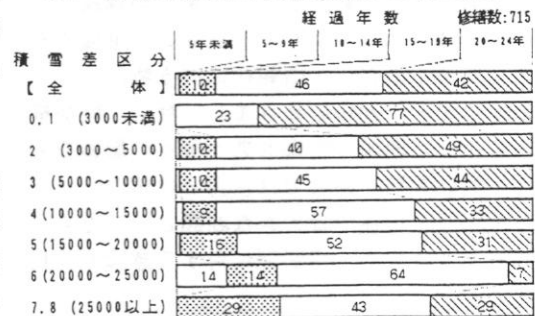


図5 積雪差区分別にみた屋根修繕までの経過年数

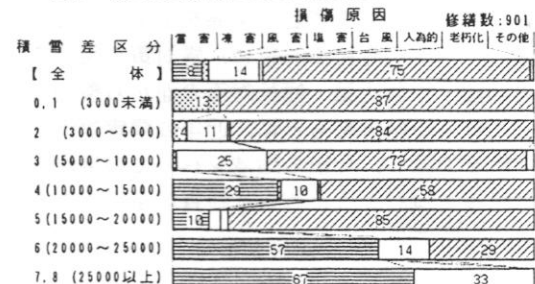


図6 積雪差区分別にみた屋根の損傷原因

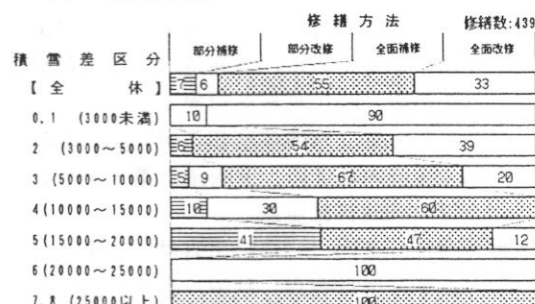


図7 積雪差区分別にみた屋根の修繕方法

積雪地域における冬期間の防災・消防・医療・福祉の現状について

○山形敏明，苫米地司（北海道工業大学），高橋章弘（北海道立寒地住宅都市研究所）

加治屋安彦（北海道開発局開発土木研究所）

1. はじめに

産業の振興および民生の安定向上を目標とした豪雪地帯対策は，この目標を達成するため昭和37年豪雪地帯対策特別措置法が制定された。以来，それをうけて策定された豪雪地帯対策基本計画により，行政的取り組みは広範囲にわたり実施され，相当な成果をあげてきている¹⁾。雪害対策は，国，都道府県，市町村の各行政レベルで交通，住宅，都市・地域計画，福祉や医療など多岐にわたる分野で検討されている。しかし，例えば積雪寒冷地での高齢化や過疎化といった問題や，モータリゼーションの進展やライフスタイルの変化，情報化に伴う物流システムの変化など，近年のめざましい社会・経済構造の変化は，地域の雪害形態へ種々の影響をもたらしている²⁾。過去では雪害とは感じられなかった問題も現在では大きな問題としてとらえられるようになり，雪問題に対する意識も変化している。

このような背景から，本報告では，豪雪地帯において雪害及び雪問題の実態を生活に即して把握している市町村を対象に，雪対策の現状を防災計画・救急活動・福祉対策の面から整理した。これらの結果をもとに，近年の雪害対策の現状を把握し，今後の地域レベルでの雪氷防災計画等を検討するための基礎資料を得ることを目的としている。

2. 調査方法

豪雪地帯の各市町村の雪害の状況とその対策の現状を把握するために，北海道内 212市町村，東北・北陸地方 388市町村を対象としたアンケート調査を北海道立寒地住宅都市研究所，北海道開発局開発土木研究所，北海道工業大学の3者共同で平成4年6月に実施した³⁾。

調査方法は，道内 212の全市町村と，東北・北陸地方にあっては青森，秋田，岩手，山形，宮城，福島，新潟，福井，富山，石川県の10県

の豪雪地帯（豪雪地帯対策特別措置法に基づき指定された地域）および積雪寒冷地地域（積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法に基づき指定された地域）に属する95の全市と，これら10県の町村のうち累年平均積雪積算値が5000cm・day以上の293町村の合計600市町村を抽出し，それぞれの市役所および町村役場の雪害や雪処理の担当者宛にアンケート用紙を郵送にて配布回収する方法をとった。

3. 調査結果

アンケートの回収率は全体で70.7%（424市町村）で，北海道75.0%（159市町村），東北地方70.7%（162市町村），北陸地方64.8%（103市町村）である。これらのデーターを各市町村の冬期間で気象条件が厳しい1月の平均気温，年最深積雪深および年最大日降雪深ごとに分類し，各調査項目について比較検討を行った。図1に対象とした市町村の「1月の平均気温」と「年最深積雪深」との関係を示す。図中には，北海道，東北地方および北陸地方の地域分布を合わせて示している。図のように，気温が0℃未満で最深積雪深が50cm～200cmの範囲に市町村が集中している。気温が低い地域に北海道，気温が高く積雪深が多い地域に北陸地方，その中間に東北地方の市町村が分布している。

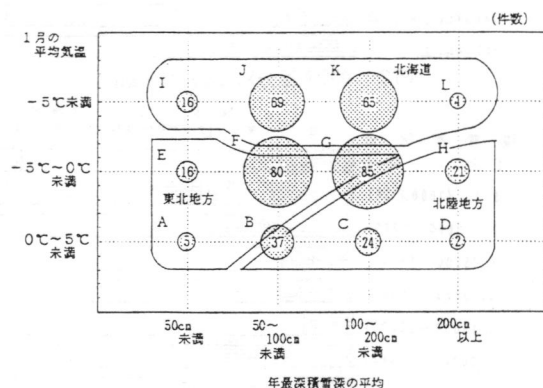


図1 市町村の分布状況

3-1 雪害発生時の気象状況

各市町村において雪害発生時の気象状況を整理すると図2となる。図のように1月の平均気温が低い地域では「吹き溜り」や「吹雪」の発生が多く、気温の高い地域では「多量の降雪」や「雪崩」が多くなっている。図中のI, J, K はいずれも北海道の市町村で「吹き溜り」や「吹雪」の発生が多く、B, C, H は北陸地方の市町村であり「多量の降雪」が多くなっている。E, F, G には東北地方のほとんどの市町村が含まれ、北海道と北陸地方の中間的な状況を示している。

3-2 防災計画

図3に各市町村の防災計画の夏期・冬期別立案状況に関する調査結果を示す。図のように全体では「夏期を中心に立案」が約28%と最も高く、「夏期・冬期別に立案している」が約16%、「冬期を中心に立案」が4%の順となっている。また、これらの地域を年最深積雪深別でみると「夏期中心に立案している」とした市町村は年最深積雪深が少なくなるに伴い増加している。これより、冬期間を考慮した防災計画を立案している市町村は少ないことがわかる。

広域避難場所へのルート確保および避難場所の除排雪について図4に示す。図のように全体では「実施していない」と回答した市町村が約55%を占め、「実施している」の約35%を大きく上回っている。

3-3 冬期間の救急活動の対応

各市町村における緊急車両への対応について整理すると図5となる。図のように、年最深積雪深の増加に伴い「対応策を実施している」市町村の比率が増加するが、いずれも30%未満と小さい比率となっている。これに対し、「対応策を実施していない」市町村がいずれの年最深積雪深の条件においても50%を大きく上回っている。

消防施設の設置状況を見ると、いずれの市町村においても設置されていると回答している。消防活動における冬期間の障害の有無について整理すると図6となる。図のように、いずれの温度条件の地域においても年最深積雪深の増加に伴い障害の発生が増加している。地域別にみ

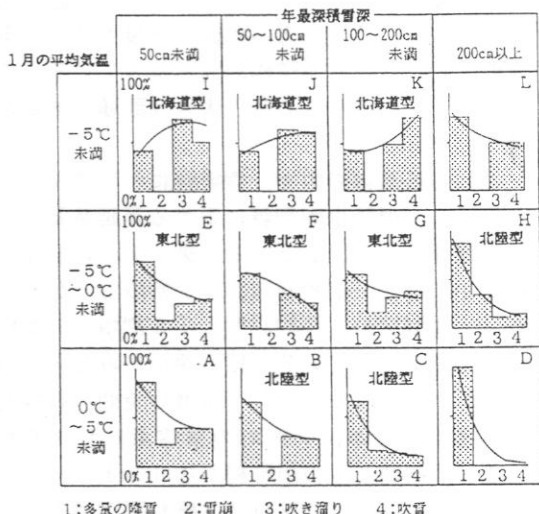


図2 雪害発生時の気象状況

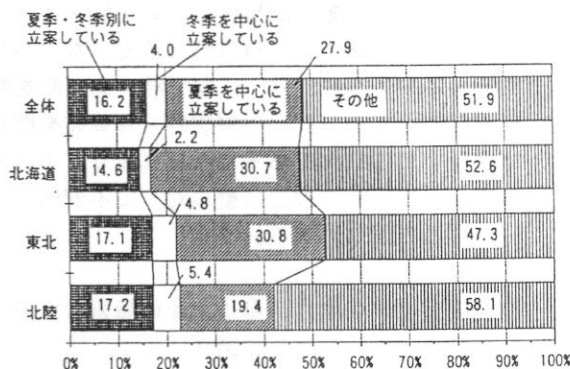


図3 防災計画の夏期・冬期別の立案状況

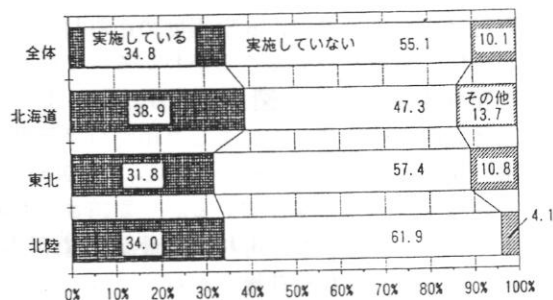


図4 広域避難場所へのルート確保及び避難場所の除排雪の実施状況

ると全体では約41%が「障害がある」と回答している。特に北陸地方が約60%と最も多く、東北地方約38%、北海道約32%となっている。これらは、防災面からみると大きな問題であると考えられる。

これらの障害の中で、雪害時において平常時と比較した消防車両到着に要する遅延時間について整理すると図7となる。図のように全体では「2割増し」が約38%、「1割増し」が約30%、「3割増し」が約22%、「5割増し」が約10%の順となっている。積雪深別にみても、積雪深が大きくなるに伴い「割増し時間」の程度が大きくなるが、いずれの積雪深においても、「2～3割増し」の市町村が約60%となっている。これらより、遅延時間は概ね平常時の2～3割増しであることがわかる。救急医療活動についてもほぼ同様の結果となった。

現在の救急活動の満足度について図8に示す。図のように全体では「無雪時は不安がないが有雪時は不安」が約52%、「無雪時・有雪時を問わず不安」が約8%、「無雪時・有雪時を問わず満足」が約39%であった。これより、市町村の6割が有雪時の救急活動に対して不安感を持っていることがわかる。

3-4 福祉対策について

要援護世帯（老人、母子、身体障害者世帯）の除排雪の現状について図9に示す。図のように全体では「要請された場合のみ行う」が約41%と最も高い。次いで「行っていない」が約26%、「計画的に行っている」が約20%の順になっている。これらは、積極的に実施している市町村は少ないものの、6割程度の市町村は何らかの形で実施していることがわかる。この結果を積雪深別にみると図10となる。図のように「計画的に行っている」とした市町村は年最深積雪深が大きくなるに伴い増加し、200cm以上の地域では44%となっている。「要請された場合のみ行う」とした市町村は年最深積雪深別の違いはみられず40%前後であり、「行っていない」とした市町村は年最深積雪深が減少するにともない増加し50cm未満の地域では45%となっている。このことより、年最深積雪深が大きい

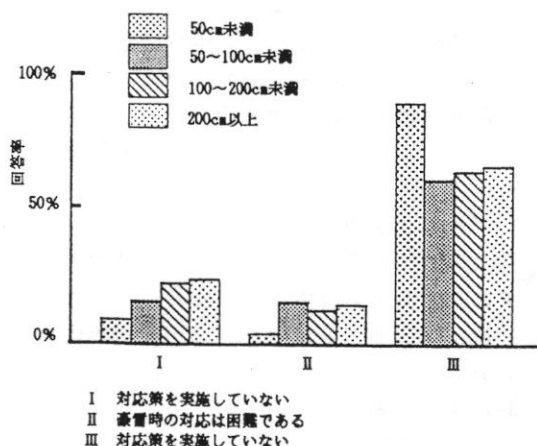


図5 緊急車両の対応状況

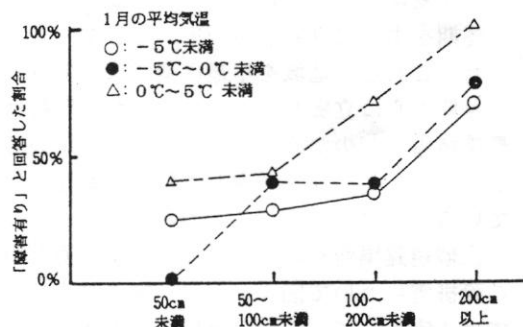


図6 消防活動の障害の有無

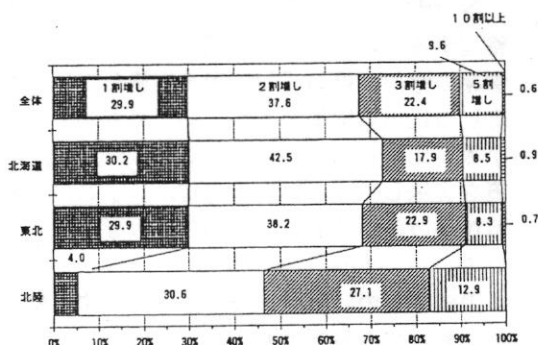


図7 消防車両到着に要する遅延の割り増し時間

地域では計画的に実施していることがわかる。

民間社会福祉施設の除雪費助成の現状については、「助成している」および「要請があれば助成している」と回答した市町村は10%前後に過ぎず、ほとんどの市町村は積雪量に関係なく助成していないのが現状である。

要援護世帯の除排雪に対する市町村の考え方について図11に示す。図のように要援護世帯などの自力で除排雪が困難な世帯に対して、誰が除排雪を行うべきかについて全体では「市町村などの行政」と回答したものが約22%であり、他は「隣近所」、「ボランティア」、「身内や親戚」などの地域住民が行うべきと考えている。特に東北地方では「隣近所の人が協力」が最も高く、地域による特色がみられた。

4. まとめ

本調査結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 雪害発生時の気象状況は、北海道では吹雪や吹き溜まり、東北・北陸地方では多量の降雪が主な要因になっている。
- 2) 雪害は都市機能を低下させることにより地域経済や公共活動、救急、医療および福祉活動と広範囲に影響をもたらしている。また、積雪量等の違いにより障害の内容や対策に差異が生じている。
- 3) 冬期間の防災については、雪害に対して独立した防災計画をもつ市町村は少ない。
- 4) 救急活動では、消防・救急医療ともに到着時間の遅延が障害であり、有雪時の救急活動に不安をもっている。
- 5) 福祉対策についても、防災・消防・救急医療活動と同様に雪害対策について不十分な現状であることが明らかとなった。

今後は、他の分析を加えた上で雪害に対する地域防災計画の提案を行う予定である。

参考文献

- 1) 国土庁地方振興局編：豪雪地帯の現状と対策 活力と魅力ある雪国づくりに向けて、大蔵省印刷局発行、p.208、平成3年3月
- 2) 苫米地司他2名：北海道における雪害に関する基礎的研究 地域・建築計画等の観点からみた雪害事例の分析、日本建築学会、日本建築学会計画系論文報告集No.447、pp.61～68、1993年5月
- 3) 北海道立寒地住宅都市研究所・北海道開発局開発土木研究所・北海道工業大学：市町村の雪害に関する実態調査結果報告書、平成4年11月

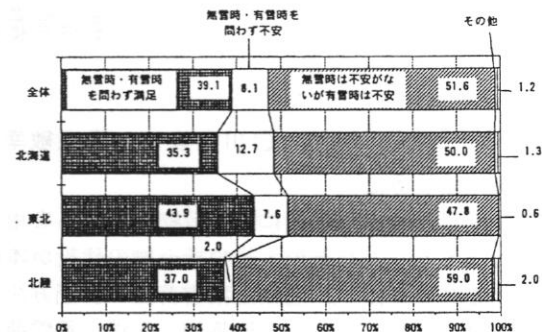


図8 救急活動への満足度

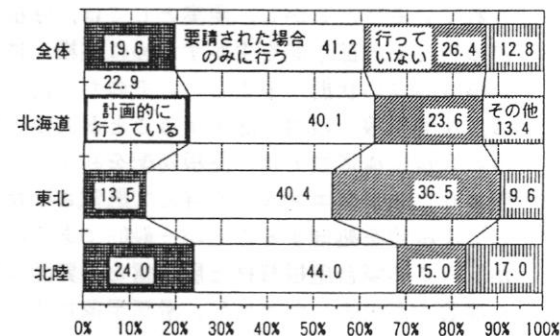


図9 要援護世帯の除排雪

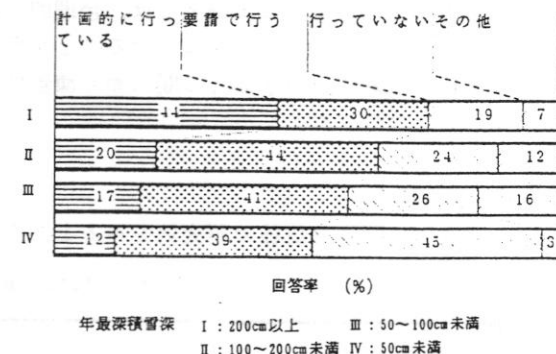


図10 積雪深別にみた要援護世帯の除排雪

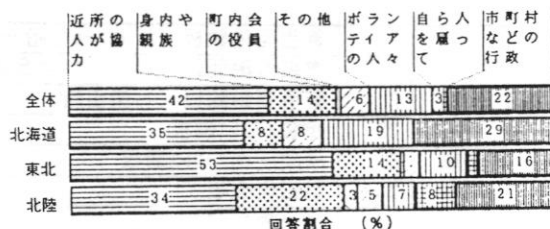


図11 要援護世帯の除排雪に対する考え方

屋根雪荷重の制御について

○川上俊一，伊東敏幸，苫米地司（北海道工業大学）

1. はじめに

近年，積雪寒冷地に膜構造物やガラスを用いたアトリウムなどの大規模構造物の建設が本格化されるに伴い，屋根上積雪荷重の評価方法の確立が望まれている。建築物の屋根上積雪荷重は，50年あるいは100年に一度降り積もる雪の最大積雪深が屋上に積もるとして現行では設計されている¹⁾。しかし，現実としては，屋根葺材の特性や内部空間を生かすために屋根上に雪が積もらない状態が望ましい。そのため何らかの方法で屋根上積雪を除去することが必要となる。大規模構造物では，屋根勾配を利用して滑雪させたり，熱エネルギーを与えて融雪させたりして屋根雪を処理することが一般的である。しかし，この場合屋根葺材と屋根雪との界面に働く凍着力が大きいために²⁾，滑雪現象は不規則な発生となる。このため，滑雪等による屋根上雪荷重の低減が認められない現状にある。

このような背景から本研究では，合理的な屋根上積雪荷重の制御方法を確立することを目的に各種屋根葺材と雪氷体との間に働く凍着性状について検討した。

2. 実験方法

凍着力に関する既往の研究例をみると，吉田

他（1991）では直接水を氷結させる方法で測定し，渡辺他（1993）ではフレーク状の水に水を加えて氷結させる方法で測定している。これらの実験結果を比較すると，凍着方法の違いによって凍着力が大きく異なっている。このため本研究では，凍着方法による違いおよび既往の研究結果との比較検討を行った。凍着力は写真1に示す水平滑雪装置を用いて以下に示す2通りの凍着方法による実験を行った。実験に用いた試料概要および実験シリーズを表1に示す。

1) 屋根葺材上で直接水を氷結させる方法

屋根葺材上で直接水を氷結させる方法（凍着方法A）は，屋根葺材に塩ビ管（内径31mm，高さ30mm）を設置し実験温度に冷却した後，所定の水量を入れて凍着させた。凍着時間は -10°C では3時間， -5°C では5時間， -2°C では8時間とした。

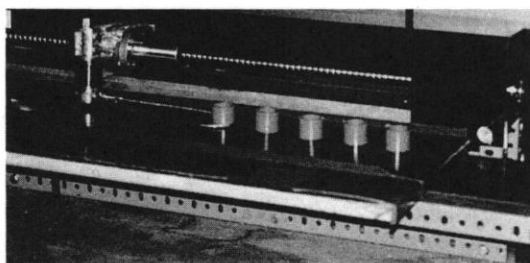


写真1 水平滑雪装置の概要

表1 試料概要および実験シリーズ

材料 種別	試料 CODE	試料概要	凍着方法 A			凍着方法 B		
			温度（℃）					
			-10	-5	-2	-10	-5	-2
高分子 材料	P	着色亜鉛鉄板（ポリスチレン樹脂光沢）	○	○	○	○	○	○
	PAG	塗装溶融亜鉛－5%7%ニッケル合金めっき鋼板	○	○	○	○	○	－
	F	着色亜鉛鉄板（フッ素樹脂）	○	○	○	○	○	－
	CS	塗装ステンレス鋼板	○	○	○	○	○	－
金属 材料	S	冷間圧延ステンレス鋼板	○	○	○	○	○	○
	Z	亜鉛合金板	○	○	○	○	○	○
無機 材料	FG	フロート板ガラス	○	○	○	○	○	○
	PG	磨き板ガラス	○	－	○	○	○	－

2) 屋根葺材上で氷ブロックを凍着させる方法

屋根葺材上で氷ブロックを凍着させる方法（凍着方法B）は、1)と同様の塩ビ管内に予め氷を作成し、屋根葺材上を水で濡らし氷ブロックを凍着させた。凍着時間は -10°C では 2 時間、 -5°C では 3 時間、 -2°C では 5 時間とした。このように 2 通りの方法によって凍着させた後に $10\text{mm}/\text{min}$ の速度で荷重を加え剥離させた。この剥離した時の荷重を付着面積で除した値を凍着力 (kgf/m^2) とした。

3. 実験結果

図1に高分子材料P（着色亜鉛鉄板：ポリエステル樹脂光沢）の凍着力と実験温度との関係を示す。図のように、いずれの凍着方法においても温度の増加に伴い凍着力は減少する傾向を示す。凍着方法による差異をみると、いずれの温度条件においても凍着方法Aの方が凍着方法Bよりも大きな値を示す。ここで、両者の比 (A/B) をみると、 -10°C で 3.8、 -5°C で 16.6、 -2°C で 10.8 となり、 -5°C では -10°C の 4 倍以上のバラツキがみられる。

次に、金属材料S（冷間圧延ステンレス鋼板）の凍着力と実験温度との関係を図2に示す。図のように、いずれの凍着方法においても温度の増加に伴い凍着力は減少する傾向を示す。凍着方法による差異をみると、いずれの温度条件においても凍着方法Aの方が凍着方法Bよりも大きな値を示す。両者の比 (A/B) をみると、 -10°C で 3.3、 -5°C で 2.0、 -2°C で 1.4 となり、両者の差は温度の上昇に伴い緩やかに減少する。

同様に、無機材料FG（フロート板ガラス）の凍着力と実験温度との関係を図3に示す。図のように、凍着力の減少や凍着方法による差異は、前述の材料と同様な傾向を示す。しかし、 -5°C 、 -2°C において雪氷体は、最大荷重に達した後に直ちに剥離せず、滑るように荷重が低下するのが確認された。これは、表面が非常に平滑なガラス表面においては、雪氷体との界面に大きな力である粘性作用が生じたためと考える。両者の比 (A/B) をみると、 -10°C で 7.3、 -5°C で 25.2、 -2°C で 1.7 となり、 -5°C では -10°C

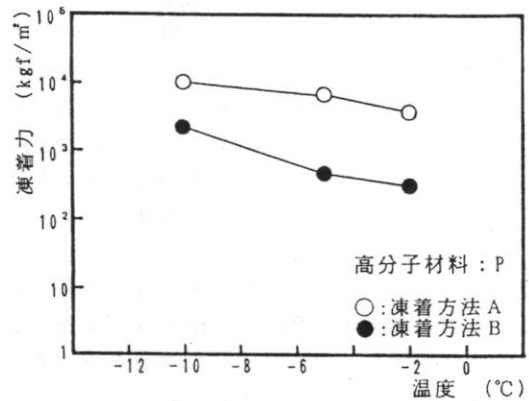


図1 凍着力と実験温度との関係

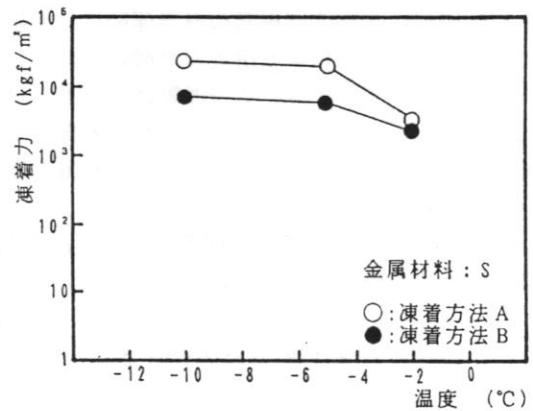


図2 凍着力と実験温度との関係

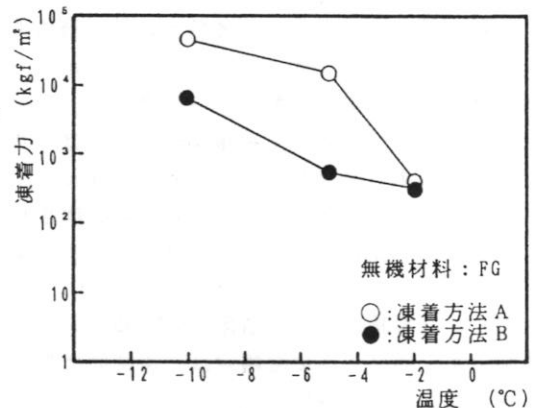


図3 凍着力と実験温度との関係

の3倍以上のバラツキがみられる。

次に、無機材料FGにおける既往の研究結果と本研究の結果を合わせて図4に示す。吉田他による実験結果と凍着方法Aは、どちらも温度の増加に伴い凍着力が減少し、 -2°C では急激に低下している。これに対して渡辺他による実験結果と凍着方法Bは、どちらも温度の増加に伴い緩やかに減少する傾向がある。このように凍着力は、凍着方法によって大きく異なるといえる。そのため現実には発生する屋根雪の凍着現象を的確に把握し、それに応じた凍着方法による凍着力を測定する必要があると考える。

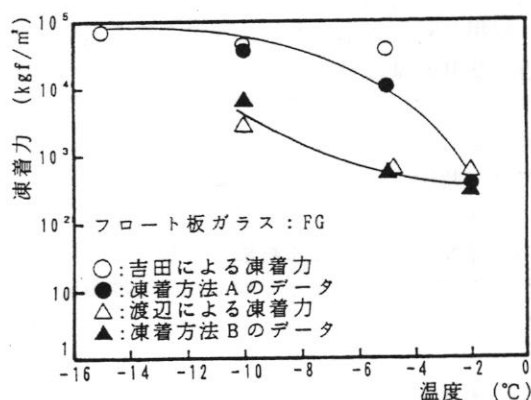


図4 凍着力と実験温度との関係

4. 屋根上積雪荷重の制御について

勾配屋根における屋根雪の滑走運動は、屋根雪の位置エネルギーによる滑走力が滑走抵抗力を超えるときに開始する。この運動は、雪氷の界面状態に大きく左右される。そのため屋根雪を滑雪させるためには、屋根雪に作用する諸力を把握する必要がある。

図5に示す滑雪時に働く力学的要因を基に滑雪開始条件を検討すると次式となる。

$$M \sin \theta > F_a + M \cdot \mu_s \cdot \cos \theta + F_t$$

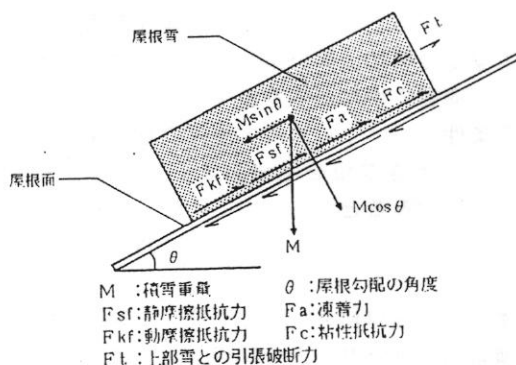


図5 屋根雪の滑雪時に働く力学的要因

ここでガラスの諸抵抗力は、 $F_a: 426 \sim 50426 \text{ kgf/m}^2$ ($-2 \sim -10^{\circ}\text{C}$), $\mu_s: 0.235$ (0°C の場合), F_t : 約 0.2 kgf/cm^2 密度 (0.2 g/cm^3) となる。

実験で得られたように、凍着力は他の滑雪抵抗力に比べて極めて大きな値であることから、滑雪運動は凍着力に支配されると考える。そのため屋根雪を滑雪させて荷重制御するには、凍着力を低減する必要がある。凍着力は凍着方法によって異なることが、実験結果から確認されているため、凍着力を低減するには屋根雪の凍着過程を明らかにしなければならない。

図6に降雪時に発生する屋根雪の凍着過程の例を示す。図のように屋根雪は、連続的に降雪が繰り返されると屋根面上に積雪される。積雪した屋根雪は、外気温、小屋裏温度、および日射量などの外的要因の影響を受けて屋根葺材界面に融解が生じる。この融解水が外気温の低下

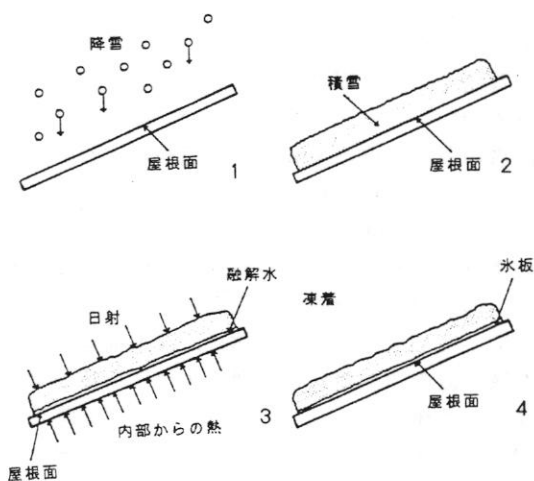


図6 降雪時の屋根雪の凍着過程

により氷結して屋根雪を凍着させる。この過程で凍着した屋根雪の滑雪を考えてみると、熱エネルギーを供給することにより、凍着力を低減することが可能となり、屋根勾配による重力滑雪を容易にすることが可能である。この場合、氷結時の積雪重量によって凍着力が変化することが既往の研究³⁾で指摘されていることから、積雪重量による影響も考慮しなければならない。この凍着力の特性を明らかにするためには、屋根葺材表面に伝わる熱伝導性や供給エネルギー量、外気温による界面の温度変化などの屋根葺材の凍着性状を明確にしなければならない。これらのことにより、凍着力の低減が意図的に抑制されると許容積雪重量の範囲で滑雪が促され、設計用屋根上雪荷重の低減を見込むことができる。以上のことを考慮して屋根上雪荷重を制御すると以下のことがいえる。

札幌市における積雪深の変化過程（積雪深極値年第4位、1977.12.1～1978.4.30）を図7に示す。図のように3回に渡って1日30cmを超える積雪があり、2月3日には最大積雪深の125cmに達している。ここで、図7に示した積雪深がそのまま屋根に積もったと考えると積雪重量の変化過程は図8となる。この積雪状態を用いて積雪重量を 100kg/m^2 で制御すると仮定した場合図9となる。図のように制御荷重に達したら速やかに滑雪させ、常に制御荷重以上に堆積させないことにより、積雪重量は最大でも 100kg/m^2 に留まり、豪雪時などの積雪深の急増に対応が可能となる。

この様に雪荷重の制御方を確立させることにより、凍着力および設計用屋根上雪荷重が低減され、建築物の耐久性、経済性が向上されると考える。

5. まとめ

本研究により、屋根雪荷重を制御する上で最も大きい抵抗力である凍着力について実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。凍着力は、雪氷体の凍着方法によって異なる。屋根雪の滑雪は、凍着力を軽減することによって促進させることが可能である。凍着力を軽減する

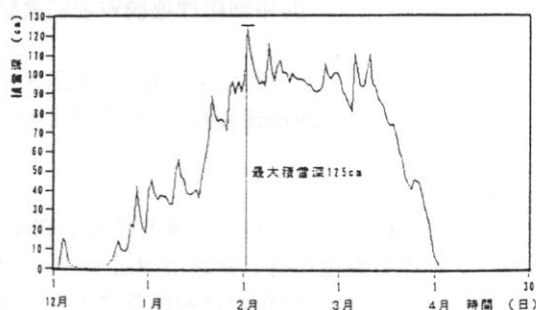


図7 札幌市における地上積雪深の変化過程

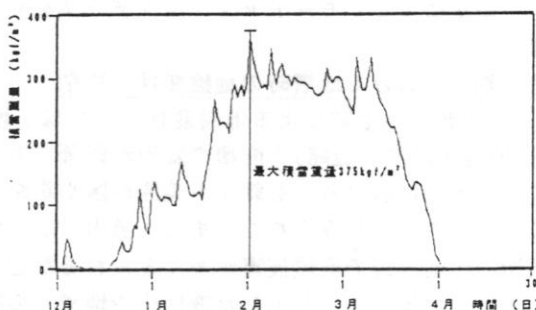


図8 屋根雪の積雪重量の変化過程

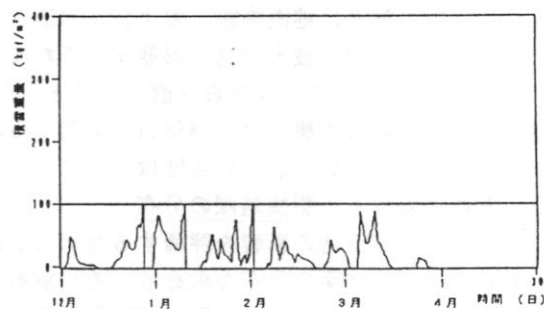


図9 屋根雪荷重の制御

ためには、屋根雪と屋根葺材との凍着性状および熱供給による凍着力の低減状況を明らかにしなければならない。これらの条件を建物管理者が常に把握し、屋根雪を計画的に制御することによって屋根上雪荷重の低減が可能になる。

今後は、屋根雪の凍着過程および供給エネルギー量について算出、検討が必要と考える。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説, pp. 169-176
- 2) 吉米地 司他：各種屋根葺材と屋根雪との凍着性状について、日本雪工学会大会論文報告集, pp. 119-122, 1993. 1
- 3) 清水 増次郎：氷点下における雪の屋根材への付着、日本雪氷学会誌54巻3号, pp. 269-275, 1992. 9

'93年釧路沖地震の地盤変状と予想凍結深の関係

°戸松 征夫・福田 正己・矢作 裕・佐藤 靖彦
(西松建設㈱, 北大低温研, 北教大釧路, 西松建設㈱)

1. はじめに

'93年釧路沖地震(1月15日午後8時6分発生)により釧路市を中心とした地域で地盤変状がみられた。地震の発生当時、釧路市周辺で表層地盤は凍結していたとみられている¹⁾。

本報告では、まず'93年釧路沖地震により発生した地盤変状の特徴を調べる。次に、地盤変状が土壤凍結深に関係があるかどうかを把握するため、地震時の予想凍結深を計算する。さらに、人工衛星によるリモートセンシングデータを利用して、その画像と地盤変状や土壤凍結との関係を分析する。

2. 釧路における地震時の地盤変状の特徴

'93年釧路沖地震による地盤変状としては、埋立地(港湾・低湿地)での液状化(噴砂)と盛土(造成地・鉄道・道路)の崩壊や変形が顕著である²⁾。釧路港では多数の埠頭に亀裂や段差が発生し、港湾地区以外でも釧路市美原地区や釧路町木場(マンホールの浮き上がり地点)周辺をはじめとして噴砂がみられた。また、道内の広い地域で道路盛土の陥没が発生したり、旧釧路川東岸の台地周辺で家屋被害が多くみられるなど、斜面災害の性格を持っていた。

今回の地震により発生した液状化や地滑りの特徴として、次の点が挙げられる。

- ①地震動の強さの割に液状化や地滑りの被害が少ない、あるいは大規模でない。
- ②構造物の被害は港湾施設、および下水道管やガス管などに顕著である。
- ③液状化や地滑り被害の発生形態が、これまでの地震と比べ特異である。

(例えば、マンホールは真っ直ぐに浮き上がり、地滑りは南斜面で被害が相対的に目立つ)
なお、釧路市周辺の凍土は、例年11月中旬から継続的となり、4月中旬まで残る。凍土が数十cmあると気密性は高く、その強度はコンクリートに相当するなどの特徴がある。

3. 釧路における予想凍結深の分布

地震時の土壤凍結の影響を評価するために、釧路市周辺の地質、地盤条件や地形に対応して地震時の予想凍結深の分布を求める。その解析フローは図1に示すように、気候などの計算条件の下で地表面の熱収支を計算して平衡地表面温度を求める³⁾。これを境界条件として潜熱発生を伴う熱伝導方程式を解き、地中温度分布を求め凍結深を予測する。

(1) 計算条件 計算条件として①土質条件、②気象条件、および③初期条件を与える。①土質条件には、土の密度、含水比、熱伝導率、および比熱がある。密度は柱状図^{1), 4)}のN値から推定し、熱伝導率はKersten式⁵⁾を用いて決定する。含水比と比熱は北海道での実測値⁵⁾を参考にして標準的な値を採用する。

②気象条件には釧路地方気象台のデータを使用し、92年10月1日から93年1月31日までの日毎の平均気温、日射量、風速、気圧などの気象データを与える。釧路市では12

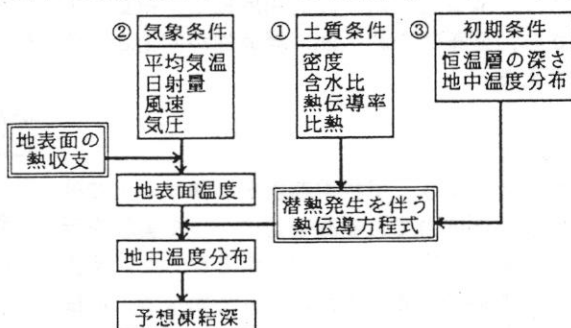


図1 予想凍結深の解析フロー

月23日から地震発生の1月16日まで降雪がなく、平均気温も氷点下の日が続いた。

③初期条件として、地下恒温層深さおよび地中温度分布を仮定する。地下恒温層は地表から-6mの深さとする。地中温度分布の仮定には91年10月の気温が地表面に、年平均気温が地下恒温層に等しいとし、その後1年間の月平均気温を与えて地中温度の変化を調べる。その結果より92年10月1日時点の地中温度分布を追跡し、これを初期条件として与える。

(2) 計算結果 計算地点には、釧路市周辺で釧路川と旧釧路川にはさまれた平坦な低湿地から8点、および旧釧路川東側の台地から3点を選ぶ(図2)。これらの地点で地震が発生した1月15日の予想凍結深を計算し、その結果を表1に示す。平坦地では主に砂層が堆積しており、そこでの凍結深は40～50cmである。一方、緑ヶ岡や気象庁など火山灰、シルトが堆積する台地部では、凍結深は25～30cmと浅い。粒径が粗く熱伝導率が大きいと凍結が進行しやすいことが反映されている。

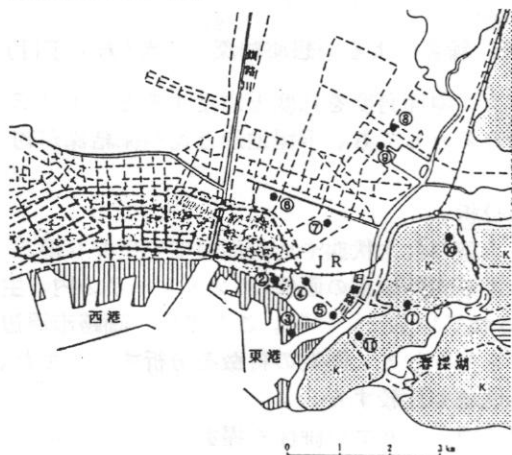


図2 予想凍結深の計算地点

表1 釧路沖地震時('93.1.15)の予想凍結深

No	場 所	表層土質(1m)	凍結深 (cm)	
1	城山1丁目37番	北海道教育大 釧路分校	火山灰	26.3
2	寿 1丁目2番	釧路ガス付近	砂	48.7
	寿 1丁目2番	釧路ガス付近 (舗装85cmの場合)	アスファルト 切込砂利、砂	74.0
3	南浜町32番	中央埠頭東	砂	46.5
4	北大通13丁目1番	釧路駅前	砂	46.7
5	北大通1丁目2番	旧釧路川沿い	火山灰、砂	30.9
6	横町13番	市民の森公園南側	砂	47.6
7	中島町5番	釧路駅北側	砂礫、シルト	41.4
8	釧路町国営2丁目3番	木場東側	砂	42.0
9	木場1丁目	マホーム被害付近	砂	41.0
10	緑ヶ岡6丁目	斜面崩壊現場付近	火山灰	26.3
11	新築町26番	気象庁	シルト	25.9

(3) 凍結深の観測結果 釧路市内の北海道教育大学釧路校および釧路ガス工場敷地で凍結深が連続観測されていた。城山1丁目の北海道教育大学釧路校の観測記録は図3であり、地震発生日の1月15日に凍結深は27cm(最大は4月15日に47.5cm)に達した。また、寿町の釧路ガス工場では1月15日には44cmであった。それらの地点における凍結深の経時変化をシミュレートして図4に示す。この計算結果は図3の実測結果をかなり良く近似している。

(4) 舗装面の影響 地震直後に道路などの地盤変状が少なかったことが報道されている。そこで、舗装構造として、85cmのアスファルト

舗装を想定して凍結深を計算した。その結果を舗装のない場合と比較して図5および表1に示す。舗装のある場合の凍結深は74cmとなり、凍結深が20～30cm深くなっていたと予想される。

(5) 斜面の影響 緑ヶ岡をはじめとした地盤変状は南斜面に多く見られ、凍結深が浅かったことが災害の発生に影響したと予想される。斜面の影響を推定するため、斜面角度によって

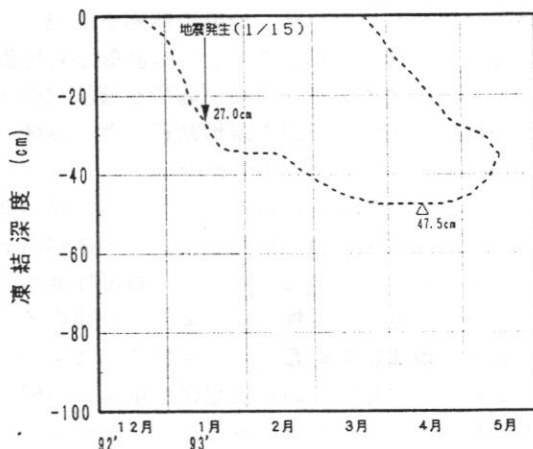


図3 凍結深の観測結果(北海道教育大学釧路校内)

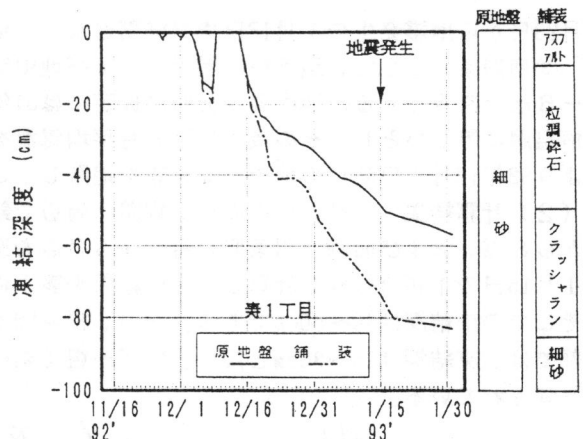
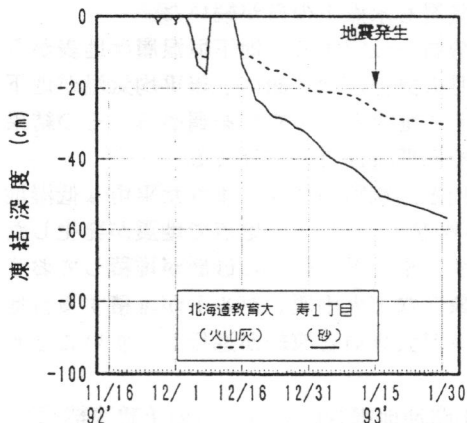


図4 予想凍結深(北海道教育大学、寿1丁目) 図5 舗装による予想凍結深の影響(寿1丁目)

日射量を割り増し、南斜面の場合の凍結深を計算した。斜面角度を15度と想定すると、1月15日の凍結深は22cmとなる。斜面向きにより条件が異なるとしても、平坦地形と比べ凍結深が約2割程度浅くなることが導かれる。

4. リモートセンシング画像による液状化危険度の分析

リモートセンシングの赤外線波長のデータから、土壌の含水状態や地表面温度を把握し得るといわれている。ランドサット衛星のTMセンサによる赤外波長の画像(バンド5～7の内、主にバンド7)から液状化地域をかなり抽出できるとされている^{6), 7), 8)}。ここでは、釧路市周辺で地震発生に近い冬季(土壌凍結状態)の画像データを分析して、画像の特徴を分析する。また、土壌凍結のない季節の画像を分析して、液状化危険地域を比較する。

(1) 冬季の画像 ランドサット5号は16日周期で同一エリアの画像を撮影し、地震前後では1993年1月6日と1月22日の画像が受信されている。1月22日の画像は釧路市周辺で全面的に雪に覆われてたため、地盤の情報を抽出する目的には適切でない。1月6日の画像は市街地にほとんど積雪がないので、この画像から地盤情報を読み取ることが可能となる。1月6日のバンド7画像でレベルの高い場所が液状化の可能性の高いところに対応すると予想し、その画像を持って釧路市周辺を現地踏査した。画像と地盤災害との関係を類推したところ、バンド7の画像には次の特徴がみられた。

- ①冬季の画像は他の時期に比べレベル値が低く、地表面の凍結を反映している。
- ②冬季の画像の中で相対的にレベル値が高い地域があり、日射量の強い斜面と対応がよい。
- ③構造物や舗装等により表土の被覆程度が高い場所では、地表面の情報分析が難しい。
- ④経済活動や人工物による画像の特異点があり、製紙工場操業や廃棄物処分場が対応する。

(2) 土壌凍結の影響 前項に述べたように、冬季のバンド7画像には土壌温度の影響が強く現れ、液状化に係わる土壌含水量などの情報に影響していると予想される。そこで、温度の影響を取り除くことを試みる。ランドサットTMセンサには熱バンド(バンド6)があり、主に地表面の温度情報を把握することができるとされている。そこで、熱バンドが低くてバンド7が高い地域を抽出したのが図6である。図6に示す地域は、熱以外の原因によりバンド7のレベルが高い地域として、液状化危険度の高いところを示すと推定した。抽出される地域には、地盤災害のあった釧路西港、東港、木場町などの地域が対応し、現地踏査の結果と矛盾しない。

(3) 秋季の画像 釧路市周辺で積雪と土壌凍結のない時期のリモートセンシング画像を同じように分析する。1990年10月29日に撮影された画像を用い、バンド7のレベル値の高い地域

を抽出して、バンド6(熱バンド)の高い地域を差し引いたものが図7である。ただし、港湾地域で、図6の画像と抽出地域が類似するようにしきい値を設定してある。秋期の画像では斜面でのレベル値の高まりはほとんど現れない。図7で抽出されたところの多くは郊外の湿原地域にあたる。市街地の抽出地域は冬季の画像とほぼ同様に分布する。市街地周辺では昭和、北園や、旧釧路川流域の貝塚四などの地域が抽出され、土壌凍結のない時期に地震に襲われたなら、液状化の可能性が高い地域であろうと推定される。別に1989年5月19日の画像も参照したがその抽出地域の分布は図7と似ている。

5. まとめ

'93年釧路沖地震発生時の釧路市周辺での予想凍結深を、熱伝導モデルにより求めた。予想凍結深は、土質条件の他にも日射量や被覆などの影響を受け、地盤災害の発生に深く関係することがわかった。

衛星リモートセンシングの赤外線波長帯画像を用い、冬季および秋季の液状化危険度の分布を導いた。もし表層地盤が凍結していなければ、今回程度の地震動により、釧路市周辺の湿原地域や河川流域などでかなり広範囲に液状化が発生したと推測される。ただし、リモートセンシングデータの利用は、構造物や舗装等により地盤が被覆されている場所、および斜面などで液状化の分析が困難なため、これらの研究課題を残している。

謝辞 調査に当たり御協力頂きました釧路ガス(株)常務取締役・小村三樹夫氏、北海道ガス(株)技術開発研究所・荒木寿夫氏に感謝致します。



図6 冬季の画像を用いた釧路市周辺の液状化分析図
[二値化レベル値：バンド7>19 and バンド6<57]

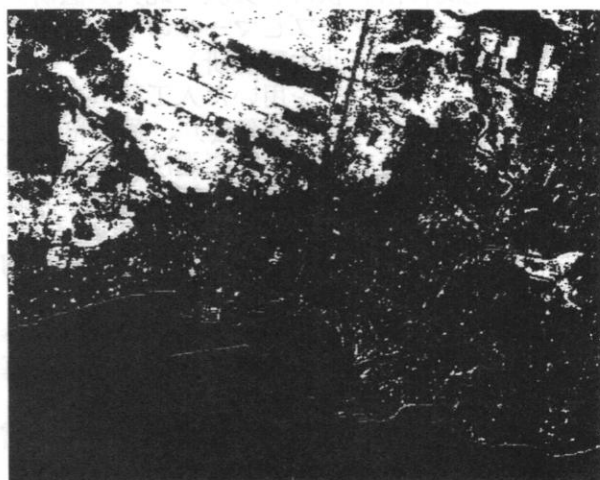


図7 秋季の画像を用いた釧路市周辺の液状化分析図
[二値化レベル値：バンド7>30 and バンド6<115]

参考文献 1)柳沢栄司・菅野高弘・村山良之：1993年1月15日釧路沖地震被害調査報告-2地盤被害、土木学会耐震工学委員会、1993.3. 2)奥村晃史・池田国昭・遠藤秀典：1993年(平成5年)釧路沖地震による地盤災害(速報)、地質ニュース、No.462,41-42,1993. 3)福田正己・石崎武志：平衡地表面温度による土壌凍結深推定モデル、雪氷、42-2,71-80,1980. 4)(社)北海道建築士会釧路支部：釧路市の地盤、1982. 5)久保宏：道路における凍上とその対策、土の凍結-その制御と応用-、土質基礎工学ライブラリー23、土質工学会、91-124、1983. 6)後藤恵之輔・坂元誠・沢園佳穂・陶野郁雄：液状化地盤のランドサットデータ特性、土質工学研究発表会講演集、Vol.21, No.2-1, 831-832, 1986. 7)栗田哲・岸田英明・北山浩平：液状化した地域におけるランドサットTMデータのパンド特性、土質工学研究発表会講演集、Vol.25, No.1, 119-120, 1990. 8)戸松征夫・奥石肇・佐藤靖彦・細川勝巳：リモートセンシングデータを利用した液状化危険度予測の基礎的研究、土木学会年次学術講演会、Vol.47, No.1, 80-81, 1992.

平成4年度事業報告

平成4年6月10日 支部総会・研究発表会

日時：平成4年6月10日（10：00－15：30）

会場：北海道大学学術交流会館 第一会議室

参加者：102名

- | | |
|--------------------|-------------|
| (1) 支部総会 | 10：00－10：30 |
| (2) 第1回理・幹事会 | 12：00－13：00 |
| (3) 研究発表会（発表件数18件） | 10：35－15：30 |
1. 1991-'92年冬期の道北地方の積雪分布と化学成分の変動
藤原滉一郎、佐藤冬樹、笹賀一郎、飯原慶子（北大演習林）
 2. 北海道北部・東部の広域積雪調査
秋田谷英次、石井吉之（北大低温研）
 3. サン・クラストの形成機構
尾関俊浩、秋田谷英次（北大低温研）
 4. ネパール、クンプヒマールのイムジャ氷河湖の発達過程
渡辺悌二（北大環境研）
 5. 吸水性ポリマーを用いた人工積雪の特性（1）積雪構造の観察
上林泰二（PAS研究会）、藤野和夫（北大低温研）
 6. 氷晶の併合と成長－鉛直過冷却雲洞実験－
高橋庸哉（北教大）、遠藤辰雄（北大低温研）、若濱五郎（北大名誉教授）
 7. 山地河川におけるアイスダムの形成と河川水温について
山崎誠、八巻修一（北海道電力（株））、杉田誠（北電興業（株））
 8. トドマツ人工林における降雪の樹冠しゃ断
中井裕一郎、北原曜、坂本知己、斉藤武史、寺嶋智巳（森林総合研究所北海道支所）
 9. 耕地防風林の地吹雪捕捉機能と材木の雪害について（4）－雪丘害に対する保育方法および更新方法について－
斉藤新一郎（北海道立林業試験場）
 10. 道路防雪林の排雪による材木の雪害とその対策について－道央自動車道札幌－岩見沢間の事例－
斉藤新一郎（北海道立林業試験場）、上島勉（日本道路公団岩見沢管理事務所）
 11. 路面圧雪の硬度とすべり指数に関する実験的研究
天野隆明（北大低温研、現：日本道路（株））、秋田谷英次、成瀬廉二（北大低温研）
 12. ロードヒーティング用電熱線の性能試験
佐山惣吾、西川泰則、三浦健一（北海道工業開発試験所）、須藤昌義、酒井好夫（（株）フジイ）、田中邦雄（（株）帝人）
 13. ロードヒーティング電力調節法
佐山惣吾、西川泰則、三浦健一（北海道工業開発試験所）、須藤昌義、里 伴昭、酒井好夫（（株）フジイ）
 14. 交通障害から見た北海道の雪害発生状況について
山形敏明、加治屋安彦、苔米地司（北海道工業大学）

15. 屋根葺き材と雪氷体との凍着力について
 苫米地司、山口英治（北海道工業大学）
16. 雪氷が屋根葺き材の劣化に及ぼす影響について
 伊東敏幸、苫米地司、星野政幸（北海道工業大学）
17. 風の諸性状と屋上積雪性状との関係について
 橋本茂樹、苫米地司（北海道工業大学）
18. 住宅地における除雪苦勞度に影響を与える要因分析
 小原優明、大垣直明（北海道工業大学）

平成4年7月 支部機関誌『北海道の雪氷』第11号発行（200部）

平成5年1月23日

支部地方談話会「ゆたかな冬のくらしと・・・北国名寄」の開催

主催：日本雪氷学会北海道支部／名寄談話会実行委員会

共催：名寄市／市立名寄短期大学道北地域研究所／北国文化会議／名寄細氷フォト研究会

後援：北海道大学雨竜地方演習林／（社）名寄青年会議所／北海道新聞社名寄支局／北海タイムス名寄支局／名寄新聞社／北都新聞社

日時：平成5年1月23日（土）12：30－18：00

会場：市立名寄短期大学

参加者：120名

プログラム：

特別講演 「アラスカの冬の自然と人々のくらし」
 北海道大学低温科学研究所 兒玉裕二

談話会 「野菜の雪中保存」
 市立名寄短期大学道北地域研究所 太田 徹

「冬の自然現象（サンピラー他）」
 北海道大学低温科学研究所 古川義純

「名寄市における子どもの手袋の実態と母親の意識」
 北国文化会議（名寄市）

パネルディスカッション

コーディネーター 山田忠司（名寄図書館長）

パネラー 高橋康文（岩手県沢内村雪国文化研究所）／檜山香代子（主婦）／山田 忠（北国文化会議会長）／滝沢良文（雪だるま財団事業部長）

平成5年1月23日 講演会『極北の民イヌイトとCWニコル』の開催

主催：みどりの実行委員会

後援：日本雪氷学会北海道支部／北海道新聞社／北方圏センター／寒地開発研究会／雪を考える会

会場：岩見沢市文化センター

出演：C. W. ニコル（作家）、ディビット・ボイジャー（イヌイト）

参加者：550名

平成5年3月26日 支部講演会

『自動車を使った過冷霧の新しい消散法』の開催

共催：日本雪氷学会北海道支部／日本気象学会北海道支部

日時：平成5年3月26日15：00－16：00

会場：北海道大学低温科学研究所 大講義室

演者：福田矩彦（ユタ大学気象学教室）

参加者：32名

平成5年4月10日 支部講演会『北海道は寒いところ？－雪氷、植生、
昆虫研究の立場から－』の開催

日時：平成5年4月10日13：30－16：30

会場：かでる2. 7（北海道立道民活動センター）

講演：「雪氷圏からみた北海道」山田知充（北大低温研）

「地球植生からみた北海道・シダを中心に」 佐藤利幸（北大
低温研）

「北海道の雪虫から氷河生態系へ」幸島司郎（東京工業大学）

参加者：25名

北海道支部平成4年度会計報告

通常会計 収入の部

費 目	予 算	決 算	差 額
前年度繰越金	333,624	333,624	0
本部交付金	277,000	587,557	310,557
出版物等売上げ	0	196,355	196,355
広告代金	50,000	32,000	△ 18,000
預金利子	0	954	954
合 計	660,624	1,150,490	489,866

支出の部

費 目	項 目	予 算	決 算	差 額
事業費	講 演 会	45,000	57,600	12,600
	研究発表会	25,000	18,000	△ 7,000
	地方談話会	100,000	178,620	78,620
	機関誌発行	180,000	183,040	3,040
	小 計	350,000	437,260	87,260
会議費	総 会	25,000	21,880	△ 3,120
	理・幹事会	60,000	54,075	△ 5,925
	小 計	85,000	75,955	△ 9,045
事務費		150,000	158,828	8,828
予備費		75,624	26,780	△ 48,844
合 計		660,624	698,823	38,199

収 入 額 1,150,490

支 出 額 698,823

451,667 ---- 次年度繰越し

会計監査報告

監 査 報 告 書

平成5年 5 月 20 日

日本雪氷学会北海道支部の平成4年度会計報告および各附属明細書表等の決算関係につきまして、平成5年 5 月 20 日監査いたしましたところ公正妥当に執行されていることを認めました。

上記のとおり報告いたします。

北海道電力(株)土木部主幹

監 査 土 田 征 夫



北海道開発局開発土木研究所道路部長

監 査 竹 内 政 夫



北海道支部特別基金

¥ 1, 7 5 7, 0 6 6
(北海道拓殖銀行札幌駅北口支店に預金)

平成5年度支部事業計画

1. 事業計画（案）

- 1) 研究発表会 平成5年6月11日（金）かでの2. 7
- 2) 機関誌「北海道の雪氷」第12号発行 平成5年7月
- 3) 講演会 2回（9月、12月）
- 4) 地方談話会 1回（後志地方）

2. 会議計画（案）

- 1) 総会 平成4年6月11日（金）
- 2) 理・幹事会 2回（第1回目は、6月11日 12時－13時）

平成5年度会計計画

収入の部

費 目	4 年度予算	4 年度決算	5 年度予算
前年度繰越金	333,624	333,624	451,667
本部交付金	277,000	587,557	280,000
出版物等売上げ	0	196,355	0
広告代金	50,000	32,000	34,000
預金利子	0	954	0
合 計	660,624	1,150,490	765,667

支出の部

費 目	項 目	4 年度予算	4 年度決算	5 年度予算	備 考
事業費	講 演 会	45,000	57,600	60,000	2 回
	研究発表会	25,000	18,000	25,000	1 回
	地方談話会	100,000	178,620	120,000	1 回
	機関誌発行	180,000	183,040	200,000	1 回
	小 計	350,000	437,260	405,000	
会議費	総 会	25,000	21,880	25,000	1 回
	理・幹事会	60,000	54,075	60,000	2 回
	小 計	85,000	75,955	85,000	
事 務 費		150,000	158,828	180,000	
予 備 費		75,624	26,780	95,667	
合 計		660,624	698,823	765,667	

平成5年度日本雪氷学会北海道支部役員

支 部 長 理 事	秋田谷 英次	北海道大学教授・低温科学研究所	011-716-2111-5488
	合田 裕志	北海道ガス(株)技術開発研究所次長	011-222-5367
	阿部 宏侑	北海道立寒地住宅都市研究所環境科学部長	011-621-4211
	石井 幸男	日本気象協会北海道本部参与	011-621-2456
	今井 信一	札幌青少年科学館長	011-892-5001
	鷗束 淑朗	北海道土木部長	011-231-4111-2751
	遠藤 明久	北海道工業大学名誉教授	011-741-4467
	奥野 隆夫	鹿島建設(株)札幌支店土木部長	011-231-5181
	織田 紀雄	北海道電力(株)土木部長	011-251-1111
	小林 徳宏	J R北海道取締役工務部長	011-251-9144-202
	田賀 洋	北海道電力(株)総合研究所長	011-251-1111
	加藤 建郎	交通安全施設研究会長	011-261-1855
	木下 誠一	北星学園大学教授	011-891-2731
	熊谷 勝弘	北海道開発局官房開発調整課長	011-709-2311-5471
	佐伯 浩	北海道大学教授・工学部	011-716-2111-6183
	佐々木 晴美	北海道開発技術センター専務理事	011-271-3028
	佐藤 隆	北海道開発コンサルタント交通施設部長	011-851-9221
	佐山 惣吾	北海道工業開発試験所材料応用技術課長	011-851-0151
	澤田 可洋	札幌管区気象台技術部長	011-611-6121-400
	霜山 正雄	(財)河川情報センター札幌センター所長	011-757-0511
	高橋 茂夫	日本電信電話北海道支社設備サービス部長	011-212-4700
	田中 晃	北海道開発局建築課長	011-709-2311
	東海林 明雄	北海道教育大学教授・釧路分校	0154-42-3381-328
	苦米地 司	北海道工業大学助教授	011-681-2161-443or331
	中村 龍一	東日本学園大学専務理事	011-231-3053
	浜田 義継	日本道路公団札幌建設局技術部長	011-241-9181
	早川 和夫	北海学園大学名誉教授	0134-22-2853
	原田 彰	北海道電力(株)工務部長	011-251-1111
	平賀 岑吾	札幌市建設局長	011-211-2662
	福田 正己	北海道大学教授・低温科学研究所	011-716-2111-5492
	藤野 和夫	北海道大学教授・低温科学研究所長	011-716-2111-5482
	藤野 暢一	(株)地崎工業土木部長	011-511-8114
	堀内 数	北海道工業大学教授	011-681-2161-255
	山本 孝	北方圏センター事務局長	011-221-7840
	吉田 英雄	北海道農業試験場農村計画部長	011-851-4954
	若瀨 五郎	北海道大学名誉教授	0123-36-4016
監 査 幹 事 長 会計幹事 庶務幹事 幹 事	竹内 政夫	日本気象協会北海道本部	011-621-2456
	土田 征夫	北電(株)土木部技術開発グループリーダー主幹	011-251-1111-5820
	石川 信敬	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-6892
	兒玉 裕二	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5509
	福沢 卓也	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5487
	石谷 捷二	北海道企画振興部総務課	011-231-4111-23119
	片山 道夫	日本道路公団札幌建設局交通技術課	011-241-9181
	加藤 秋男	JR北海道(株)工務部工事第一課	011-251-9139
	金森 久	北海道ガス(株)寒地技術研究開発センター	011-222-2038
	金田 安弘	日本気象協会北海道本部	011-621-2456-291
	木下 久史	北海道電力(株)総合研究所研究企画グループ	011-251-4299
	桜井 修次	北海学園大学・工学部	011-841-1161
	高橋 庸哉	北海道教育大学附属教育実践研究指導センター	011-778-8811-292
	竹野 淳	日本電信電話(株)北海道支社技術部	011-212-4399
	原 文宏	北海道開発技術センター	011-271-3028
地区幹事	春木 茂夫	北海道開発コンサル(株)本社交通施設部	011-851-9221
	前田 潔史	札幌管区気象台予報課	011-611-6121
	松沢 勝	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111
	三上 俊幸	札幌市建設局道路維持部雪対策課	011-211-2662
	湊谷 宣夫	北海道住宅都市部まちづくり推進室	011-231-4111
	高橋 修平	北見工業大学一般教育等(自然)	01572-4-7786
	土谷 富士夫	帯広畜産大学農業工学科	0155-48-5111-345
	平松 和彦	北海道立旭川西高等学校	0166-52-1215
	矢作 裕	北海道教育大学釧路分校	0154-42-1735
	金田 武	紋別市長	01582-4-2111
顧 問	真井 耕象	北海道大学名誉教授	0138-55-1509

北海道の雪氷 No.12

平成5年8月30日発行

発行 日本雪氷学会北海道支部

060 札幌市北区北19条西8丁目

低温科学研究所内

TEL:011-716-2111

内線6892,5487

日本雪氷学会北海道支部規約

第 1 条 本支部は日本雪氷学会北海道支部と称し、事務所を札幌におく。

第 2 条 本支部は日本雪氷学会定款第 4 条の目的を達成する為に下記の事業を行う。

1. 雪氷および寒冷に関する調査及び研究。
2. 雪氷および寒冷に関する研究会、講演会、座談会、見学会の開催。
3. その他の本支部の目的達成に必要な事業。

第 3 条 本支部の会員は北海道地方在住の日本雪氷学会正会員、団体会員、賛助会員および名誉会員とする。

第 4 条 本支部に次の役員をおく。

- | | |
|-------|--------------------|
| 支 部 長 | 1 名 |
| 支部理事 | 若干名（内支部地方理事若干名を含む） |
| 支部監査 | 2 名 |
| 支部幹事 | 若干名（内幹事長 1 名） |

第 5 条 支部長、支部理事および支部監査は支部総会において支部会員の中から選任する。

第 6 条 支部幹事（幹事長を含む）は支部会員のうちから支部長が委嘱する。

第 7 条 支部長は本支部を代表しその会務を総理する。

第 8 条 支部理事は、支部理事会を組織し重要な事項を決議する。

支部理事会の議長は支部長とする。

第 9 条 支部監査は支部の会計を監査する。

第 10 条 支部幹事は支部幹事会を組織し、支部長の指示を受けて、会務並びに会計を処理する。

第 11 条 役員の任期は 1 ケ年とする。ただし再任を防げない。

第 12 条 本支部に顧問をおくことができる。

第 13 条 顧問は必要に応じて本支部の指導にあたる。顧問は理事会の議決を経て支部長がこれを委嘱する。

第 14 条 本支部は毎年 1 回定期総会を開く外必要に応じ臨時総会を開く。

第 15 条 総会においては下記事項の承認を受けなければならない。

1. 会務並びに会計の報告
2. 新年度の事業方針
3. 役員の決定
4. 規約の変更
5. その他重要な事項

第 16 条 本支部の経費は下記の収入によってこれをまかなう。

1. 本部よりの交附金
2. 寄附金その他

第 17 条 本支部の事業年度は毎年 4 月より翌年 3 月までとする。

附 則 本規約は昭和 34 年 5 月 18 日より施行する。

昭和 53 年 6 月 8 日改正