㈳日本雪氷学会北海道支部機関誌

ＩＳＳＮ－1340－7368

北海道の雪氷

第17号

1998年８月

発行　㈳日本雪氷学会北海道支部

目次

巻頭言…… 1
1998年度研究発表会講演要旨…… 3
1997年度事業報告……68
1997年度会計報告……71
1998年度事業計画……73
1998年度会計計画……74
1998年度北海道支部役員名簿……75
日本雪氷学会と道内関係機関のホームページ……76
社団法人日本雪氷学会北海道支部規約……77

（表紙　　画：斉藤新一郎、題字：福沢卓也）

巻頭言

地域講演会「21世紀における北海道の生活と雪」を開催するにあたって

幹事長　遠藤辰雄（北海道大学低温科学研究所）

二年間の任期における最後の仕事として、表記のテーマで地域講演会を札幌で開催する準備をしておりますが、これが成功裏に終了するように努力する所存であります。

このテーマは林　勝朗評議員の提案に端を発し、二年前から実行委員会が準備検討して来たものでありますが、今年7月6-7日に沼田町で開催された「雪サミット'98」に見学のため参加して参りました。それは“雪中米”と称して籾を雪の冷熱源で鮮度や味を変えずに貯蔵することに成功し、現在は実用の段階にあるというものであります。そこでは、施設見学と各種の講演会が行われ全国から大勢の参加者が集まり大変な盛会でありました。これを今年度の地域講演会として札幌で開催するにあたり、支部会員の皆様にいち早くお知らせする目的で、この講演会の趣旨と概要を紹介させて頂き巻頭言に代えたいと思います。

そもそも、利雪の問題は雪氷学会が古くから取り上げ、雪氷学が明るい未来への展望を開くものであるとして世間に呼びかけて来た事のひとつであります。それは正に夢物語であり、初めは如何様にも扱える心許ないテーマであるために、話は面白いが、まともな研究から多少離れた存在であったことも事実であります。そのように“絵に書いた餅”から始まって、エネルギーの見積計算をしたり、小規模な実験をしながら実用の希望を維持して来た地道な努力が淡々と為されて来た事が後の成功に繋がったものと言えます。それは雪氷学よりはむしろ農学や空調施設に関連した建築・機械工学の分野において、実用化試験研究の格好なテーマとして幾多の研鑽が重ねられて今日に至ったものと言えます。それが、ある程度の大きな規模で実用化を開始し、予想通りの期待にこたえていると言う驚くべき報告が最近になってたびたび聴かれるようになったことであります。その各方面に与える好ましいインパクトは多大であり、実を伴う経験測が時間と共に続々と獲得され、また予想もしない新たな問題が次々見付けられ、それらを解決して行くことによって、関連する学問分野に新たな展開と科学技術の進歩を齎すことを考えると、この快挙は大いに賞賛されるべきであります。

日本雪氷学会北海道支部では、この成功の秘訣は何であるか、それが科学的にどの様に説明され評価されるものであるのか、さらにそれに基づく今後の発展性について、正しい理解を得るために我々が真摯に勉強することを目的として本講演会を開催することにしました。そのために講師陣は当学会員が主ではない異例な形式でありますが、この朗報を世に紹介することも科学情報の啓蒙普及活動の一端に資するものであることを確信して、広く関係

分野にも呼び掛ながら本講演会を実行することになりました。従いまして、
支部会員にありましては、この際振るって参加下さいます様切に、お願い申し上げます。

平成１０年度日本雪氷学会北海道支部地域講演会：開催地　札幌

「２１世紀の北海道の生活と雪」

――雪や寒冷気候を自然エネルギーとして利用した食料の備蓄――

開催日時：平成１０年１１月１２日（木）１５時～１８時

会場：北海道大学学術交流会館

趣旨：　北海道には豊富にある自然エネルギーの寒さと雪や氷を冷熱源として、農産物等の貯蔵に利用する試みは、これまでにも幾つもなされてきました。しかしながら、それがある程度の本格的規模で実用化されている例はあまり聞かれていなかった様でありますが、ここにきて、沼田町で雪と寒さを利用して、新米の味を長期間保存することに成功し、出荷時期調整に活用されていることが報告されました。この成功の鍵が何であるか、この方式の将来性の見通しはどうであるかについて、その詳細を専門的かつ科学的に取り上げて公開し、多くの方々の関心の前で議論することにより純粋な興味から正しく理解する機会をいち早く持ちたいと考えました。その理解と正しい評価を基に、今後この分野の更なる発展を期待するところであります。また、この度の沼田町の快挙をたたえ、その朗報を北海道の誇りとして、今の時点で広く公開することの意義を痛感致します。その理由は、この方式が発展して、大規模化が進めば、北海道は我が国のみならずアジアの農作物・食料の備蓄基地として期待される絶好の条件を備えているからであります。それは、冬の寒さと毎年必ず降る豊かな降雪量に加えて広大で比較的安価な土地があるからであります。そこで、緊急時における備えと、平時における、経費およびエネルギーの節約において、その真価を発揮していくならば、大量輸送等の関連産業や長期保存から生ずる様々な問題の防除管理技術等に必要な基礎的研究の振興も促進し、地域社会には高い技術的産業の需要を高めることで還元されるところが大であります。このような構想を成就するには世論の高揚も不可欠であり、このことも期待して本講演会を一般公開で開催いたします。

（詳細は別添同封の仮案内書の通りです。また正式プログラムは、今後のニューズレターNo. ５にて、お知らせ致します：事務局）

（社）日本雪氷学会北海道支部 1998 年度研究発表会講演要旨
日時：1998 年 6 月 23 日（火）　13:00～18:00
場所：北海道大学学術交流会館 小講堂

13:00～14:30　座長：伊藤敏幸（北海道工業大学）

1　着氷風洞を用いた列車着雪に関する基礎実験 1
○井藤由親・尾関俊浩・北川弘光（北大院・工）・秋庭賢二（ＪＲ北海道）・
小杉健二（新庄雪氷防災研）　…… 4

2　積雪の摩擦特性に関する実験的研究　－摩擦特性の温度・時間・密度依存性について－
○伊藤康徳・加藤康徳・藤野和夫（北海道工業大学）　…… 7

3　凍結路面の発生メカニズムに関する熱収支的考察 II.
石川信敬・成田英器・須藤正季（北大低温研）・加治屋安彦（開発土木研究所）　……11

4　降雪強度と風速から視程を推定する手法に関する研究
○松澤　勝（開発土木研究所）・竹内政夫（日本気象協会）　……13

5　高速道路の防雪林造成における成木移植の 18 年後の成果と問題点の解決方法について
○斎藤新一郎（専修大学北海道短期大学）・正城泰夫（日本道路公団）・
竹内摂雄（札幌道路エンジニア）　……15

6　狩勝峠の盛り土法面における植栽木の 4 年後の成長量と雪害対策について
○斎藤新一郎（専修大学北海道短期大学）・孫田　敏（日本データーサービス）・
阿部富次（帯広開発建設部）　……18

14:45～16:15　座長：西村浩一（北大低温研）

7　第 10 回国際冬期道路会議、第 9 回国際道路気象会議概要報告
石本敬志（開発土木研究所）　……22

8　凍結防止剤自動散布システムの開発
○岡　喜秋・上出光志・北口敏弘（北海道立工業試験場）・加藤譲二
（中島金属工業）・須貝保徳（電制）・長田茂樹（ホッコンアイピーシー）　……26

9　日本国内における自然エネルギー利用融雪システムの普及状況と将来性
○岩本欣也（北大工学部）・佐山惣吾（寒地技術研究所）　……30

１０　勾配屋根における軒下堆積雪形状の観測
○長谷川哲哉・伊東敏幸・苫米地　司（北海道工業大学）　……34

１１　屋根雪における積雪後のザラメ化に伴う摩擦抵抗力の変化
○伊東敏幸・高倉政寛・苫米地　司（北海道工業大学）　……38

１２　北海道における基礎断熱を併用した地盤断熱工法の適用に関する研究
○北谷幸恵・福島　明・月館　司・鈴木大隆（北海道立寒地住宅都市研究所）　……42

16:30～18:00　座長：深見浩司（北海道立地下資源調査所）

１３　ニセコ春の滝で発生した雪崩(1998. 1. 28)調査報告
○山田高嗣・八久保晶弘・根本征樹・海原拓哉・James McElwaine・西村浩一
（北大低温研）・新谷暁生（ウッドペッカーズ）　……46

１４　ニセコアンヌプリの積雪特性
○八久保晶弘・山田高嗣・James McElwaine・菅野真人・西村浩一
（北大低温研）・新田隆三・原田裕介（信大・農）・和泉　薫・永崎智晴
（新大災害研）・川田邦夫（富山大・理）・納口恭明（防災科研）　……50

１５　衛星画像による屈斜路湖の御神渡りの研究
○中村和樹・戸山陽子・西尾文彦・東海林明雄（北海道教育大学釧路校）　……54

１６　自動画像モザイク法の雪氷研究への応用
○直木和弘・戸山陽子・谷川朋範・中山雅茂・中村和樹・西尾文彦
（北海道教育大学釧路校）・織田和夫（アジア航測）　……58

１７　苫前町における吹雪を活用した「まちおこし」のこころみ
苫米地　司（北海道工業大学）　……62

１８　～水や氷を素材とする教育実験～ 輪ゴムでつくる氷のステンドグラス
矢作　裕（北海道教育大学）　……64

着氷風洞を用いた列車着雪に関する基礎実験 1

井藤　由親，尾関　俊浩，北川　弘光（北海道大学大学院）
秋庭　賢二（JR 北海道）
小杉　健二（新庄雪氷防災研究支所）

1. はじめに

鉄道の雪害対策は古くから行われてきたが，列車着雪による鉄道走行への影響は現在もなお問題である．特に列車の持ち込み雪や落下雪によって分岐器の不転換が発生することが多く [3]，対策が望まれている．現在分岐器に設置されている電気式融雪器や温風式融雪器は降雪には効果があるが，落下雪のような雪塊には不十分である．また経済効率の面からスノーシェルターや温水式消雪装置のような設備を広く在来線に整備することは難しい．したがって難着雪素材を用いて列車の着雪量を軽減する対策が有効と考えられる．近年着雪氷防止塗料の開発 [4] [5] が進んでいるが，列車の走行環境ではバラストや鉄粉の衝突が頻繁に起きるため劣化の影響が大きいと思われる．そこで本実験では起毛表面材を含めた 6 種類の表面を用いて着雪実験を行ない，せん断応力を測定した．

2. 実験の概要

(1) 試料および表面材料について

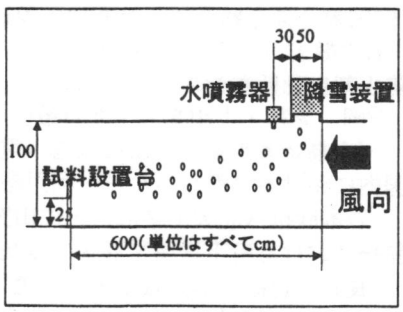
実験に用いる試料として，近年における鉄道車両材料の一つであるステンレスを用いた．このステンレスを母材として，表－1 の表面材について実験を行った．起毛織物素材との比較のために，タオルを使用した．

表－1　表面材の種類

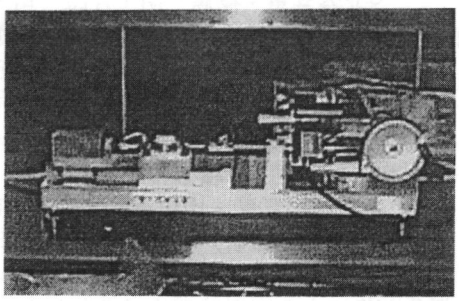
番号	表面材（剤）	備考
a	ステンレス	
b	イナータ 160	砕氷船用塗料
c	市販のタオル	長さ 4mm のループ起毛
d	起毛表面材 A	太さ 0.01denier，長さ 1mm
e	起毛表面材 B	太さ 0.01denier，長さ 2mm
f	起毛表面材 C	太さ 0.01denier，長さ 4mm

(2) 着雪実験装置および方法

実験は科学技術庁防災科学研究所新庄雪氷防災研究支所にある風洞施設で行った．測定部概略図は断面 1m×1m であり，図－1 に示す．室温－2℃で試料に着雪させた．雪は同支所で研究開発された樹枝状結晶を用い，1500cm³／sec で降雪させた．この際，測定部の風速は 8m／sec とした．実際の現象では車両下部の温度が様々な熱源により外気より高く，界面での融解再凍結がみられることから，試料をライト（1kW／m²）で前面から照射して温度を 1～3℃まで上げた．10℃前後の水を 5ml／sec で噴霧（水滴の粒形は 0.4mm）し，雪を湿雪の状態で試料に衝突させた．



図－1　風洞実験装置概略図



写真－1　せん断試験装置写真

表－2　着雪状況

実験番号	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
着雪密度(g/cm³)	0.21	0.25	0.35	0.33
含水率(%)	5.5	7.1	7.8	1.2

（3）せん断試験装置および方法

着雪した試料にリングをはめ，リング外の雪を削り取り，写真－1の試験装置に設置し，せん断速度8.4mm／minで実験を行った．

3．着雪状況

着雪状況を表－2にまとめる．

一定時間後の着雪量は風洞気流の影響が大きく，表面材の影響はあまり見られなかった．

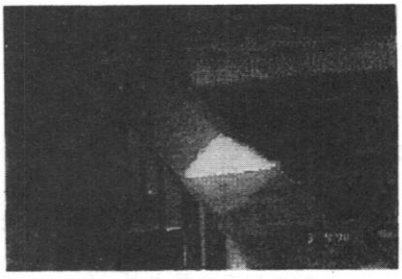
風洞気流は試料を中心として上下に流れるようになっている．よって着雪は写真－2のように風洞側面から見ると，よどみ点を頂点とする三角形となった．

着雪した雪質はざらめ雪化していたが，写真－3に見られるように樹枝状結晶の形跡が残っていた．

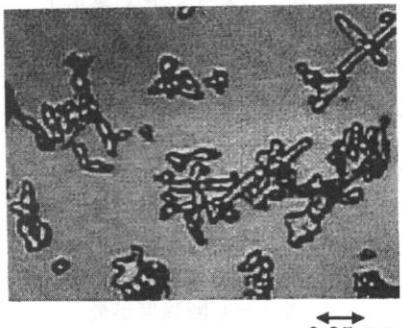
4．せん断力試験結果

試験結果を図－2に示す．参考に，氷とステンレス[6]およびイナータ[7]のせん断力（室温－5℃）を図－2の□，○として示した．

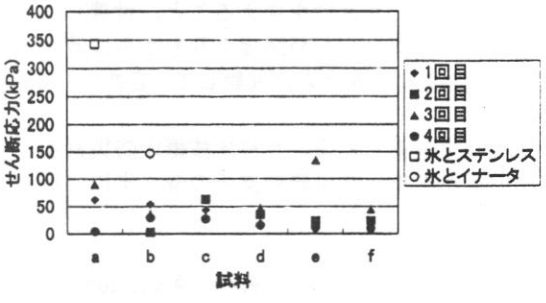
まず，試料a，bについて考察する．今回の実験結果はこれまでの実験結果[6][7]より小さな値となった．この原因として2つ考えられる．1つは今回の試料は雪なので有効接触面積が小さいこと，もう1つは雪と表面材料の界面でせん断が行われていないことである．写真－4よりステンレスに雪が残っていることから，ここでは後者が考えられた．試料bのイナータ160でも写真－5のように同様であった．よって試料a，bでは界面ではがれず，雪－雪間で破壊しているとみなした．また，図－3のように，試料a，bのせん断応力がMellor[8]の作成した積雪のせん断強度の曲線内とほぼ一致したことから，今回のせん断試験装置の信頼性がうかがえる．



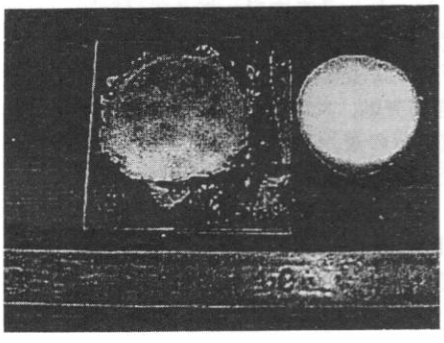
写真－2　着雪形状



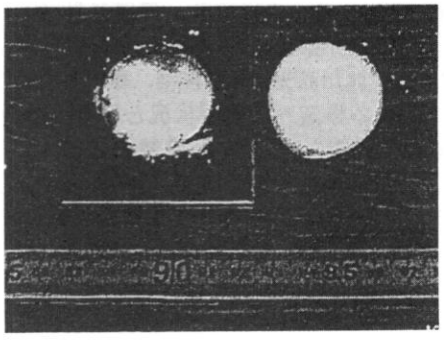
写真－3　着雪した雪の拡大写真



図－2　せん断試験結果



写真－4　試料aのせん断試験結果



写真－5　試料bのせん断試験結果

試料 c のタオルについては，写真－6 のように着雪した雪とタオルの界面でせん断できなかった．タオルが吸水してタオルごと凍り，タオルとステンレスの間ののりがはがされる結果となった．そのため，データとして比較しなかった．

これより，雪と表面材料の界面でせん断の行われた起毛表面材の結果を改めて図－4 に示す．起毛織物表面材の起毛の長さが，2mm 付近でせん断強度が最小値に近づく．試料 f のように 4mm ともなるとせん断応力は小さいが，脱毛しやすく絡まりやすいため実用上問題である．

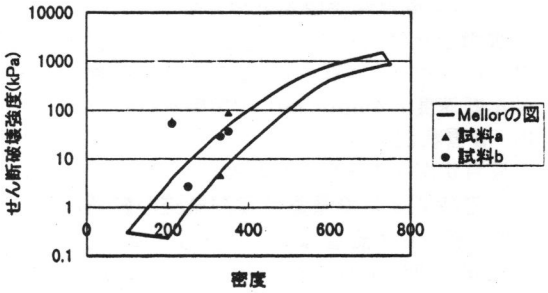
5. 実験のまとめ

このような表面材料から次のような結果が得られた．今回の風洞着雪実験においては，湿雪（含水率 1.2～7.8%），風速 8m／sec，温度－2℃の場合，表面材による着雪速度，着雪量にあまり差異が見られなかった．本実験に使用した 3 種類の起毛織物素材のうちで，起毛長さ 2mm のもののせん断強度が最も小さく有効であると思われた．

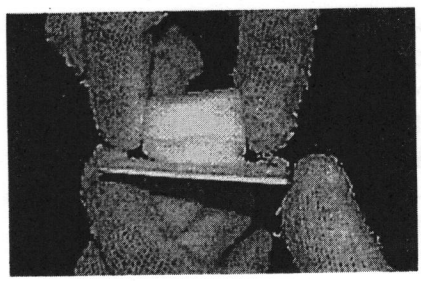
検討課題としては，雪の速度をさらに上げて実験すること，雪質を変化させて付着させること，せん断速度を変えること，付着した雪の雪－雪間のせん断強度よりもさらに着氷力の弱い新材料をさらに検討していきたい．

謝辞

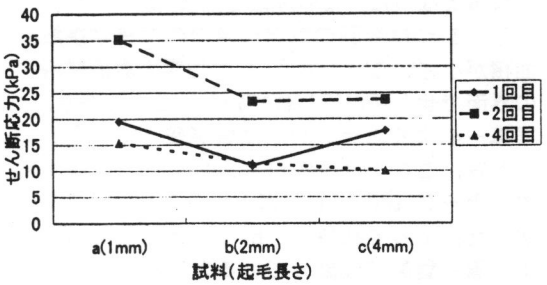
共同実験をして頂いた科学技術庁防災科学研究所新庄雪氷防災研究支所の皆さまに心から謝意を表します．



図－3　試料 a，b と Mellor の雪のせん断破壊強度の比較



写真－6　試料 c のせん断試験結果



図－4　試料 d,e,f のせん断応力

参考文献

1）G.Poots，Ice and Snow Accretion on Structures，1996

2）若浜五郎，小林俊一，対馬勝年，鈴木重尚，矢野勝俊,電線着雪の風洞実験，低温科学 物理篇第 36 輯，p.169-180，1978

3）秋庭賢二，北川弘光，尾関俊浩，香川英司，札幌圏における鉄道への雪害状況と対策，第 13 回寒地技術シンポジウム寒地技術論 p.162-169，1997.

4）吉田光則 他 9 名，着雪氷防止塗料の開発と応用について，第 13 回寒地技術シンポジウム寒地技術論文集，p.87-92，1997.

5）山内五郎，上田利信，雪害対策用超はっ水性材料，工業材料，44，p42-46，1996.

6）佐伯浩，後藤克人，小野敏行，山下俊彦，エイジ・L・スエナガ，氷と諸材料間の凍着強度の試験方法に関する研究，寒地技術シンポジウム講演論文集，pp306-313，1988

7）吉田光則，大市貴志，金野克美，後町光夫，各種材料の着氷力について，寒地技術シンポジウム講演論文集，pp626-631，1991

8）M.Mellor,A review of basic snow mechanics, IAHS-AISH Pub.,114,p.251-291, 1975

積雪の摩擦特性に関する実験的研究
～摩擦特性の温度・時間・密度依存性について～

北海道工業大学　伊藤 康徳・加藤 康徳・藤野 和夫

１．はじめに

積雪寒冷地域の道路では、路上に積もった積雪が自動車や歩行者による繰り返し荷重を受けて圧縮されたり、また、タイヤや靴との摩擦によって発生する摩擦熱によって、積雪表面で融解・再凍結したりして、路面積雪の氷化が起こる。ここ数年、北海道地域では、スタッドレスタイヤの使用などによって、「つるつる路面」と呼ばれる氷化路面が発生し、車や歩行者の交通に著しい障害をもたらしている。特に、都市部やその周辺の幹線道路や都市中心部の商業地区交差点において、この氷化現象が著しく、それによる車両事故や歩行者の転倒事故などの増加が見られる。

本実験では、この様な路面積雪の氷化過程と摩擦特性を知る目的で、積雪試料の温度・時間経過・密度を変化させて、「見かけの摩擦抵抗」の、それらに対する依存性を測定した。

測定に使用した摩擦測定器は、土木分野では広く使われている「英国式ポータブルスキッドテスター」を用いた。この測定器は、測定方法が簡単で、取り扱いが容易であるなどの利点がある。しかし、元々、アスファルト舗装やコンクリート舗装路面などの固い表面の摩擦抵抗を測定することを目的としたもので、摩擦面の破壊を伴う積雪の摩擦抵抗を測定に使用するためには、測定値の解析に充分な考慮を加え、破壊抵抗と摩擦抵抗を分離する必要がある。

本実験では、この測定器を路面積雪の摩擦抵抗測定に応用し、得られた結果から、路面積雪の摩擦特性を調べることを目的としている。

なお、実験を開始した時期に、自然雪の入手ができなかったため、吸水性ポリマーを用いた人工雪によって測定を行った。

２．測定方法

（１）試料：　実験には、吸水性ポリマーを凍結させた人工雪を用いた。ポリマーに、その重量の５０倍の蒸留水を加え、充分に撹拌し、ポリマーの吸水量を均質とし後、箱に入れ、密度、０．５、厚さ３ｃｍの長方形に成形し、それを低温室で上面から冷却、凍結させた。凍結したポリマーは、ポリマーを核として、表面に氷が析出した氷球となり、球同志が相互に凍着して、自然積雪に近い構造を持っている。凍結した試料の上面を平滑に加工し、試料台に固定して摩擦抵抗を測定した。

（２）測定器：　摩擦抵抗の測定に用いた英国式ポータブルスキッドテスターは、エネルギー保存則を用いた測定器である。その測定原理は、振り子を水平位置から振り下ろして、試料表面を滑走させて、摩擦させ、摩擦した後の振り子の振り上がり角度の測定値から、振り子の持つエネルギーが、試料表面との摩擦で、どれだけ消費したかを判定する。測定値は「ＢＰＮ(British Pendulum Number)」と呼ばれる値で表示され、その値の大小によって、路面の滑り易さ、安全性を評価する仕組みである。土木の分野では、測定方法が簡単で、測定器の扱いが容易であることなどから、路

面の滑りの測定や判定に用いられている。本実験では、この測定器の簡単性・利便性を、積雪の摩擦測定に応用することを試みた。

積雪試料の様に、表面破壊強度が小さい試料では、振り子のスライダーが、試料表面に接触・滑走する際に、試料の接触面がスライダーにより破壊・削剥されるので、振り子の持っていたエネルギーは、接触面との摩擦だけでなく、接触面の破壊にも消費される。したがって、得られた測定値には、ゴムスライダーと試料表面の摩擦抵抗のみではなく、試料表面の破壊抵抗も含まれているので、破壊部分と摩擦部分を分離する必要がある。

分離操作は次の様に行った。試料の表面を試料の破壊が続き、見かけ摩擦抵抗が減少し続ける部分を破壊部分、それ以降、試料の破壊がなくなり、見かけ摩擦抵抗がほぼ一定となる部分を摩擦部分とした。得られた測定結果から、試料条件により多少の変化はあるが、振り下ろし回数が約４０回程度で破壊が無くなり、以後は、摩擦抵抗のみとなることが明らかとなった。

測定終了後、試料硬度を木下式硬度計によって測定した。また、接触面の内部構造変化を観察するために、薄片を作成し、組織の変化を比較した。

（３）温度依存性：　測定を行った温度は、－５，－１０，－１５，－２０，－２５，－３０(℃)である。測定開始まで試料を低温室に４８時間保存し、試料温度を一様にした。実験に用いた試料の密度は０．５０～０．５２(g/cm3)とほぼ一定でした。

（４）時間依存性：　試料を－５(℃)の低温室に保存した後、測定を行った。保存した日数は、それぞれ、２，５，１０，２０，３０，５０(日)である。測定時の試料温度は－５(℃)、試料密度は０．５０～０．５２(g/cm3)とほぼ一定にした。

（５）密度依存性：　試料の密度を、それぞれ、０．３，０．４，０．５，０．６(g/cm3)と変化させ、測定した。測定開始までの試料の保存時間は４８時間、測定時の試料温度は－５(℃)とした。

３．測定結果と解析

（１）温度依存性について：　図－１から明らかなように、破壊部分については、温度を－５～－３０(℃)と低下と共に、振り下ろし回数の増加に伴う、「見かけ摩擦抵抗」の減少が緩やかになっている。これは、試料の組織、構造は、温度によって変化しないが、温度の低下に伴って組織を形成する氷の破壊強度が増加するためと考える。同時に測定した試料の硬度も、図－４に示したように、温度の低下に伴って増加していることも、その考えの妥当性を裏付けている。

摩擦部分の「見かけ摩擦抵抗」が温度の低下と共に増加するのは、摩擦面での表面融解量が関与していると考えられるが、他の大きな理由として、ポータブルスキッドテスターは構造上、試料摩擦面の掘れ込み量、すなわち、破壊量が異なるので、それによって、試料表面とゴムスライダー間の抵抗力(面圧)に差違が生じる。したがって、温度の低下に伴う摩擦部分の増加は、試料表面の破壊量が減少することによって、摩擦面への圧力が増加する影響も含まれると考える。

（２）時間依存性について：　図－２から明らかなように、破壊部分の「見かけ摩擦抵抗」は日数の経過と共に、減少が緩やかになっている。これは、日数の経過と共に試料内部での変態が進行し、氷粒間の接合点の増加や、接合部が強化されるため、試料表面の破壊強度が増加することによると

考える。同時に測定した、それぞれの経過日数の硬度（図－５）も、日数経過に伴って、増加している。また、日数差の小さい２・５・１０(日)の試料では、それぞれ、大きな差異が見られないが、日数差の大きい３０・５０(日)を比較すると、強度に明確な増加が認められる。

摩擦部分については、「見かけ摩擦抵抗」は経過日数の増加と共に増加している。試料の摩擦面の薄片による観察から、日数経過に伴って、変態により、氷粒が成長し、結合部や組織、表面状況が変化しているのが明らかとなった。抵抗の増大は、摩擦表面の変化のためと考える。

更に又、温度依存性で述べた様に、摩擦表面の破壊量の違いによる試料表面とゴムスライダー間の圧力の差違も、「見かけ摩擦抵抗」の増加に含まれていると考える。

２０日経過した試料が、他の試料と異なる傾向を示したのは、試料作製の際に密度の不均等があったために、摩擦面の強度に部分的差違が生じたためと考えられる。測定後の試料の観察によると、密度が小さく、強度の小さい部分が凹状に破壊され、逆に、密度が大きく、強度の大きな部分は凸状に破壊されずに残っていた。そのため、「見かけ摩擦抵抗」が極端に大きく、その変化も大きくなったと考えられる。

（３）密度依存性について：　図－３から明らかなように、密度０．３と０．４(g/cm3)の試料では、強度が小さく、測定終了まで試料表面の破壊が起こり、他の試料のように、破壊部分・摩擦部分に分離ができなかった。特に密度０．３(g/cm3)の試料では、測定開始から約５０回で完全に試料の接触表面が破壊され、スライダーとの接触が無くなった。このことから、密度が０．４(g/cm3)以下の試料では、この測定器による測定は不可能である。しかし、実際の冬期路面における雪密度は、多くの場合、０．５(g/cm3)以上であるので、スキッドテスターによる測定は可能と考える。

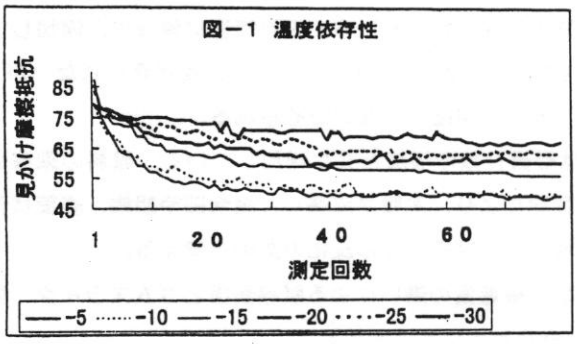
次に、密度０．５と０．６(g/cm3)の試料では、密度の増加と共に、破壊部分の「見かけ摩擦抵抗」の減少が緩やかになっている。これは、密度の増加に伴って、試料の空隙部分が減少し、氷粒接合数が増加し、破壊強度が増加するためと考えられる。摩擦部分の「見かけ摩擦抵抗」は、密度の増加と共に、増加している。これは、密度増加によって接触表面での氷粒の占める面積の増加で、摩擦抵抗が大きくなること、また、破壊量の違いによって、試料表面とゴムスライダー間の圧力が大きくなること、などが考えられる。

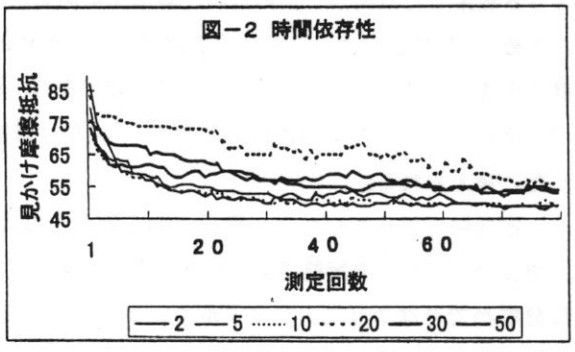
５．結論

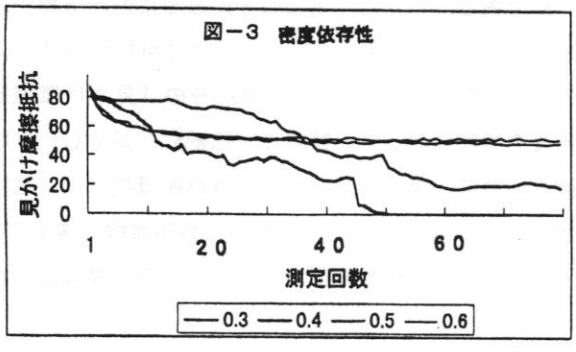
今回の実験で、ポータブルスキッドテスターによる測定結果を、破壊部分・摩擦部分に明確に分離できることが出来た。そして、破壊部分を支配する破壊強度は、温度低下・経過日数・密度増加に大きく関係する。破壊強度の大小は、積雪の網目構造の特性・氷粒間接合部の特性から説明することが可能であることが明らかとなった。

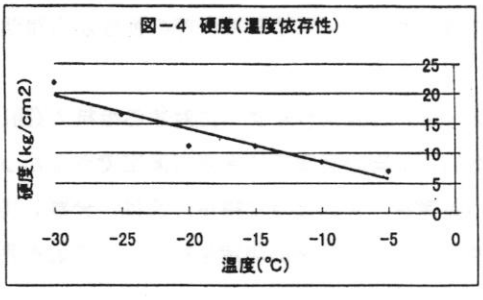
しかし、試料接触表面の破壊量(掘れ込み量)によって、ゴムスライダーに対する抵抗力(面圧)が変化し、それが測定した摩擦抵抗の差に含まれるために、真の摩擦抵抗を直接測定できなかった。

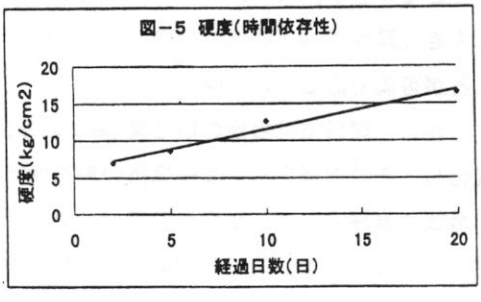
今後の課題として、破壊量の違いによる抵抗力の差違を、どのように補正、又は、分離して処理するかが残された。又、本実験と同様の条件で自然雪を用いて同様の測定を行い、人工雪を用いた今回の測定結果との比較を行いたいと考えている。


図－1 温度依存性
見かけ摩擦抵抗
85
75
65
55
45
1
20
40
60
測定回数
−5 −10 −15 −20 −25 −30


図－2 時間依存性
見かけ摩擦抵抗
85
75
65
55
45
1
20
40
60
測定回数
2 5 10 20 30 50


図－3 密度依存性
見かけ摩擦抵抗
80
60
40
20
0
1
20
40
60
測定回数
0.3 0.4 0.5 0.6


図－4 硬度(温度依存性)
硬度(kg/cm2)
25
20
15
10
5
0
−30
−25
−20
−15
−10
−5
0
温度(℃)


図－5 硬度(時間依存性)
硬度(kg/cm2)
20
15
10
5
0
0
5
10
15
20
経過日数(日)

凍結路面の発生メカニズムに関する熱収支的考察 II

石川信敬・成田英器・須藤正季（北大低温研）、加治屋安彦(開土研)

これまでの報告では路面のミラー化（いわゆるツルツル路面の発生）は道路積雪の融解再凍結によると指摘されている。そこで昨年度より道路雪氷面での熱収支モデルを構築するために車両の影響を見積もる研究を行っている。今年度は試験コースにおいて実験車両を走らせることにより路面積雪が氷化する過程を観察した。道路積雪の氷化過程の実験は１９９８年１月２７－３０日に、旭川郊外にあるタイヤメーカーのテストコースにおいて行った。観測項目は気象要素（日射量、気温、風速、表面温度、放射収支量、新降雪量）の他、車体温度（４点）とタイヤ温度(外部表面と内部)である。また赤外画像装置により走行部を含む積雪表面温度の水平分布を測定した。実験はコース内を一定速度（２５~３０km/h）で走行しながら車体温度とタイヤ温度の連続測定を行い、またコース内の同一個所で走行・急停止（スリップ）・発進を繰り返して道路積雪の変化を観察した。図１は気温、車体温度、タイヤ温度(外、内)を２時間にわたって比較したものである。実験中の気温は－５~－８℃であった。車体温度は高い部分では３５℃以上、低いところでも５~１０℃であった。一方タイヤ内部と外部表面温度にはほとんど差がなくタイヤを通しての熱伝導は小さいことを表している。全冬期間５２回にわたる測定から走行中の車両温度は気温より約１０℃高くなり両者の相関係数は０．７５であった。車両はその温度に見合う赤外放射を出している。そのため路面においては気象条件で決まる熱量の他に車両からの赤外放射も受けている。その量は通過台数、走行速度、車両温度に依存するが、本研究では台数や速度の代わりに路面を車両が遮蔽する時間（累積停車時間）を考える。図２は道路雪氷面における熱総量（放射収支＋顕熱＋潜熱）を遮蔽時間毎に示したものである。なお風速２m/s、湿度７２%、雲量０．５、気温－５℃、日射量５ＭＪ／ｍ２、路面積雪アルベド０．８の気象条件を与えて大気放射、顕熱、潜熱を求めた。

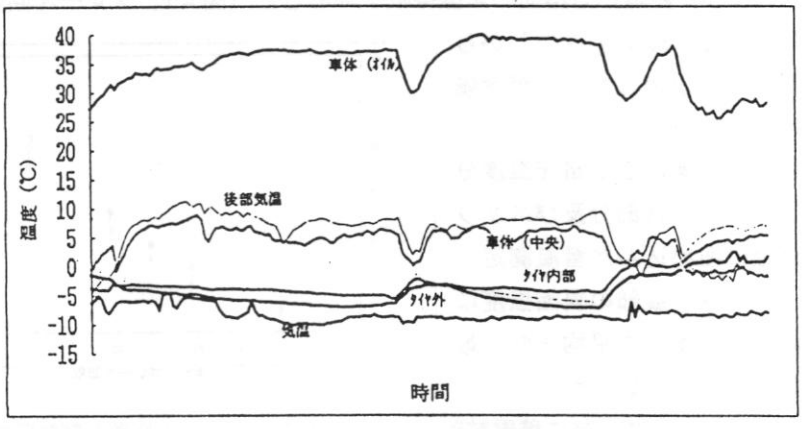


図１．気温・車体各部の温度（２９日１０－１２時）

積雪面が車両に塞がれた時間帯は日射や大気放射が遮られるがその代わりに車両からの長波長放射を受ける。そのため遮蔽時間２０~３０分で道路積雪面は加熱(融解)となり、このことが交通量の多い交差点や駐車車両の下に氷膜が形成される要因のひとつと考えられる。

次に走行・ブレーキ試験による道路積雪面の変化過程を観測した。図３は２５~３０ｋｍ/hで走行中の車両を同一地点で急停車させたときのスリップ距離の変化を示したものである。ブレーキ回数１０回以下では積雪表面の変化は小さくスリップ距離は数ｍであったが回数が増えるほど制動距離は伸び、５０回では２５ｍ以上もスリップした。

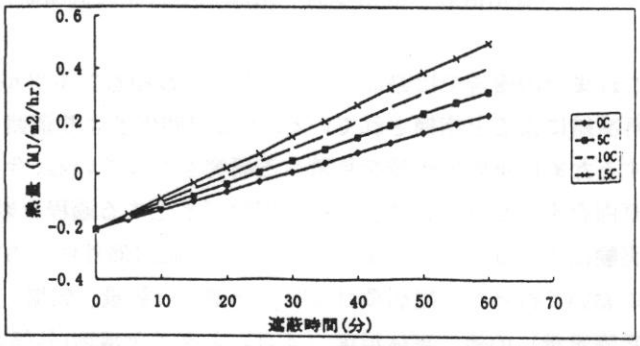


図２．車に遮蔽された道路積雪面の総熱量

このスリップ距離から路面の摩擦係数を求めると（図４）、ブレーキ回数の増加に伴い係数は急激に減少することから、路面積雪が氷化したことが示唆される。

赤外画像装置による路面温度分布測定及び走行部分及びスリップ部分に埋め込んだ雪温測定から、スリップ痕部の表面温度は他の部分に比べて平均３℃、最大８℃高くなっていた。

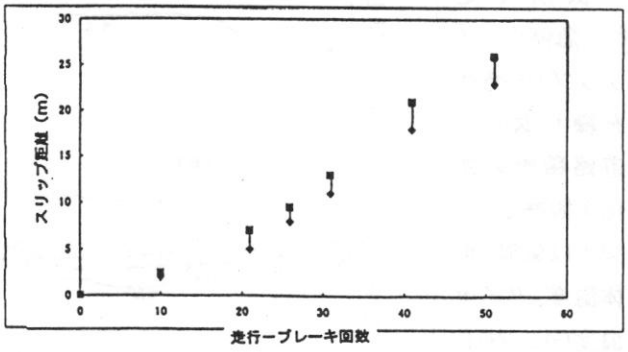


図３．ブレーキ回数と制動距離の関係

なおブレーキテスト毎に積雪試料を採取して薄片観測を行ったが、スリップ回数２０回程度で表面に薄い氷層形成が見られその下には積雪の圧縮層が認められた。スリップテスト５０回目には約２~３ｍｍの研著な氷膜が形成された。本測定は気温－８℃の低い温度で行ったにもかかわらず数１０回のスリップで氷膜が形成され始めたことから、タイヤの摩擦熱も組み込んだ熱収支モデルを作る必要がある。

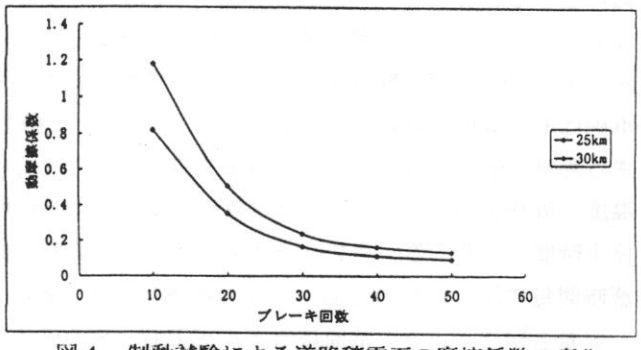


図４．制動試験による道路積雪面の摩擦係数の変化

降雪強度と風速から視程を推定する手法に関する研究

松澤　勝（北海道開発局開発土木研究所）、竹内政夫（日本気象協会北海道本部）

1. はじめに

吹雪や地吹雪による視程障害は多重衝突事故の主要因となっている。北海道内では、昭和63 年度から平成9年度までの 10 冬期に、吹雪などの視程障害によって 58 件の多重衝突事故が発生している。吹雪の面的な発生状況をリアルタイムに把握することは、多重事故防止の観点から極めて重要である。

道路における視程障害のモニタリングには、現在、視程計が用いられているが、設置個所は局所的な地点に限られており、面的に吹雪の状況を把握するには不十分である。しかし、吹雪の強さは、風速や降雪強度と深い関係があることが知られており、風速や降雪強度は、アメダス、道路気象テレメータ等の地上の気象観測地点や、気象レーダを用いて、面的に把握することは比較的容易である。従って、風速と降雪強度から視程値を推定する手法を明らかにすることは、視程の面的把握に有効であり、将来的な視程障害の予測に資すると考えられる。本研究では、視程と風速及び降雪強度との関係式を求め、視程値の計算を行ったので報告する。

2. 吹雪粒子の運動形態

吹雪粒子の運動形態には、転動・滑動、跳躍、浮遊の3種類ある（図1）。転動・滑動は、量的に少なく、跳躍の一部と見なし得る。また跳躍は、1～10cm の高さで卓越する。その上端で跳躍粒子が浮遊粒子に転化し、跳躍層の上は浮遊が卓越する層になっている。そして、跳躍層の中の浮遊粒子、浮遊層の中の跳躍粒子の量はそれぞれ無視できる。運転時の視程障害に影響を及ぼす高さは1～2mなので、本報では、浮遊層について着目する。

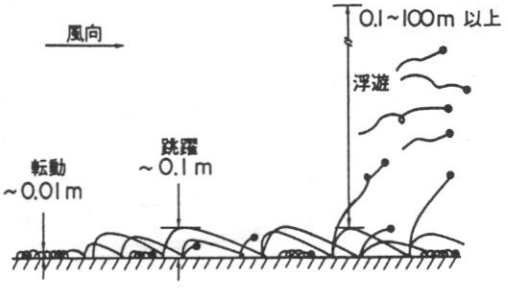


図1.　吹雪粒子の運動形態.（竹内, 1984）

3. 吹雪の強さを表す物理量

吹雪の強さを表す物理量として、飛雪濃度（単位体積空間に存在する飛雪の質量）と飛雪流量（単位時間に単位面積を通過する飛雪の質量）とがある。

竹内と松澤(1991)は、飛雪の落下速度が一定という条件で、降雪を伴う吹雪時の飛雪濃度の垂直分布を、次の式で表した。

$$N(z)=\frac{P}{w}+\left(N_t-\frac{P}{w}\right)\left(\frac{z}{z_t}\right)^{\frac{w}{ku_*}} \qquad (1)$$

ここに、

z：高さ[m]
N：高さzでの飛雪濃度[g/m³]
P：降雪強度[g/m²s]
k：カルマン定数(=0.4)
z_t：跳躍層の高さ
N_t：高さz_tでの飛雪濃度[g/m³]
w：飛雪粒子の落下速度[m/s]
u_*：摩擦速度[m/s] である。

また、竹内(1980)は、視程と飛雪流量との関係を実測データから図示した。直線近似で、そ

のグラフから視程 Vis と飛雪流量 Mf の関係を求め、次の式を得た。

$$log(Vis) = -0.76log(Mf) + 2.76 \quad (2)$$

また、飛雪流量 Mf と飛雪濃度 N との間には、風速を V とすると次の関係が成り立つ。

$$Mf = N \cdot V \quad (3)$$

従って、(1)式で任意の高さの飛雪濃度を求めて、(3)式で飛雪流量に変換すると、(2)式によって任意の高さでの視程が求められる。

4. 数値計算結果

ここでは、風速と降雪量を変化させ、高さ1.5mにおける、視程を計算した(図2)。図2によると、降雪の有無が視程に大きく影響を与え、飛雪粒子の落下速度が 0.5m/s の条件では、降雪強度が 0.5mm/h 程度でも、視程は1オーダー程度悪化していることがわかる。また、飛雪粒子の落下速度が遅い、すなわち飛雪粒子の粒径が小さいほど、視程が悪くなる傾向にあることがわかる。

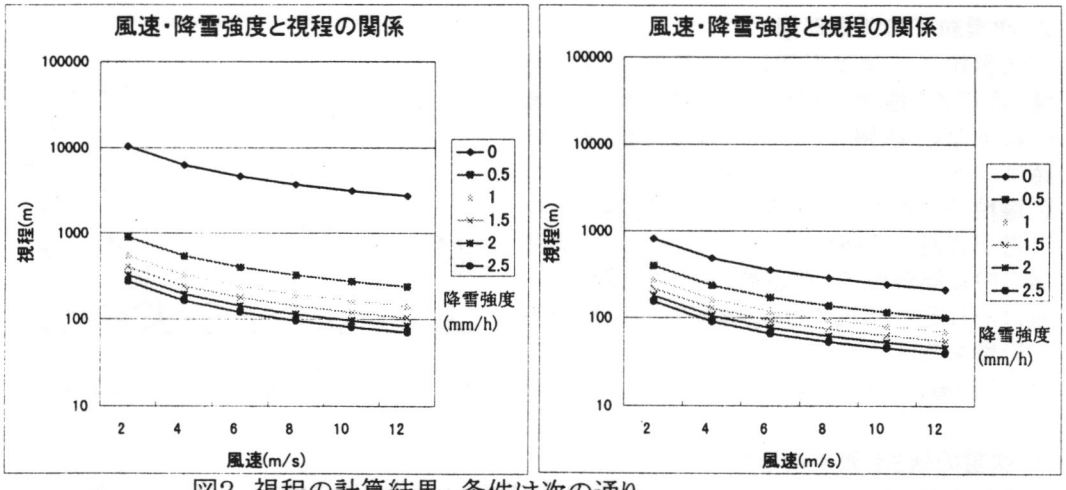


図2. 視程の計算結果、条件は次の通り。
左図：z_t=0.1m, N_t=10g/m^3, w=0.5m/s, k=0.4, u_*=0.5m/s
右図：z_t=0.1m, N_t=10g/m^3, w=0.25m/s, k=0.4, u_*=0.5m/s

5. 今後の課題

今後は、定数と仮定した飛雪粒子の落下速度や、摩擦速度の値に関する検討が必要である。特に摩擦速度u_*は、風速に応じた値を用いて計算する必要がある。また、跳躍層の高さz_tでの飛雪濃度N_tも風速や温度の関数であると考えられるので、実測値などを用いて、これらの関係を明確化する必要がある。今後は、これらの点に着目して、研究を進める予定である。

参考文献

竹内政夫, 1980：吹雪時の視程に関する研究, 土木試験所報告, 74, p.31.
竹内政夫, 1984：吹雪と吹き溜まりの発生機構, 鉄道土木, 26, 12, 41-44.
竹内政夫・松沢勝, 1991：吹雪粒子の運動と垂直分布, 雪氷, 53, 4, 309-315.

高速道路の防雪林造成における成木移植の18年後の成果と問題点の解決方法について

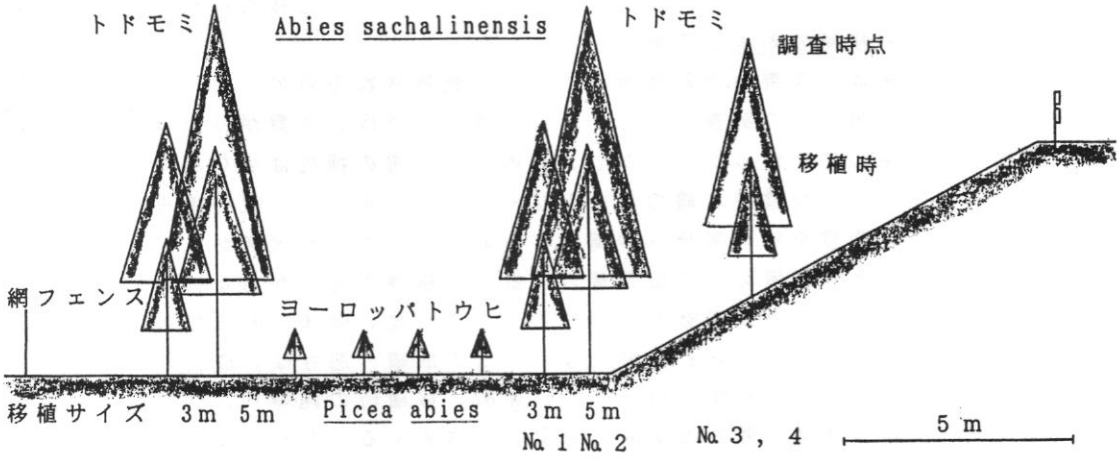
斎藤新一郎（専大北短大）・正城泰夫（道路公団北海道支社）・
竹内摂雄（札幌道路エンジニア）

1．まえがき

樹木は，森づくり百年と言われ，経済林の育成を見ても判るように，成木に成長するまでに長大な時間を要する．生きた工作物としての防雪林造成においても，鉄道防雪林の数多くの事例が示すように，苗木を植栽してから，本来の効果を発揮するまでに，少なくても10年間を要し，しかも，下刈り，裾枝打ち，除伐などの保育が不可欠である[5]．他方，造園的な手法では，成木を移植して，育成のための長い年数を省く．それゆえ，道路防雪林においても，当然のことながら，竣工と同時に，成木を移植して，最初から効果を期待された時期もあった[3]．しかし，道央自動車道の成木移植の事例も，それなりの成果が見られたが，良い結果には至らなかった[2]．

成木移植が成功しない理由は，次のようである．従来の造園的な，速成方式の成木移植には，①強い根切りによる小さい根鉢づくり，および②成長期の移植が問題である，そして，活着率が低く，根の回復が遅れ，下枝が枯れ上がり，添え木＋縄縛りが不可欠で，年々の伸長量が小さく，価格がいちじるしく高く，成木は新しい環境に馴染み難い，などが結果してきた．

本稿では，道央自動車道（岩見沢市金子町，N27.19～27.25KP)における成木移植の18年後の現況（図－1）とその成長量とが解析され，それらの結果が検討された．



図－1　トドモミの成木移植地の横断模式図（N27KPふきん）

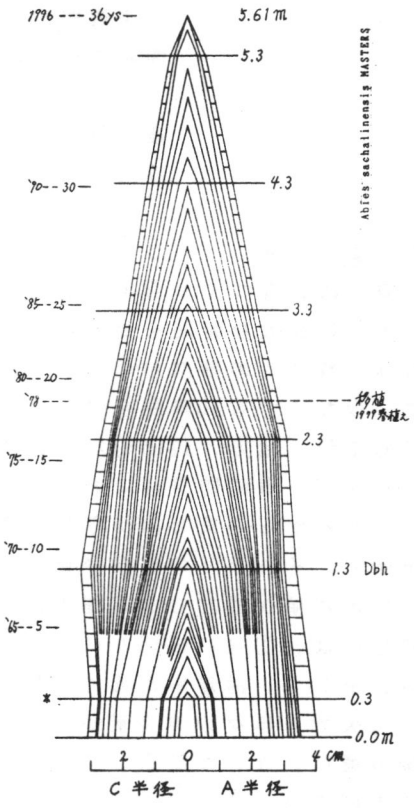
2．調査結果

4本の樹幹解析の結果では，いずれも，移植後の成長量が小さい．トドモミNo.1は，比較的に良い部類であり，樹高が3.18mで移植され，18年後に7.60mに達した．平均年伸長量が0.25mにすぎない．No.2は，樹高が3.45mで補植され，12年後に6.20mに達し，年平均伸長量が0.23mにすぎない．No.3は，樹高が2.60mで移植され，18年後

に5.61mに達し，年平均伸長量が僅か0.17mにすぎないが，最近の伸長量はやや大きめである（図－２）．No.４は，樹高が2.68mで移植され，18年後に5.57mに達したが，年平均伸長量が0.18mにすぎない．いずれも，造林地から山取りされたのであろうが，その後の枝張りが小さく，下枝の枯れ上がりがいちじるしい（写真－１）．

写真－１　成木移植されたトドモミの下枝の枯れ上がり(97.6.9)

これらに反して，苗木植えのヨーロッパトウヒは，0.30mで植えられ，12年後に，No.５が5.00mに，No.６が4.81mに達した．これらの年平均伸長量は，それぞれ，0.39mと0.38mであり，しかも，最近では0.50～1.05mに達している．



図－２　トドモミNo.３の移植前と移植後18年間の成長量

３．考察－－成木移植の効果と問題点

成木移植の効果は，吹雪時の防雪機能が速成で発揮される点である．道路公団北海道支社岩見沢管理事務所の調査によると，成木移植区では，吹雪が林冠上を過ぎてゆき，視程障害が生じにくかった．しかし，林内への吹雪の捕捉は少なめであった．他方，苗木植え区では，吹雪が本線のガードレール上端に集中し，視程障害が生じやすかった．ただし，吹雪を林帯部分への捕捉する効果は，かなり大きかった．

上述の成木移植と苗木植えとの成長量の解析は，樹種の違いがあるにしても，図－３にみられるように，前者が樹勢を失いやすく，やや良い個体であっても，伸長量，肥大成長量，樹冠の発達が良好とは言えない．この成績の悪さは，成長期における，移植のための根鉢づくり（強度の根切り），運搬，移植時の縄縛り，立地環境の激変（弱風の造林地から強風の盛り土法面へ）などに由来するにちがいない．

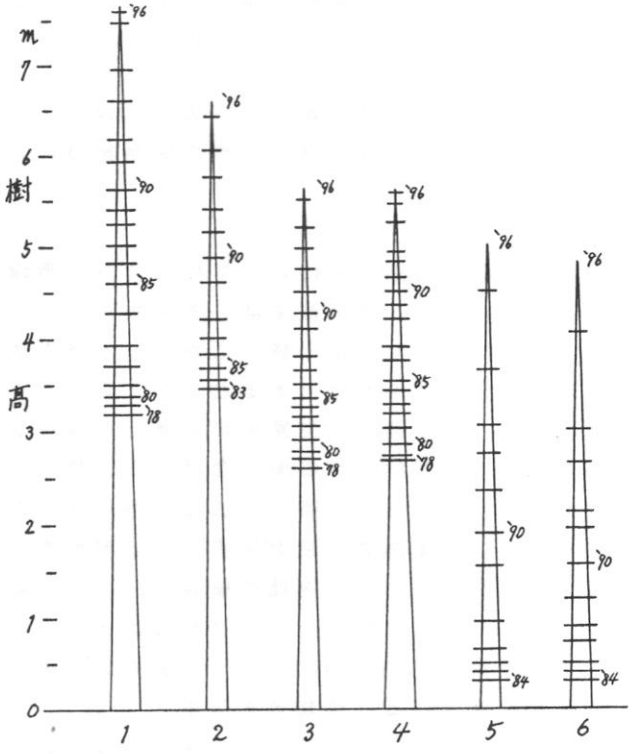
これに対して，後者では，成長量が年々増大し，除伐（密度調整伐）により，下枝の枯れ上がりが防がれ，樹冠の発達が保証される，などの防雪林を構成する個体群としての良さを備えている．それゆえ，苗木植えを原則にすべきである．

速成の防雪効果は，成木に求めず，防雪柵に求めることが肝要である．鉄道防雪林においても，仮設木柵を設置して，初期の防雪機能と苗木の保護機能とを発揮させてきた．道路防雪林においても，道央自動車道で実証済みのように，高さ４mの防雪柵

を設けることが望ましく，その防雪および保護機能が10年ほど維持されるなら，苗木の高さは３～６mに達しうるのである．

４．まとめ

成木移植の問題点の解決方法は，次のようである．①防雪柵＋苗木植え方式に転換し[4]，柵の透過率を40％前後にし，列植えし，土付き苗木を植える．あるいは，②成木を植えるのであれば，生育環境が激変するか否かが問題であるが，根切りを弱度に留め，休眠期に，凍土方式（写真－２）[6]で移植する．



図－３　成木移植（トドモミ：１～４）と苗木植え（ヨーロッパトウヒ：５，６）の成長量の比較

写真－２　凍土方式による成木移植（北彩都あさひかわ，1998.2.21）

参考文献

1)斎藤新一郎，1997．道路防雪林造成における成木移植の問題点とその対策について．雪氷大会講予稿集，1997：197＋資料25pp.

2)斎藤新一郎，1998．道路防雪林(岩見沢市金子町)における成木移植の成長経過－－道央自動車道（札幌ＩＣ～奈井江砂川ＩＣ間）防雪林生育状況調査（3）．60pp.，日本道路公団北海道支社へ提出．

3)斎藤新一郎・福地　稔・平河　進，1994．地域樹林整備促進調査報告書．280pp.，北海道（北海道開発局委託）．

4)斎藤新一郎・原　文宏・阿部正明，1996．雪丘害を考慮した道路防雪林の設計．寒地技術シンポジウム，no.12：367～372.

5)斎藤新一郎・井上惇夫・竹内摂雄，1997．樹冠の成長からみた道路防雪林の除伐の適期，除伐方法および今後の植栽方法について．北海道の雪氷，no.16：44～47.

6)斎藤新一郎・田口和幸，1996．凍土方式による大木移植．寒地技術シンポジウム，no.12：112～117.

狩勝峠の盛り土法面における植栽木の４年後の成長量と雪害対策について

斎藤新一郎（専大北短大）・孫田　敏（日本ﾃﾞｰﾀｰｻｰﾋﾞｽ）・
阿部富次（帯広開発建設部）

１．まえがき

道路法面は，道路建設によって失われた緑環境を復元するための，重要な緑化の場である．これまで，道路法面は，外来牧草からなる草本緑化――張り芝，芝種子の吹付け，土＋種子入りの緑化袋，ほか――で済まされてきたが，平面的な季節感のない平面的な緑化では不十分であるとして，昨今，その地域の自生樹種を主体にして，木本を用いた，立体的で，生態系に配慮した緑化が図られるようになりつつある[1]．

国道38号の狩勝峠（帯広側４合目付近，標高420m前後）には，登り追い越し車線の建設にともない，長大な盛り土法面が造成された．そして，この法面の修景，防風，防雪，防霧，視線誘導，路面排雪による雪崩の防止，生態系への配慮，その他の目的から，1993年11月に，７樹種の植栽（苗木１本植え＝シラカンバ，ケヤマハンノキ，ミズナラ，エゾヤマザクラ，イタヤカエデ，トドモミ；３本束植え＝トドモミ；枝挿し：ヤナギ類）が実施された[3),8)]．調査時点の1998年３月および５月では，植栽後，４成長期を経ている（植栽後４年生）．

なお，この基礎工（法枠工）と植栽成果の途中経過とが，これまでに，順次，発表されてきている[2),3),4)]．

２．調査結果

現地調査・踏査は，①1997年９月（現地講習会での裾枝打ち），②1998年３月（積雪調査）および③同年５月（成長量調査）に実施された．

裾枝打ちは，下枝が積雪のグライドにともなって引き下げられ，枝抜け，幹曲がり，幹折れ，ほかの雪害が生じにくくするために，帯広開発建設部の講習会参加職員によって，ケヤマハンノキについて，地上高１.5m前後まで行われた．

①食害　４年間の成果では，先ず，エゾシカによる食害が目立った．ケヤマハンノキおよびトドモミを除く残りの５樹種は，全て激甚な食害（枝葉食い）を受けていて，草本との競合にも耐えられない状況であった．シラカンバは，樹皮を食われないが，枝葉を食われて，多くが消滅し，残存木も寸詰り状態であった．

②ケヤマハンノキの成長量と幹の根元曲り　落葉広葉樹では，ケヤマハンノキだけが食害を免れて，旺盛に成長していた（写真－１）．その

写真－１　成長の旺盛なケヤマハンノキ（1998.5.18）
幹の根元曲がりは，積雪のグライドに由来する

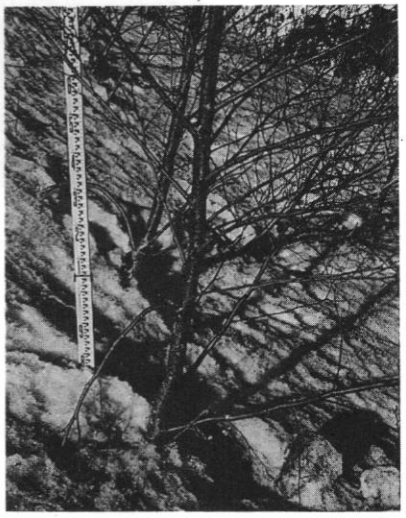
植栽成績の一部が，表－1に示される．これをみると，4成長期で3.0～3.5mの樹高であり，1997年の年伸長量は0.6～0.9mにも達している．ただし，樹高が2m前後の劣勢木もあって，それらは幹の根元曲がりが甚だしく，立ち上がりに時間がかかっている．これらは，この先も，グライド圧を受けやすく，しかも優勢木に圧倒されてしまいやすい．

積雪深は100cmに満たなかったが，裾枝打ちされてない個体では，雪害が生じていた．斜面の上側の枝は枝抜けを生じやすく，下側の枝は幹の曲がり・折れを生じさせやすい（写真－2）．

表－1　ケヤマハンノキの植栽成績（年々の樹高；cm）

年	1993－94－	95－	96－	97
No.1	#－91－	184－	272－	330
2	#－77－	165－	233－	295
3	#－35－	117－	180－	200
4	#－83－	185－	255－	350
5	#－75－	180－	265－	340
6	#－22*－	85－	165－	220
7	#－54－	143－	225－	320
8	#－25*－	90－	140－	210
9	#－62－	141－	260－	325
10	#－56－	140－	205－	300

註：全て第3段の個体の測定値
＊：いちじるしい根元曲がり＋下刈りの傷跡
＃：枝階から読み取れなかった



写真－2　積雪の沈降＋グライドで枝が引き下げられ，雪害に至る（1998.3.2）

③トドモミの法枠工＋束植えの成果　トドモミは，法枠工（雪圧防止杭を含む）＋3本束植え方式と，無保護＋1本植え方式とで植栽された．4成長期後の成長量には，明らかに差異がみられた（表－2）．

表－2　トドモミの植栽成績（年々の樹高；cm）

	法枠＋3本束植え				杭なし＋1本植え				
年	1993－	94－	95－	96－	97	1993－	94－	95－	96－	97
No.1	#－	27－	35－	52－	70*	19－	20－	25－	38－	56
2	23－	27－	47－	65－	78*	25－	29－	33－	44－	62
3	25－	31－	50－	69－	99	23－	25－	40－	61－	85
4	25－	30－	41－	61－	89	22－	24－	28－	34－	43
5	28－	36－	47－	68－	88					X

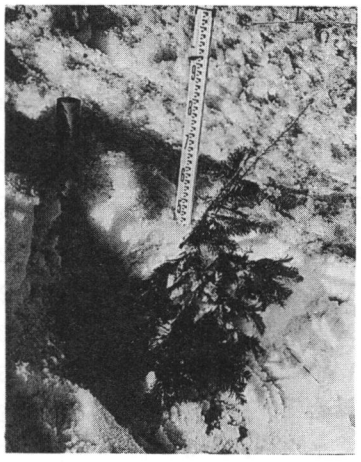
註：全て第1段の測定値（最大木の値のみ）
＃：枝階から読み取れなかった
＊：3本の中の2本が残った（1本が枯れた）
X：枯れ（雪折れ，食われ，草負け，ほか）

また，3本束植えの最良のものでは，最大木が130cm，次大木が112cm，最小木が100cmであって，法枠工による保護効果と併せて，群で植える方が，単木より，雪害が少なく，草本との競合にも耐えやすいことが明らかであった．

束植えの春の状態が写真－3に，積雪の影響が写真－4に，それぞれ，示される．

積雪期には，法枠工は，防杭とともに，雪圧を軽減して，無保護の単木では幹が根元から曲げられるのに対して，保護工があると，苗木は上部しか曲げられず，雪解け後の幹の立ち直りに，両者では大きな違いが生じる．

写真－3　法枠工と防雪杭とで，積雪のグライド圧が軽減されるから，トドモミの3本束植えの成長はたいへん旺盛であり，4成長期で樹高が130cmに達した個体もある（1998.5.18）



写真－4　同左の保護工を有する場合には，トドモミへの雪圧がいちじるしく軽減されて，根元曲がりが僅かであり，また，その雪圧を3本の苗木が互いに分担し合うことになるから，各苗木の雪害がさらに軽減されることになる．雪上木になった時点で，3本から1本に間引かれる（1998.3.2）

3．考察――雪害対策を考慮した地拵え方法と保育方法

エゾシカによる食害は，フェンスの設置とか，シカの生育密度を抑えるなどの手段で軽減するのであるが，本稿では，食害を別にして，多雪地の道路の盛り土法面における木本植栽の技術論を展開したい．

法面への木本植栽について，筆者たちの考え方の基本は，十分な基礎工（ハード工法）＋適切な植栽工・行き届いた保育工（ソフト工法）→生きもの工法（ニューハード工法）である．

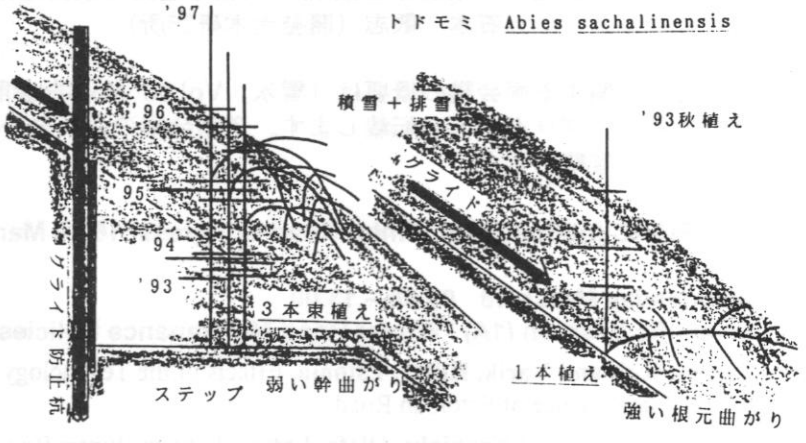
①地拵え方法　草本法面では，積雪に排雪が加わるので，その移動がグライドないし雪崩となりやすい．それゆえ，グライド圧を防止ないし軽減して，植栽木を健全に成長させるために，東北地方を中心とした日本海側の豪雪地帯では，雪圧を弱め，苗木に幹曲がり・幹折れが生じにくいように，階段造林が行われてきた．積雪＋排雪のグライド圧は，豪雪地のそれ以上かもしれないから，可能な限り，法面造成の段階で，数多くの階段（ステップ）を設置することが望ましい．既往の法面では，本調査地のように，小ステップ造成用の簡易法枠工を導入すること[4]が好ましい．

道央自動車道の事例[7]では，丸太杭を打つことで，積雪＋排雪による防雪林の雪害がかなり軽減されている．本調査地の場合にも，鉄パイプの防雪杭は，グライド圧の軽減に有効であり，トドモミの幹曲がりが軽減されている（図－1）．ケヤマハンノキにおいても，防雪杭があれば，より根元曲がりが少なく，その分，樹高が高くなって，1年くらい早く雪上木になりえたにちがいない．

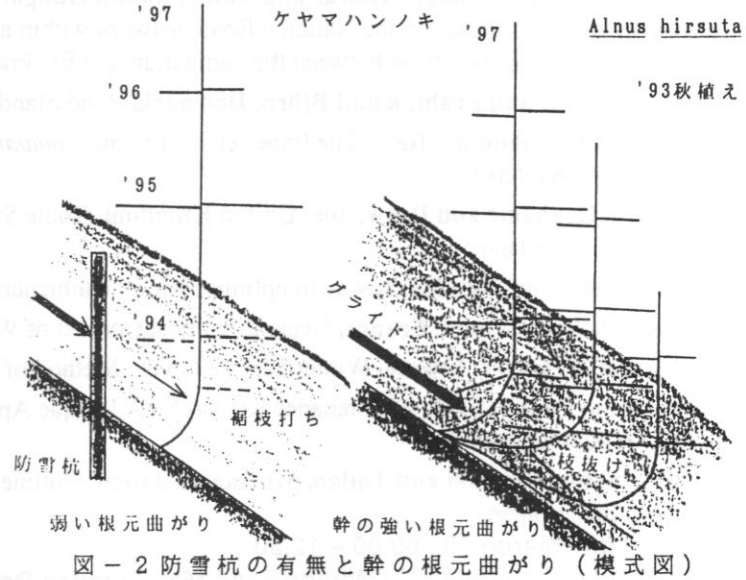
②保育方法　雪上木になったケヤマハンノキに関しては，秋の講習会での裾枝打ちが次の冬に有効であった．枝がなければ成長できないが，枝があれば雪害に遭う，という矛盾は，早期の裾枝打ちによって解決される筈である．本調査地においては，可能なら，3成長期を過ぎた時点での裾枝打ちが適期であった，と推測される．枝が太く

長くなるほど，枝が沈降圧やグライド圧で引下ろされて，雪害（枝抜け，幹曲がり，幹折れ，幹割れ）の危険性が増大する（図－２）．

裾枝打ちが行われ，雪上木－－積雪深より下枝が高い木－－が出現すれば，雪害はほとんど生じなくなる．しかし，成長とともに枝張りが大きくなり，相対的に密度が高まるので，間引きが必要になる．本調査地では，雪上木のケヤマハンノキは，列植えなので，１本おきの除伐が望ましい．トドモミでは，３本束植えの中の優勢な単木だけを，裾枝打ちしつつ，仕立てればよい．そして，残りの２本を，種内競争から除伐しなければならない．



図－１　基礎工の有無・植え方と雪害・成長量の違い



図－２防雪杭の有無と幹の根元曲がり（模式図）

参考文献

1)旭川開発建設部道路第１課，1998．法面木本緑化の手引き(案)．全109pp.，旭川開発建設部／日本工営㈱．

2)ホクブ，1994．プランティングステップの植栽木に対する雪害緩和効果調査写真集．

3)帯広開発建設部地域振興対策室，1998．第４回「十勝の樹木を知る」現地講習会の記録．15pp.＋参考資料6pp.

4)斎藤新一郎，1994．雪害防止を兼ねた，既往法面への新しい植栽法枠工の適用試験．『北海道の雪氷，no.13：11～13.

5)斎藤新一郎，1995．ニオイヒバの雪害形態とその対策としての裾枝打ちについて．北海道の雪氷，no.14：7～9.

6)斎藤新一郎・福地　稔・平河　進，1994．地域樹林整備促進調査報告書．280pp.，『北海道（北海道開発局委託）．

7)斎藤新一郎・林　敏雄，1993．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．北海道の雪氷，no.12：37～40.

8)孫田　敏ほか，1994．一般国道38号新得町狩勝登坂道路法面植栽検討業務報告書．187+18pp.，帯広開発建設部帯広道路事務所／日本データーサービス㈱．

第10回国際冬期道路会議,第９回国際道路気象会議概要報告

石本　敬志（開発土木研究所）

道路雪氷に関する両会議の概要は「雪氷」Vol.60 No.4を参照してください。重複を避け、プログラムを転載します。道路会議のポスター発表分は制限枚数を越えるので省略します。

Xth PIARC International Winter Road Congress, 16-19 March in Lulea, Sweden

Wednesday March 18　09.00 – 13.00
Scientific Session (1A) "Winter Road Maintenance Policies : Strategy"

Tsefels, Koit and Varik, Hillar, Estonia, Effects of the Technology Improvements in Winter Maintenance of Estonian Roads

Lapsins, Andris and Kronlaks, Olafs, Latvia, Latvian Winter Road Maintenance

Dobosi, Tivadar, Timar, Andras and Toth, Sandot, Hungary, Performance of Winter Road Operation Duties on the National Road Network within a Corporate Operation Framework - a Comparison between the Hungarian and EU Practices

Jaquet, Jette and Prahl, Knud Björn, Denmark, Road Standards for Winter Service

Postiglioni, Giannino, Italy, The Experience of Some *Compartimenti* in North Italy on the Subject of Winterservice

Fraser, Grahame and Drew, Joe, United Kingdom, Route Selection and Salt Management in Northern Ireland

Danielson, Uno, Sweden, A way to optimise winter maintenance

Roussel, Jean-Jaques, France, General Political Context of Winter Service in France

Paquier, Francois, France, Winter Service Level : Method of Calculation and Testing

Keranen, Paul F, USA, Maintenance Research - A Unique Approach to Innovation in Winter Maintenance

Miyamoto, Yasuyuki and Tadao, Mizukami, Japan, Outline of Winter Road Management Measures in Japan

Thursday March 19　09.00 – 12.00
Scientific Session (1B) "Winter Road Maintenance Policies : Organization"

Gutiérrez-Bolívar, Oscar and Vilanova, Vicente, Spain, Overview of Winter Maintenance. Organization and Strategies in Spain

Popkov, Gennadiy, Russia, Moscow Region Road Maintenance Strategy Development Project

Dahl, Torgrim, Norway, Flexible Working Hours During Winter

Pletan, Rod, USA, Managing Winter Maintenance Through the Eyes of the Customer

Brusk, Per, Eriksson, Håkan and Nordlander Jan-Olof, Sweden, Greater Efficiency by Making Road Maintenance Competitive in Sweden

Carstensen, Allan, Denmark, The Danish Experience of Tendering Winter Services

Perchanok, Max S, Canada, Friction Based Quality Assurance Measures for Snow Clearing Operations

Bröchner, Jan and Johansson, Alf, Sweden, Winter Road Maintenance - a Swedish Typical Case

Wednesday March 18　09.00 – 13.00
Scientific Session (2) "Ice and Snow Control Methods"

Pigeon, Michel, France, Training Staff for Winter Service. The Salles Training Centre

Smithson, Leland D, USA, A Partnering Model For Public-Private Partnerships A Concept Maintenance Vehicle

Chollar, Brian H and Nassif, Salim F, USA, Federal Highway Administration Involvement In Anti-Icing and Other Snow and Ice Technologies

Deschênes, Daniel, Canada, Technological Innovations Supporting Winter Maintenance in Québec

Ihs, Anita, Sweden, Test and evaluation of alternative deicing methods and materials in Sweden

Moritz, Karl, Germany, Effectivity and Economy of De-icing Agent Spraying Systems/ Presented by Mr K-H Johnen/

Ardemagni, Claudio, Christillin, Marcello and Trombella, Gianfranco, Italy,
The Buthier Viaduct, A different approach to road network maintenance in winter.

Andersen, Öyvind, Norway, Equipment for Removal of Snow and Slush

Perchanok, Max S, Canada, An Approach to Cost Analysis and Priorization of Snow Drift Treatments on Public Highways

Vassilyev, Alexander, Russia, Permissible Thickness of Snow Layer on Roads and New Snow Fence Constructions

Naaim, Mohamed and Cligniez, Vincent, France, Avalanche Study and Modeling : Application to Road Protection

Brod, Hans-Georg, Germany, Assessing the Risks of Using De-icing Salts on Groundwater/ Presented by Mr Otmar Speth/

Schlup, Ulrich and Schatzmann, Jurg, Switzerland, Solar Energy for Ice Control

Hiroshi, Tanno, Nobuhiro, Tezuka and Nobuo, Kobayashi, Japan, Development of Highway Snow Melting Technology Using Natural Energy

Thursday March 19　09.00 – 12.00
Scientific Session (3) "Special Winter Road Problems in Urban Areas"

Krokeborg, Jon, Norway, Studded Tyres and Public Health "The Road Grip Project"

Takagi, Hideki and Tsutae, Akinori, Japan, Winter Skidding Accidents on Road Surfaces Covered with Snow and Ice under Studded-Tire Regulation

Durth, Walter, Bernhard, Markus and Stöckert, Ralph, Germany, Intensified Snow Removal

Svedova, Dagmar, Slovakia, Winter Maintenance on Urban Roads

Laurinavicius, Alfredas and Cygas, Donatas, Lithuania, Winter Maintenance Problems on the Streets of Lithuanian Cities

Mattsson, Jouni, Finland, Estimating the Winter Maintenance of a Street on the Basis of Street Properties

Öberg, Gudrun, Sweden, Single Accidents Among Pedestrians and Cyclists in Sweden

Mikkelsen, Leif and Prahl, Knud Björn, Denmark, Use of Brine to Combat Icy Bicycle Lane Surfaces

Tuesday March 17　14.00 – 17.00
Scientific Session (4) "Maintenance Information and other Support Systems for Winter Road Management"

Nakatsuji, Takashi, Fujiwara, Takashi, Hagiwara, Toru and Onodera, Yuki, Japan, Direct and Indirect Methods for Predicting Slipperiness of Road Surfaces in Winter Using a Neural Network Model

Fleege, Edward J and Wambold, James C, USA, Variable Slip Friction Measurement Techniques for Snow and Ice Operations

Nordström, Olle, Sweden, Development and Validation of BV14, a New Twin Track Fixed Slip Friction Tester for Winter Road Maintenance Monitoring in Sweden.

Leviäkangas Pekka, Finland, Improvning Winter Road Management Under Euro-regional Project "Viking"

Burtwell, Marilyn, United Kingdom, Assessment of Road Surface Freezing Point Sensors for the UK

Pani, Bruno and Totaro, Stefano, Italy and Troitsky, Arkady and Khaikine, Michail, Russia, A Radiometric System for Road Surface Condition Monitoring

Maletka, Grzegors, Dzienis, Tadeusz, Pa£ys, Marek, Antosz, Marek and Supernak, Szymon, Poland, Integrated System of Meteorological Roads Protection in Poland Based on Intelligent Road Weather Stations

Ledent, Thierry, Belgium, "Meteo Routes" : The Walloon Project of Meteorological Data Control for a Better Service to the Users.

Knudsen, Freddy, Denmark, The Danish Winter Management System

Tuesday March 17　14.00 – 17.00
Scientific Session (5) "Interaction between People, Roads and Vehicles"
Invited representative for the users : Hallsten, Lars. Swedish Road Haulage Association. The heavy commercial vehicle operator`s view of winter road maintenance.

Wallman, Carl-Gustaf, Sweden, Driver Behaviour on Winter Roads : A Driving Simulator Study

Suzuki, Shun-ichi, Asano, Toshikazu and Taketani, Eiichi, Japan, Expressway Traffic Operation in the Winter Season

Leiren, Kjersti, Norway, Road User Information Service in Norway

Desmarchais, Pierre, Canada, Assessment of the Effect of Accumulated Snow or Ice on the Retaining Capacity of Parapets under Actual Operating Conditions

Cabanes, Ariel, France, Winter Serviceability

Nordström, Olle and Gustavsson, Lars-Erik, Sweden, Experience of Functional Testing of Winter Tyres for Passenger Cars and Heavy Vehicles by Means of the VTI Indoor Flat Bed Test Facility and a Mobile Tyre Test Vehicle.

Kajiya, Yasuhiko, Ishimoto, Keishi and Matsuzawa, Masaru, Japan, ITS Technology for Winter Road Management - ITS/Win Research Program of the Hokkaido Development Bureau-

STANDING INTERNATIONAL ROAD WEATHER COMMISSION

9th SIRWEC conference Luleå 15 -17 March 1998 at Nordkalotten hotel

Monday 16th March

J. Sand Kirk: *Danish Winter Index*
Masuda Yoshitaro: *Development of a Mobile Winter Road Surface Information Collection System*
Henrik Voldborg: *New experiments in the field of Thermal mapping and forecasting Road Surface Condition*
Torbjörn Gustavsson: *A critical review of thermal mapping techniques*
Erik Liljas: *Research - Nowcasting in Europe*
Gerald Spreitzhofer & R. Steinacker: *Experiences in applying the wels-road weather system over Austria*
Hirofumi Uchiyama, Koichi Yoshida & Chuichi Shimomura: *Freezing Forecast System*
J. Heierli: *Site-specific Road Condition Forecast for Maintenance Services*
Wolfgang E. Raatz, Wilfred Jacobs & Konrad Balzer: *Verification Studies on Detailed Area Forecasts of Road Weather*
J. Thornes: *Verification of road Weather Forecasts*
Kimmo Toivonen & Jouko Kantonen: *New Development Phases of the Finnish Road Weather Information System*
Peter Davies, Dean Deeter & Clare Bland: *Weather Information for Surface Transportation: Providing Integrated Services Across the North American Continent*
Lars Frimodig, Knuth Heijkenskjöld & Dan Eriksson: *VViS/RIViS Road Weather Information System*
Paul A. Pisano & Gary G. Nelson: *Integrated Weather Information Systems: White paper Findings*
Mark Wikelius, P.E., Judy Rockvam & Clare E. Bland: *Aurora - A Multi-national RWIS Program*
Toru Hagiwara: *Effects of Luminance and Color on Drivers Visibility during Snowstorm in the Daytime*
Shaburov Sergei, Maevsky Alexander & Mikhilov Alexander: *Winter weather conditions and compacted snow on carriageways in East Siberia*
Pekka Leviäkangas & Yrjö Pilli-Shivola: *Customer-Oriented Services and Functions of Road Weather and Traffic Information Centres*
Keishi Ishimoto, Yasuhiko Kajiya, Shunichi Kawakami & Masao Takeuchi: *Effect of Snow Break Trees on Improving Visibility*
J. Norrman & M. Eriksson: *Relations between Road Weather, Road Maintenance and traffic Accidents*

Tuesday 17th March

Wilfred Jacobs & Wolfgang E. Raatz: *Climatology of Road-Surface Temperatures for Different Road Site Characteristcs*
Marie Eriksson: *Geographical Information Systems (GIS) as a tool for planning new road stretches - Modelling and analysis of local climatological variations*
Maria Karlsson: *Weathers influence on the spatial differences in temperature, horizontal and vertical, to the road surface*
Masaru Matsuzawa, Yasuhiko Kajiya, Keishi Ishimoto, Toshiaki Kobayashi & Yasuhiro Kaneda: *The Relation between Winter Road Surface and Weather Conditions and Road Maintenance*
Ulrika Postgård: *Temperature patterns during partly cloudy/calm and windy situations*
PJ McLean & NLH Wood: *The reaction times of road surface temperatures*
Markus J. Turunen: *Experiences in development and testing the ROSA road weather station*
Toshimitsu Muramatsu & June Wada: *A study of service levels and sensors which scan cross-sections of snow on the road and provide information of the road surface characteristics*
Andreas Kuehnle: *Video-based classification of winter road condition*
Lars Sahlin: *RIViS development in Sweden*
Paul W. Ruppert & Ulrich Schlup: *Project Erlkönig - Fog Detection along Motorways*
Etienne Bornand: *Physical bases of freezing point measurement using active and passive probes*

凍結防止剤自動散布システムの開発

岡　喜秋、上出光志、北口敏弘（北海道立工業試験場）
加藤譲二　（中島金属工業（株））
須貝保徳　（（株）電制）
長田茂樹　（ホッコンアイピーシー（株））

1．はじめに

北海道は積雪寒冷地域に人口が集中し、特に札幌市のような大都市で、冬期間の交通確保が社会、経済、生活に重要な課題である。なかでも、道路の凍結防止対策は、安全で快適な冬期交通を確保するために、最も重要な課題である。

札幌市では、昭和53年度から融雪剤散布車による凍結防止剤散布システムの開発に着手し、平成8年度までに、札幌市内の主要な路線に、このシステムを設置した。

2．システムの概要（札幌市周辺地区）

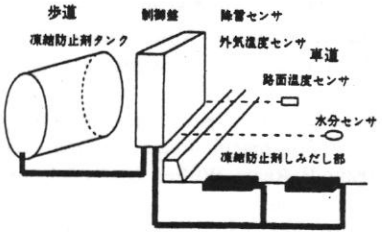
図－1にシステムのフローを示す。札幌市内に設置した散布車両装備の制御センサにより、路面温度、水分センサにより降雪を検知し、適量の凍結防止剤を散布する。

2．1　凍結防止剤

システムに使用した凍結防止剤は塩化カルシウム（21％）、塩化ナトリウム（23％）2種類の水溶液である。表－1より結氷防止剤の腐食性は塩化ナトリウムに比べ塩化カルシウムの方が低いが、混合水の半分以下で腐食性を低下させることができ、水道水との混合使用が可能である。

2．2　散布部

凍結防止剤の散布部は図－2に示すステンレス製の構造で、耐久性と内部に多孔質樹脂コンクリートを充填した。

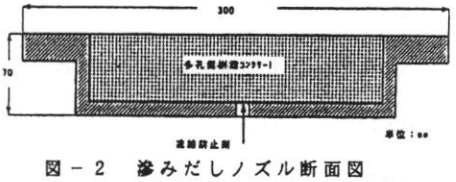


図－1　システムフロー図

表－1　凍結防止剤

		最低融点（℃）	腐食性（mdd）
塩化物系	塩化カルシウム	−55	70.2
	（防錆剤入り）	−	4.9
	塩化ナトリウム	−21	47.3
	（防錆剤入り）	−	3.5
酢酸系	CMA	−25	0.3
	KAC	−60	0.2
水道水		−	12

（mdd：1日当たり、面積1d㎡の腐食量mg）



図－2　滲みだしノズル断面図

2．3　凍結防止剤貯蔵タンク及び供給

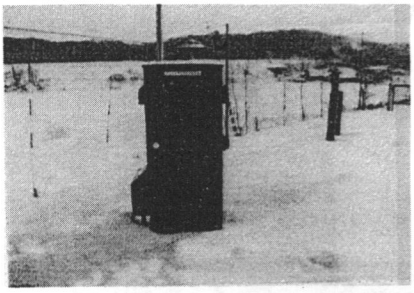
ポンプ貯蔵タンクは凍結防止剤の長期貯蔵用として、1，000～3，000ℓの市販のプラスチック（FRP、ポリエチレン）製タンクを使用した。供給ポンプは供給量の変更を可能にして必要な量の凍結防止剤を供給できる構造とした。貯蔵タンクからパルスポンプまでの配管、およびパルスポンプから滲みだしノズルまでの配管は腐食を考慮して樹脂材料のものを使用した。

2．4　制御装置

制御方法は基本的には平成7年度に開発した方式で、ON／OFF制御ではなく、ポンプ出力をパルスによりコントロールできる方式とした。4個のセンサの要素により、ポンプの運転は4～10段階に制御される。制御装置外観を写真－1に示す。

2．5　システムの施工場所

表－2に示すように札幌市周辺部、3カ所にシステムを設置した。



写真－1　制御装置外観

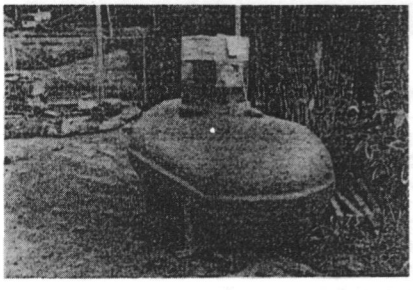
表－2　設置個所

地区名	道路の縦断	設置個所
北広島市地区	市道	下り
江別市地区	市道	登り、下り
札幌市西区	札幌西インター	道路公団料金所手前

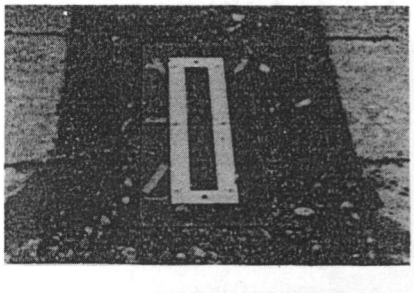
2．6　設置工事

北広島市の市道に設置した時の工事写真を写真2～写真－4に示す。

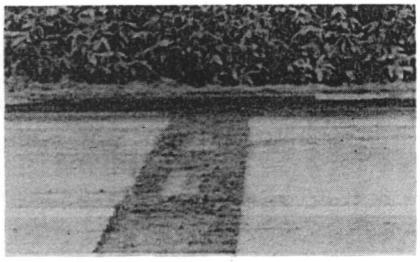
写真－2はFRP製の容積1，000ℓの凍結防止剤貯蔵タンクの外観で、このタンクを地下に埋設した。写真－3は凍結防止剤供給ノズルで耐久性を持たせるためにステンレス製である。内部に多孔質コンクリートを充填してあり、外側のブロックは樹脂コンクリート製で強度を持たせてある。写真－4は下り車線に2個の凍結防止剤供給ノズルを埋設したところで、この後道路の切削部分をアスファルト舗装を行った。



写真－2　凍結防止剤タンク



写真－3　凍結防止剤供給ノズル



写真－4　供給ノズルブロック

2．7システムの凍結防止効果

システムの効果については目視により観察した。平成8年度の冬は降雪が比較的少なく1月についてはは降雪深さが約35cmと平年の150cmに比べると1／5であった。2月には平年並みで146cmであった。写真5～6には2月4日のシステムの稼働中の写真で下り車線のわだち部分は凍結防止剤の効果により路面が露出している。しかし反対側の登り状態である。この露出部分は降雪量により変化するが観測の結果100m～200m程度であった。また、凍結防止剤の消費量は1週間で約200ℓであり、1日当たり平均30ℓ程度である。

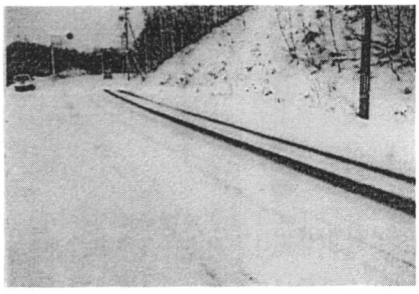


写真　5　システムの稼働状況

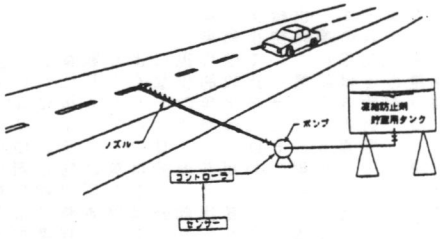
写真－6　ノズル付近の道路

3．システムの概要（釧路市周辺地区）

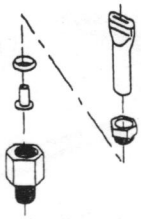
釧路、十勝などの道東地域の冬季気象は寒冷ではあるが、降雪量が道央地域に比較して少ない特徴がある。また、冬の日照時間が多く、日中の日射による融雪水が夜間凍結する危険性がある。このため、危険個所へのリアルタイムでの凍結防止剤の散布が必要となる。平成7年度に研究開発を行った凍結防止剤滲みだし方式（圧送法）による装置を道東地方に設置し試験を行った。

図－3の装置フロー図に示すように、本システムは凍結防止剤タンク、供給ポンプ、ノズル部、制御

部から構成される。凍結防止剤散布部は自動車の重量や土砂、融雪水のようにゴムと特殊なステンレス管に接続し、道路面にゴけ、道路面下に埋設したスステンレス管、シリコンゴムを通じて道路面に結防止剤を供給する構造である。



図－3　装置フロー



図－4　ノズル取り付け用継手

以上説明した本装置は次のような特徴が考えられる。

○ゴム製ノズルの付いたステンレス管を道路横断方向に埋設するだけで、カッター入れや　補修も僅かな面積であるため、且つ短時間で工事を終了することができイニシャルコストはロードヒーティングに比較すると少ない。

○凍結防止剤を圧送するためポンプの電力の消費は少ない。

○凍結防止剤の消費については、制御装置により必要最小限の量を供給することにより、ランニングコストを低減できる。

○アスファルト合材に凍結防止剤を練り込み除々に溶出させる方法は経年で減少するが、本方式についてはその問題が無い。

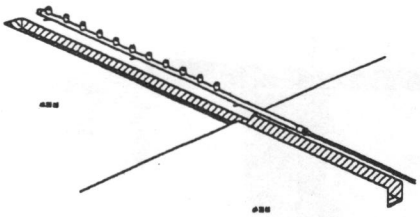
○凍結防止剤散布のための人件費は必要なく、リアルタイムで散布が可能である。

3．1施工場所

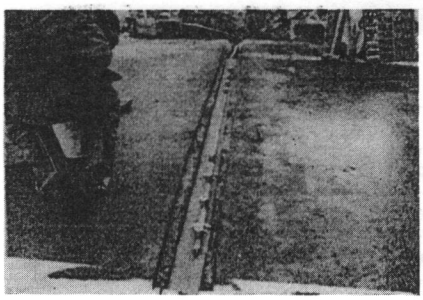
施工場所は釧路市内3カ所、中標津町1カ所、弟子屈町1カ所の計5カ所である。

3．2凍結防止剤供給ステンレス管埋設

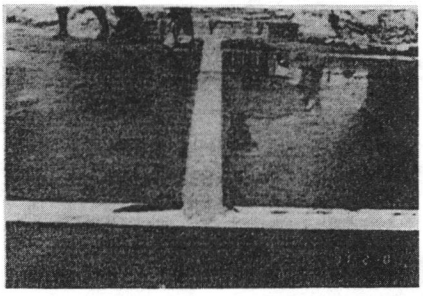
凍結防止剤供給ステンレス管の埋設工事について写真－7～写真－8に示す。図－4の管埋設に示すように、アスファルト舗装を横断方向にカッターを入れ、溝の中にステンレス管を埋設する。写真－7はアスファルトカッティング後にステンレスパイプを設置したところである。その後樹脂コンクリートを充填し、平らにこて仕上げし硬化した状態を写真－8に示す。手前車線に4個のノズルのあることが分かる。



図－4　ステンレス管の埋設



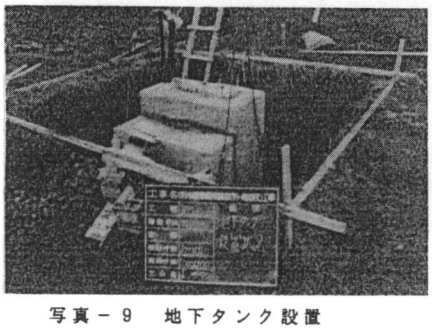
写真－7　管の埋設



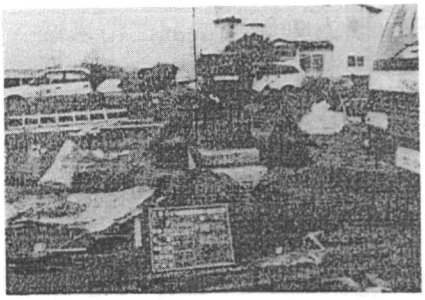
写真－8　樹脂コンクリート充填

3．3凍結防止剤タンク、制御盤設置

写真－9～写真－10に凍結防止剤タンク、制御盤の設置工事を示す。写真－9は凍結防止剤タンクを地下に埋設しているところである。凍結防止剤タンクは内部がステンレス製で、外部は厚さ150mmの鉄筋かコンクリートで覆うことにより強度を上げ、周囲からの土圧に十分耐えられる構造である。凍結防止剤タンクの内容積は約9000ℓで、外部から補給できるよう補給口、通気口をタンクの上面にボルトで固定し、制御盤内のポンプにより凍結防止剤を吸い上げ、道路面に供給する（写真－10）。制御盤はポンプ動力、制御装置に電力が必要なため、柱上トランスからの配線工事が制御盤設置の後に行われる。



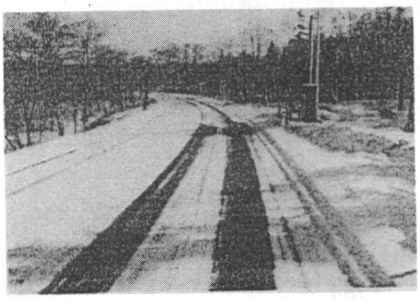
写真－9　地下タンク設置



写真－10　制御盤設置

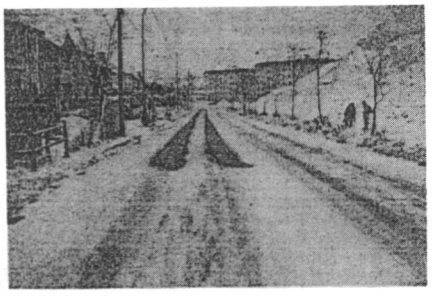
3．4装置の凍結防止効果

写真－11～写真－13 釧路市内、周辺地区に設置した5カ所の凍結防止剤自動供給装置による路面凍結防止状況を示す。写真－11～写真－13は釧路市内における道路状況で、登り車線（写真－11、12）と下り車線（写真－13）の様子で、両車線共にわだち付近の路面が露出して濡れていることが分かる。反対車線は降雪による圧雪状態でスリップの危険性がある。写真－12は市内の陸橋における本装置の凍結防止剤散布状況で、登り2車線に対して行っているが、道路中央よりの車線の方が通行量が多いため、凍結防止剤の効果が大きいことが分かる。



写真－11　釧路郊外における凍結防止状況

写真－12　釧路市内の陸橋の凍結防止状況



写真－13　釧路市内下り車線の凍結防止状況

4．まとめ

降雪の多い札幌周辺でシステムを試験した結果以下のことが分かった。

○平成8年度は降雪が他の年に比べて少なかったが、システムは順調に稼働しており、システムを設置した車線の凍結防止ができた。

○凍結防止剤の消費量は平均で一日当たり30ℓ程度であった。

○このシステムが順調に稼働するためには、ある程度の通過車両数が必要でその数は1時間当たり100台程度である。

○今後は制御方法、ノズルの埋設方法、ノズルの形状をさらに改善し、このシステムの普及を図る予定である。

寒冷であるが、降雪の比較的少ない道東地区である釧路市周辺の5カ所に設置した凍結防止剤自動供給装置を冬季間連続試験を行った結果、以下のことが判明した。

○道東は降雪が少ないため、凍結防止剤の消費は少なく、一冬の消費量は1，000ℓ以下であった。降雪の多い道央地区に比較すると1／3～1／5であった。

○また、凍結防止剤の車両による引きずり効果も大きく、100～300mの距離の路面の凍結防止が可能であった。

5．参考文献

1）北海道：平成6年度　北海道地域技術おこし事業報告書
2）北海道：平成7年度　北海道地域技術おこし事業報告書
3）札幌管区気象台：平成9年1月、2月気象月報
4）北海道融雪工業会：融雪技術ガイドライン

日本国内における自然エネルギー利用融雪システムの普及状況と将来性

岩本欣也（北大工学部）　佐山惣吾（寒地技術研究所）

はじめに

近年、地球規模のCO_2削減問題が切迫する中、野放図な化石エネルギー消費への警鐘がなされている。わが国においては特に民生部門、すなわち個人個人の自動車や住宅等のライフスタイルに関わる技術分野での省エネルギーとCO_2削減が重要な課題と言われている[1)]。住宅暖房においては太陽熱や地熱の利用あるいは蓄熱技術の研究が進んでいるが、融雪システムにおいても同様に自然エネルギー利用や蓄熱技術の適用が今後重要となる。

もともと地下水利用を行ってきた融雪技術が、昨今は電気ガス灯油といった貴重なエネルギーを大量に使って強制的に雪を排除する方法を取るようになってきている。札幌市内では、融雪システムにおいて公共道路用民生用（建築付帯）併せて年間 約20TJ ものエネルギーが消費され、そのほとんどが電気ガス灯油を使用するものである[2)]。もちろん公共交通の安全を図る上では大変重要な役割を担っている訳であるが、一般家庭での使用等その用途によってもう少し緩やかな欲求の場合も多く、エネルギー消費面からの技術の選り分けが必要と考えられる。

本報は、太陽熱と地中熱を中心にした自然エネルギー利用融雪システムの、近年における国内普及状況を報告し、今後の可能性を検討するものである。

1．融雪システムへの地中熱の利用形態

融雪システムに地中熱が利用され出したのは、1961 年新潟県長岡市東坂上町の地下水散水消雪システムの設置からである。散水方式は、1984 年には全国の道路で総延長 1500Km を超えるまで普及したが、地下水位の低下による地盤沈下問題が発生し、パイプ内を地下水を循環させる無散水消雪システムへの転換が図られた。1964 年、札幌市定山渓温泉では温泉水を利用した無散水消雪システムが設置された他、1972 年から建設省土木研究所、北陸地方建設局、日本道路公団等が中心となり地下水循環方式の融雪実験を行った。この方式は、1975 年以降温水循環方式の無散水消雪システムとして全国的に普及し、1990 年代からは地下水直接循環から地中熱交換器による間接的な地中熱利用形態に、さらに夏季の太陽熱蓄熱と併せた年間サイクル運転を行うシステムとなって、現在に至っている[3)]。

表－1に、以上の経緯を踏まえ、無散水融雪システム（温水循環方式）における地中熱の利用形態を分類した。1980 年代までは直接利用方式の実績が多かったが、1990 年以降は垂直管による熱交換方式の実績が増えてきている。地下水利用は使い捨てから還元する方式にそしてさらに夏季の太陽熱蓄熱を行う方式に、より環境に優しい方向へと発展してきていると言える。さらに今後は、熱回収率の高い帯水層蓄熱技術の融雪利用が期待される。

表-1　日本国内における無散水融雪システムの地中熱（蓄熱）利用形態分類

利用方式	システム分類	熱交換方法	利用深さ	地中熱利用形態（熱サイクル形態）	実施例件数（日本国内）
直接利用	温泉水直接利用方式	大深度井戸	～3000m	使い捨て	14件
	地下水直接利用方式	1本井戸方式	30～300m	使い捨て	8件
		2本井戸方式	30～300m（還元井～100m）	地下水循環	14件
熱交換方式	温泉水熱交換方式	大深度井戸	～3000m	使い捨て	9件
	地下水熱交換方式	2本井戸方式	30～300m		4件
	地中熱交換方式	水平管熱交換	～10m	夏季太陽熱蓄熱	2件
		垂直管熱交換	30～300m	夏季太陽熱蓄熱	12件
		ヒートパイプ熱交換	～10m	夏季太陽熱蓄熱	3件
帯水層方式	帯水層方式	帯水層	50～300m	夏季太陽熱蓄熱	実験段階

2．日本国内における地中熱融雪システムの普及状況

表―2に日本国内における地下蓄熱（地中熱交換方式）利用融雪システム（実施例）の一覧を示し、図―1にその分布図を示した。最北は北見から最南は広島まで 19 件の実施例が報告されている。この表の作成にあたっては、日本無散水消融雪施設協会発表の「雪のホームページ」および国土庁地方振興局「未利用エネルギーを活用したオンサイト型融雪システムに関する調査研究委員会報告書」を参考とした。

地中熱の間接利用に用いられる地中熱交換器の方式は、全体として3つに分類される（図―2参照）。すなわち盛土内に水平管を当間隔で埋設して夏季蓄熱を行う水平管熱交換器方式（ヒートパイプを用いる場合もある）、30m深さ以内の浅い範囲に垂直管を複数本埋設して夏季蓄熱を行う垂直複数管熱交換器方式、100m以上の深さに垂直管を1本埋設うして地中からの採熱を行う坑井内同軸熱交換器(DCHE)方式（または掘削抗熱交換(BHES)方式とも呼ばれる）である。

3．地中熱交換器の設計について

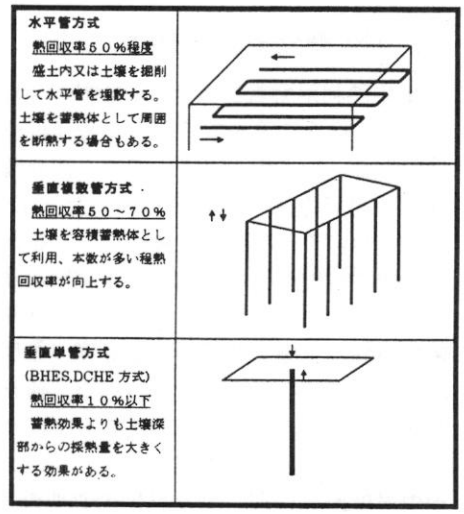
地中熱利用融雪システムの設計の手順としては、融雪場所の選定後、用途に応じて要求される融雪速度を設定し、気象条件や地中温度条件から必要とされる地中熱交換器を決定する。システムによっては、蓄熱槽やヒートポンプとの組み合わせも検討する。

垂直単管方式（BHES 方式または DCHE 方式）の地中熱交換器（垂直単管）の規模設計について、埋設深さ算定フローを図―3に示した。融雪路盤においては、差分法による融雪解析モデルの結果から融雪速度と循環温度と路面温度の差1次式を用いた。蓄採熱を行う土壌においては、無限固体中の線発熱熱伝導を示す線源理論式を用いた[4]。融雪路盤と土壌は共通の管壁温度（循環温度）によって熱平衡を保っている。この計算は期間平均値を用いて計算される。運転時間は各地の降雪時間より大き目の安全側の時間を設定する。この計算を日本各地域の気象条件、地中温度条件に適合して行った中で、札幌、青森、秋田、新潟、金沢、鳥取の計算結果を表―3に示した。降雪量が少なく、地中温度が高い程、熱交換器の必要深さは短くて良い。たとえば札幌では、20 m^2の融雪面積に対して約 100mの深さが要求される。

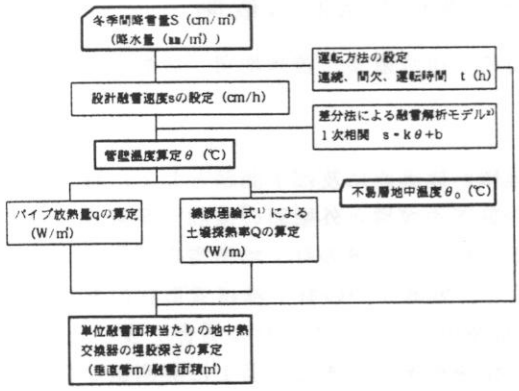
表-2　日本国内における地下蓄熱（地中熱交換方式）を利用した無散水融雪システム（実施例）

No.	場所 県名	場所 市町村名	建設年	融雪面積（適用）	熱交換器 補助装置	開発指導
1	新潟	長岡市	1989	—　（国道脇歩道）	—	—
2	秋田	協和町	1990	200 ㎡（高速道路） ﾋｰﾄﾊﾟｲﾌﾟ方式	水平管熱交換 盛土内蓄熱（3000 ㎥）	日本道路公団
3	岡山	川上村	1991	300 ㎡（高速道路 ｻｰﾋﾞｽｴﾘｱ歩道） ﾋｰﾄﾊﾟｲﾌﾟ方式	水平管熱交換 盛土内蓄熱	日本道路公団
4	新潟	小千谷市	1991	400 ㎡（駐車場）	水平管熱交換	北陸地方建設局
5	福井	福井市	1992	400 ㎡（駐車場）	垂直管熱交換 35m×48 本（400mm 径）（ｺﾝｸﾘｰﾄﾊﾟｲﾙ）	福井県雪対策・建設技術研究所
6	青森	青森市	1992	118 ㎡（駐車場）	30m×3 本 垂直管熱交換	—
7	青森	青森市	1992	住宅 80 戸（駐車場）	—	—
8	鳥取	米子市	1992	150 ㎡（高速道路 ﾊﾟｰｷﾝｸﾞｴﾘｱ） ﾋｰﾄﾊﾟｲﾌﾟ方式	4.5m 深さ 水平管熱交換　土壌内蓄熱	—
9	鳥取	鳥取市	1993	—　（国道横断歩道橋）	垂直管熱交換	—
10	新潟	柏崎市	1994	900 ㎡（駐車場）	水平管熱交換	北陸地方建設局
11	広島	西城町	1994	—　（ﾁｪｰﾝ脱着場）	垂直管熱交換	—
12	広島	戸河内	1994	—　（国道交差点）	垂直管熱交換	—
13	北海道	北見市	1994	100 ㎡（道路）	8m×27 本(80mm 径) 垂直管熱交換 土壌内蓄熱（1320 ㎥）	北海道通産局 北見工業大学
14	岩手	二戸市	1995	266 ㎡（道路）	150m×3 本（89mm 径） 垂直管熱交換	通産省工業技術院資源環境総合研究所
15	兵庫	波賀町	1995	—（道路ﾄﾝﾈﾙ）	垂直管熱交換	—
16	広島	野村横谷	1995	44 ㎡（道路）	100m（150mm 径） 垂直管熱交換	—
17	兵庫	村岡町	1996	310 ㎡（ﾁｪｰﾝ脱着場）	垂直管熱交換	近畿地方建設局
18	福井	金津町	1996	—　（道路）	垂直管熱交換	—
19	滋賀	今津町	1996	—（雪寒基地内）	垂直管熱交換	—

図-1　日本国内における地下蓄熱利用融雪システム実施例の分布（1996年現在）



図－２　３方式の地中熱交換器モデル



1）線源理論式（無限固体中の線発熱熱伝導）

$$\frac{\theta_0 - \theta}{Q/\lambda} = \frac{1}{4\pi}\left[\ln(4at/r^2) - 1.5772\right]$$

λ：土壌熱伝導率（W/m℃）　a：温度伝導率（㎡/h）

r：管径（線源から半径方向の距離）（m）

2）融雪速度、放熱量、管壁温度解析モデルの差分法計算領域

図-3　垂直型熱交換器の埋設深さ算定フロー

都市名	不易層温度（℃）	降雪量（mm）	設計雪温（℃）	設計放熱量（W/㎡）	設計熱交換器規模（m/㎡）
札　幌	8.00	383.6	3.41	64.6	4.7
青　森	10.35	413.8	3.70	69.8	4.0
秋　田	12.25	356.9	3.17	60.0	2.8
新　潟	14.60	481.1	4.28	81.2	3.4
金　沢	15.05	488.3	4.35	82.6	3.3
鳥　取	15.50	350.3	3.11	58.9	2.1

＊1: 降雪量は各地融雪運転期間の降水量積算値

＊2: 運転時間800時間と仮定して必要融雪速度を算定

表－3　日本各地の地中熱交換器の必要規模算定

5. 今後の課題

以上述べてきたように、わが国の融雪システムのあり方は、「環境に優しい技術」を指向して発展しつつある。自然エネルギー利用（未利用エネルギー活用も含めて）普及上の問題としては、以下の事が言える。

（1）イニシャルコストが高くなる。地中熱利用の場合掘削費がかさむ。ヒートポンプの価格が高い。

（2）電力やガスに比べて維持管理をする体制が整っていない。北欧では、電力、ガス、ごみ焼却、上下水道、自然エネルギー利用等の各部門が一体となって地域熱供給公社が設立されている。

わが国は南北に細長いため国策として暖房需要だけでなく冷房需要も大きな問題となっている。雪を冷房用の冷熱源として活用する方法は、わが国には非常に有効である。季節間あるいは地域間で冷熱と温熱をマッチングさせていく方法について、今後の研究開発および実用化が期待される。

参考文献

1）通産省「総合エネルギー統計」(1995)

2）岩本欣也、永坂茂之、落藤澄、他「日本国内における地中熱利用融雪システムの普及状況と可能性」(1998) 空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演論文集

3）高橋博、中村勉、他　「雪氷防災」(1986) 白亜書房

4）永坂茂之、落藤澄、他「自然エネルギーを利用した融雪システムに関する研究」(1996) 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集

勾配屋根における軒下堆積雪形状の観測

長谷川哲哉，伊東敏幸，苫米地司（北海道工業大学）

1．はじめに

積雪地域において滑落した屋根雪の軒下堆積が建築物に及ぼす問題として，軒下堆積雪深の増加による開口部の遮へい（写真１）や軒下堆積雪と外壁面の接触（写真２）による材料劣化等がある。これらの雪害を防止するには，屋根雪の軒下堆積雪の形状を適切に予測する必要がある。既往の研究[1～4]をみると，幾通りかの軒下堆積雪形状の推定手法が提案されている。しかし，それらは実際の滑落現象に対応していない場合が多いことから，筆者らは屋根雪の滑落現象に対応した推定手法を提案してきた。図１に実測値の存在する新庄市について気象データを基に推定した結果を示す[5]。本推定では滑落する外気温を０℃，滑落した直後における堆積雪の法面勾配を 45 度と設定している。また圧密・沈降は地上積雪と同割合で沈降させている。しかし，図のように実測値と推定値に差がみられ，この差は圧密・沈降の推定方法に問題あると考える。このことから本研究では推定に必要な圧密・沈降の実測データを得るための実験を行った。

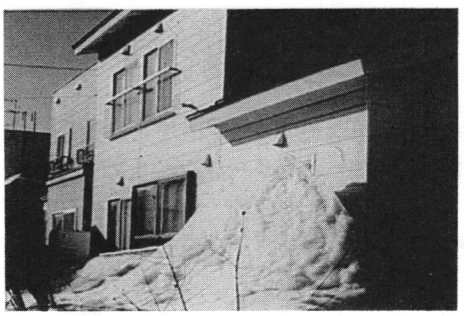


写真１　軒下堆積雪による採光障害

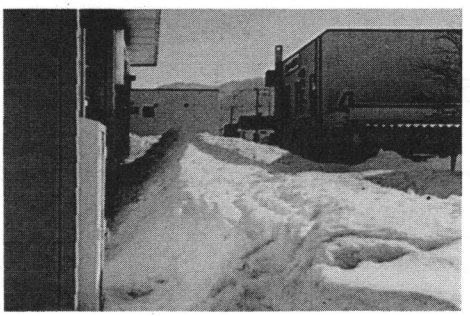


写真２　軒下堆積雪による外壁材の劣化

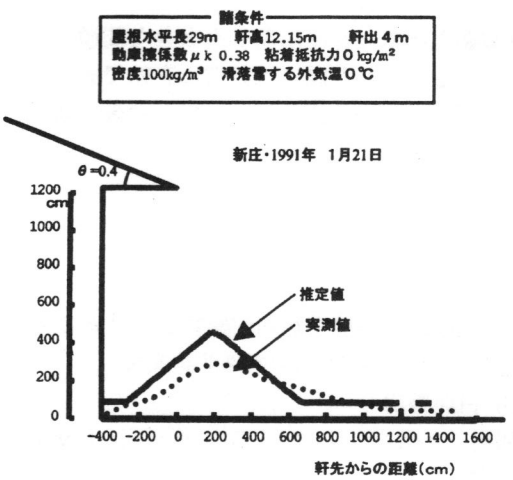


図１　新庄市における推定値と実測値

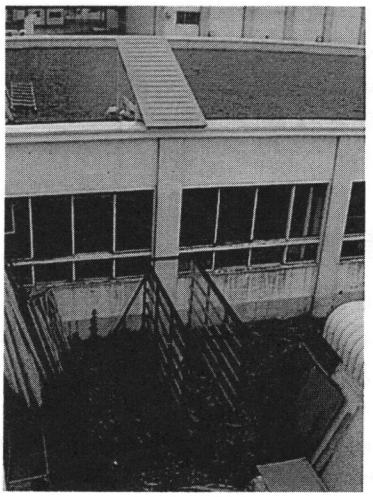


写真３　屋根と堆積形状観測箱

2．実験方法

実験は，写真３および図２のような屋根と滑落した屋根雪の形状を観るための堆積形状観測箱を用いて行った。観測箱の側面は透明なポリカーボで仕上げ，堆積雪の断面形状が観測出来るようにした。屋根の寸法は，長さ 360cm，幅は堆積形状観測箱より広い 120cm，勾配 0.4 とし，葺工法は横葺きとした。このような試験体を用い，軒下堆積の基本的形状を把握するため，幅 120cm，長さ 270cm，深さ 10cm，密度 150kg/m³ の屋根雪を連続して滑落させる実験を 12 月に行った。１月からは自然降雪下での堆積状況を連続的に観察した。また，屋根雪が滑落した翌日に，写真４のように軒下堆積雪の上面７ヶ所に圧密・沈降を測定するための目印木片を積雪期間内に５回入れ，その区間距離の変化を測定することにより積雪層別の圧密による沈降量を評価した。

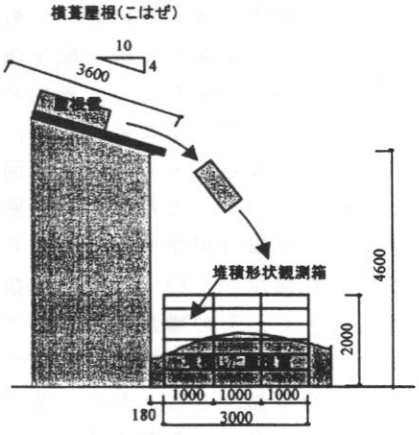


図２　試験体寸法図

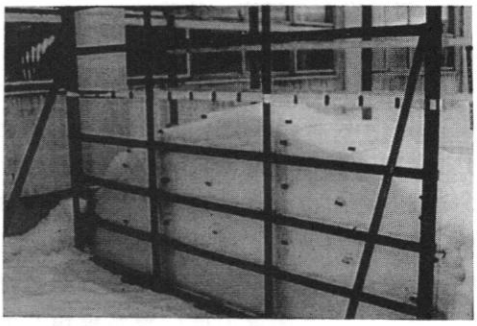


写真４　堆積雪断面の沈降量測定

3．実験の結果および考察

3-1　軒下堆積雪形状

図３は降雪期における軒下堆積雪形状の変化を示す。１月 11 日の落雪時は密度の小さい雪の上に落雪したので，この雪が落下の衝撃で圧密され，堆積形状に変化はなく平坦なままであった。１月 18 日から２月２日にかけて，堆積高さが急激に増加するが，これはこの期間の軒下への降雪が含まれるためである。その後は落下と降雪が繰り返されて，法面勾配は徐々に大きくなっていく。基本的形状の把握のために行った促進実験の結果を図４に示す。落雪３回目までは堆積雪の頂点が軒先より遠くになっているが，その後は徐々に軒先へ近づいて行く。形状は自然落雪に比べると法面が急勾配になるが，これは軒下への降雪や経時的な圧密・沈降が生じていないためと考える。

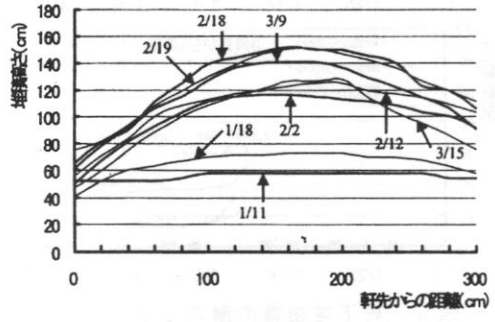


図３　滑落後の軒下堆積雪形状

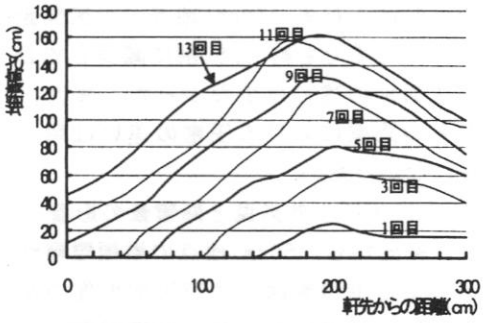


図４　連続的に滑落させたときの形状

写真５に縦葺屋根の体育館における軒下堆積雪形状を示す。縦葺きで緩勾配屋根の場合，屋根雪が軒先でせり出し，細切れになった雪が軒下に落下することにより，雪の飛距離が小さくなる。そのために法面勾配が 45 度前後になる。これに対し今回の実験で使用した屋根は屋根雪がスムーズに滑落する屋根を採用しているため，屋根雪の飛距離も大きく，その雪が少し砕けて落雪する。このように屋根葺工法によって落下時の雪の状態が異なることから，葺工法による推定手法の違いを考慮する必要があると考える。

3-2　積雪層内の圧密・沈降

図５に軒先から 50，150 および 250cm における積雪層内の区間距離の変化を示す。地上から１段目の区間距離は１月 18 日における降雨の影響で急激に減少している。この降雨とその後の外気温変化により軒下堆積雪の密度が大きくなっているために，その後は緩やかに沈降する。１段目から２段目は降雪により密度の低い雪が堆積しているため，その圧密の進行は急激であるが（グラフ内に期間内における１日あたりの圧密を示す。），その後は緩やかになり，３月になると停止する。２段目から３段目，３段目から４段目に関しても同様に，始めは圧密の進行が著しいが時間が経つにつれてその変化が緩慢になり，（1.6％/day→0.2％/day，2.3％/day→0.4％/day）春先には圧密が停止するという傾向がみられた。観測期間内における軒先 150cm 地点での区間距離は何れの区間でも約 6.5 割に減少しており，積雪層別の違いは少なかった。また，軒先からの距離における圧密の違いは殆ど確認されなかった。

3-3　圧密に及ぼす外気温と降雪量の影響

図６は軒先から 150cm 地点の堆積雪層別の圧密状態と堆積雪深および平均温度の変化を示したものである。軒下堆積雪深は２

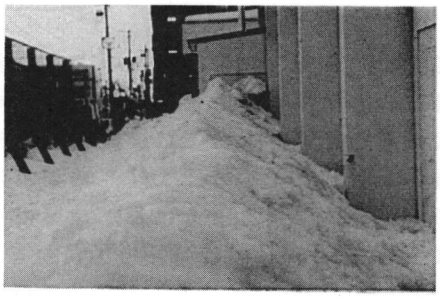


写真５　体育館の軒下堆積雪形状

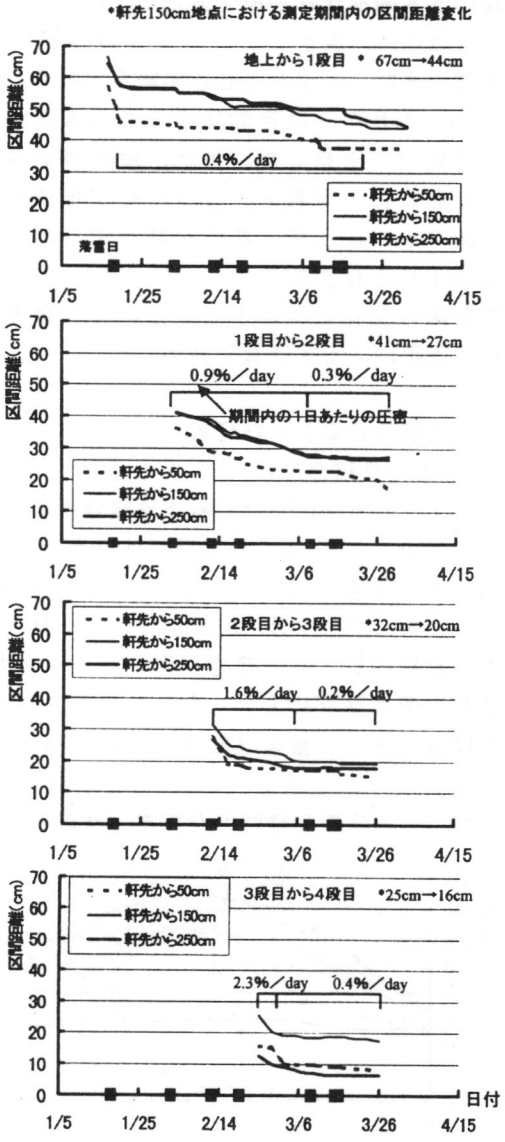


図５　軒下堆積雪の層内圧密の状況

月19日に最大に達しているが，その後も同じように圧密は続いている。これは雪荷重と共に経時的な雪質変化が関わって圧密が進行していることが判る。3月後半になると圧密・沈降はほぼ停止するが，この時の密度は400～500kg/m³となっている。なお，落雪日にも若干ながら沈降していることから，落雪の衝撃による圧密も確認された。

3-4　融雪による堆積雪の減少

3月後半からの堆積雪深減少は融雪による影響が大きいと考えられる。図7に最後の滑落雪日の翌日である3月17日を起点として，外気温における毎時ごとのプラス温度を積算した積算暖度と堆積深減少量との関係を示す。積雪暖度が同じ場合でも堆積雪減少量にバラツキがみられるが，これはその日の外気温低下の影響によるものと考える。図のように，積算暖度と堆積雪深減少量は線形関係にあることから，融雪による堆積雪深の減少は外気温による推定が可能といえる。

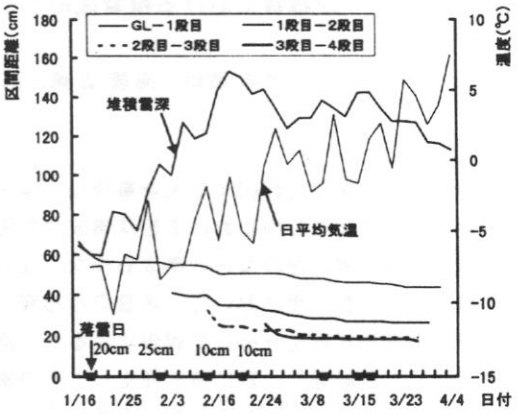


図6　軒下から150cm地点の区間距離と最大堆積雪新および平均温度

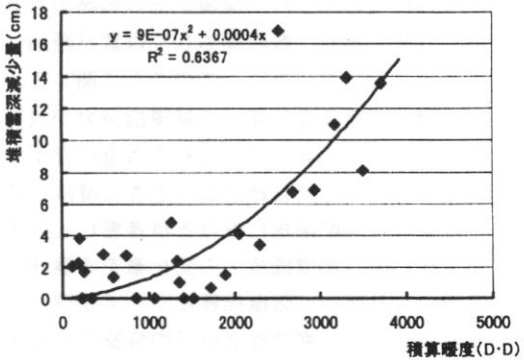


図7　融雪期における堆積雪深減少量と積算暖度

4．まとめ

本研究では，軒下堆積雪形状を推定する上で必要な圧密による沈降の実測データを得ることを目的とした。屋根雪の飛距離や砕け方は屋根葺工法によって異なり，この違いが軒下堆積雪形状にも影響することが解った。また，圧密は堆積雪深増加による雪荷重と雪質変化による影響を受け，その変化は経時的要因にも支配されており，外気温の変動による影響は小さいものと考えられる。滑落終了後の軒下堆積雪深は融雪による影響が大きいと考えると，その融雪量は0度以上を積算した積算暖度による推定が可能である。これらのデータを基に精度の高い推定手法を確立することが今後の課題である。

【参考文献】
1)大野和男：軒下の堆雪量の算定，北海道建築技術 センターレポート，No.11, pp.3-4, 1975
2)中村秀臣：滑落した屋根雪の堆積形状，雪氷，40巻1号，pp.37-41，1978
3)遠藤八十一，他6名：屋根雪の滑落条件と飛距離，第4回寒地技術シンポジウム講演論文集，pp.220-225，1988.11
4)滝田貢，渡辺正明：滑落した屋根雪の堆積形状算定図表，日本雪工学会誌，Vol.14, pp.126-132, 1998.4
5)阿部修：大型傾斜屋根の軒下落雪の堆積形状（観測と予測），第13回日本雪工学会大会論文報告集，pp.159-164，1996.11

屋根雪における積雪後のザラメ化に伴う摩擦抵抗力の変化

伊東 敏幸，高倉 政寛，苫米地 司（北海道工業大学）

1．はじめに

建築物の屋根雪に起因する人身事故は，現在でも毎年のように発生している。これらの事故は屋根雪の雪下ろし中における転落事故や屋根部からの氷塊の落下などによる場合も有るが，滑落した屋根雪の埋没などの事故も少なくない。この事故の状況をみると，比較的多量の降雪が続いた日の数日後において，多量の屋根雪が不意に落雪することによって発生している。落雪事故の発生状況を分析した報告によると，落雪事故は累積30cm以上の連続降雪があった後，１日から５日経過した日に多く発生し，その事故日の最高気温は－４℃以上の場合が多いことが指摘されている[1]。この状況から考えると，落雪事故は必ずしも連続的な降雪後において外気温がプラス温度になった場合に発生しているとは言えず，他の何らかの要因が関わっていると考えられる。

一般住宅のように小屋裏からの伝熱がある勾配屋根の屋根雪をみると，降雪の直後に滑落するのは稀であり，数時間もしくは数日経過した後に滑落する場合が多く，その屋根面付近の雪はザラメ化している[2]。このことに関して，異なる雪質における摩擦抵抗力を評価した報告では，雪粒の粗大化に伴って摩擦抵抗力が減少することを指摘している[3]。このことから，降雪後の経時過程において，屋根面付近の雪が変態し，その粒径が粗大化することによって摩擦抵抗力が減少して数日経過したときに滑落現象が発生していると考えられる。

本研究は勾配屋根における滑落雪に起因する事故を防止するための資料として，屋根雪のザラメ化に伴う摩擦抵抗力の変化量を実験的に明らかにすることを目的とする。札幌における降雪後，数日間の外気温推移について整理し，その結果を基に小屋裏からの伝熱を想定したモデル実験を行い，摩擦界面付近の雪質変化の状態を明らかにし，さらにその状態における摩擦抵抗力を測定した。

2．小屋裏からの伝熱がある屋根面の温度

札幌市の一般的な小屋裏構造をもつ住宅における厳冬期の屋根面温度を測定した結果，屋根上に雪が10～15cm堆積した状態においては，外気温が-6℃程度であっても，小屋裏温度が２～４℃であり，屋根面温度が０℃を若干上回る温度で推移することが分かった。この場合，屋根葺材と屋根雪の界面には融雪水が若干発生する状態であった。

屋根面温度を支配する降雪後，数日間の外気温推移について分析する。年間降雪量が多かった1980年11月～1981年４月における札幌を対象にし，１日の降雪深が５cm以上あった日を基点とした数日後までの日平均気温の推移について整理すると表－１となる。表は，５cm以上の降雪があった日の後，日最高気温が２℃未満で推移する７日後までの期間を対象としている。日平均気温の推移を温度別に分類してみると表中の網掛けのように，降雪当日の日平均気温は，1/21および1/25では-6℃未満となるものの，他の日については，ある程度の積雪があれば屋根葺材と屋根雪との界面に融雪水が発生し得る外気温となる。さらに２日目以降についてみてみると，殆どの日において融雪水が発生し得る温度範囲にある。これらの結果をみると，暖房している建物の屋根雪は，小屋裏からの伝熱による融雪水の発生によって，経時的に雪粒径が粗大化するものと考えられる。

表－１　札幌における連続降雪後の外気温推移

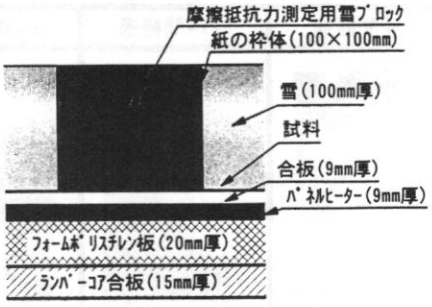
気象官署:札幌	当日		2日目		3日目		4日目		5日目		6日目		7日目	
YEAR/MONTH/DAY	平均気温(℃)	日降雪深(cm)	平均気温(℃)	日降雪深(cm)	平均気温(℃)	日降雪深(cm)	平均気温(℃)	日降雪深(cm)	平均気温(℃)	日降雪深(cm)	平均気温(℃)	日降雪深(cm)	平均気温(℃)	日降雪深(cm)
80/12/14	-2.5	13	-0.4	6	-1.7	1	-1.0		-1.6	1	-4.8	7		
80/12/19	-4.8	7	-2.3	33	-2.1	6	-4.1	43	-5.1	1	-3.6			
81/01/02	-2.2	11	-0.3	16	-2.4				-6.0	8	-5.7	11	-5.0	23
81/01/06	-6.0	8	-5.7	11	-5.0	23	-2.4	2	-2.1	19	-5.7	15		
81/01/10	-2.1	19	-5.7	15					-5.2	4	-6.0	2	-5.5	
81/01/21	-7.2	5	-6.3	50	-4.4	17	-2.3		-6.3	19				16
81/01/25	-6.8	19	-7.8	10	-6.6	16	-5.6	19	-5.5	8	-4.6	10	-2.5	7
81/01/28	-5.6	19	-5.5	8	-4.6	10	-2.5	7	-2.0		-3.3		-2.5	
81/01/31	-2.5	7	-2.0		-3.3		-2.5		-0.9	9	-2.2	2	-1.3	
81/02/04	-0.9	9	-2.2	2	-1.3		-1.6		-3.2		-4.3	1	-1.8	
81/02/19	-1.3	18	-3.0	3	-3.5	2	-5.1	3	-5.3	4				
81/03/07	-2.4	6	-4.2		-6.0	9	-6.0		-3.5	16				

：-3℃＞平均気温≧-6℃　　：-6℃＞平均気温

3．実験の方法

小屋裏からの伝熱状態の違いによる粗大化の進行速度を評価するため，小屋裏温度を変化させたモデル実験を行った。小屋裏からの伝熱を想定するため，図－１に示すような試験体を用いた。図のように，試験体はランバーコア合板上に20mm厚のフォームポリスチレン板およびパネルヒーターを載せ，その上にある９mm厚の野地板に屋根葺材を貼り付けている。このような試験体を屋外に放置し，自然状態で10cm以上積雪させ，その後，雪が載った状態の試験体を-5℃の低温室内へ移動し，パネルヒーターに通電した。パネルヒーター表面の温度は，予備実験によって屋根葺材表面の温度が０℃を若干上回るような温度になる表－２に示す４通りとした。なお，実験時の積雪密度は何れも180～210 kg/m^{3}であった。

低温室内に移動した試験体を用い，動摩擦係数の測定および摩擦界面付近の雪の観察を行った。動摩擦抵抗力の測定は，低温室内で水平型滑雪試験装置を用いて実施した。測定は所定時間を経過した時点で，雪ブロックを４mm/secの速度で水平滑動させ，そのときの摩擦抵抗力を測定した。併せて，摩擦界面付近の雪質を評価するため，摩擦測定の直後に雪ブロック下面の雪を一部切除し，黒い樹脂板上に薄く載せてビデオカメラで観察した。なお，この実験は継続的に行うため，測定・観察時以外のときは雪ブロックを紙製の枠で仕切り，その周囲をしまり雪で覆うことによって周囲からの冷却を防いだ。この測定・観察は，表－２に示す経過時間毎に行い，各試料は２枚ずつとし，１枚の試料につき摩擦抵抗力を３回測定した。このモデル実験に供し



図－１　モデル実験の概要

表－２　パネル温度および摩擦係数の測定間隔

実験No.	パネルヒーターの温度	動摩擦抵抗力の測定
No. 1	1.2℃	12h, 24h, 48h, 72h, 96h *1
No. 2	1.5℃	6h, 12h, 24h, 48h, 72h, 96h
No. 3	1.9℃	6h, 12h, 24h, 48h, 72h, 96h
No. 4	2.4℃	6h, 12h, 24h, 48h, 72h *2

*1　６hは，試料と雪ブロックとが凍着していた。
*2　96hは，雪ブロックが融雪が著しい状態であった。

表－３　実験に用いた屋根葺材の概要

試料名称	概要	Rz	θ
光沢塗装鋼板	塗装溶融亜鉛めっき鋼板(JIS G 3312) 青色，材厚0.35mm	2.43μm	60.2°
艶消塗装鋼板	塗装溶融亜鉛-5%ｱﾙﾐﾆｳﾑ合金めっき鋼板 (JIS G 3318) 艶消青色，材厚0.35mm	23.00μm	71.6°
塗装ｽﾃﾝﾚｽ鋼板	塗装ｽﾃﾝﾚｽ鋼板(JIS G 3320) 艶消茶色，材厚0.35mm	3.80μm	77.8°

注)Rzは試料表面の10点平均粗さであり，θは試料と蒸留水との接触角である。

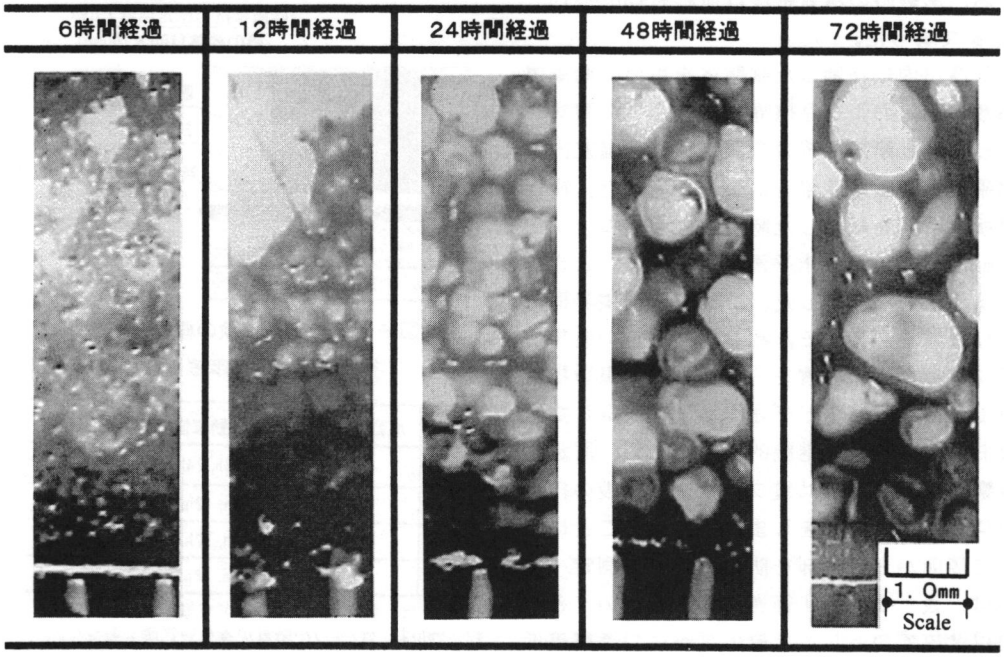
た試料は，表－３に示すような積雪地域で多用されている屋根葺材とした。

４．経時的な雪質変化の観察結果

小屋裏からの伝熱を想定した実験による経時的な雪質変化を表－４に示す。なお，これらの写真はパネルヒーター温度が 2.4℃の場合（屋根葺材の表面温度は0～0.3℃）における光沢塗装鋼鈑について示す。経時的な雪粒の形状変化をみると，６時間経過後までは新雪時と同様な細かい雪粒であるが，12時間を経過すると雪粒は0.3 mm程度，24時間経過後では0.5 mm程度の球状粒子に変化している。さらにその後，時間の経過に伴って雪粒は粗大化し，48時間経過後では0.5～1.0mm，72時間経過後では1.0～2.0mmになる。なお，パネルヒーター温度がこれよりも低い1.2℃の場合，雪粒径が１mm程度になるまでの経過時間は64時間要している。

このように，ある程度の積雪があり，屋根裏からの伝熱があると，経時的に屋根面付近の雪は顕著に変態し，その雪粒が粗大化する。その場合，屋根の野地板温度が+2.4℃であれば，積

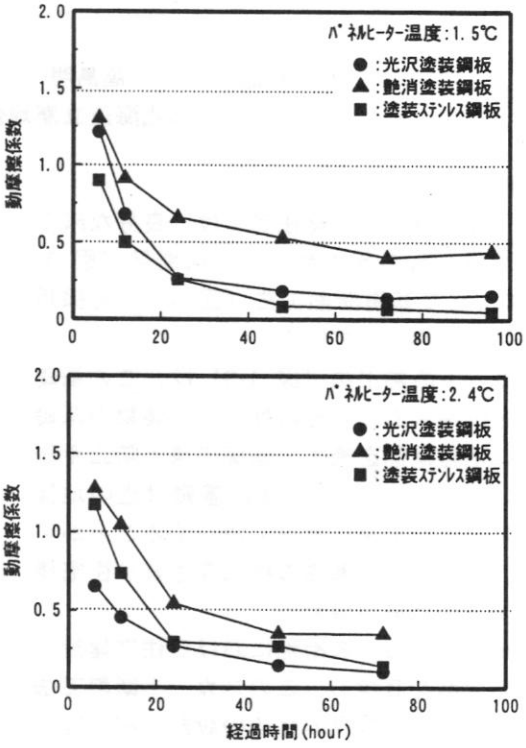
表－４　摩擦界面付近の雪質変化



雪２日後には粒径１mm程度のザラメ雪が屋根面付近に存在することになる。

５．雪質が変化した場合の摩擦抵抗力

経時的に雪粒が粗大化することから，その状態では摩擦係数も変化する。モデル実験における経時的な動摩擦係数の変化を２通りのパネルヒーター温度についてみると図－２となる。図のように，各屋根葺材と雪ブロックの動摩擦係数は，何れの温度においても経時的に減少する傾向を示し，48時間経過までに測定開始時の1/3 程度となる。その後48時間を経過すると動摩擦係数は，ほぼ一定の値となる。この傾向に対するパネル温度の影響をみると，何れの屋根葺材も温度が高いほど動摩擦係数の減少率が若干大きくなる傾向にある。材料の違いによる影響は，光沢塗装鋼鈑と塗装ステンレス鋼鈑では同様であるが，艶消塗装鋼鈑は表面が粗いため，時間経過後においても動摩擦係数が他材料よりも大きい。



図－２　動摩擦係数の経時変化

このように，積雪後における屋根面付近の雪と屋根葺材との動摩擦係数は，48時間経過頃まで経時的に顕著な減少を示すことが分かった。このことは，雪粒径と摩擦係数との関係を示した既往研究からみても妥当な結果であり[3]，経時的な雪粒の粗大化に依存する現象と考えられる。

６．まとめ

小屋裏からの伝熱がある屋根における積雪の経時的な雪質変化，およびその摩擦特性を実験的に検討した。その結果，積雪後48時間経過すると，屋根面付近の雪粒径は１mm程度まで粗大化し，粗大化した雪と屋根葺材との動摩擦係数は新雪時の 1/3程度まで減少することが分かった。このことから積雪後における経時的な雪質変化を考慮することによって屋根雪の滑落雪現象の発生時期をある程度推定することが可能になると考える。

［参考文献］

1)山形敏明：北海道における市街地を対象とした雪氷防災に関する基礎的研究，北海道工業大学学位論文，1997.3
2)竹中隆一，他３名：積雪寒冷地域における膜ドームの膜上積雪処理に関する研究その２，自然落雪と温風融雪の効果に関する解析，第９回寒地技術シンポジウム講演論文集，pp.7-12，1993.12
3)伊東敏幸，高倉政寛，苫米地司：屋根雪の経時的変態に伴う滑落雪性状の変化，寒地技術論文・報告集，Vol.13，pp.352-357，1997.11

北海道における基礎断熱を併用した地盤断熱工法の適用に関する研究

北谷幸恵　　福島明　　月館司　　鈴木大隆
（北海道立寒地住宅都市研究所）

1　はじめに

現在、北海道の戸建住宅では、良好な床下環境が得られる等の利点から床断熱（図 1-1）に代えて基礎断熱工法（図 1-2）を採用する住宅が増加している。

スカート断熱工法（図 1-3）は、この基礎断熱と併用することを前提とし、建物の基礎外周に地盤断熱を施す、基礎の凍上防止手法の 1 つである。この工法は基礎付近の地盤の凍結深度を従来に比べて浅くすることが可能で、それに伴い基礎の根入深さ及び住宅建設コストの低減が望める。

当研究所では、寒冷地における住宅建設コストの低減を目指し、このスカート断熱工法の北海道内での採用のための設計手法の確立を最終的な目的とした研究に取り組んだ。

本報では、具体的な設計手法を提案するに当たって行った、地盤温度のシミュレーション等の検討内容についてと、その結果を反映した設計手法をマニュアル [1]にまとめたので、その内容について報告する。

2　地盤温度シミュレーションの目的と手法

シミュレーションの目的は、北海道内での簡易的な設計が可能となるスカート断熱の具体的な仕様を表示した資料を作成するための基礎的検討である。

シミュレーションの手法は ISO の凍上防止（案）に基づき、設計上安全側となる熱物性値を用い、水分移動を考慮しない、熱伝導のみの計算を行うこととした。

表 1 にシミュレーションで用いた物性値などの条件を示す。外気温以外は全道一律の物性値を用いた。

表 1　シミュレーションに用いた物性値等の条件

住宅の熱損失係数		1．4　[kcal/h·m²·℃]
暖房による取得熱		なし　（未入居）
日射による取得熱		なし
竣工時期		断りのない限り 12 月 1 日 それ以前は更地
地盤の熱伝導率	未凍結	1.29　[kcal/h·m·℃]
	凍結	2.15　[kcal/h·m·℃]
地盤の体積比熱		270　[kcal/m³·℃]
地盤の水分量		450　[kg/m³]
地盤の凍結温度		−1　[℃]

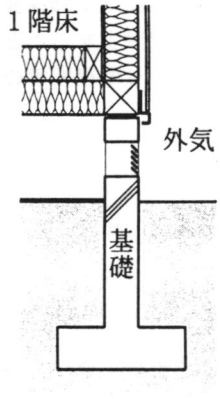


図 1-1
床断熱工法

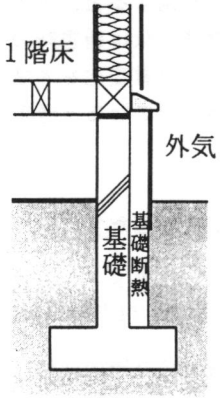


図 1-2
基礎断熱工法

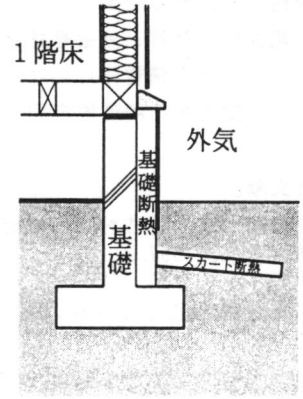


図 1-3
スカート断熱工法

3　シミュレーションによる仕様の検討

スカート断熱の仕様の要素には、スカート断熱に用いる断熱材の種類、厚さ、幅に加え、その断熱材を埋設する深さがあげられ、また、同じ住宅の基礎であっても各部分によって凍結・凍上のし易さが異なるため基礎を適当な各部位に分類し、それぞれの部位毎に設計する必要もあると思われるので、部位の分類の仕方についても検討が必要である。そこで道内各地の気象（外気温）データを用い、様々な仕様の場合の基礎付近での地盤温度分布や凍結深度についてシミュレーションを行い、検討を行った。

この節では、凍結指数 688[℃・days]の外気温データを用いた場合の基礎出隅部分についての計算結果を例に、スカート断熱の幅、埋設深さなどの仕様に関する検討結果を報告する。

図２にここで用いた住宅基礎部分の計算モデルを示す。計算結果の内、各モデルの冬季間における凍結深度の移り変わりを図３に示す。

これらのシミュレーション結果から以下のような知見が得られた。

①モデル A と B の結果の比較から、スカート断熱の幅については、スカート断熱の外側の地盤を地表からの冷たい温度がまわり込んで伝わることから、設計上重要なパラメータとなる。

②モデル B と C は同じ断熱性能、幅のスカート断熱材を用い、埋設深さを変えた場合である。双方ともスカート断熱材の深さまで凍結しているが、埋設深さが異なるため凍結深度の数値も異なっている。

4　地域区分（気候条件）に関する検討

シミュレーションでは、地盤に関する物性値等を安全側にとることで一定値に固定し、作成した設計資料の利用時に利用不可能となるパラメーターは取り入れていない。しかし、

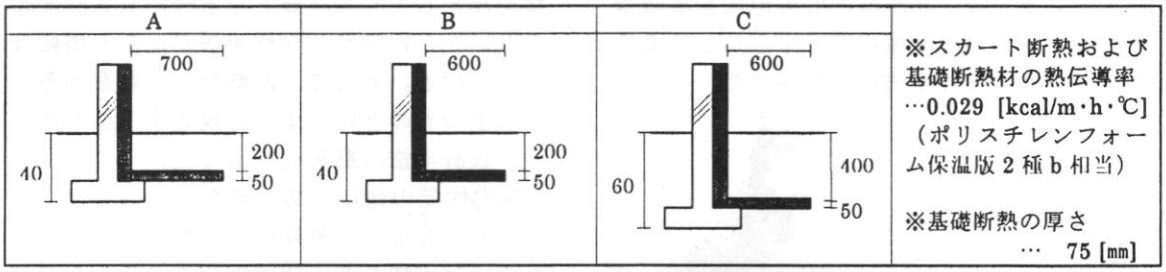


図２　シミュレーションのモデル（A・B・C）

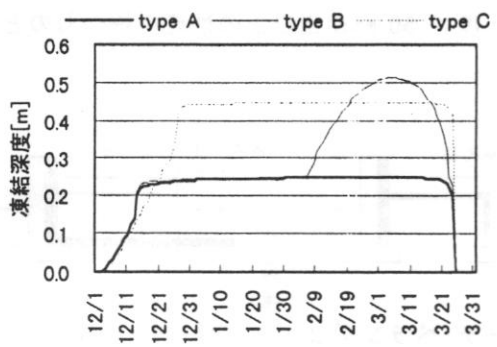


図３　基礎コーナー部分の凍結深度計算結果

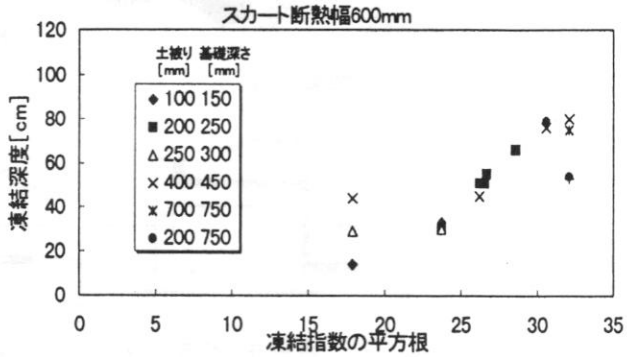


図４凍結指数の平方根と凍結深度の関係
（スカート断熱幅 600 mmの例）

スカート断熱の仕様を決定する上で各地域の気候条件の差異は重要な要因となる。この節では、地域の気候条件を仕様に反映させる手法の検討結果について報告する。

スカート断熱材の幅や埋設深さの異なるいくつかの仕様について、立地場所に道内各地を想定してシミュレーションを行った。計算結果を、用いた外気温度データの凍結指数と凍結深度（竣工後最初の年の最大値）の関係について表したものを、スカート断熱材の幅600 mmのものを例として図4に示す。

凍結深度は凍結指数の平方根にほぼ比例し、そこから大きく外れているいくつかの点は、スカート断熱材の設置深さをもっと浅くするか、断熱材の幅を狭くすることによって、こういった直線上に位置させることができると考えられる。この結果から、適切な設計を行い、ある幅のスカート断熱を用いた場合には、積雪などの影響を無視すれば、凍結深度は凍結指数の平方根にほぼ比例する傾向にあるといえる。そこで、北海道内の各地域を凍結指数に基づき6つの地域に区分することにより気候の条件を設計手法に反映させた。

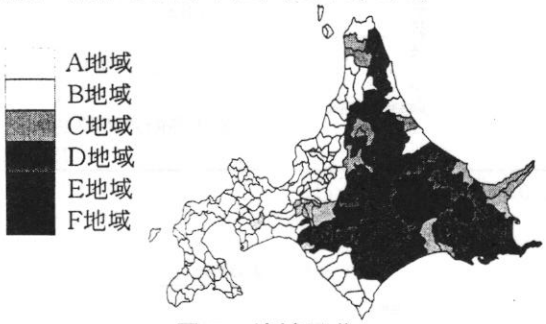


図5　地域区分

なお、外気温以外の気候条件に積雪が無視できない要素としてある。そこで、実際には、積雪の影響を加味し修正を行った凍結指数を用いて地域の区分を行った。

地域区分を図5に示す

5　設計手法に関する検討

これまでに報告した検討等から、以下に報告する内容のスカート断熱の設計手法をまとめた。

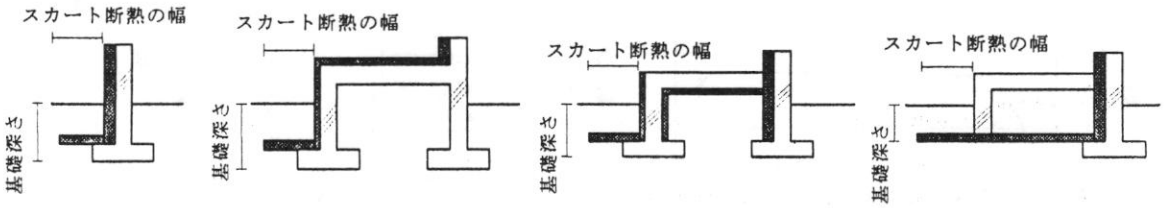
（1）地域区分

先述のとおり、スカート断熱の仕様に関わる要素のうち、立地場所の気候条件については、道内をA～Fの地域区分に分類することで仕様に反映させることとした。

（2）スカート断熱に用いる断熱材

また、スカート断熱に用いる断熱材については、断熱性能（厚さや断熱材の種類）によっても凍結深度が異なってくる。しかし、これをパラメータに加えて断熱材の性能毎に仕様を決定しても、必要となる幅があまり変わらないことに加え、設計手法がかなり煩雑なものとなる。そこで、断熱材の性能をある一定以上のものというように規定することにより、設計手法の簡易化を図った。

断熱性能の他に、施工時などの破損を避けるために強度と、長期的な断熱性能の保持のために吸水性が低く経年劣化の恐れのないことを条件とし、スカート断熱に用いる断熱材は、押出法ポリスチレンフォーム保温版 2種b 厚さ 50 mm相当以上の性能を持つものとした。



一般部（適用部位区分①の例）　ポーチ・ベランダ(1)（適用部位区分②の例）　ポーチ・ベランダ(2)（適用部位区分③の例）　ポーチ・ベランダ(3)（適用部位区分④の例）

図6　適用部位区分①～④に分類される基礎の各部位・仕様の例

（3）基礎の適用部位区分

1軒の住宅の基礎であっても、一般の部分（直線部）や、出隅（コーナー）部分、ポーチやベランダ部分等の各部位によって、また断熱材の設置の仕方等の仕様によっても基礎周辺の地盤の凍結深度に違いが生じる。そこで、凍結深度が定めた基礎深さより深くならないように、適当に分類を行った基礎の各部位毎にスカート断熱の幅を調節し、経済的な設計が可能となるようにすることとした。

基礎の分類の数は、設計、施工の簡易化や施工性の向上からは、より少ない方が望ましいが、材料や根掘りの量の節約のためにはより細かく分類していくこと望ましい。

それらの兼ね合いから、図6に仕様例を示す①～④の4つの「適用部位区分」に基礎の種類を分類した。

（4）スカート断熱の幅

スカート断熱の幅は、「地域区分」、「基礎深さ」から、各「適用部位区分」毎に決定できるように、基礎深さが400、600、900 mmの3種類ものについては表2に示す早見表を作成し、これ以外の基礎深さの場合については、基礎深さとスカート断熱の幅の関係を表したグラフを適用部位毎に作成した。図7にグラフの例を示す。

表2　早見表

基礎深さ（凍結深度）[mm]	適用部位区分	スカート断熱の幅（mm） 地域区分 A	B	C	D	E	F
400	①	300	300	450	600	700	
	②	300	450	600	750	900	
	③	450	600	750	900	1050	
250	④	550	700	800	950	1100	
60	①		300	300	400	500	600
	②		300	400	600	750	900
	③		400	600	750	900	1050
450	④		550	700	850	1000	1100
900	①					300	300
	②					450	600
	③					600	750
750	④					750	900

6　まとめ

主に地盤温度のシミュレーションによってスカート断熱工法の仕様表示による設計手法を検討し、マニュアルを作成した。検討結果は以下のとおりである。

- 適当な凍結深度となるようにスカート断熱の仕様を設計する上で、スカート断熱の幅は重要なパラメーターである。
- 断熱材の厚さは、設計の簡易化等の理由から、ある一定程度以上の性能を保持することを規定した。
- 凍結深度は、積雪等の影響を無視し、適切な設計を行った場合には、凍結指数の平方根にほぼ比例する。提案した設計手法では、凍結指数を緩和するという形でこれに積雪の影響も加え道内を6つの地域区分に分類し、気候条件が設計に反映されるようにした。
- 建物の基礎を、凍結、凍上のし易さにより①～④の適用部位区分に分類し、各適用部位区分毎にスカート断熱の幅を読み取る表とグラフを作成した。

参考文献

1) 北海道、「スカート断熱構法設計・施工マニュアル」
2) 北谷他、基礎断熱併用スカート断熱構法に関する研究、建築学会　北海道支部報告集70（1997，3）、P．289-292

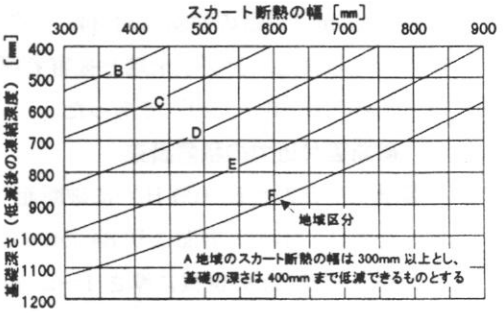


図7　幅決定用グラフ（適用部位区分②）

ニセコ春の滝で発生した雪崩(1998.1.28)調査報告

° 山田高嗣・八久保晶弘・根本征樹・海原拓哉・James McElwaine
西村浩一（北大低温研）・新谷暁生（ウッドペッカーズ）

1．はじめに

1998年1月28日午後0時半頃、ニセコ国際ひらふスキー場（後志管内倶知安町）西側コース外、通称「春の滝」で雪崩が発生し、春の滝の下流で雪山散策中の男性ガイド2人と女性客2人の計4人が巻き込まれた（図1）。男性1人は自力で脱出し残り3人は約1時間半後に救出されたが、女性1人は搬送された病院で死亡した。我々はこの雪崩発生の翌日（29日）に破断面付近と堆積域で積雪調査を行うとともに、破断面から約1km離れた東山気象観測地点（標高930 m）の気象データと断面観測データを用い、雪崩の発生原因を解析した。これらの調査・解析の結果をここに報告する。

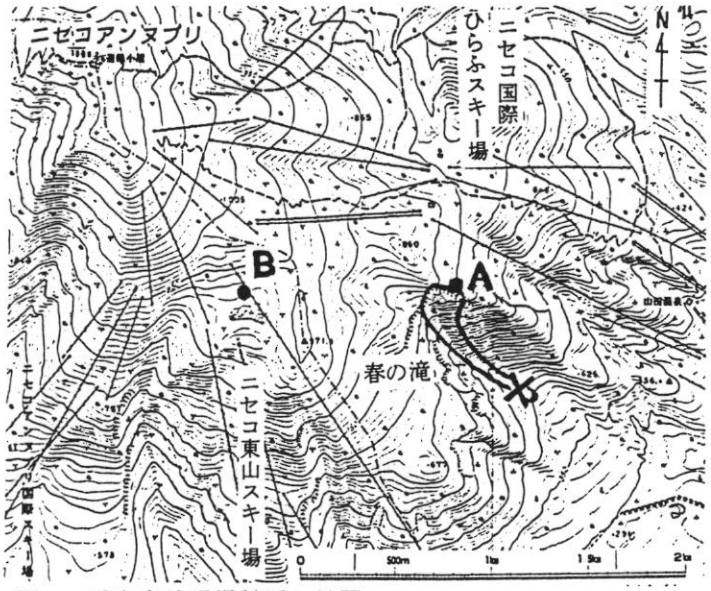


図1．雪崩事故現場付近の地図
（×：事故現場、A：破断面付近の観測点、B：東山観測点）

2．雪崩の規模

この雪崩は春の滝上部（標高820 m）より発生して約900 m流下し、標高400 m付近で停止した「面発生乾雪表層雪崩」であった。発生域は、南東向きの斜面で、破断面の幅は約200 m、付近の傾斜は約34°であった。堆積域には、最大直径50 cm程度の雪塊が一面に見られた。デブリ末端と被害者埋没地点（標高410 m）より発生点を見上げた仰角は、それぞれ26°、29°であった。

3．破断面付近での積雪調査

雪崩発生日の翌日（29日）に破断面（標高820 m）付近において行った積雪断面観測の結果を図2に示す。雪面より84 cmの深さまでは顕著な境界層が見られず、すべり面となった深さ100 cmの位置に厚さ1～2 cm、粒径0.5～2 mmのこしもざらめ雪の弱層が観測された。

4．弱層形成時期の推定

今回の雪崩調査とは別に我々はニセコの積雪及び気象特性を明らかにする目的で、1997年12月より東山スキー場の標高930 m地点において積雪調査と気象観測を開始した。図3に断面観測結果の一部を示すが、雪崩発生前日の27日には深さ95～101 cmの位置にこしもざらめ雪の弱層が観測されている。29日に破断面付近で観測された密度分布（図2）と27日に東山観測点で観測されたもの（図3）、さらには弱層上の積雪荷重を考慮すると、約1 km離れた両地点で観測されたこしもざらめ層は同時期に形成されたものと考えることができる。そこで、以下では27日に東山で観測されたこしもざらめ層の形成時期について考察を行う。当観測点では、雪面から12月26日朝に形成された表面霜層までの積雪断面観測が週に1回程度の割合で行われた。雪崩発生前の1月17・22・27日の観測結果（図3）を見ると、27日に東山でのこしもざらめ層は薄い氷板の直下にあることがわかる。この氷板とこしもざらめ層の組み合わせは22日にも観測されているが、17日には見られないことから、17日から22日の間に形成されたと推定される。

5．気象観測データの解析

図4に示す東山観測点の気象データによれば、1月18日に気温・雪面温度が0度付近まで上昇した後、19日にかけて急激に低下している。これはこの期間に北海道の北部を低気圧が通過したことに対応する。こしもざらめ層の上に観測された薄い氷板（図3）はこの18日から19日に融解・再凍結して形成されたと考えられる。また、気温上昇により表層付近が温められたことと、その後の急激な冷え込みは、表面付近に大きな温度勾配をもたらし、こしもざらめ雪の弱層が形成されたと議論して妥当であろう。弱層形成過程において、雪面付近の昇温が日射によるものではなかった点、また、ニセコなどの山岳域ではでは一般に強風下での降雪（吹雪）に伴う吹き溜まりの形成が雪崩発生に大きく関わっていると予想されるが、今回は弱層形成から雪崩発生日（28日）に至る9日間、比較的弱風の下で積雪深が増加（86 cm）している点が今回の特徴と言えよう。

6．斜面積雪の安定度の推定

29日に破断面付近で行われた調査ではシアーフレームを使った試験も行われ、こしもざらめ雪から成る弱層のせん断強度指数SFI(shear frame index)は、7.8 kgw/250cm^{2}と求められた。この値はこれまで雪崩発生の原因となった弱層で測定されたせん断強度指数としては、比較的大きい値である。また、この値を上載荷重[147.5 kg/m^2]と破断面付近の傾斜[34°]の正弦で除した積雪安定度SI(stability index)は、3.8と計算された。これはRoch(1966)が雪崩発生の危険があるとしたSI＜4という基準に対応する。弱層のせん断強度は比較的強かったものの、多量の積雪荷重と急傾斜が、雪崩発生の危険状態に至らしめたと考えられる。

7．まとめ

今回の雪崩は、春の滝上部（標高 820 m）より発生し、流下距離約 900m に及ぶ「面発生乾雪表層雪崩」であった。雪崩が発生した日の翌日に破断面付近において行われた観測の結果、表面から約 1 m の深さに「こしもざらめ雪」の弱層が確認された。この層は東山観測点でも観測されているため、同地点の気象データ解析より弱層形成時期の推定を行った。その結果、18 日から 19 日にかけての低気圧通過に伴う気温上昇とその後の急激な

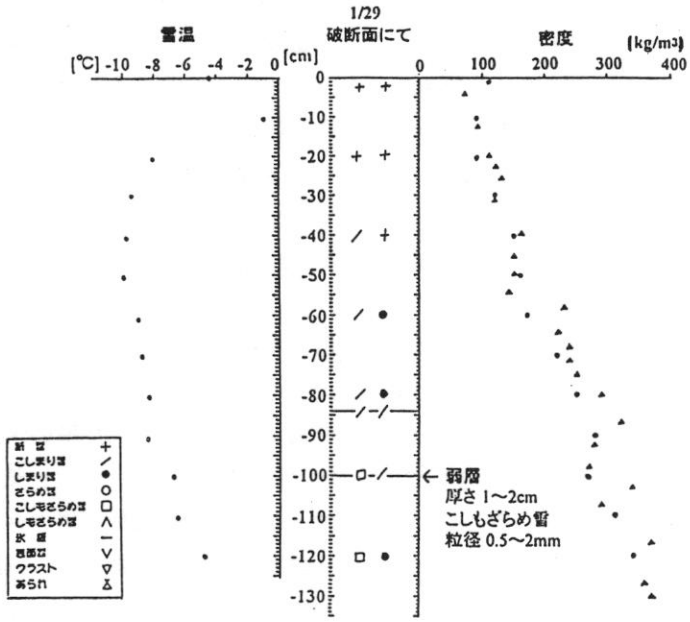


図 2．1 月 29 日破断面付近の断面観測結果

（●：29 日破断面付近での密度分布、▲：27 日東山観測点での密度分布）

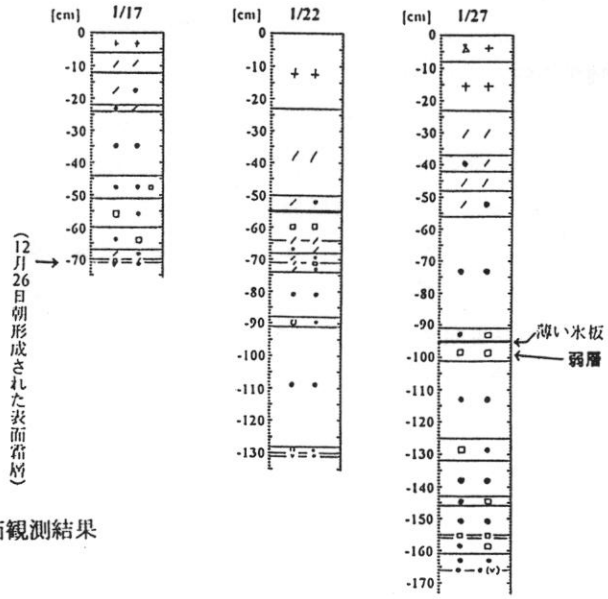


図 3．東山観測点の断面観測結果

冷え込みによりこしもざらめ雪の弱層が形成されたこと、その後、弱風状態の下での多量の降雪があったことが、雪崩発生の原因になったと推定された。弱層のせん断強度指数は比較的大きい値であったが、多量の積雪荷重と発生地点の傾斜が 34 ° と大きかったことが、雪崩発生の危険状態をもたらしたと考えられる。

終わりに本調査にご強力頂いた、ニセコひらふスキー場、ニセコ東山スキー場の方々に対し、ここに記して感謝の意を表します。

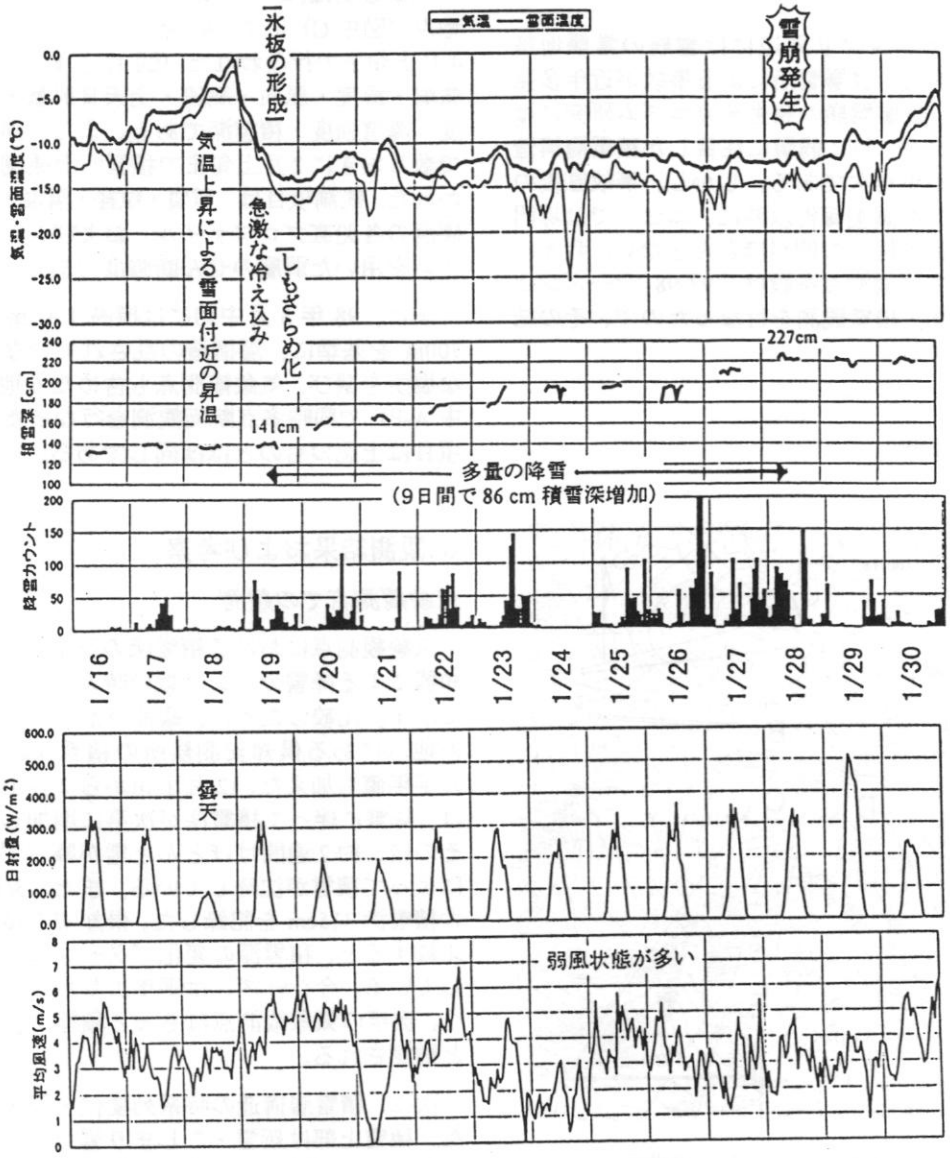


図4．東山観測点の気象データ

ニセコアンヌプリの積雪特性

八久保 晶弘[1]・山田 高嗣[1]・James McElwaine[1]・菅野 真人[1]・西村 浩一[1]・
新田 隆三[2]・原田 裕介[2]・和泉 薫[3]・永崎 智晴[3]・川田 邦夫[4]・納口 恭明[5]

（1:北大低温研　2:信大農　3:新大災害研　4:富山大理　5:防災科研）

1.はじめに

ニセコアンヌプリ周辺には雪崩の常襲地帯が多数存在し、表層雪崩による事故が近年多発している。表層雪崩の発生メカニズム研究には、気象データや、特に弱層に注目した積雪層構造のデータが不可欠である。しかし、事故直後の現場検証的な調査報告以外に、ニセコでは専門家による積雪観測の例がほとんどない。我々はニセコ山中に観測点を設け、97-98 シーズンには気象観測・積雪観測を行なったので、その結果を報告する。

2.観測内容

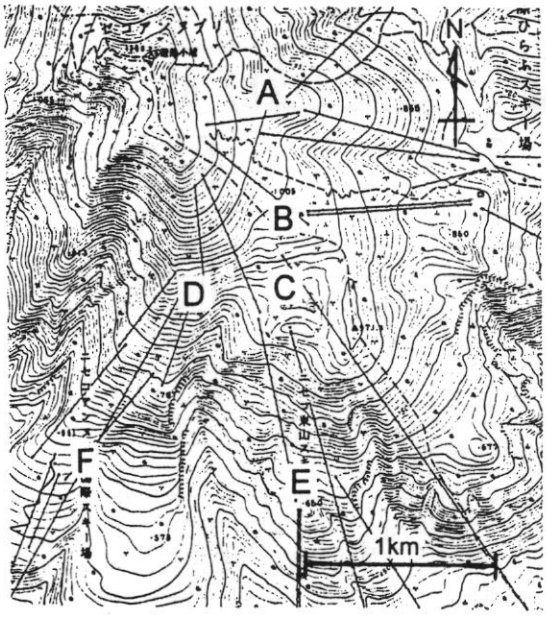


図1　観測地点（A-F）の地図
Cが気象観測地点。

気象観測は、ニセコ東山スキー場の標高930m地点（図中C）にて、97年12月下旬から98年4月上旬まで行なわれた（図1）。観測項目は、気温・湿度・風向・風速・全天日射量・雪面温度・降雪強度・積雪深である。また、同じ場所で数日おきに2月上旬まで積雪断面観測も行なわれた。観測項目は、雪質・粒径・雪温・密度・硬度の各鉛直プロファイル、およびシアーフレームを用いた弱層のせん断強度である。

また、98年3月中旬には標高1000mおよび700mを基準に、層構造の乱されていない平らな場所を選び、気象観測点も含めた6地点（図中A-F）で同時多点断面観測を行なった。観測項目は上記のものとほぼ同じである。

3.観測結果および考察

気象観測点での観測

気象観測点における積雪深の変化と、降雪検知器による降雪カウント数の時系列変化を図2に示す。比較のために、観測点から北西約8kmの地点にある倶知安測候所の積雪深およびその平年値も加えた。12月下旬から2月上旬までは、降雪に伴って積雪深が次第に増加している。その後、約2週間はほとんど雪が降らず、圧密によって積雪が沈降している。また、3/17に最大積雪深315cmを記録した。倶知安の積雪深と比較すると、積雪深の変化パターンはよく一致している。今シーズンは平年よりも積雪が少なく、例年の気象観測点はもっと積雪が多かったと推測される。

次に、積雪層構造の時系列変化を図3に示した。積雪上部は新雪・こしまり雪であり、雪面下約50cm以深は所々にこしもざらめ層を含む、硬く締まったしまり雪からなる。積雪中には

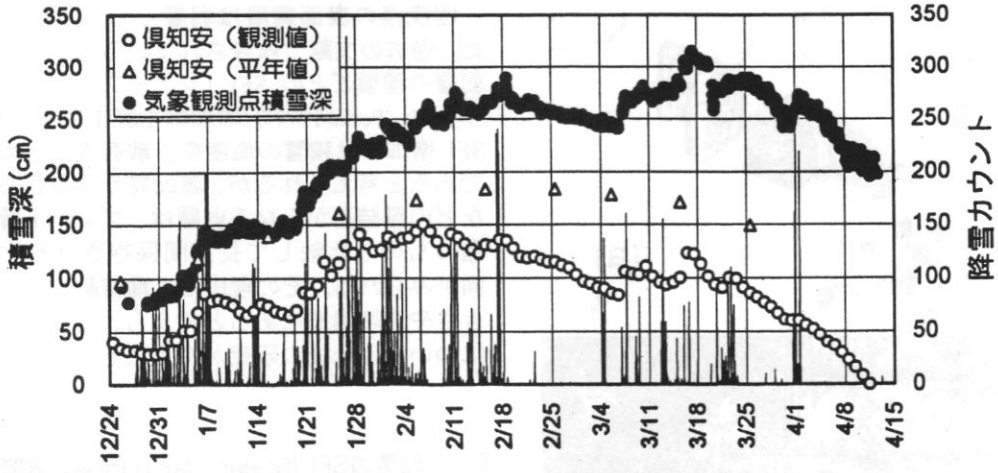


図2 積雪深と降雪カウント数の時系列変化

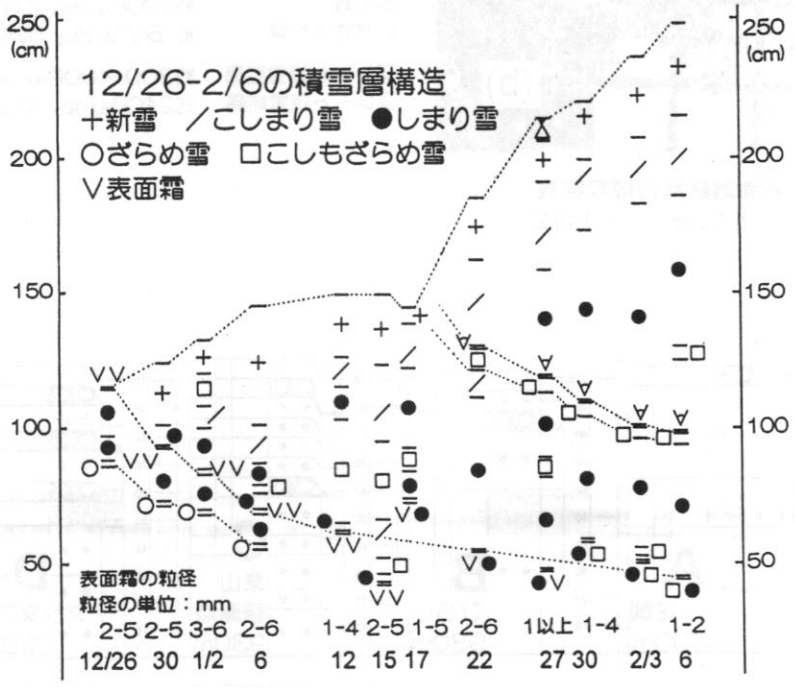


図3 積雪層構造の時系列変化

プレート降雪結晶による弱層が多数観察され、ニセコでは弱層が多いとする従来の報告と一致している（尾関・秋田谷、1995）。そのほか、12/26 に雪面で観測された表面霜の層と、形成時期は不明だが薄いクラストとこしもざらめ雪のセットになった層が特徴的である。後者は 1/28 に春の滝で発生した表層雪崩の滑り層となり、山田ほか(1998)で報告された。ここでは、弱層としても知られる前者に注目したい。

倶知安では 12/25-26 の晩が快晴であったことから、表面霜はこの晩に形成されたものと考えられる。粒径は形成直後の 26 日で 5mm に達していた（図 4a）。埋没後の表面霜結晶は、17 日後の 1/12 にもほとんど粒径が変わらず（図 4b）、その後も大きさがよく保たれていたため、約一ヶ月にわたり断面観測時に示準層として確認できた（図 3）。

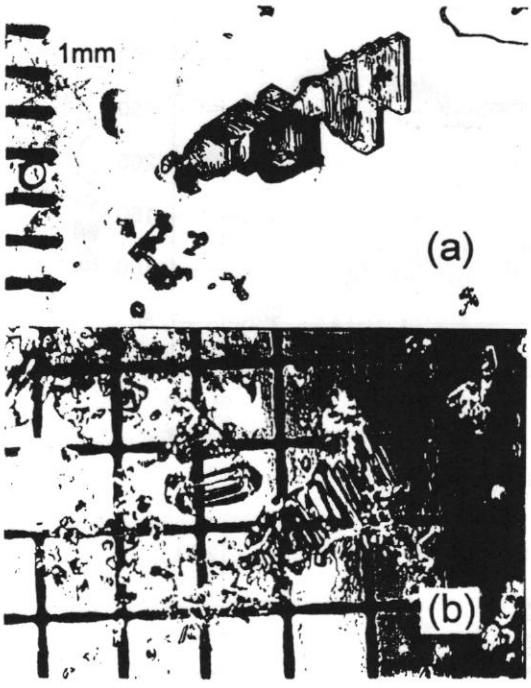


図4 表面霜結晶の接写写真
a): 12/26　b): 1/12

埋没後の表面霜層は弱層としても顕著だった。過去の文献で報告されているものも含め、弱層の種類ごとの SFI（シアーフレームインデックス、Perla(1977)）増加率を表1にまとめた。SFI 増加率は積雪の温度や上載荷重などの関数であると考えられるが、表面霜やしもざらめ雪などの霜結晶からなる弱層は、プレート降雪結晶のものと比較して長期間保存されやすい傾向がみられる。その理由は、霜結晶の粒子の大きさや充填構造にあると考えられるが、この点については今後の研究が待たれる。

表1　弱層のSFI (Shear Flame Index)増加率

表面霜	：約170Pa/day（本研究）
表面霜	：約100Pa/day (Davis et al., 1996)
しもざらめ雪	：約 50Pa/day (海原ほか, 1997)
プレート降雪結晶	：約300-400Pa/day（本研究）
プレート降雪結晶	：約240Pa/day (ハク保ほか, 1996)

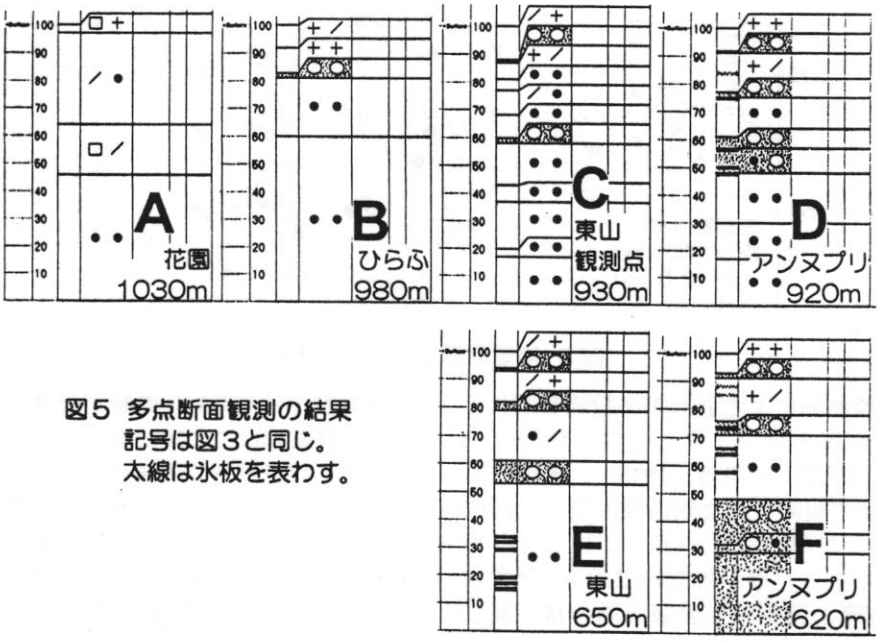


図5 多点断面観測の結果
記号は図3と同じ。
太線は氷板を表わす。

多点断面観測結果

多点断面観測の結果を図5に示した。C地点（気象観測点）のデータが3/14である以外は、全て3/15のデータである。気象要素との対応から、C地点における特徴的な2層のざらめ層は、それぞれ雪面にあったときの融解過程で形成されたことがわかっている。

少し北寄りに位置するAでは、ざらめ層が全く見られない。しかし、Bではざらめ層が1層だけ見られ、これはCにおける上のざらめ層に対応している。Dではざらめ層が3層観察され、そのほかに氷板も多数あった。C、Dのそれぞれの斜面下方に位置するE、Fでは、Dに対応するざらめ層が3層確認でき、氷板も多く、特にFでは積雪下部が0℃で含水していた。このような、場所ごとのざらめ層の様子の違いは、斜面の向きに起因する日射量の違いによると考えられる。

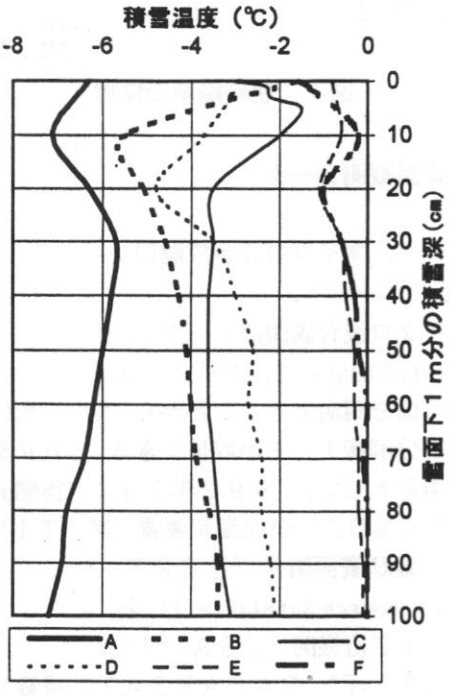


図6 積雪温度の鉛直プロファイル

図6には6地点での深さ1m分の雪温分布を示した。Cのみ前日のデータなので、雪面付近の雪温分布はほかと比較できないが、全体的な傾向として、A～Fの順に雪温が高くなっていることがわかる。

4.まとめ

ニセコアンヌプリの積雪特性を明らかにするために観測を行なった結果、以下のようなことがわかった。観測された表面霜弱層のSFI増加率は降雪結晶の弱層のそれと比較して小さく、相対的に危険であることが示唆された。また、多点観測によって斜面の向きで層構造や雪温分布がかなり異なることが確認された。今後は気象観測も多点で実施する予定である。

5.参考文献

Davis et al.(1996) Observation on buried surface hoar - persistent failure planes for slab avalanches in British Columbia, Canada. *Proceedings ISSW*, 81-85.

八久保 晶弘・秋田谷 英次 (1996) プレート降雪結晶の弱層のせん断強度変化 北海道の雪氷, **15**, 70-73.

海原 拓哉ほか (1997) 積雪中の霜ざらめ弱層の観察 1997年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集, 117.

尾関 俊浩・秋田谷 英次 (1995) 弱層に着目した広域積雪調査 北海道の雪氷, **14**, 32-35.

Perla (1977) Slab avalanche measurements. *Can. Geotech. J.*, **14**, 206-213.

山田 高嗣ほか (1998) ニセコ春の滝で発生した雪崩(1998.1.28)調査報告 北海道の雪氷, **17**.

衛星画像による屈斜路湖の御神渡りの研究

中村和樹、戸山陽子、西尾文彦、東海林明雄（北海道教育大学釧路校）

Study on detecting the thermally induced ice ridge in Lake Kussharo using satellite data

Kazuki Nakamura, Yoko Toyama, Fumihiko Nishio, Akio Toukairin
(Hokkaido university of education Kushiro campus)

1．はじめに

北海道東部に位置する屈斜路湖を、衛星マイクロ波レーダの画像から見ると、明らかに御神渡りと見られる表面構造が捕えられている。この湖における、湖氷とマイクロ波レーダの散乱特性の検証を行うことにより、氷厚や御神渡りの分布を調べることが可能となり、湖氷の厚さや生成、発達などを知ることが期待される。

御神渡り現象は、湖氷が温度の低下によって収縮してできた亀裂に、新しい氷板が生成し、再び温度の上昇によって伸張するときの氷板圧縮応力による破壊現象である。そして、御神渡りの発生領域では、氷板の隆起と沈み込みが起こり、湖氷の構造は複雑になる。御神渡りの生成の一連の諸現象が、プレートテクトニクス理論の諸現象と物理的に類似していると考えることができる。また、湖氷と大気との間の熱収支という側面から考えると、湖氷分布の発生から消滅までの変化を観測していくことは、地球温暖化の現象と関連した指標となり、湖氷の連続的な観測が大変重要であると考えらる。以上の視点から、衛星マイクロ波レーダの画像解析から、御神渡りや湖氷厚分布を調べることができる可能性について考察する。

2．観測地点

屈斜路湖は、北海道の東部に位置する淡水湖であり、周囲５７ｋｍ、面積７９．７ｋｍ^2、最大水深１１７．５ｍと、全面結氷する淡水湖として日本最大の面積を持ち、その成因はカルデラである。湖の中央に周囲１２ｋｍの中島を浮かべ、南からは和琴半島が突き出している。東岸には砂湯や池の湯などの温泉が湧き、冬はオオハクチョウが飛ぶ。屈斜路湖の位置を図１に示す。

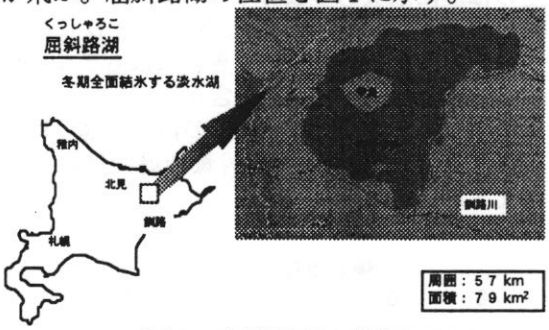


図１　屈斜路湖の位置

3．衛星観測データ

3－1．マイクロ波合成開口レーダデータ

マイクロ波合成開口レーダ（ＳＡＲ:Synthetic Aperture Radar）は、マイクロ波が雲を透過して地球表面を観測できることから、雲の有無に関係なく高分解能データが取得できる。ＳＡＲを搭載した衛星として、１９９２年２月に宇宙開発事業団（ＮＡＳＤＡ）が通商産業省（ＭＩＴＩ）と共同で、地球資源衛星（ＪＥＲＳ－１：Japanese Earth Resource Satellite-1）を、１９９５年にはカナダ宇宙機関（ＣＳＡ）が、ＲＡＤＡＲＳＡＴを打ち上げた。ＲＡＤＡＲＳＡＴに搭載された、観測波長が５．７ｃｍであるＣバンドＳＡＲ、ＪＥＲＳ－１に搭載された観測波長が２３．５ｃｍであるＬバンドＳＡＲからのデータは、湖氷や海氷の振る舞いを把握するために役立つことが多くの観測事例から実証されている。

マイクロ波合成開口レーダの画像データに対して、図２に示す処理を行った。

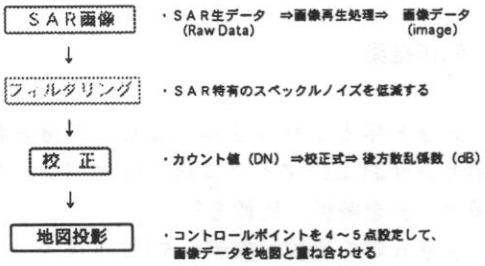


図２　ＳＡＲデータの処理

３－２．光学センサデータ

光学センサを搭載した衛星として、ＬＡＮＤＳＡＴ－５、ＳＰＯＴ－２による熱赤外、近赤外、可視画像データの解析を、衛星マイクロ波合成開口レーダの画像データの解析と併せて行った。

なお、図３に示す処理を行ったが、御神渡りを抽出することが目的であるため、大気補正および温度への校正は行わなかった。

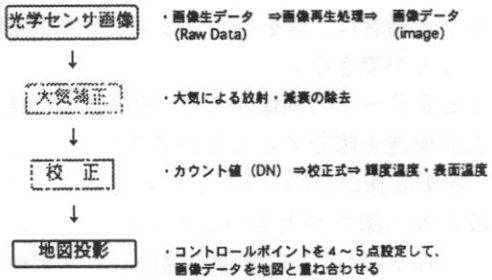


図３　光学センサデータの処理

４．マイクロ波散乱機構

４－１．湖氷からのマイクロ波散乱機構

マイクロ波の散乱体の性質は、複素誘電率で表現される。虚数部の値が大きくなる程、マイクロ波の損失が大きくなり、物体へのマイクロ波の侵入深さは小さくなる。また、物体の誘電率の不連続な境界において散乱が発生する。

冬期間、屈斜路湖は雪で覆われることから、湖氷におけるマイクロ波の散乱は、積雪におけるマイクロ波の散乱を含めると、積雪、氷、水の層構造で考えることができる。この湖は淡水湖であり、湖氷の塩分濃度は純氷とほぼ同じ０ｐｐｔであり、氷によるマイクロ波の損失はほとんど無い。淡水湖の氷におけるマイクロ波の侵入の深さは、Ｃバンドで１６．２ｍ、Ｌバンドでは１３３．８ｍと計算された。また、冬期間における気温が湖氷の結氷温度よりも低いことを考慮すると、積雪からの後方散乱は無視できるものと考えられる。図４に氷からのマイクロ波散乱を示す。

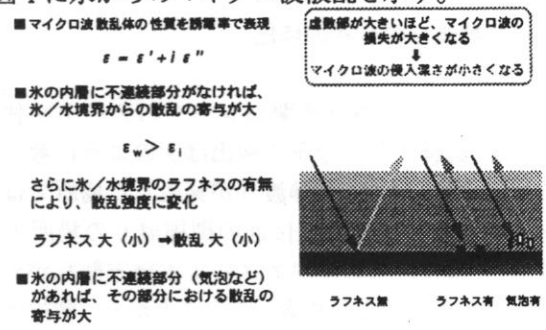


図４　湖氷からのマイクロ波散乱

４－２．屈斜路湖におけるマイクロ波散乱機構

屈斜路湖におけるマイクロ波の散乱機構は、図５に示す４つに分類できると考えられる。

氷底面が平坦な場合は、氷／水境界からの鏡面散乱が発生し、後方散乱としてはほとんどない。

氷底面に粗度が存在する場合は、氷底面からの表面散乱が発生する。この表面散乱は、粗度が大きくなるに連れて大きくなる。しかし、屈斜路湖における氷底面は、比較的滑らかであるとの観測報告があり、氷底面からの表面散乱は寄与しないものと考えられる。

氷内層に気泡が存在する場合は、気泡からの体積散乱が発生する。気泡の密度が大きくなるにつれて、体積散乱も大きくなり、後方散乱としても大きくなる。

御神渡りが存在する場合、御神渡りの発生場所における表面散乱および体積散乱が発生するが、表面散乱が支配的であると考えられる。

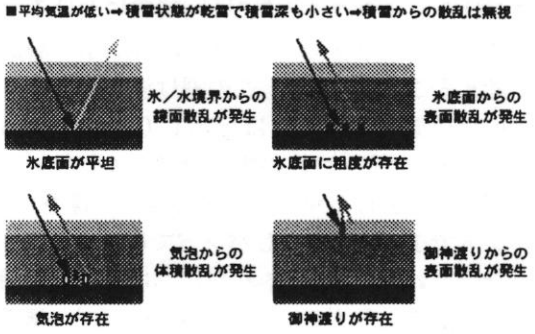


図５　屈斜路湖のマイクロ波散乱機構

５．御神渡りの分布の検出

衛星マイクロ波合成開口レーダのデータを使用した、御神渡りの分布の検出は次のように考えられる。湖において御神渡りが発生した場所では、マイクロ波が湖氷表面付近の御神渡りの場所で散乱し、御神渡りのラフネスによる後方散乱が支配的であると考えられる。このことから、御神渡りが発生した場所では後方散乱が大きくなり、画像上で明るく映る。また、御神渡りが一度でも過去に発生すれば、その場所が再凍結などを繰り返す内に、表面上では平坦でも内部構造は複雑化したものになると考えられる。したがって、御神渡りが発生した場所では、湖氷の内層に不連続な層が形成されることになり、マイクロ波が散乱して、過去に発生した御神渡りを、ある程度時間が経ってからでも検知することが期待できる。

一方、光学センサのデータを使用した、御神渡りの分布の検出は次のように考えられる。光学センサのデータは、物体からの放射、太陽光による反射を見ている。したがって、光学センサのデータは、主に表面の情報を得ることしかできず、マイクロ波領域を観測できるマイクロ波合成開口レーダのように、湖氷の内層情報を得ることができない。御神渡りが発生して間もない時など、積雪表面にも影響が及ぼされた場合には、光学センサでも御神渡りを検知することができる。しかし、近赤外や熱赤外データを使用することで御神渡りを検知する方法も考えられるが、基本的には、湖上表面に御神渡りの影響が現れていない場合の検知は不可能であると考えられる。

６．解析結果

１９９６年と１９９８年の２月に取得された光学センサおよびマイクロ波合成開口レーダの画像データを解析、比較を行った。

１９９６年の比較対象データは、光学センサデータがＳＰＯＴ－２、マイクロ波合成開口レーダデータがＪＥＲＳ－１を使用し、１９９８年の比較対象データは、光学センサデータがＬＡＮＤＳＡＴ－５、マイクロ波合成開口レーダデータがＲＡＤＡＲＳＡＴを使用した。

６－１．１９９６年データの解析結果

ＳＰＯＴ－２の画像からは、御神渡りと見られる表面構造を確認することができる。画像データ取得日は晴れていたため、湖上のほぼ全域を観測することができたが、光学センサデータは、雲が存在する場合は、雲を見てしまい、その下を観測することができない。

ＪＥＲＳ－１の画像からは、御神渡りと見られる表面構造を確認することができなかった。これは、観測波長がＬバンドで、入射角およびマイクロ波の侵入深さが大きいことが起因していると考えられる。マイクロ波合成開口レーダデータは、雲の有無に関係なくデータを取得することができる。１９９６年の画像解析結果を図６に示す。

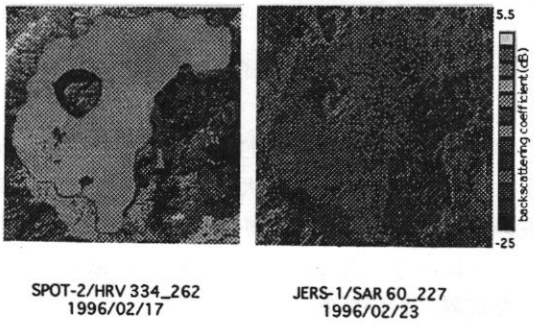


図６　１９９６年の画像データ比較

6－2．１９９８年データの解析結果

ＬＡＮＤＳＡＴ－５の画像からは、御神渡りと見られる表面構造を確認することができる。

しかし、御神渡りをあまり明確に確認することができないのは、ＬＡＮＤＳＡＴ－５の地上分解能が３０ｍであり、ＳＰＯＴ－２の地上分解能が２０ｍに比べて劣ること、可視領域である赤・青色バンド（バンド３・１）が飽和したことが起因していると考えられる。なお、この画像は画像全体が明るく、御神渡りを検知することが困難であると判断し、緑色バンド（バンド２）のみを使用した。１９９８年の画像解析結果を図７に示す。

ＲＡＤＡＲＳＡＴの画像からは、御神渡りと見られる表面構造を確認することができた。

このことを、ＲＡＤＡＲＳＡＴの画像と地上で御神渡りを撮影した写真とを比較すると、図８のように、御神渡りの発生場所において、よく一致することが確認できた。

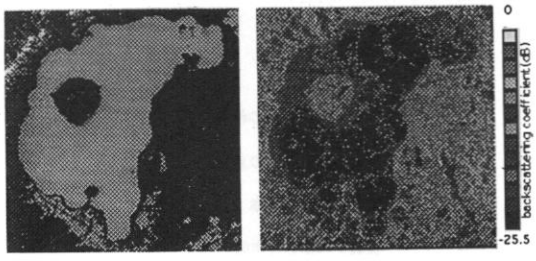


図７　１９９８年の画像データ比較

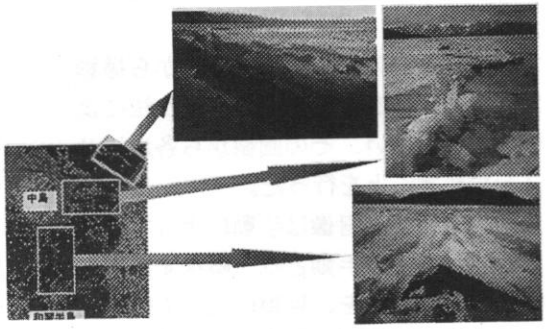


図８　衛星画像と地上写真の比較

7．まとめ

光学センサおよびマイクロ波合成開口レーダデータから、御神渡りの抽出を行った。

光学センサでは、湖が雲や積雪で覆われた場合、その下にある情報を検知することはできないが、マイクロ波合成開口レーダからは、その情報を検知することが可能である。

屈斜路湖では積雪からの散乱は無視でき、氷／水境界もしくは氷底面の気泡からの散乱が支配的であると考えられる。

以上のことを考慮し、ＣバンドＳＡＲによる御神渡り検知の可能性を示した。

8．今後の展望

今回は、御神渡りの地上検証として、衛星画像と地上写真による比較を行った。今後は、御神渡り発生場所においてＧＰＳを使用して、衛星画像と御神渡りの発生場所との同定を行う。これに併せて、氷厚観測やコア解析を行うことで、御神渡りおよび氷厚分布を地上検証から確認し、衛星画像データの正当性を検証する。

また、マイクロ波合成開口レーダの性質上、誘電率の影響を受けることから、雪・氷の温度を地上検証で観測し、さらに、光学センサデータからも温度を抽出し、マイクロ波合成開口レーダと観測対象物の関係を明確にし、御神渡り検知および氷厚分布推定の高精度化を図る方針である。

さらに、マイクロ波合成開口レーダによる連続的な湖氷観測から、御神渡り検知および氷厚分布を調べる手法の確立を目指している。

9．画像の提供元

使用した衛星画像提供元は以下の通りである。

ＪＥＲＳ－１、ＳＰＯＴ－２、ＬＡＮＤＳＡＴ－５画像は、宇宙開発事業団から提供を受けた。

ＲＡＤＡＲＳＡＴ画像は、ＣＳＡのスポンサーによりＡＤＲＯプロジェクトから提供を受けた。

自動画像モザイク法の雪氷研究への応用

直木和弘、戸山陽子、谷川朋範、中山雅茂、中村和樹、西尾文彦
（北海道教育大学釧路校）、織田和夫（アジア航測）

1.はじめに

自動画像モザイク法による画像処理によって、海氷の航空機ビデオ画像、海氷コア、湖氷コアおよび積雪断面のビデオ画像をモザイクし、その手法を雪氷分野へ有効に利用できる例を報告する。

オホーツク海の海氷の広がりを航空機から撮影したビデオ画像をモザイクし、マイクロ波放射計のデータと比較する手法の開発を行った。オホーツク海の海氷画像は、今まで手動によるモザイクを行っていたが、自動画像モザイク法を用いることにより航空機から撮影された海氷域におけるビデオ画像を簡便に接合することができる。さらに、熱赤外、マイクロ波放射計のデータを重ね合せることによって、さまざまな情報を得ることができ、リモートセンシングによる海氷観測の基礎データとして役立つと期待される。

海氷コアや湖氷コアにおいては長い一本のコアを一枚の画像として見ることができ、ECMデータ、塩分濃度、結晶構造、気泡分布との対応及び、比較が視覚的に検討することが可能になった。今回、次の四つの対象物、オホーツク海の海氷、アラスカツンドラ湖の湖氷コア、サロマ湖の湖氷コア、シベリアの積雪断面における解析例とその応用の可能性について報告する。

2.モザイクとモザイク画像の作成

モザイクとは、隣接する画像の重複部分を利用して位置合わせ、色合わせを行った後、隣接する画像を接合し一画像として得るものである。本報告では、ビデオカメラによって撮影された画像をモザイクした。

まず、対象物とビデオカメラが平行になるように撮影し、その画像を Power Macintosh G3 のビデオボードから入力し、ムービーファイルを作成する。次にこのムービーファイルを各フレームに分割し、ムービーファイル作成時のノイズや画面に写し込んだ時刻などを除去した画像を作成する。この画像を別途開発されたモザイクソフトを用いて、位置ずれ情報を各々のフレームごとに計算し、それを元にモザイク画像を作成した。モザイクソフトに関しては参考文献1を参照していただきたい。処理の流れを図1に示した。

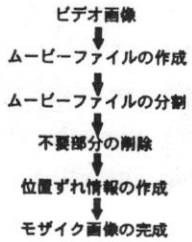


図1　モザイク画像作成順序

3.オホーツク海の海氷モザイク画像

オホーツク海の海氷域を航空機から撮影したビデオ画像を自動画像モザイク法によりモザイクを行い、その画像から各氷板サイズを求めることを行った。

当初、モザイク画像は手動によって行っていた。ここでの手動とは、隣接する画像の重複部分の接合を、目視によって行うことである。しかし、目視による接合のため、

画像中の変化が確認しやすい場合、例えば、いろいろな形の氷板が存在している部分のモザイクは容易であったが、変化の少ない部分、例えば大きな一枚の氷板が続いている部分の接合は困難であった。しかし、自動画像モザイク法を利用することにより、モザイクを行うことが可能となった。図２に同じ元画像を手動による画像と自動画像モザイク法を利用した画像を示す。図３に、自動画像モザイク法を利用して作成したモザイク画像から氷板サイズを求めた結果を示す。現在この氷板サイズと氷板のマイクロ波放射特性について解析中である。

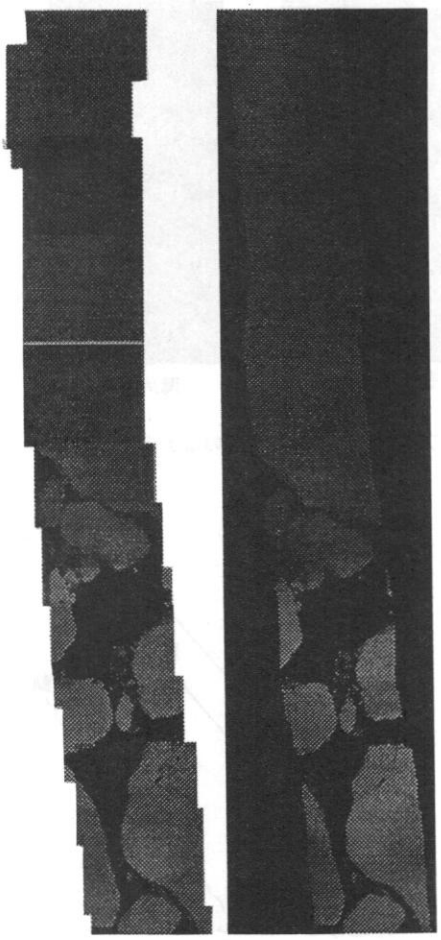


図２　左：手動モザイク画像
　　右：自動モザイク画像

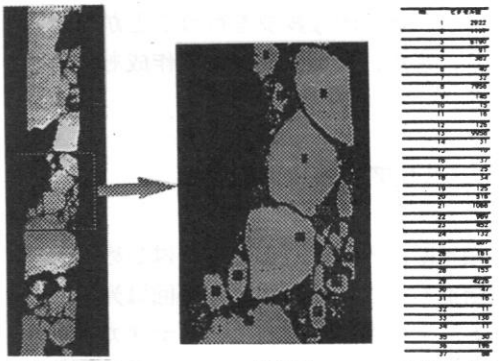


図３　モザイク画像より求めた氷板サイズ

4.アラスカのツンドラ湖の湖氷コア、サロマ湖の海氷コアのモザイク画像

コア・薄片の撮影法は、光源（蛍光灯）の上にサンプルを置き、ビデオカメラをサンプルに対して平行となるように置き、カメラを移動させることによって全体を撮影した。

アラスカ、ツンドラ湖のコアのモザイク画像を図４に示す。コアの長さは１３０ cm で、上から４０ cm までは気泡などがなく透明な部分が続き、それより下に気泡が分布している様子が確認できた。この画像から、コアの層位観測が可能であると考えられる。さらにこのモザイク画像と ECM データ、薄片写真、気泡の長径とを合わせデータセットを作成した。これを図５に示す。これよりコアのモザイク画像と他データとの対応を視覚的に捕らえることが容易にできデジタルベース化することができる。

次に、サロマ湖で採取したコアの薄片モザイク画像と薄片写真を図６に示す。この薄片モザイク画像と薄片写真を比較すると、同様の精度であることが確認できた。今回はコアの長さが１９ cm と短いものであったが、数メートル、数十メートルのコアに対しても、モザイク画像を作成することに

よって、連続的な観測を行うことが可能となり、また、データセットの作成も容易となる。

5.シベリアの積雪断面

積雪断面の撮影法として、はじめに、積雪断面を板状に切り出し、今回は光源として太陽光を用いた。次に、ビデオカメラを積雪断面に対して上下に平行移動させ撮影した。図7に積雪断面撮影の概略を示す。

シベリアの積雪断面のモザイク画像を図8に示した。積雪断面は、色、形の変化がほとんどなく、モザイク画像を作成するには難しい対象物であったが、基準として定規をビデオカメラの視野の端に入れることで、積雪断面全体のモザイクが可能となった。この積雪断面のモザイク画像から、層構造を見ることができ、層位の観測をモザイク画像から行うことができると考えられる。

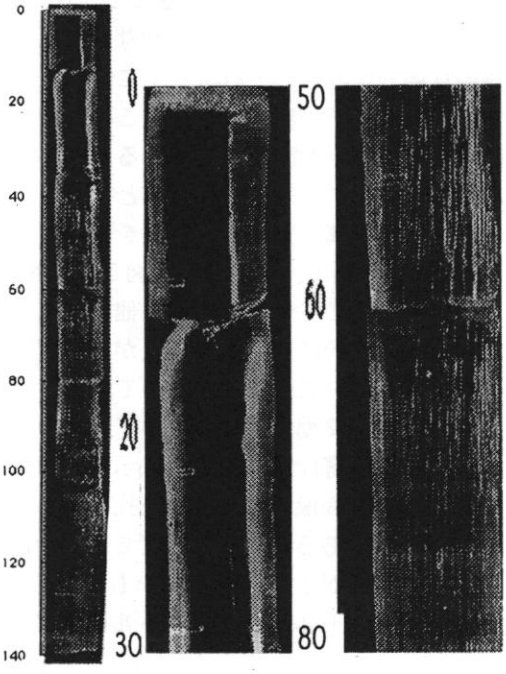


図4　アラスカのツンドラ湖のモザイク画像

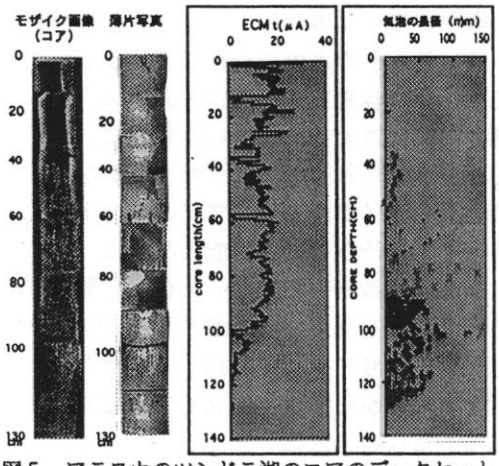


図5　アラスカのツンドラ湖のコアのデータセット

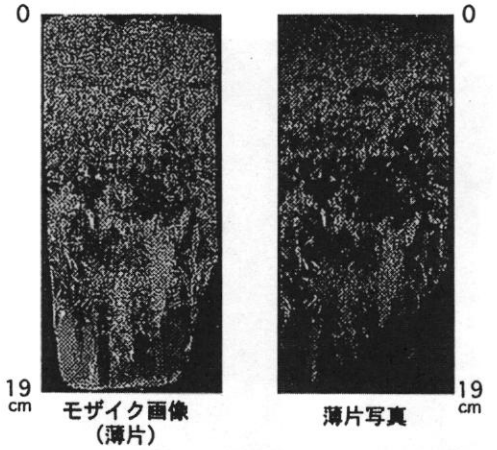


図6　アラスカのツンドラ湖のコアのデータセット

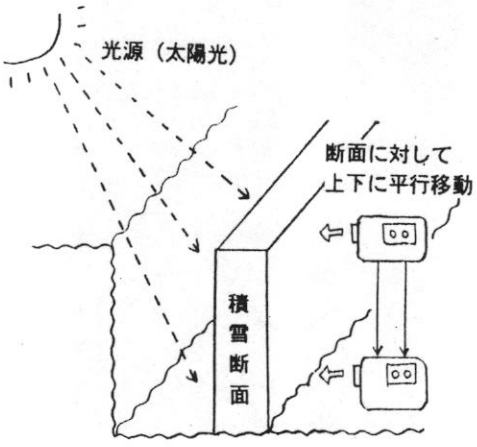


図7　積雪断面の撮影法

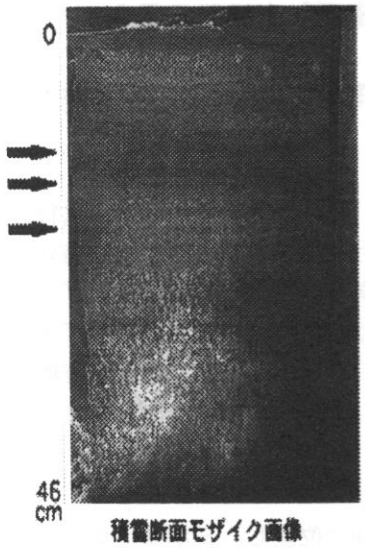


図8　シベリア積雪断面のモザイク画像

6.まとめ

自動画像モザイク法を利用してオホーツク海の海氷モザイク画像を作成し、そのモザイク画像から氷板サイズを求めることができ、航空機マイクロ波放射計の基礎データを作成することができた。次に、アラスカツンドラ湖の湖氷コアのモザイク画像からは、気泡の様子などが確認できコアの層位観測が可能であると考えられた。さらに、モザイク画像と他の情報と合わせデータセットを作成し、コアのモザイク画像と他データとの対応を視覚的に捕らえることが容易にできる。サロマ湖の海氷コアについては、モザイク画像が写真と同様の精度であることが確認でき、数メートル、数十メートルにおよぶコアも、モザイク画像から連続的な観測を行うことができる可能性を示した。そして、シベリアの積雪断面のモザイク画像からは、定規を入れることで積雪断面全体のモザイクが可能となり層位の観測の可能性を示した。

7.今後の方針

オホーツク海の海氷については、自動画像モザイク法を用いて作成したモザイク画像から求めた氷板サイズと、航空機搭載マイクロ波放射計の輝度温度データとの比較を進める。

次に、アラスカ　ツンドラ湖の湖氷コア、サロマ湖の海氷コアについては、コアの気泡の様子及び層位をモザイク画像より観測し、検証を進める方針である。さらに、コアを撮影する際の、撮影距離、撮影速度を一定に保つための架台の改良を行い、モザイク画像の高精度化を図る。

シベリアの積雪断面については、光源に太陽光を用いるのではなく、粒径に対応させた人工的な光源を用いて撮影することによって、今後、モザイク画像から粒度分布を観測する手法の確立を考えている。

8.参考文献

1.　K.Oda,T.Kondo,M.Obata,T.Doihara Automated Mosaicing for Video Imagery Captured from Moving Platforms, ISPRS CommissionV Workshop 98, Hakodate, Japan, 1998 (to be presented).

2　中山雅茂他,航空機マイクロ波放射計（AMR)によるオホーツク海の海氷密接度の高精度化の研究（V）,日本リモートセンシング学会,第23回学術講演会論文集,PP234-一236,1997

3 中山雅茂他, 海氷面上におけるビデオモザイク画像と航空機搭載マイクロ波放射計（AMR)の有効視野の評価, 日本リモートセンシング学会,第 24 回学術講演会論文集,PP113-一136,1998

4 高木幹雄,下田陽久,1991：画像解析ハンドブック,PP462-467,東京大学出版会

苫前町における吹雪を活用した「まちおこし」のこころみ

苫米地　司　（北海道工業大学）

１．はじめに

過疎化の進む市町村では，地域の活性化を目指した「まちおこし」が積極的に行われている。この「まちおこし」は，それぞれの地域における計画資源を活用する場合が多い。計画資源には，自然の景観，特産物，気象などがある。自然の景観による「まちおこし」は観光的な要素，特産物による「まちおこし」は加工技術，気象による「まちおこし」は季節限定等とそれぞれの特性を持ち合わせている。本稿で取り上げる苫前町は冬の気象条件を計画資源とした「まちおこし」に取り組んでいる。その状況を報告する。

２．苫前町の概要

苫前町は北海道の北西部である留萌支庁管内の中央部に位置し，日本海オロロンラインを形成している。主な産業はホタテやたこを主とした漁業とメロンを主とした農業である。人口は図１に示すように，ニシン漁で栄えた1950（昭和30年代）年代の12000人をピークに，その後減り続け，現在では5000人を割る過疎の町である。 気象条件は，図２に示すように10月から３月まで風が強く，５月から９月にかけて比較的風が弱いことに大きな特徴がある。

３．苫前町における「まちおこし」

苫前町の計画資源は，海，夕日，風といった自然である。海の活用は，1996年に白い砂を敷き詰めた「ホワイトビーチ」の開設である。７月から８月にかけて50000人以上の海水浴客が訪れる。夕日の活用は，ホワイトビーチと同時に開設した「夕陽丘オートキャンプ場」である。５月から10月にかけて10000人以上の愛好者が訪れる。こうした夏を中心とした「まちおこし」は，役場の若い職員を中心として始まり，今では多くの

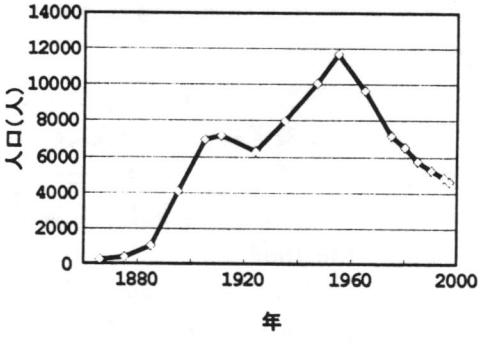


図１　苫前町の人口推移

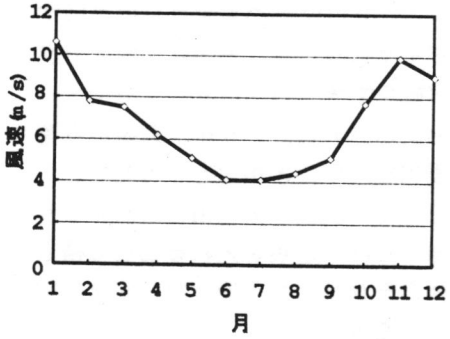


図２　苫前町の月平均風速

町民を巻き込んだ活動に至っている。しかし，冬における「まちおこし」に関わる行事といえば，冬場の強い風を生かした凧上げ大会や冬まつり等の単発的なものがあるだけである。町内の関係者にヒアリングをすると，「冬は吹雪で何もすることができない。冬は休むものである。」といった答えが返ってくる。

こうした中で，「まちおこし」の拠点となる施設を造る計画が持ち上がった。これらの公共施設の設計は，競技設計方式かプロポーザル方式によって設計者が選定されるのが一般的である。しかし，このような方法で建設された公共建築物はシンボリックではあるものの，地域らしさを十分に取り込んだ建物になっているか疑問も多く残る。「地域らしさ」を取り込んだ公共建築にするためには，少なくとも基本計画に多くの地元在住者の参加が必要である。苫前町では，この考え方に基づいて競技設計方式でもなく，プロポーザル方式でもなく，多くの地元在住者を巻き込んだ委員会方式を採用した。この委員会の下部組織として，施設計画を担当する建設ワーキングと運営計画を担当するソフトワーキングとが設置された。それぞれのワーキングで一年を通じた町の活性化を支援する施設はどうあるべきかを真剣に議論した。その議論の中で，以下のような意見があった。

1) 春から秋にかけては，計画資源である海（ホワイトビーチ），夕日（夕陽丘オートキャンプ場）が有効に活用され，町の活性化に寄与している。主産業である漁業や農業の活動もこの時期に集中している。
2) 冬になると，吹雪による交通傷害も多く，町を訪れる人も極端に減少する。ただじっとして，春を待つだけである。一年を通じた町の活性化のためには吹雪の冬をどうするかが課題である。

こうした議論の中で，吹雪を積極的に取り入れて施設計画を進めようということになった。積極的に吹雪を取り込むことになると，以下に示す多くのアイデアが出された。

1) 吹雪で発生する吹きだまりや着雪を自然が創り出す造形として考え，計画地に隣接するオートキャンプ場を巨大なキャンパスとして美術を専攻する学生に開放できないか。
2) 人工的に大きな吹きだまりを形成し，エネルギーとして活用できなきか。
3) 建物の中庭に吹きだまり庭園ができないか。
4) 吹雪を体験する雪中キャンプができないか。
5) 吹雪の研究者が集まるような施設ができないか。

今，これらのアイデアを実現すべく，建設ワーキングで施設の計画が進められている。これらの作業は，役場内の若手職員，町内のまちおこしグループがボランテイアで参加し，設計者を交えて数百時間にも及んだ。何ともエネルギッシュで，吹雪によるまちおこしが成功することを確信できる。こうした一連の動きの中で，これから町を支える役場内の若手職員や若い町民の方々が真剣に「苫前」を考えたことが，何事にも代え難い町の大きな財産になったと考える。これが本当の「まちおこし」なのではないかとも考える。

～水や氷を素材とする教育実験～

輪ゴムでつくる

氷のステンドグラス

北海道教育大学
矢作　裕

"Ice Stained glass"

要　約

雪氷科学が生活の科学、日常の科学と縁が深いのは、この科学の誕生に由来している。この科学は雪氷対策、災害の防止を大きな目標の一つとして、その根拠を求めて今日に至っている。雪氷科学は現象を日常的、直接的に目にでき、他の科学の分野に比較して、その紹介にさいして本来的には極めて容易に実験が可能な分野のはずである。ところが、これまで雪や氷についての教育実験はほとんどないに等しかった。しかし、ここ１～２年の間に雪氷学会に属する研究者たちが意識的に教育・普及に力を注ぎ、雪の結晶を室温で成長させる[1]などの、教室で実験可能な多くのテーマが登場しはじめ、ひとつのまとまりとなって形を現してきた感がある。ここでは、そのようなもののひとつとなるような、氷の結晶成長を観察する実験を紹介している。よく知られた実験、氷の薄片を偏光板によって観察するという内容も視点を変えることによって、それを教育の素材とすることができる。その方法や用具には細心の注意を払って教育実験の内容としているので、とくにこの点に注目していただきたい。

********** 内容 **********

1：氷のステンドグラス
2：教育実験と雪氷科学

**********　　**********

はじめに

教具は、すぐれた「おもちゃ」を理想とすべきであると、つねづね考えている。すぐれたおもちゃは、時間を忘れさせ、シンプルで多様な内容を内包し、それが強く人を惹きつけ、豊富に創造力を刺激し意識せずに視覚・触覚を駆使させ、丈夫で長持ち、しかも安全で安価で幅広い世代に愛され、時代を越えて愛用される。小学校から大学まで、科学の授業が、こういった特徴をもつ教具に囲まれていて悪かろうはずがない。

暖かい雨の日など、幼い子どもは、ながぐつで、わざわざ水たまりを選んで歩く。夏の日の水あび、水鉄砲、冬の日の雪あそび、子どもにとって、水は遊びと切り離すことができない。これまで、【水や氷を素材とする教育実験】[2)～13)]をテーマとして、いくつかの実験を紹介してきた。雪氷に関わる実験は、まさしく水遊びに通じるものがある。楽しい実験を用意すること自体もまた魅力ある作業であり、教師自身も積極的に教材づくりを楽しむことができる。おなじテーマを扱っていても幾通りもの実験方法、教育内容の構成法があり、教育内容の創出に限りはない。自然科学のあらゆる分野で、おもちゃを理想として新しい教育方法を編み出していく必要がある。そのような［おもちゃ］をこそ若い世代への贈りものとすべきであろうと考えている。

1：氷のステンドグラス

「氷は透明な金属」といわれる。水を凍結させて、偏光板という特殊なプラスチック板で氷をはさみ、光にかざすと、美しい色模様の細かい氷の結晶をみることがでる。これまでは、試料を観察するために、氷のかたまりから薄い板状に氷をつくりだすことが多かった。以下にのべる方法によれば、きわめて簡単に氷の結晶を作って楽しむことができる。まるでステンドグラスのように輝いて見えるこの素材を「氷のステンドグラス」（アイスステンドグラス）と呼ぶことにした。試料を凍結・融解させるごとに二つとない文様を１～２分の間につぎつぎと造りだすことができ、虫めがねを使って観察したり、ビデオカメラによって映像とすることも容易である。この方法であれば、日常的な材料によってさまざまな工夫ができる。以下に、そのなかからもっとも簡単なものと、凍結・融解の経過を見るやや複雑なものを紹介する。水を凍結させるために、冬の戸外、冷凍庫内、氷と食塩による寒剤、または冷却した不凍液などを利用する。

（１）最も簡単なアイスステンドグラス

①用意するもの（図１）

1)2cm角の偏光板　2枚
2)直径1.5cm大の輪ゴム　1個
3)カップ（200ccぐらいのもの）　1個
4)カップに入れた水のなかで輪ゴムに水を閉じ込める。（図１－３）

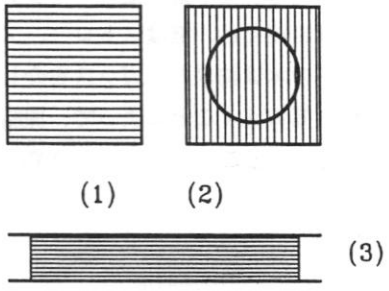


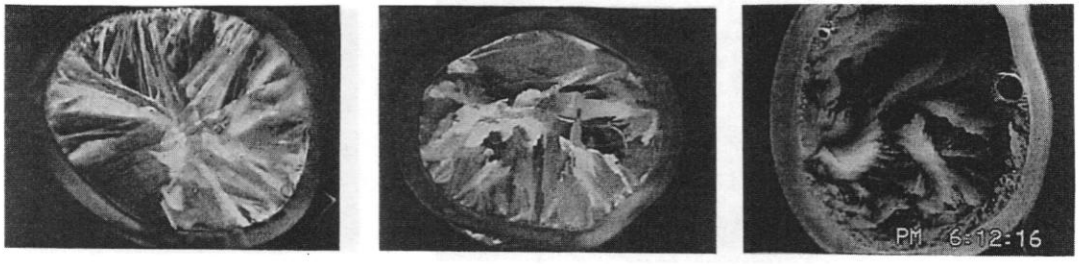
図１ 偏光板(1)と輪ゴム (2)のステンドグラス(3)

②凍結させるには

1)冬なら、外でそのまま凍結させる。
2)冷凍庫に入れる。（数分でよい。）
3)雪か氷があれば、小さな容器にとり、食塩をまぜ、そのなかに埋め込む。（氷と塩は重量で３対１とすると、約－20℃の低温が得られる）。
4)冷凍庫に不凍液を冷やしておき、それに水のサンドイッチを直接浸す。

③観察のポイント

1)自然の光にかざす
2)蛍光灯、白熱電球（懐中でんとう）などにかざして見る。
3)冷蔵庫の冷凍室で簡単にできるので、凍結させる時間を長くしたり、低い温度で凍結させるなど、時間を変えて観察すればよい。氷のステンドグラスは二つとして、おなじステンドグラス模様をつくりだすことはできない。
4)アイスステンドグラスを立てかけておき、氷が融けきってしまうまで観察してみるとよい。消えゆく幻想的で美しい模様をみることができる。次に紹介する写真は、凍結・融解の例である。



（2）ステンドグラスの発生から消滅まで

①静止したステンドグラス

1)弁当箱ぐらいの容器か皿に水を張る。

2)図１と同じ要領で、スライドグラス２枚、輪ゴム、を水にいれる。水中で輪ゴムに水を満たして少し傾けながらガラス板、水、ガラス板の順に重ね、空気を追い出しておさえつける。２枚のガラス板は水でぴったりと吸い付く。

3)水中からスライドグラス、輪ゴムによって作られる「水のサンドイッチ」をとりだし、余分な水を取り去り、戸外、冷凍庫、寒剤などを利用して凍結させる。

4)クロスさせた偏光板にはさんで観察する。

②ステンドグラスの凍結・融解を観察する装置

上に述べた方法で準備したスライドグラスのペアを用いて、図２のような装置をつくる。上部の注射筒に冷却した液を注ぐと、液はストロー、スライドグラスの隙間、輪ゴムの周囲を通って下部の容器に向かう。輪ゴムの中の水は輪ゴムとガラスを介して冷却され、やがて周囲から凍結し始める。凍結後に水道水を同じように注射筒に注ぐことによって、凍結した氷は閉じ込められた空気を放出しながら融解していく。写真はビデオ画面のひとこまである。水の凍結・融解の経過の動きをともなった映像は、幻想的で美しい。

図２の説明

1)プラスチックの注射筒

2)冷却した不凍液を水が凍るまで注ぐ。

3)細いストロー（4mm）をスライドグラスにはさむ。

4)スライドグラスの間に水いり輪ゴムをはさむ。

5)2 cmx2cm大の偏光板をスライドグラスの外におく。

6)小さな輪ゴム（２～３cmのもの）

7)クリップではさむ。

8)輪ゴムのふちを通ってきた冷却液を受ける容器

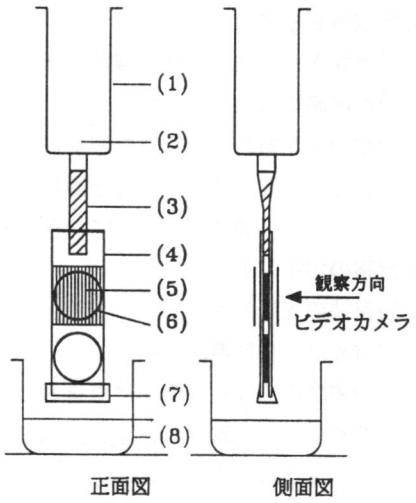
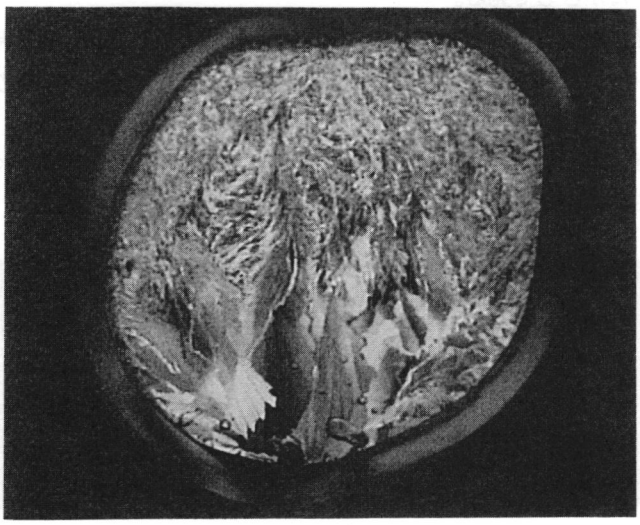
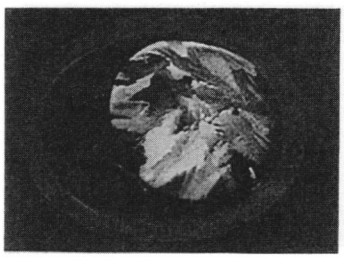


図２ 動くｽﾃﾝﾄﾞグラスを観察する装置





2：教育実験の特徴

学校教育のなかでとりあげられる自然科学の実験の内容は、確立され体系化されたもののなかから選別される。したがって、一般に教室などで、いくつかのグループが机上で同時に小規模の実験をおこなうことができる状態は、その現象がすくなくとも巨視的レベルで理解が進み、容易に再現できる安定的な技術が確立され、さらに教育的に一定の意味づけがされているときである。

教室実験は、運動の法則のようなゆるぎない原理を内容とするものが中心となるが、未知のものを多く含み、草花の成長を見るような目で、無機的な現象に多彩な自然の仕組みが見えるような内容も、前者に劣らず重要である。それが科学への参加をうながす原動力となる多くの果実が含まれている。そのさいに参加者が演示実験をみるのではなく実際にものを手にして、触れる実験が用意されなければならない。知識が体験を通じることによって、知恵となり利用可能なものとなる。しかし未知の内容を含み、変化があって、かなり安定的に現象を再現でき、興味がそそられる実験を用意するのは容易ではない。このようなテーマを創造するのは科学教育の課題である。教育実験にはつぎのような特徴がある。

①内容に基礎的で重要なことが含まれる。
②目的に明瞭さ、結果を期待しながらの操作、楽しさ、美しさ、意外性などの要素が含まれる。
③準備を含め実験時間が限られる。
④実験の材料、費用、装置、道具、工具にかなりの制約がある。
⑤複雑な操作をせずに確実に再現される。
⑥何組かのおなじ種類の実験が同時に進行する。
⑦参加者は実験の操作や作業に習熟していない。
⑧指導者がついているが、安全にとくに注意がいる。
⑨実験の過程は、手順が確定している。
⑩参加者は内容、方法について予備知識が十分でない。

このような内容についての障壁をこえて、はじめて教育実験のテーマとなりうる。教育内容の創造には、新しい目がいる。たとえば『ビデオカメラは、現代のこどもたちにとっての虫めがね』といって見方である。

参考文献

1)平松和彦　北海道新聞記事　「ペットボトルで人工雪」　1996年11月18日朝刊
2)矢作　裕　寒冷地における自然科学教育　寒地技術シ　ンポジウム　1988講演論文集　vol.7　59-60,1988
3)矢作　裕　土はどれほど深く凍っているか　寒地技術　シンポジウム　1989講演論文集　vol.8　34-43,1989
4)矢作　裕　水や氷を素材とする教育実験　寒地技術シ　ンポジウム　1992講演論文集　vol.9　460-465,1992
5)矢作　裕　滴下法による水の粘性係数の測定寒地技術シンポジウム1994講演論文集　vol.11　483-4　88,1994
6)矢作　裕　コインの電池は使えるか？　寒地技術シン　ポジウム　1995　講演論文集　vol.11　1-6,1995
7)矢作　裕　"アイスリウム"の利用と微速度撮影の効果　寒地技術シンポジウム　講演論文集　vol.11　7-14,　1995
8)矢作　裕　釧路と凍土　釧路叢書第31巻（第二版）釧　路市　第２版 1996.3
9)矢作　裕　霜柱を育てる　北海道の雪氷　日本雪氷学　会北海道支部　1995.7
10)矢作　裕　霜柱を育てる 日本雪氷学会講演論文集　1995.10
11)矢作　裕　土や水の凍結融解過程を素材とする科学教　材の構成　北海道大学低温科学研究所　共同研究報告　1996.3
12)矢作　裕　アイスレンズをつくる　北海道の雪氷　日　本雪氷学会北海道支部　1996.7
13)ストローなかの凍上現象　寒地技術シンポジウム　1996.11

980710

１９９７年度事業報告

■講演会の開催

日時:　1997年4月30日(水)、13:30～15:15
場所:　北海道大学百年記念会館会議室
出席者:　44名
テーマ:　雪の下で冬を越す生き物
① 昆虫，特にショウジョウバエの場合
木村正人（北大　地球環境科学研究科　生態環境科学専攻）
② 雪解け時期と高山植物の生態
工藤　岳（北大　地球環境科学研究科　生態環境科学専攻）

■総会の開催

日時:　1997年4月30日(水)、15:30～16:00
場所:　北海道大学百年記念会館会議室
議題:　1.1996年度事業報告・収支決算
2.1997年度支部役員選出
3.1997年度事業計画・収支予算案
4.その他

■役員会議（第1回理事・幹事会）の開催

日時:　1996年4月30日(水)、16:00～17:00
場所:　北海道大学百年記念会館会議室
議題:　1997年度支部活動について
その他

■研究発表会の開催

日時:　1996年6月24日(火)、13:00～18:05
場所:　北海道大学百年記念会館会議室
出席者:　79名
プログラム:　座長　成瀬廉二(北大低温研)、高橋修平(北見工業大学)、藤井雅晴(札幌総合情報センター㈱)

1　高性能可視近赤外放射計(ADEOS･AVNIR)による海氷の観測
白崎和行・榎本浩之(北見工業大学)
2　航空機搭載マイクロ波放射計による新しい海氷情報の取得に向けての研究
舘山一孝・榎本浩之・高橋修平・百武欣二(北見工業大学)・西尾文彦(北海道教育大学釧路校)
3　アムール川の流量変動がオホーツク海の海氷域に与える影響について
小木雅世・西尾文彦(北海道教育大学釧路校)・立花義裕(東海大学)
4　樺戸山塊の乾雪全層雪崩(1997 年 3 月 5 日)
佐野愛子・品川　誠(北大体育会ワンダーフォーゲル部)・八久保晶弘・成瀬廉二(北大低温研)
5　陸別町周辺における盆地冷却観測
加藤　晋・高橋修平・百武欣二(北見工業大学)・石橋　勉(陸別町しばれ研)
6　砂を含む氷の一軸圧縮破壊強度の研究
本池真生男・庄子　仁(北見工業大学)
7　豪雪時における新聞報道について
高橋陽子・苫米地司(北海道工業大学)

8　液体窒素を使った人工雪の観察法
　　村上俊一・大久保政俊・永田敏夫(北海道立理科教育センター)
9　ペットボトルで雪の結晶をつくる－寒冷環境の教材化の一環として－
　　平松和彦(旭川西高等学校)
10　水や氷を素材とする教育実験－アイスレンズをつくるII－
　　矢作　裕(北海道教育大学釧路校)
11　札幌コミュニティドームにおける屋根雪の滑雪特性について
　　苫米地司・細川和彦・山口英治・伊東敏幸(北海道工業大学)
12　建築物外装材への着雪性状について
　　伊東敏幸・苫米地司(北海道工業大学)
13　札幌－旭川間における列車着雪の観測
　　尾関俊浩・北川弘光(北大工学研究科)・香川英司(JR東日本)・秋庭賢二(JR北海道)
14　防雪柵端部での吹雪による視程の急変とその対策－数値シミュレーションによる検討－
　　福澤義文・加治屋安彦・金子　学(開発土木研究所)・川上俊一・金田安弘(日本気象協会北海道本部)
15　樹幹の成長からみた道路防雪林の除伐の適期、除伐方法および今後の植栽方法について
　　斎藤新一郎(専修大学北海道短期大学)・井上惇夫(日本道路公団北海道支社)・竹内摂雄(札幌道路エンジニア)
16　ロードヒーティング用表層材料の水平方向温度分布の特性比較
　　岩本欣也(北大・工)・佐山惣吾・酒井好夫(寒地技術研究所)・岩淵英樹(㈱菱住)・山口宗宏(北海道工業技術研究所)
17　ロードヒーティング表面の熱収支に関する実験と解析
　　岩本欣也(北大・工)・佐山惣吾(寒地技術研究所)・山口宗宏(北海道工業技術研究所)
18　凍結路面の発生メカニズムに関する熱収支的考察
　　石川信敬・成田英器・須藤正季(北大低温研)・加治屋安彦(開発土木研究所)
19　新路面分類に基づく94/95、95/96冬期の全道路面状況
　　金子　学・加治屋安彦・福澤義文(開発土木研究所)・小林利章(日本気象協会北海道本部)

■機関誌「北海道の雪氷」16号の発行

発行日:　1997年9月18日
発行部数:　350部

■第1回幹事会の開催

日時:　1997年11月10日（金）、16:30～18:30
場所:　北海道大学低温研会議室
議題:　報告事項
1. 雪氷学会支部長・幹事長会議について
2. 1997年度、1998年度談話会・講演会の進捗状況について
審議事項
1. 規約の改正について
2. ニューズレターの今後の編集方針について
3. 支部機関紙（北海道の雪氷）の内容についての検討
4. 学会誌「雪氷」広告担当理・幹事の設置についての検討
5. その他

■地域講演会の開催

日時：　1997年1月30日（金）、13:30～16:30
場所：　とかちプラザ（帯広市西4条南13丁目）
テーマ：　「冬の寒さと氷の恵み」
主催：　(社)雪氷学会北海道支部
共催：　帯広市、帯広のまつり推進委員会、帯広市コンベンション推進協議会
出席者:　105名
内容：　1. 主催者あいさつ
前野 紀一（日本雪氷学会北海道支部 支部長）
2. 開催市歓迎あいさつ
高橋 幹夫（帯広市長）
3. 講演会
「不思議な氷の話」
前野 紀一（北海道大学低温科学研究所）
「地球温暖化のなぞ」
山崎 孝治（北海道大学大学院地球環境科学研究科）
「冬の寒さを利用した貯蔵庫」
土谷 富士夫（帯広畜産大学畜産環境科学科）
「十勝の冬と植物」
嶋田　徹（帯広畜産大学畜産環境科学科）
4. 閉会のあいさつ
土谷 富士夫（日本雪氷学会北海道支部 理事）

■第2回幹事会の開催

日時:　1998年3月26日(木)、14:00～15:00
場所:　北海道大学低温科学研究所 会議室
議題:　1. 1997度事業報告・収支決算（見込み）
2. 1998度事業計画・収支予算案審議
3. その他

■第2回理事・幹事会の開催

日時:　1998年3月26日(木)、15:00～17:00
場所:　北海道大学低温科学研究所 会議室
議題:　1. 1997度事業報告・収支決算（見込み）
2. 1998度事業計画・収支予算案審議
3. その他

収支計算書
通常会計
1997年4月1日から1998年3月31日まで

（北海道支部）

収入の部　　（単位　円）

科　　目	予算額	決算額	差　額	備　考
1.基本財産運用収入	(0)	(0)	(0)	
基本財産利息	0	0	0	
2.本部交付金	655,000	669,500	▲ 14,500	
3.事業収入	(10,000)	(212,700)	(▲202,700)	
出版物売り上げ	10,000	20,700	▲ 10,700	
広告収入	0	192,000	▲ 192,000	北見大会収入
4.雑収入(預金利子)	0	2,021	▲ 2,021	
当期収入合計	665,000	884,221	▲ 219,221	
前期繰り越し収支差額	2,606,875	2,606,875	0	
収入合計	3,271,875	3,491,096	▲ 219,221	

差額＝予算額－決算額

支出の部　　（単位　円）

科　　目	予算額	決算額	差　額	備　考
1.事業支出	(630,000)	(592,386)	(37,614)	
講演会費	100,000	55,084	44,916	
研究発表会費	50,000	13,288	36,712	発送費が機関誌へ
談話会費	150,000	157,767	▲ 7,767	
機関誌発行費	280,000	338,050	▲ 58,050	
総会費	10,000	8,820	1,180	
理・幹事会費	40,000	19,377	20,623	
2.管理費				
事務費	250,000	112,154	137,846	
3.予備費	50,000	11,340	38,660	
当期支出合計	930,000	715,880	214,120	
当期収支差額	▲ 265,000	168,341	▲ 433,341	
次期繰越し収支差額	2,341,875	2,775,216	▲ 433,341	

差額＝予算額－決算額

監　査　報　告

社団法人日本雪氷学会北海道支部の平成9年度（1997年04月01日から1998年03月31日）の収支計算書、正味財産増減計算書、貸借対照表、財産目録を監査し、公正妥当な事を認めます。

1998年4月20日

社団法人日本雪氷学会北海道支部

監　事　油川英明　　印

監　事　佐竹正治　　印

１９９８年度事業計画

1.講演会の開催	1998年4月28日　13：30-15：00
2.支部総会	1998年4月28日　15：15-16：00
3.役員会議（理事・幹事会議）	1998年4月28日　16：00-17：00
4.研究発表会の開催	1998年6月23日　13：00-18：00
5.機関誌「北海道の雪氷」１７号の発行	1998年7月
6.談話会（地域講演会）の開催	1998年11月12日　15：00-18：00
7.理事・幹事会議	1999年3月
8.幹事会	2回

会計計画案
1998年4月1日から1999年3月31日まで

収入の部　　（単位　円）

科　　目	予算額	備　考
1.基本財産運用収入	(0)	
基本財産利息	0	
2.本部交付金	652,000	
3.事業収入	(10,000)	
出版物売り上げ	10,000	
広告収入	0	
4.雑収入(預金利子)	0	
当期収入合計	662,000	
前期繰り越し収支差額	2,775,216	
収入合計	3,437,216	

支出の部　　（単位　円）

科　　目	予算額	備　考
1.事業支出	(725,000)	
講演会費	75,000	1回
研究発表会費	30,000	1回
談話会費	170,000	1回
機関誌発行費	400,000	レター発行により
総会費	10,000	
理・幹事会費	40,000	
2.管理費		
事務費	150,000	発送委託により
3.予備費	50,000	
当期支出合計	925,000	
当期収支差額	▲ 263,000	
次期繰越し収支差額	2,512,216	

（社）日本雪氷学会　1998年度北海道支部役員

支部長	前野　紀一	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5474
副支部長	竹内　政夫	(財)日本気象協会北海道本部	011-622-2230
理事	石本　敬志	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111-207
	斉藤 新一郎	専修大学北海道短期大学	01266-3-0228
	佐伯　浩	北海道大学工学部	011-716-2111-6183
	高橋　修平	北見工業大学土木開発工学科	0157-26-9494
	武市　靖	北海学園大学工学部	011-841-1161
	土谷 富士夫	帯広畜産大学畜産環境科学科	0155-49-5511
	苫米地　司	北海道工業大学建築工学科	011-681-2161-443/331
	西尾　文彦	北海道教育大学釧路校	0154-41-6161
	浜田　進一	鹿島建設(株)札幌支店	011-231-7521
	原　文宏	北海道開発技術センター	011-271-3028
	福田　正己	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5492
	矢作　裕	北海道教育大学釧路分校	0154-42-1735
監事	油川　英明	北海道教育大学岩見沢分校	0126-22-1470-335
	植松　孝彦	(財)日本気象協会北海道本部	011-622-2239
評議員	青木　孝	札幌管区気象台	011-611-6121-400
	秋田谷 英次	雪と土に親しむ北の生活館	011-771-7398
	池田　保夫	北海道開発コンサルタント(株)	011-851-9221
	加藤　建郎	交通安全施設研究会	011-261-1855
	川端　隆	札幌市建設局道路維持部	011-211-2682
	合田　裕志	北海道ガス(株)技術開発研究所	011-222-5367
	高坂　清和	北海道旅客鉄道（株）工務部	011-700-5788
	高橋　耕平	北海道電力(株)土木部	011-251-4619
	田原迫 孝一	北海道電力(株)総合研究所	011-251-4299
	東海林 明雄	北海道教育大学釧路校	0154-42-3381-328
	中村　興一	北海道開発局開発調整課	011-709-2311
	南波　幸吉	(財)河川情報センター札幌センター	011-757-0511
	林　勝朗	道立寒地住宅都市研究所	011-621-4211
	藤野　和夫	北海道工業大学土木工学科	011-811-6572
	藤原　弘道	北海道総合企画部	011-231-4111
	横須賀 英司	(株)地崎工業北海道本店	011-511-8114
顧問	木下　誠一	北海道大学名誉教授	011-731－8645
	小島　賢治	北海道大学名誉教授	011-561-6082
	清水　弘	藤女子大学	011-736-0311
	中村　龍一	東日本学園大学専務理事	011-231-3053
	東　晃	北海道大学名誉教授	011-373-1907
幹事長	遠藤　辰雄	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-6886
庶務幹事	海老沼 孝郎	北海道工業技術研究所	011-857-8950
会計幹事	尾関　俊浩	北海道大学大学院工学研究科	011-716-2111-7247
幹事	阿部　正明	北海道開発技術センター	011-271-3028
	石井　吉之	北海道大学低温科学研究所	011-706-5583
	石岡　充章	北海道電力(株)総合研究所	011-251-4299
	伊東　敏幸	北海道工業大学建築工学科	011-681-2161-344
	榎本　浩之	北見工業大学土木開発工学科	0157-26-9499
	金森　久	北海道ガス(株)技術開発研究所	011-222-5367
	川島　由載	北海道開発コンサルタント(株)	011-801-1525
	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
	高村　鉄典	北海道旅客鉄道（株）工務部	011-700-5790
	中林　宏典	(財)日本気象協会北海道本部	011-622-2239
	平松　和彦	北海道立旭川西高等学校	0166-52-1215
	深見　浩司	道立地下資源調査所環境地質部	011-747-2211-423
	藤井　雅晴	札幌総合情報センター(株)	011-232-4848
	松澤　勝	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111-325
	村崎　慎一	日本道路公団北海道支社	011-896-5895

（下線：新任）

日本雪氷学会と道内関係機関のホームページについて

日本雪氷学会のホームページ（http://wwwsoc.nacsis.ac.jp/jssi/）には、「雪氷学関連の情報（リンク）」のページが開設されています。このページへ掲載を希望される場合は、学会事務局（TEL 03-3261-2339）へご連絡下さい。この他に、ホームページでは、雪氷メーリングリストへの加入方法、全国大会の最新情報などを入手できます。

雪氷学会ホームページには、雪氷関連の行事を紹介する学会カレンダーのページも開設されています（現在試行中）。カレンダーに関連行事の開催案内を掲載するためには、パスワードを取得する必要があります。取得方法は、まずカレンダー画面から「登録」、「Register For An Account」の順に選択（マウスをクリック）して、Enter The Registration Information 画面を表示します。この画面にて、氏名、所属及び e-mail アドレスを記入して下さい。これらの情報を送信すると、自動返答にて、e-mail でパスワードが返信されてきます。以上の手続きによって、カレンダーへの書き込みが可能となります。

今回新たに、道内雪氷関係機関のホームページのアドレス一覧を試作しました。今後、より充実したものにするために、道内関係機関のアドレスを支部庶務幹事までご連絡いただければ幸です。

道内関係機関のホームページ

名　称	U R L
1．日本雪氷学会	
日本雪氷学会本部ホームページ	http://www.jssst.or.jp/jssi/
2．官公庁等	
気象庁	http://www.kishou.go.jp/
海上保安庁水路部流氷情報センター	http://www.jhd.go.jp/cue/KAN1/1center.html
北海道立オホーツク流氷科学センター	http://www.ohotuku26.or.jp/organization/monbetu/ice.html
北海道開発技術センター	http://www.decnet.or.jp/
気象協会	http://www.jwa.go.jp/
3．大学等	
北海道大学	http://www.hokudai.ac.jp/
北海道大学低温科学研究所	http://www.hokudai.ac.jp/lowtemp/teion.html
北海道大学低温科学研究所流氷研究施設	http://www.hokudai.ac.jp/lowtemp/sirl/sirl.html
北海学園大学	http://www.hokkai-s-u.ac.jp/
北海道東海大学	http://www.htokai.ac.jp/
北海道工業大学	http://www.hit.ac.jp/
北海道教育大学	http://www.hokkyodai.ac.jp/
室蘭工業大学	http://www.muroran-it.ac.jp/
帯広畜産大学	http://www.obihiro.ac.jp/
北見工業大学	http://www.kitami-it.ac.jp/
4．研究機関等	
北海道開発局開発土木研究所	http://www.ceri.go.jp/
開発土木研究所国内外の関連サイト	http://www2.ceri.go.jp/link.htm
農林水産省北海道農業試験場	http://www.cryo.affrc.go.jp/
農業低温科学研究会	http://ss.cryo.affrc.go.jp/jacrys/
通商産業省北海道工業技術研究所	http://www.aist.go.jp/HNIRI/index.html
北海道立寒地住宅都市研究所	http://www.hri.pref.hokkaido.jp/
北海道立工業試験場	http://www.hokkaido-iri.go.jp/
北海道立中央農業試験場	http://www.agri.pref.hokkaido.jp/chuo/
5．その他	
国際雪氷学会（IGS）	http://student-www.uchicago.edu/users/chulbe/igs/igs.html

連絡先：支部庶務幹事　海老沼 孝郎
TEL 011-857-8950、FAX 011-857-8989
e-mail ebinuma@hniri.go.jp

社団法人 日本雪氷学会北海道支部規約

（名称）
第1条　本支部は、社団法人日本雪氷学会北海道支部と称する。ただし略称を北海道支部とする。

（目的）
第2条　本支部は、社団法人日本雪氷学会定款第4条の目的を達成するため、下記の事業を行う。
1. 雪氷および寒冷に関する学術調査・研究その他関連事項
2. 雪氷および寒冷に関する研究会、講演会、座談会、見学会等の開催
3. 会員相互の連絡
4. 本部理事会が委嘱又は承認した事項
5. その他必要な事業

（会員）
第3条　本支部の会員は、北海道に在住する社団法人日本雪氷学会の会員とする。また、他支部に所属する会員であっても、本支部に所属することを希望する場合は、重複所属することを妨げない。

（役員）
第4条　本支部につぎの役員を置く。
支部理事　20名以内（うち、支部長1名、副支部長 若干名）
支部監事　2名
支部幹事　20名以内

（役員の選出）
第5条　支部の理事・監事は、支部総会において、支部会員の中から選任する。

（支部長および副支部長の選出）
第6条　支部長および副支部長は、支部理事の互選とする。

（幹事および幹事長の選出）
第7条　幹事および幹事長は、支部会員の中から支部長が委嘱する。

（理事の職務）
第8条　支部長は、本支部を代表し、その会務を総理する。
2　副支部長は、支部長に事故あるとき、または欠けたとき、あらかじめ支部長が指名した順序でその職務を代行する。
3　支部理事は、支部理事会を組織し重要な事項を決議する。

（監事の職務）
第9条　支部監事は、支部の事業、会計を監査する。

（幹事の職務）
第10条　支部幹事は、支部の会務を処理する。

（理事会）
第11条　支部理事会は、支部理事で構成され、重要な事項を議決する。
2　支部理事会の議長は支部長とする。
3　支部理事会は、支部理事の2分の1以上の出席がなければ開会することができない。

（幹事会）
第12条　支部幹事会は、支部幹事で構成され、支部長の命を受けて支部事業の企画および会計ならびにその他の会務を処理する。

（役員の任期）
第13条　役員の任期は2年とする。再任を妨げない。

（顧問、評議員）
第14条　本支部に顧問および評議員を置くことができる。
2　顧問および評議員は、支部理事会の議決を経て支部長が委嘱する。
3　顧問および評議員は、本支部の発展に寄与するため、支部長の諮問に応じて意見を具申する他、随時建設的提案を行う。
4　第13条は、顧問、評議員について準用する。

（総会）

第15条　本支部は、毎年1回、通常総会を開くほか、必要に応じ臨時総会を開く。

2　総会においては、下記の事項の承認を受けなければならない。

1. 支部役員
2. 事業計画および収支予算
3. 事業報告および収支決算
4. 財産目録および貸借対照表
5. 重要なる財産の処分
6. 支部規約の変更
7. その他支部理事会において必要と認めた事項

（資産および会計）

第16条　本支部の財産は次のとおりとし、支部長がこれを管理する。

1. 本部からの交付金
2. 寄付金
3. その他

2　本支部の会計年度は、毎年4月1日より翌年3月31日までとする。

付則　本規約は昭和34年5月18日より施行する。
本規約は昭和53年6月 8日に改正する。
本規約は平成 6年6月15日に改正する。

北海道支部地域講演会を下記の通り開催いたしますので、万障お繰り合わせの上ご参加下さい。なお、講演題目、講演者等の詳細は、変更の可能性があります。正式プログラムは、ニューズレターNo. 5にて、お知らせ致します。

平成10年度日本雪氷学会北海道支部地域講演会プログラム（仮）

「21世紀における北海道の生活と雪」

—雪や寒冷気候を自然エネルギーとして利用した食料の備蓄—

日　時：平成10年11月12日（木）　15時～18時
場　所：北海道大学学術交流会館 小講堂
札幌市北区北8条西5丁目（北大正門西側、案内所隣）
地下鉄さっぽろ駅より徒歩約8分
参加費：無料

総合司会　林 勝朗（北海道立寒地住宅都市研究所）
支部長挨拶　前野 紀一（北海道大学低温科学研究所）

第1部
基 調 講 演
新聞記者の見た利雪社会
相原 秀起（北海道新聞社岩見沢総局）
夏の雪 －あり余る冷熱資源－
媚山 政良（室蘭工業大学機械システム工学科）
農業に雪を －雪も仲間の農業現場への展望－
谷口 健雄（北海道立中央農業試験場）
雪と暮らす －雪と共存した社会への展望－
苫米地 司（北海道工業大学建築工学科）
コ メ ン ト
（題目未定）　石田 秀樹（東海大学芸術工学建築学科）
（題目未定）　原 文宏　（北海道開発技術センター）

第2部　パネルディスカッション
コーディネーター：石田 哲（北海道総合企画部政策室参事）
パネラー：相原 秀起、媚山 政良、谷口 建雄、石田 秀樹

主催：日本雪氷学会北海道支部
後援：*日本農業気象学会北海道支部、*日本気象学会北海道支部、*日本建築学会北海道支部、*日本土木学会北海道支部、北海道経済部資源エネルギー課、北海道立寒地住宅都市研究所、沼田町、北海道新聞社（*：交渉中）

実行委員：前野 紀一（北大低温科学研究所）、林 勝朗（寒地住宅都市研究所）、苫米地 司（北海道工業大学）、原 文宏（北海道開発技術センター）、遠藤 辰雄（北大低温科学研究所）、海老沼 孝郎（北海道工業技術研究所）、尾関 俊浩（北大工学部）

北海道の雪氷　No.17

ISSN-1340-7368

1998年8月21日発行
発行　日本雪氷学会北海道支部
〒060-0819 札幌市北区北19条西8丁目
北海道大学低温科学研究所内