

(社)日本雪氷学会北海道支部機関誌

I S S N - 1340 - 7368

北海道の雪氷

第15号



1996年 7 月

発行 (社)日本雪氷学会北海道支部

目次

卷頭言	1
1996年講演会寄稿	2
1996年度研究発表会講演要旨	7
1995年度事業報告	80
1995年度会計報告	83
1996年度事業計画	85
1996年度会計計画	86
1996年度北海道支部役員名簿	87
社団法人 日本雪氷学会北海道支部規約	88

(表紙 画：斉藤新一郎、 題字：福沢卓也)

巻 頭 言

北海道大学低温科学研究所 前野 紀一（支部長）

去る4月25日の支部総会において支部長を仰せつかることになり、その責任の大きさを感じて恐縮しております。私の力はもとより微力にすぎません。支部会員の皆様の御協力を得ながら支部の発展のために努力するつもりですのでよろしくお願い申し上げます。

日本雪氷学会は3年前に法人化され、新しい時代に入りました。その中で北海道支部が果たすべき役割はどんなことでしょうか。これは、それほど単純な問題ではありませんが、雪氷学会の特色であります「多様性」あるいは「学際性」がヒントになるのではないかと思います。雪氷学会の多様性の理由は、会員がそれぞれの雪と氷に対する科学的興味、工学的興味、文学的興味、あるいはなんらかの個人的興味を持って入会している点にあると思います。また、学会側はそのために、専門の研究者だけでなく、これらの興味を持っている人すべてに入会を許しています。この点は誤解されやすく、雪氷学会は単なる素人の集まりとか、雪氷学という学問は存在しない、などという人たちがいます。しかし、これは、雪氷学会の多様性の重要性を理解していないための誤解だと思います。雪氷学会が文部省認定の社団法人となったことの最も大切な意義は、この点にあったというべきなのかもしれません。

さて、このような雪氷学会の多様性をもっとも明瞭に反映できるのが、支部活動ではないかと思います。そこでは、各支部の、あるいは各支部会員の特徴ある考えや成果が遠慮なく発表されるといいと思います。全国大会に出す前の中間報告もよいと思います。北海道支部の活動には、これまでも増して北海道独特の雪氷の問題や身近な雪や氷の問題を盛り込んではどうでしょうか。支部会員の皆様からのご意見やアイデアを募集いたします。

御存じのように、今年度の全国大会は9月24—28日北見市において開催されることになっており、現在北見市在住の支部会員を中心に準備が着々と進められております。全国大会は各支部が関わる重要な事業のひとつではありますが、特に今年は研究発表予稿原稿のサイズをA4に変更するとか、あるいは研究発表最終日の発表を午後3時には終えて次の見学会につなげる、等々の新しい企画やアイデアが盛り込まれています。直接準備を担当される会員だけでなく、支部会員の皆様のお力も得て全国大会を成功させたいと思います。どうか、皆様の暖かい御協力をお願い致します。

気象からみた今冬の特徴

山崎 道夫 (日本気象協会北海道本部)

1995-96 年冬の降雪で最も注目されたのは道央の札幌・小樽地区における豪雪であった。特に冬の前半の12月中旬～1月のたび重なる大雪のために除雪が追いつかず、1月8～9日の記録的大雪では交通機関の混乱により、一時都市機能がマヒする事態を招いた。(これについては金村・菊地の報告がある)。

冬の後半は、前半ほどの多雪ではなかったものの、平年よりやや多く、前半の多雪が4月の融雪期まで尾を引いた。根雪(長期積雪)の終日も道央札幌圏では、平年より10～15日遅れた。しかし、他の地域では必ずしも多雪ではなく、特にオホーツク海側は逆に記録的少雪となり、全道平均ではほぼ平年並みであった。

気温は寒暖の変動がやや大きかったが、平地の融雪末期に当たる4月を除いて高めに経過した。

1. 降雪量と気温の経年変化

冬の中心である12～2月について、降雪量と気温との関係を示したのが図-1である。降雪量については北海道を日本海側(10観測)と太平洋・オホーツク海側(12観測)に分け、さらに札幌・小樽(2観測)の平均値を記入した。気温は北海道22気象官署の平均値である。

これによると、普通考えられるとおり、おおまかには寒冬多雪・暖冬少雪(暖冬寡雪)の関係が成り立っており、季節風が強く気温が低い年は多雪、季節風の弱い年は暖かく雪が少ない。しかし、最近では暖冬が続いている割には雪が多い傾向が伺える。

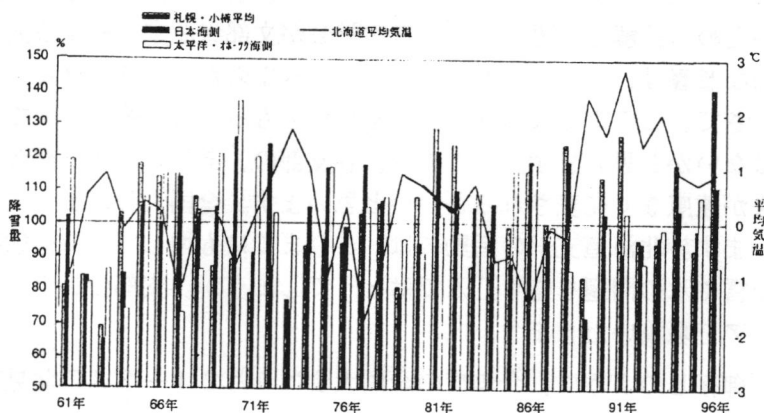


図-1 北海道の冬の降雪量と平均気温

今冬の気温は3ヶ月平均で+0.9℃と引き続き高かったが、日本海側の降雪量は平年比111%、太平洋・オホーツク海側が87%で、北海道平均は103%と平年並みであった。何よりも、札幌・小樽地区が平年の140%(1951-52年の統計開始以来第1位)の豪雪であった点に特徴が見られた。岩見沢も厳冬期を中心に多雪であった。また、1990-91年冬は平年差+2.8℃の大暖冬で、その2年前の1988-89年と同様に少雪が考えられたが、実際は北海道平

均降雪量は平年の96%であり、日本海側も91%と平年よりやや少ない程度であった。この年、札幌では今冬に次ぐ多雪を記録し、小樽もかなり多かったものの、岩見沢が非常に少なかった点が今年と異なる。

今冬は8年続きの暖冬であったが、図によって1989-90年以降の日本海側の雪の量を見ると、91~111%の年が7年続いている。すなわち、1988-89年の72%のあと平年比90%未満の年はなかったことが分かる。

2. 今冬の雪に関する主な記録

主要地点および地域平均の降雪量と最深積雪についてまとめたのが表である。これによれば、12月では札幌が多雪の1位であるが、稚内は逆に少雪の1位になっている。1月

は道央の旭川と岩見沢で記録的な大雪が観測された。

12~2月の合計で見ると、札幌・小樽・岩見沢が多雪の1~3位にあげられるが、稚内と紋別がいずれも少雪の1位となっており、例年より一層地域性の強い分布になっていることは明らかである。この状況は当然地域平均降雪量や最深積雪にも明瞭に現れている。

札幌の最深積雪は2月10日の145cmで、これは1890-91年冬の統計開始以来4位であった。過去には169cm(1939年)、153cm(1946年)、150cm(1929年)の記録がある。

表 主要地点における1995-96年冬期(12-2月)の降雪量・最深積雪(cm)
(札幌管区気象台資料による)

	降雪量（平年比）						最深積雪 （平年差）	
	1 2 月		1 月		2 月			
	降雪量	順位	降雪量	順位	降雪量	合計降雪量		
稚 内	56(50%)	①	65(41%)		43(46%)	154(45%)	①	36(-59)
旭 川	132(79%)		295(199%)	1	65(61%)	492(117%)		97(+ 3)
留 萌	76(60%)		131(87%)		92(89%)	299(79%)		56(-53)
札幌	256(256%)	1	183(117%)		138(114%)	577(153%)	1	145(+45)
小 樽	176(136%)		249(136%)		153(113%)	578(129%)	3	149(+35)
岩見沢	232(110%)		406(184%)	2	187(115%)	825(139%)	3	156(+33)
倶知安	322(97%)		458(112%)		350(126%)	1130(111%)		227(+27)
函 館	50(66%)		109(121%)		72(104%)	231(98%)		44(0)
網 路	47(214%)	3	30(75%)		25(83%)	102(111%)		36(- 4)
網 走	84(168%)		54(63%)		66(157%)	204(115%)		32(-27)
紋 別	47(84%)		35(39%)		42(74%)	124(61%)	①	41(-29)
日本海側	148(105%)		203(119%)		128(105%)	479(111%)		
太平洋側	40(118%)		45(85%)		49(49%)	133(102%)		
4方位平均	58(71%)		74(68%)	④	55(80%)	187(72%)	①	
北海道平均	92(101%)		122(104%)		86(104%)	300(103%)		

○北海道平均：22気象官署の平均値。日本海側10、太平洋側8、4方位側4官署平均。

○順位：1953年以降の統計から3位までの値。無印は多い順位、○印は少ない順位。

2月は3位以内なし。

なお、札幌における今冬期間を通しての合計降雪量は680cmに達し、1990-91年の記録637cmを更新した。

3. 気象と降雪状況の経過(図-2)

この冬は、1995年11月7~9日の台風並みに発達した日本海低気圧による大荒れと中部以北の大雪でスタートした。

12月に入って中旬を中心に冬型の気圧配置の日が多く、月初めや24~25日(クリスマスの荒れ)には道東方面で低気圧が発達した。中旬は図に見られるとおり、日本海側で連日雪が続き、特に札幌圏での大雪が目立った。12月の札幌の降雪量は256に達し

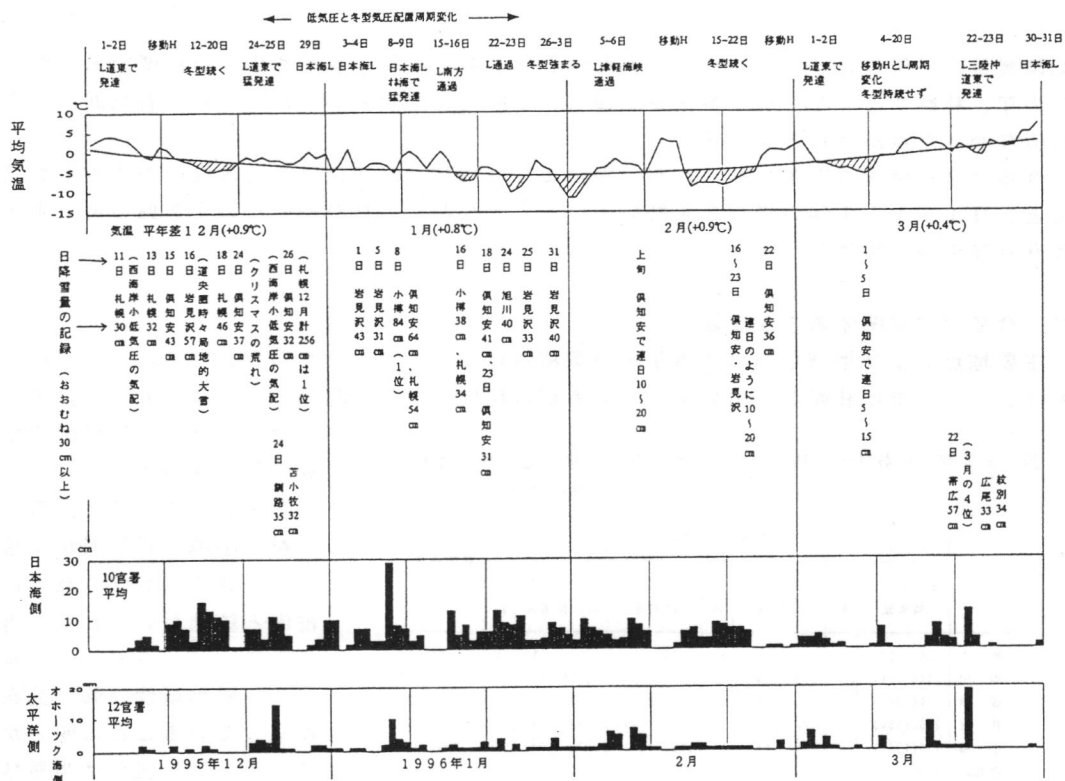


図-2 気象と降雪状況の経過 (L: 低気圧、H: 高気圧)

1952年この統計開始以来の記録となった。札幌・小樽地方に大雪をもたらすことで知られる西海岸小低気圧は、明瞭な形では認められなかったものの、11日と25日に袋状の低気圧部が見られた。

年末から1月下旬前半までの約1ヶ月間は、5～6日毎に低気圧が通過し、低気圧と冬型気圧配置とが周期的に現れた。この間、1月8～10日朝にかけて津軽海峡から北海道を縦断してオホーツク海に抜けた低気圧は、道央に記録の大雪(8日9時～9日9時の降雪量、小樽84、倶知安64、札幌54cm)をもたらした。中旬は冬型が緩み、本州方面を移動性高気圧が通って気温も高かった。

1月末～2月初めの寒波は今冬期で最も強いものであった。岩見沢では1月下旬の11日間で合計198cmの降雪が観測された(この間札幌では45cm)。2月上旬後半～中旬前半は冬型が緩み、移動性高気圧におおわれることもあったが、その後下旬前半にかけては冬型気圧配置が続き、気温も低めに経過した。このため岩見沢・倶知安方面では雪の日が続いた。2月下旬後半は移動性高気圧におおわれ、降雪も倶知安を除いて一段落した。1月後半～3月上旬は変動の大きい天候で、気温も7～10日毎に高低を繰り返した。

3月は、月初め三陸沖を北上した低気圧が根室の東海上で発達、一時季節風が卓越したが、低気圧と移動性高気圧が交互に現れるようになり、冬型は長続きしなかった。22～

23日にかけて再び道東で低気圧が発達、これに伴い帯広で57(3月として第4位)、広尾33、紋別34cmの大雪となった。

以上をまとめると、①冬型の気圧配置は12月中旬、1月末～2月始め(強い寒波)、2月半ば～下旬始めに強まった。しかし、寒波は極端に長続きしなかった。②低気圧活動は、全般に活発で、12月下旬から約1ヶ月は周期的に通過したが、1月後半～2月にかけては北上発達が押さえられた。③これらのため、気温の変動は大きく、北海道は結果的に8年続きの暖冬となった。④道央では札幌地区を中心に記録的大雪であったが地域差が大きく、道北オホーツク海側は著しい少雪で、全道平均ではほぼ平年並みとなった。

4. 札幌・岩見沢の大雪について

図-3は、札幌と岩見沢における降雪・積雪の経過を示したものである。特に、札幌では①12月の多雪(特に中旬)が目立ち、②次いで1月8日～25日、③それに2月上旬後半と都合3回の大雪が続き、記録を更新した。岩見沢では冬の半ば以降に当たる1月後半～2月下旬前半の降雪が多かった。両地点ともこれが4月の雪融けまで尾を曳いた。札幌・小樽地区の12月の大雪については前記金村・菊地の報告がある。それによれば、大雪が札幌付近に集中するのは一般に850hPaの風向がN～NWの場合に多く、1995年12月もその割合が全体の56.5%を占めていた。これは平年並みの降雪であった前年12月の2倍以上であり、従来研究成果が裏づけられたと考えられる。また、850hPaの風向がW寄りの場合は南空知地方が大雪になりやすいことが知られているが、岩見沢における1月下旬の大雪の際はこの冬一番の寒波が本道上空をおおった時で、札幌の850hPaの風向はW寄りが多く、N～NWの割合は13.6%であった。

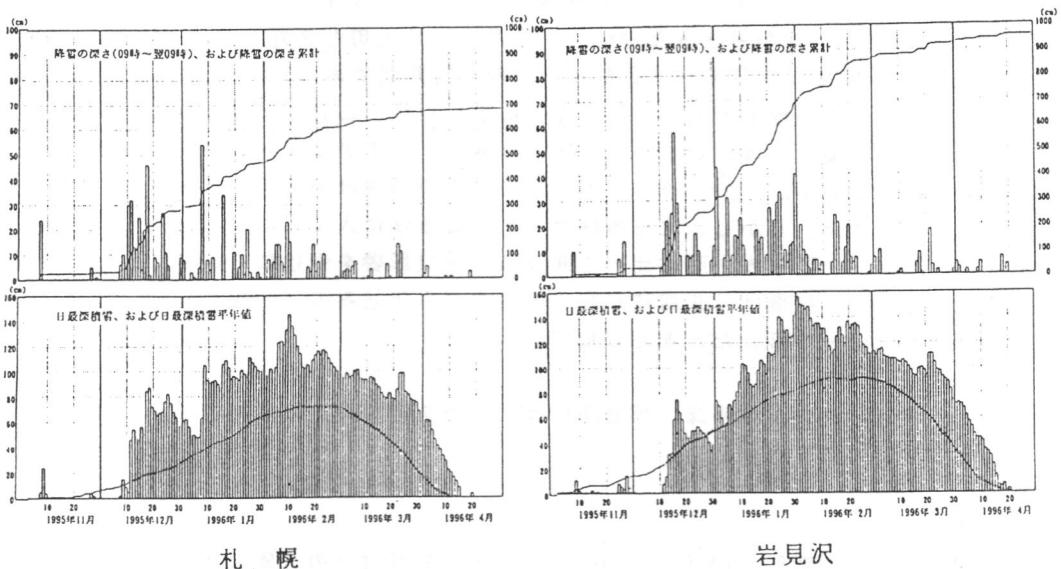
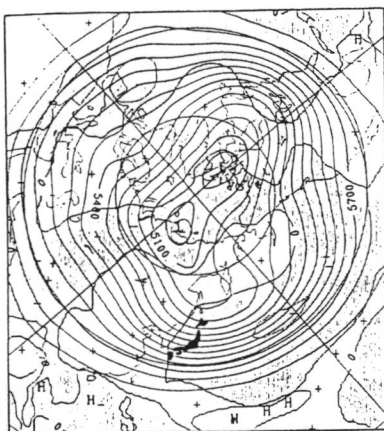


図-3 降雪と積雪の経過

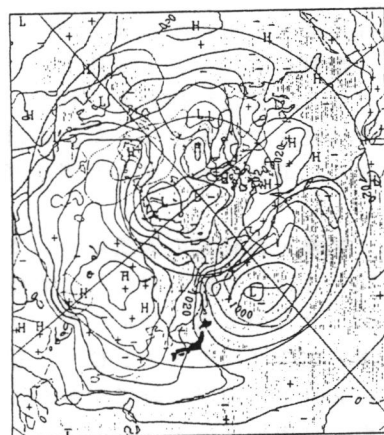
5. 広域の流れの特徴

ここでは12～2月の3ヶ月平均天気図により広域の流れを概観しよう。

図-4 a)によって500hPaにおける全体的な流れ、特に高度の平年偏差の状況を見ると、日本列島を含み、太平洋の30～40°N帯が広い範囲でマイナス偏差になっていること、および中国大陆と60°Nを中心とする北方の高緯度帯がプラス偏差になっていることが特徴としてあげられる。



a) 500hPa天気図
実線は高度で等値線間隔(60m)、破線は高度偏差で等値線間隔(60m)、陰影域は高度が平年より低い領域を表す。



(社)日本雪氷学会北海道支部 1996 年度研究発表会講演要旨

日時：1996 年 6 月 18 日 (火) 13:00~18:05

場所：北海道大学百年記念会館 (札幌市北区北 9 条西 6 丁目)

- **13:00~14:45 座長：松沢 勝 (開発土木研究所) 8
- 1 1995~96 年札幌圏の豪雪災害—その特徴と背景—
秋田谷英次・天見正和 (北大・低温研) 8
 - 2 1996 年豪雪における市街地で発生した雪害 (その 1)
細川和彦・山形敏明・苫米地司 (北海道工業大学) 12
 - 3 1996 年豪雪における市街地で発生した雪害 (その 2)
山形敏明・細川和彦・苫米地司 (北海道工業大学) 16
 - 4 雪に挑む JR 北海道
青池宏樹 (北海道旅客鉄道株) 20
 - 5 吹雪輸送量の粒径別高度分布測定
杉浦幸之助・西村浩一・前野紀一 (北大・低温研) 24
 - 6 羅臼峠の道路防雪林の雪丘害について
斎藤新一郎 (専修大学北海道短期大学)・原文宏 (北大・工)・阿部正明 (北海道開発技術センター) 28
 - 7 道路防雪林の現状と課題
阿部正明 (北海道開発技術センター)・原文宏 (北大・工)・斎藤新一郎 (専修大学北海道短期大学) 32
- **14:55~16:25 座長：金田安弘 (日本気象協会)
- 8 ロードヒーティングの道路構造と熱性状
佐山惣吾・酒井好夫 (寒地技研) 西川泰則・山口宗宏 (北工研)・岩本欣也 (融雪研)・許 オー (北大・工) 34
 - 9 難着雪デリニューターの開発
湯浅雅也・今津隆二・林 直樹 (積水樹脂株)・苫米地司 (北海道工業大学) 38
 - 10 屋根上積雪形状に関する研究
新井 覚・伊東敏幸・苫米地司 (北海道工業大学) 42
 - 11 膜屋根の雪処理に関する屋外実験について
荒島裕重・伊東敏幸・苫米地司 (北海道工業大学) 46
 - 12 屋外工作物に作用する積雪沈降荷重に関する研究
数矢 彰・苫米地司・伊東敏幸 (北海道工業大学) 50
 - 13 膜材料の滑雪特性に関する基礎的研究
山口英治・伊東敏幸・苫米地司 (北海道工業大学) 54
- **16:35~18:05 座長：兒玉裕二 (北大・低温研)
- 14 1996 年北海道古平町豊浜付近斜面崩落にかかわる岩石の凍結・融解実験
原田鮎一郎・福田正己 (北大・低温研) 58
 - 15 クッタラ火山灰斜面の凍結深度
河内邦夫・武藤 章 (室蘭工業大学・工) 62
 - 16 最終氷期における日高山脈の氷河の質量収支と流動の復元
劉 大力・小野有五 (北大・地環研)・成瀬廉二 (北大・低温研) 66
 - 17 プレート降雪結晶の弱層のせん断強度変化
八久保晶弘・秋田谷英次 (北大・低温研) 70
 - 18 雪や氷による空気の流れの教材化
大久保政俊・村上俊一・永田敏夫 (北海道立理科教育センター)・中里勝平 (北海道教育大学付属函館中学校) 74
 - 19 水や氷を素材とする教育実験「アイスレンズをつくる」
矢作 裕 (北海道教育大学・釧路校) 76

1995～96年札幌圏の豪雪災害－その特徴と背景－

秋田谷英次・天見正和（北大低温科学研究所）

1. 札幌の今冬の降・積雪の特徴

今冬の札幌の根雪初日は12月上旬であったが、12月11～13日、16～19日、24～26日と3回の大雪があり、初期には除排雪体制が十分でなかったこととも相まって陸・空の交通機関は大混乱をきたした。1月になっても雪害は多発し、特に1月8～11日の記録的な大雪では18年振りの陸上自衛隊の災害出動が要請された。その後も1月17、25日の大雪と吹雪で交通機関に大打撃を与えた。このような近年にない雪害発生件数と気象の関係を見るため、過去の降積雪状況と比較を行った。図1に近年の豪雪年である1990-91年と昨冬および今冬の3冬期の積雪深と日降雪量の推移を示した。90-91年は累積降雪量が637cmでこれまでの史上1位、また昨冬は寡雪年、今冬はこれまでの累積降雪深の記録を更新し、3月19日に642cmとなった。豪雪災害、すなわち降雪や積雪が社会に与えた影響の大きさを、新聞に報道された回数から判断する事も無意味ではない。

多くの人が悪影響を受け、混乱し、関心を持っている事は記事として取り上げられる可能性が高いからである。表1は上記3冬期の北海道新聞で「札幌、大雪」というキーワードで検索された月別の見出し件数である。通常1つの見出しで複数の被害を含むので、災害件数は見出し件数よりはるかに多い。「暴風雪交通網を寸断」という大きな見出しで複数の航空機運休や国道の交通止めをまとめて報道されるためである。

表1から、今冬は雪害が社会の関心事となり各方面に与える影響が大きかったことが予想できる。また、豪雪の場合は直接的被害が最初に報道され、後日その後遺症や他への波及効果や

表1. 3冬期の新聞見出し件数.

年 月	90-91	94-95	95-96
12	5	5	30
1	4	7	83
2	10	2	33
3	2	0	8
計	21	14	154件

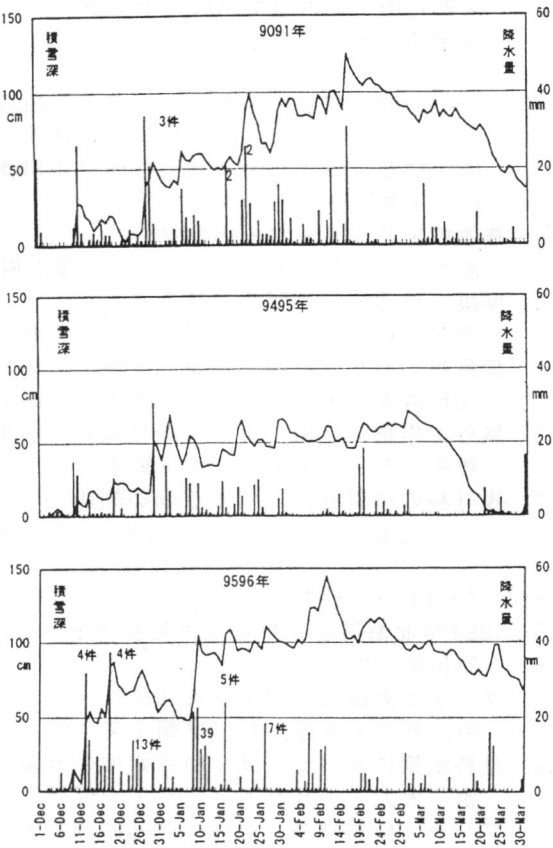


図1. 3冬期の積雪深と降水量の推移

図中の件数は新聞の見出し件数

2次災害等が報道され、一つの出来事で複数回報道されることもある。しかし、見出し件数も雪害の程度を表す一つの指標となり、表1からも今冬の雪害規模の大きさがわかる。

2. 積雪量と雪害

図1と表1から積雪深の推移や一降りの降雪量と雪害発生頻度は、ある程度関係があることが読みとれる。また豪雪年であった90-91年冬と、今冬の最大積雪深の差は20cm(125cmと145cm)、累積降雪深の差は5cm(637cmと642cm)であるのに、表1の新聞の見出し件数では7倍あまりの差がある。つぎに、この兩年の積雪量とその性質にどのような差があったか、さらに、過去10冬期の積雪と比べ今冬が異常な積雪であったかどうかを定量的に比較し、今冬の異常に多い雪害の原因を調べてみよう。

図2は過去10冬期の積雪深・積雪水量・積雪の平均硬さ(ラム硬度)を示した図で、深さ・重さ・硬さを視覚的・直感的に理解しやすいように表現したものである。これは低温科学研究所裏の観測露場で、毎年2月25日に測定した値である。北海道では例年、2月下旬は本格的な融雪期の前で、この時期の積雪には冬の間の降雪状況や気象条件が反映されている。10冬期の中では90-91年と95-96年の2冬期は深さ・量とも他の冬より多く、その中でも今冬は10冬期で最大である。しかし、硬さでは3番目である。ラム硬度1,2位の冬は暖冬少雪で、この時期までに一旦「ぬれざらめ雪」に変化し、それが寒気でふたたび凍結し硬い「乾きざらめ雪」となったものである。図2だけでは、今冬が異常に雪害が多発した原因は積雪量が多かったためと直ちに断定はできない。

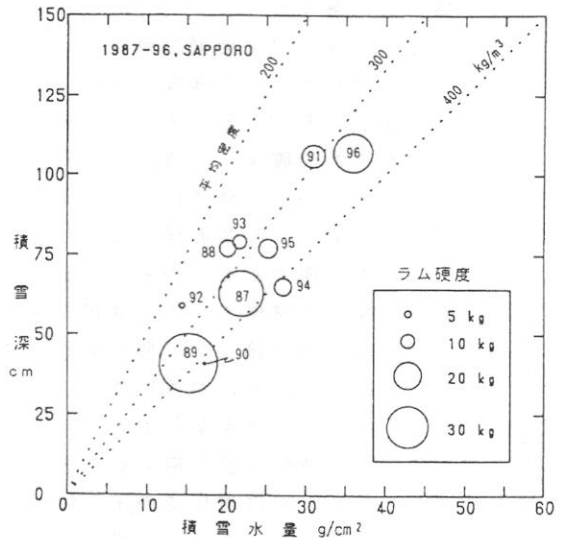


図2. 積雪特性図(積雪深、降水量、平均硬度)

図中の数字は西暦年、毎年2月25日の測定値

3. 雪害多発原因

ふたたび図1の積雪と降雪の推移から今冬の雪害発生原因を探ってみよう。今冬は根雪の初期に30mm以上のまとまった降雪が2回あり、積雪深はいっきに80cmに達し、この50年間の新記録となった。そのため道路除雪の準備不足で排雪場所や車両の確保が十分でなく、処理作業に時間がかかった。また、年末の24日から3日間は日降雪量は多くないが連続して暴風雪となった。前回の積雪が完全に処理されない時、しかも年末の物資流通の盛んな時期なので空路・陸路とも被害は拡大した。さらに1月8~11日には再び暴風雪に襲われ、フェリーを含むあらゆる交通機関に被害が発生し、この4日間の新聞記事は39件と、かつての豪雪年(90-91年)の一冬分の(21件)の2倍近い報道件数となった。1月8日以降、積雪深は1m前後で推移し、例年にない大雪となった。この他にも1月には、その後、2回のまとまった降雪があり、1月の見出し件数は合計83件となった。

表2に12、1月の集中的に発生した雪害状況を示した。鉄道、航空、道路とかつてない規模の大混乱が生じ、住民の生活に大きな影響を与えた。図1の新聞の見出し件数と降雪状況から雪害多発条件を見ると、①一日の降雪量が多いときと、②一日の降雪量はあまり多くないが、2～3日連続して降雪があった時に多発している。特に12月下旬と1月上旬には寒気が侵入し（上空5000mで-40℃）、道央圏は暴風雪となり降雪量の大きさ以外に吹雪が雪害に拍車をかけている。以上のことから、今冬の大雪害の発生要因は①冬のはじめに大雪が降り、②吹雪を伴い、③前回の雪が処理されないうちに次の大雪があり、③年末年始の人や物の移動が盛んなときに重なり、④これらの現象が人口の集中した札幌圏を直撃したためと結論できる。

4. 豪雪災害に備えて

今冬の雪害で高度な交通網が発達し、人口の集中した大都市は意外に自然災害には弱い事が明らかになった。この様な自然の猛威に対処するに、ハード面とソフト面のバランスのとれた対策が必要である。冬期交通路の確保には、①高性能で十分な数の除排雪機械、②近郊の雪捨て場の確保、③道路に散布する凍結防止剤、④それらの作業に従事する人員等、が必要であるが全て経済に関わる問題で、除排雪に税金をどれだけ使うべきかは住民の同意が必要である。今冬のような豪雪時にでも、通常と変わらない交通路の確保をすることは、もはや不可能である。限られた資材、資金、人材で最も効果的な対策には①気象推移の正確な予測、②確保すべき交通路の優先順位、③住民に対するこれら情報の的確な伝達等のソフト的対策の確立が必要である。さらに、効率的、効果的雪害対策には上に述べたハード、ソフトの両面の対策以外に、住民の理解と合意、協力がなければならない。今回の豪雪で反省すべき事をあげると、

- ①不要不急の車の運転を差し控えること：多くの人に緊急事態である事を認識してもらう、車が渋滞したため、除排雪作業の不可能な状態が多発した、
- ②道路への違法駐車をしない：除排雪作業の妨げになった車は多く見られた、非常時を対象とした特別な罰則も必要であろう、
- ③公共の交通機関を利用：そのためにはバス路線の優先的除排雪、
- ④徒歩通勤、通学の奨励：1時間以内なら徒歩も可能、そのためには徒歩に適した服装が必要（帽子、コート、靴、リック）、車の渋滞時には歩いた方が早い事が多々見られた、
- ⑤時差出勤奨励：あらかじめルール作りが必要、
- ⑥気象予測、交通状況、住民への的確なアドバイス：テレビとラジオを使用した情報伝達が効果的である。

これらは雪国住民の基本的なマナーとして確立したいものである。いまや、社会の趨勢として経済的効率以外に「人と自然に優しい生き方」があらゆる面から必要になっている。エネルギーと物資の使用を抑えることが自然環境の悪化を防ぐ最良の道である。そのためには住民一人一人の自覚が必要であり、雪国の生活も効率と便利さ、快適さをどこまでも追求出来ないことを自覚しなければならない。

表2. 1995年12月～1996年1月の札幌圏の雪害状況 (北海道新聞)

月 日	見出し・降雪状況	雪 害 内 容
12/12	石狩に大雪、札幌で降雪量は39cm	丘珠空港15便欠航
12/13	札幌36時間で62cm、日降雪量史上2位	千歳空港1時間閉鎖、千歳・丘珠18便欠航
12/14	札幌48時間の降雪量74cm、	千歳・丘珠23便欠航、道路はツルツル路面で渋滞
12/17	石狩北部大雪、札幌で真冬日	道央自動車道6時間通行止め
12/18	札幌積雪63cm史上2位(昭和20年67cm)	JR16本運休、丘珠空港3便欠航
12/19	ドカ雪「足」直撃、札幌交通網マヒ	JRが「引」切り替え不能・4.5万人影響、千歳22便欠航・4500人に影響 150人空港ターミナルで徹夜、丘珠7便欠航、道路札幌中心部で大渋滞
12/19	札幌積雪84cm、12月18日としては戦後最高	交通乱れる、札幌道通行止め、千歳22便欠航 JR65本運休、市民の足は深夜まで混乱
12/19	札幌積雪87cm、12月では史上4位(1890年以降)、交通網マヒ、バス無ダイヤ	列車止まり乗客地下鉄へ、市内高速道閉鎖、荷物配送遅れ 除雪車フル回転(900台)、JR18日朝から151本運休、
12/20	ドカ雪一過	道路渋滞、交通ダイヤ乱れ、足りぬ雪捨て場・45カ所中31カ所が7ノごみ収集大幅遅れ、校庭に雪山・子供は大喜び
12/20	記録的豪雪、JR参った	JR142本運休(19日)・7万人に影響・
12/25	千歳雪で38便欠航 道内大荒れ強い降雪と吹雪	千歳空港除雪のため2時間半滑走路閉鎖、4500人足止め 道央自動車道通行止め、苫小牧950世帯40分停電
12/25	暴風雪(低気圧台風並に発達)、 強い冬型気圧配置、交通網を寸断 全道で99小中高休校	JR92本運休、千歳35便欠航、臨時休校全道99校 道路渋滞、国道36号高速バス立ち往生、道内フェリー欠航 本州フェリー沖合いで待機450人、道央石油供給マヒ、トヨタ、いすゞ 苫小牧工場操業ストップ、小5年生除雪車にひかれ重体
12/26	道央圏を直撃したドカ雪低気圧 降雪量は平年の半分を突破	市民生活深刻・交通・物流・救急業務・ごみ収集、国道2路線吹雪で 通行止め、札幌の累積降雪242cm・12月では過去最高、
12/26	豪雪後遺症・低気圧に寒気 上空5000mで-40℃	千歳100便欠航・2300人空港ターミナル泊、丘珠18便欠航、JR117本 運休・48000人に影響、道央道通行止め、国道大渋滞、 JR貨物60本運休、歳末商戦に水、卸売市場入荷遅れ、
12/27	24日からの豪雪、市民生活ダウン寸前 交通渋滞・列車の遅れ	道路大渋滞、除排雪作業遅れ、市役所に除雪苦情電話殺到 排雪ダンプ百台追加、歳暮配達大混乱、
1/4	地吹雪の道央道(奈井江)で玉突事故	地吹雪で50m規制から80m規制になった直後・ 200m間の6カ所で25台追突・13人軽傷、路面は圧雪・アイスバーン
1/5	暴風雪・空陸の交通寸断	千歳・丘珠空港4便欠航、道央道・道道5区間通行止め
1/9	荒天・交通機関に乱れ、千歳・丘珠・ 釧路・帯広空港58便・フェリー2便欠航	道央道・札幌道・国道1・道道2区間通行止め、札幌一小樽国道8時間 立ち往生(スリップしたトラックが道をふさぎ、除排雪不能)
1/9	道央圏猛吹雪・小樽・後志陸の孤島 日降雪量:札幌54cm・小樽84cm(新記録) 上空5千米-40℃	札幌市電・市バスストップ、小樽JR全面運休・国道・札幌道通行止め、 JR特急24本運休、丘珠13便・千歳54便欠航、道央道・国道6線通行止 通勤・流通業界直撃、吹雪で歩行者車にはねられ死亡
1/10	暴風雪・市民生活に影響大 積雪・札幌96・小樽111cm 札幌市緊急対策本部、陸自が災害出動・ 札幌18年ぶり要請・人員190人・タンク 90台、血液供給ピンチ、	JR運休536本(過去最多94/2/4・249本)・15万人に影響 千歳・丘珠97便欠航、札幌市電・市バス運休で13万7千人に影響 ごみ収集・緊急業務に支障、スキー場休業、ホテルキャンセル、 暴風雪で停電2400世帯(2市3町7ヶ所・最大5.5時間)、 運輸業界千トン滞貨・鮮魚・青果入らず・卸売り市場せり中止、
1/11	暴風雪峠越す、陸・空路なお混乱	JR243本運休・6万2千人に影響、千歳・丘珠16便欠航、 高速道3区間・国道2区間、道道17区間通行止め、
1/17	札幌の累積降雪量昨年を突破	16日404cm(昨年一冬総量394cm)、丘珠空港13便欠航
1/17	落雪にSOS・ガス管破損や灯油もれ	落雪によるガス管破損等で市消防局26回出動、
1/17	記録的大雪に悲鳴・道内運輸業界	JR貨物5億円・中央バス2億円・札幌通運3千万円の収入減
1/25	吹雪で多重衝突・国道275号	猛吹雪視界ゼロ・3ヶ所で13台の追突事故・4人負傷、3時間閉鎖
1/25	吹雪で4台玉突・死亡2名・国道275号	吹雪で徐行中の乗用車が追突されトラックとの間に挟まれる
1/25	大雪で休校や通行止め相次ぐ	空知管内休校40・授業打ち切り34校、道央道・道道吹雪で通行止め

1996年豪雪における市街地で発生した雪害(その1)

○細川 和彦, 山形 敏明, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1. はじめに

1995年12月上旬から降り始めた雪は、その後も断続的に降り続けて記録的な豪雪となり、市民生活を直撃した。吹雪による交通網の混乱は、通勤や通学へ影響を及ぼすと共に、流通へも大きな影響を与えた。ドカ雪に十分に対応しきれない除排雪作業の遅れは、緊急車両の運行やゴミ収集に大きな支障をきたし(写真1参照)、市民生活に不安を与えた。さらに、老人世帯では、屋根の雪下ろしや建物周辺の除雪もままならない状態で住宅も雪に埋もれ(写真2参照)、また、介護活動へも支障をきたし、豪雪は弱者へ容赦なく襲いかかった。筆者らは、これまで冬期間の防災対策の不十分な状況を指摘してきたが^{1, 2, 3)}、今冬の市街地を襲った豪雪は、冬期間の生活を維持するための交通網の確保、除排雪体制等を含めた防災対策を改めて考える機会となった。



写真1 取り残された住宅地のごみ
(札幌市手稲区前田)

このような背景から、本調査では、これらの市街地で発生した雪害状況を明らかにし、冬期間における防災対策の検討資料を得ることを目的に、気象的背景および新聞に掲載された雪害事象記事を分析し、さらに、人身事故の発生状況について分析した。本報では、気象的背景および新聞に掲載された雪害事象について報告する。

2. 調査方法

1996年豪雪における気象的背景を明らかにするため、財団法人日本気象協会の気象表(観測地、札幌)を用い、1995年12月～1996年2月の札幌圏における降雪深さ、最深積雪深、平均気温および平均風速の状況を分析した。さらに、市街地で発生した雪害状況の資料を得るため、秋田谷らの研究を参考に北海道新聞の縮刷版の1995年12月～1996年3月の朝刊および夕刊を対象に雪害事象記事を抽出し分析した⁴⁾。

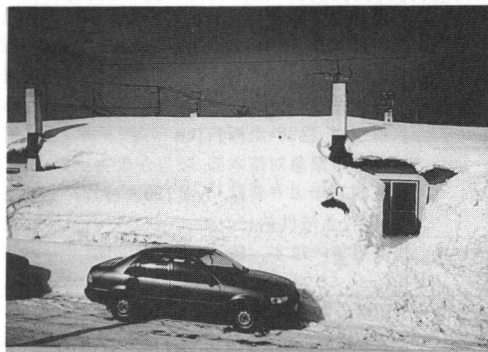


写真2 雪に埋もれた老人世帯の住む市営住宅
(札幌市手稲区の市営住宅)

3. 研究結果

3.1 気象概要

札幌の気象状況を見ると、以下のようになる。12月～2月の降積雪状況を図1に示す。図のように、12月の降雪状況は12月8日から断続的に降雪が続き、累積降雪針は256cmに達し、平年値(100cm)の2.5倍以上となり、観測史上最大値を示した。また、12日～26日まで連続して降雪現象が発生し、降雪深は232cmとなった。また、12日に発生した日降雪深51cmは、観測史上第2位の記録となった。1、2月の降雪状況も12月と同様に断続的に降雪が続き、累積降雪深は12月と同様に平年値を上回った。次に、12月～2月の平均風速および平均気温を図2に示す。図のように、この間の平均風速は各月とも平年値より大きい値を示し、平均気温は、各月とも平年値より1℃前後暖かい状況であった。吹雪の発生状況を見ると、12月の平均気温は平年値(-1.4℃)に比べて高く、吹雪の発生が少ない条件下であった。1、2月になると、平均気温が-3.5℃前後まで下がり、日降雪深10cm以上の日における最大風速(10分間平均)も5m/s以上の場合が多くみられ、吹雪の発生しやすい条件下であったと言える。

3.2 新聞に掲載された雪害事象

1995年12月～1996年3月の間に北海道新聞(朝刊, 夕刊)に掲載された「雪に関する事象」を抽出し分析した。今冬期最初に掲載された記事は、12月10日の「弟子屈町美幌峠で発生した雪崩に除雪車が飲み込まれたが、無線で救助を求めて救出された。」という内容の記事であった。そして、最後に掲載された記事は、3月16日の「札幌市内の川が融雪により水位が上昇した。」という内容の記事であった。この間における

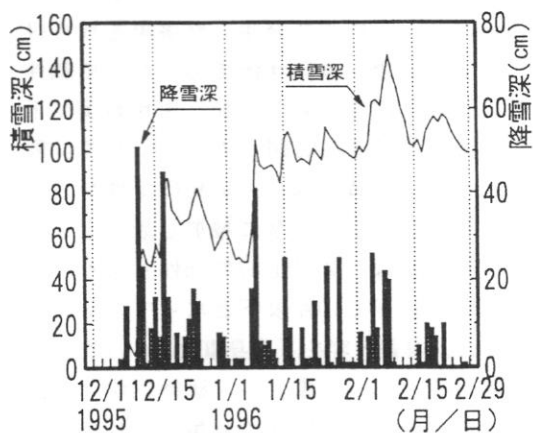


図1 降積雪状況(1995.12～1996.2)

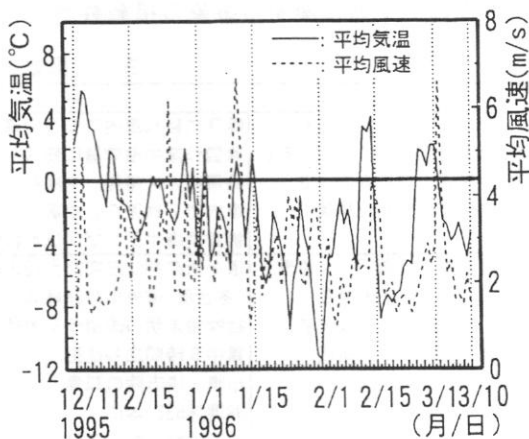


図2 平均風速および平均気温の状況
(1995.12～1996.2)

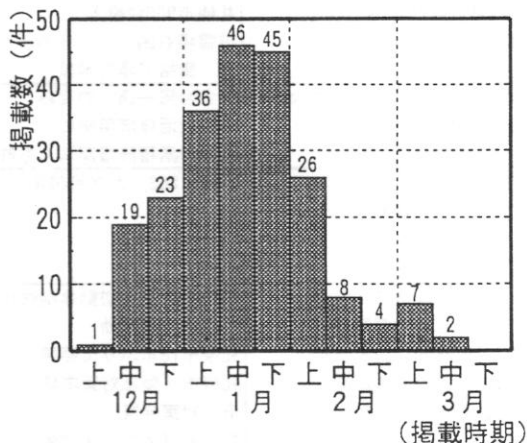


図3 新聞掲載件数の推移状況

「雪に関する事象記事」の掲載件数は 217 件となり、札幌圏で発生した事象を取り扱ったものが最も多い状況であった。掲載件数の推移状況を各月の月上旬、中旬および下旬ごとに集計すると図 3 のようになる。図のように、掲載数は12月上旬の 1 件から 1 月中旬の 46 件まで急激に増加し最大となった。その後は、2 月上旬で 26 件となり、2 月中旬を過ぎて 10 件以下となっている。

次に、掲載内容を「人身事故」、「交通」、「除排雪」、「気象」、「建物倒壊」および「その他」の 6 項目に分類し、各月ごとの掲載状況をみると図 4 のようになる。図のように、交通に関する事象の掲載数が 75

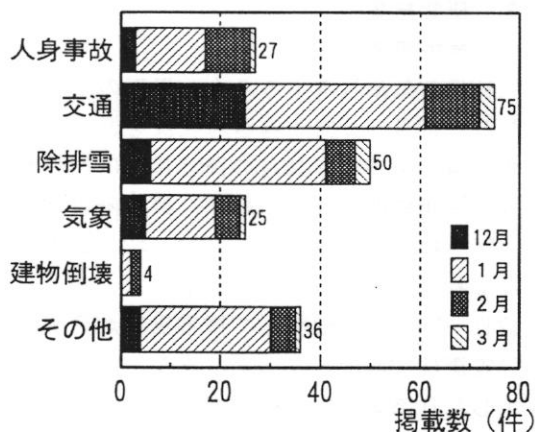


図 4 掲載内容別の掲載状況

表 1 掲載記事の主な内容

	12月	1月	2月	3月
人身事故	雪崩、除雪車飲み込む 除雪作業中にはねられ死亡 終業式、登校中の小 5、 除雪車にひかれ重体	除雪に疲れ車内で CO 中毒死 除雪作業中融雪層に転落し死亡 除雪中ガス爆発、主婦死亡 車内で 2 幼児 CO 中毒 排雪誘導中ダンプにひかれ即死	雪崩で男性生き埋めに 除雪作業の男性死亡 生き埋め 4 時間 68 歳助かった	落雪で 1 人重体
交通	師走のドカ雪「足」直撃 JR 4 万 5 千人混乱 「新千歳」100 便欠航 新千歳で 150 人徹夜	道央道奈井江玉突 25 台 13 人けが “冬台風”道央まひ JR 線高波で陥没 猛吹雪未明の国道ラジオ情報入らず 雪中 8 時間立ち往生 小樽・後志陸の孤島 JR 運休 536 本に 交通寸断、対策不足の“人災”	情報まひ 運休決定利用客は知らず	
除排雪	足りぬ排雪場 市民生活「ダウン寸前」 排雪遅れ年越しも	道まぬ除雪にいらだち 現場に着けぬ除雪車 札幌市 900 台投入 排雪場も困った、3 カ所バンク寸前 市、雪捨て場を増設	除排雪費既に 78 億円 流雪溝整備に期待増す	雪捨て場へダンプ うろうろ
気象	札幌で 39cm、石狩に大雪 低気圧に強い寒気 少雪地帯に猛威	“冬台風一過”の笑み 市民生活ほぼ普通に 札幌の累積降雪深早くも昨冬を突破	冷え込み今冬一番 札幌のドカ雪はやひと冬分 道東中心に大雪	雪解けで水位上昇
建物倒壊	(掲載なし)	落雪に SOS、ガス管破損、灯油漏れ	積雪 180cm 屋根落ちる ガソリンスタンドの屋根 雪の重みで落下	(掲載なし)
その他	大雪で暖房フル稼働 最大日電力量更新 JAF 救助要請相次ぐ ドカ雪の影響深刻に 救急、ごみ収集ピンチ	市防災計画「初動体制強化に重点」 陸自が災害出動 札幌市 18 年ぶりに要請 札幌市「緊急対策本部」設置 道が対策会議 雪におびえた生活弱者 最大日電力量寒さで新記録	岩見沢三笠、自衛隊派遣を 要請 札幌でドカ雪シンボ	道が融雪期の道路 パトロールを強化

件と最も多く、次いで、除排雪に関する事象が50件となり、これらで、全体の半数以上を占めていることがわかる。掲載記事の主な内容を見ると表1のようになる。表のように、住宅地における雪捨て場の問題や、ごみ収集の遅れに関する問題、緊急車両の到着遅延の問題などが多く見られる。さらに、交通と除排雪の問題が複合した事例で、除排雪の遅れが交通網の麻痺を引き起こし、独居老人宅への配食サービスやヘルパーなどが訪問できなくなったことや、人工透析患者が透析を受けられないなどの問題を深刻に報じた記事もあった。人身事故に関する掲載記事は、融雪槽への転落事故や、車中などでの一酸化炭素中毒などの二次的事故が発生することを報じた記事があった。その他の内容に関する掲載記事としては、豪雪に対する行政などの対応に関するもので、札幌市の緊急雪害対策本部の設置、陸上自衛隊への災害派遣要請や、通行止め中の高速道路における緊急車両に対する特別措置などに関する記事と、豪雪に対する行政などの対応の遅さに対する住民の不満に関する記事などが取り上げられ、特に、社会福祉や緊急車両への対応、災害医療に対

する問題や写真3に見られるように、消火栓が雪に埋もれるなどの事象は問題視され、冬期間における防災対策の再考を指摘する記事があり、多くの問題提起がされた。

4. まとめ

1995年12月～1996年2月にかけておこった豪雪は、平年より多量の降雪があったことはもとより、平年、1、2月に集中する降雪が12月に集中したために行政をはじめとする様々な機関で、その対応が遅れたことは明らかである。さらに、新聞に掲載された雪に関する事象の掲載数をみると、交通に関する雪害と、除排雪や人身事故に関する雪害の掲載が半数以上を占め、人々の生活の多方面にわたり影響を与えた。さらに、今冬の豪雪による雪害の一部は、近年、寡雪年が続き、防災対策に対する意識が薄れていた社会によっておきた人災的側面を有するとも言える。このようなことから、社会福祉や緊急車両への対応、災害医療などに対する多くの問題提起がされた。冬期間における防災対策の再考によって、事前の初期対応がなされることにより、被害の減少につながるであろう。



写真4 雪に埋没した消火栓を掘り起こしての消火活動（札幌市西区発寒）

【参考文献】

- 1) 山形敏明他1名：冬期間における避難施設の現状と対策について，日本雪工学会誌，Vol.12 No.2, pp3-10, 1996.3
- 2) 山形敏明他2名：北海道における雪害に関する基礎的研究，日本建築学会計画系論文報告集，第447号，pp61-68, 1993.5
- 3) 細川和彦他2名：積雪地域における冬期間の防災対策に関する基礎的研究，日本建築学会北海道支部研究報告集，pp161-164, 1996.3
- 4) 秋田谷英次他1名：新聞から見た北海道の雪氷災害，北海道自然災害科学資料センター報告4，pp.3-10, 1989

1996年豪雪における市街地で発生した雪害(その2)

○山形 敏明, 細川 和彦, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1. はじめに

前報(その1)では, 1996年豪雪における市街地で発生した雪害状況を明らかにし, 冬期間における防災対策の検討資料を得ることを目的に, 気象概要および新聞に掲載された雪害事象を整理した。引き続き本報では, 降積雪状況と新聞掲載記事数の関係および人身事故の発生状況を報告する。

2. 調査方法

前報(その1)の調査と1993/1994年および1995/1996年冬期間の人身事故についてまとめた北海道警察本部地域企画課の資料を用いて整理した。

3. 調査結果

3.1 札幌圏における降積雪状況と新聞記事掲載数について

札幌圏で発生した事象を取り扱ったものが最も多いことから, 札幌の降積雪状況と掲載

数との関係をみると以下ようになる。札幌における各旬ごとの累積降雪深と記事掲載数の関係をみると, 図1となる。図のように, 12月中旬の累積降雪深が最も多く172cmとなるが, この時の掲載数は19件に留まっている。掲載数が46件と最も多くなった1月中旬の累積降雪深は58cmで, 12月中旬の1/3にも満たない。掲載件数45件の1月下旬および掲載件数36件の1月初旬においても, それぞれ累積降雪量が47cm, 72cmと12月中旬の累積降雪量の1/2以下である。

次に, 札幌における各旬ごとの最深積雪深と記事掲載数の関係をみると, 図2となる。図のように, 2月上旬の最深積雪深が145cmとなり, この時の掲載数が26件となっている。掲載数が増える1月についてみると, 最深積雪深がいずれの旬においても100cmを越えている。掲載件数の増加傾向をみても各旬の最深積雪深が100cmを越えるあたりから増加している。

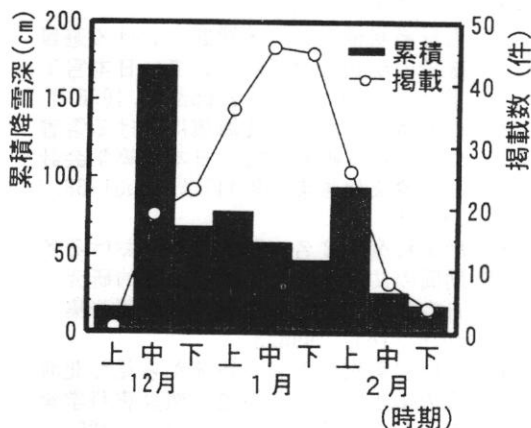


図1 札幌における累積降雪深と記事掲載数

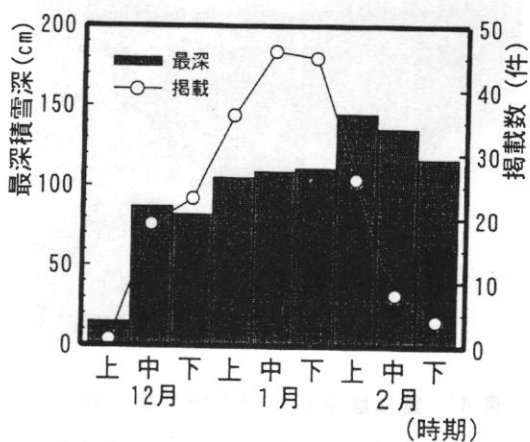


図2 札幌における最深積雪深と記事掲載数

これらの降積雪状況と掲載件数との関係を見ると、降雪量の大小が掲載数を直接支配しているとは言えない。累積した降雪量で形成される最深積雪深が掲載数を支配していると考える。札幌圏では、最深積雪深が100cmを越えた時点で種々の市街地における雪問題が発生してくると言えるであろう。

3.2 北海道の市街地で発生した人身事故

1993/1994年および1995/1996年の2冬期間に市街地で発生した人身事故の状況を以下に示す。

1993/1994年の人身事故の発生状況について図3に示す。1993年12月～1994年3月を対象にした人身事故は、総件数33件であった。市町村別では、旭川市12件、札幌市11件、小樽市2件、他の8市でそれぞれ1件であり、都市型の雪害を顕著に示している。

事故発生件数と被害者の年齢の関係を図4に示す。図のように人身事故の被害者のほとんどは10才以下の幼児と50才代からの高齢者で占められ20才～30才代は少ない。事故のうち負傷状況が死亡または重傷であったものが14件（全体の42%）あり、うち11件が50才代後半～81才までの高齢者である。また、死亡または重傷の被害は、ほとんどが自宅および

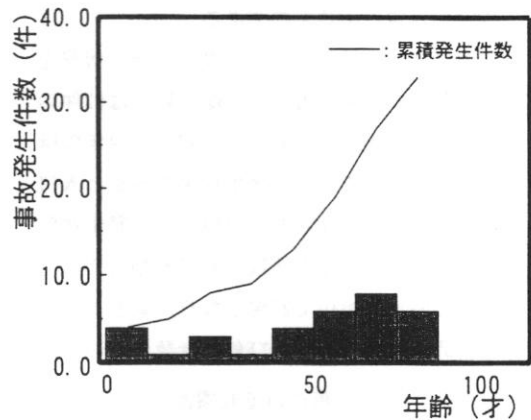


図4 事故件数と被害者の年齢の関係
(1993/1994年)

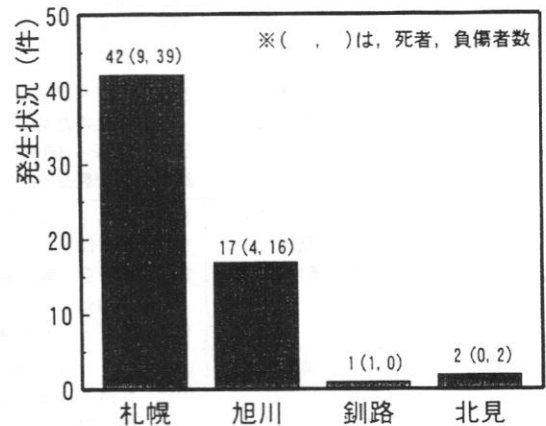


図5 人身事故の発生状況 (1995/1996年)

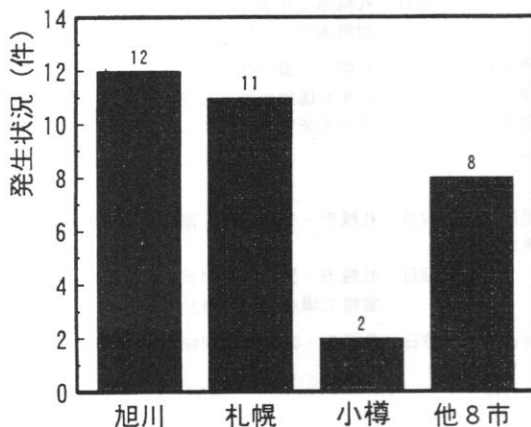


図3 人身事故の発生状況 (1993/1994年)

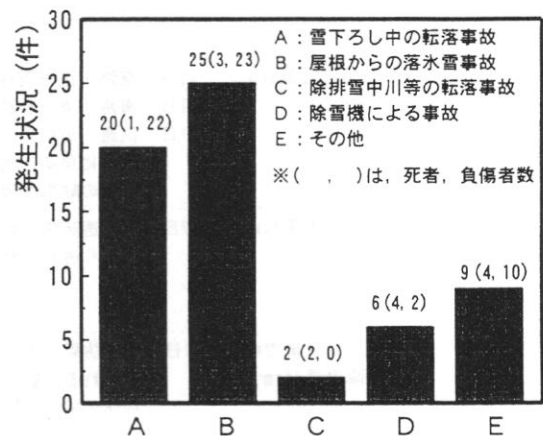


図6 人身事故の発生要因 (1995/1996年)

隣家の落雪によるものである。

次に1995/1996年の人身事故の発生状況を図5に示す。図のように、総件数では62件の人身事故が発生しており、1993/1994年のほぼ2倍となっている。発生状況を見ると人口の集中している札幌および旭川での発生件数が多く、全体の発生件数に対する割合では札幌で68%、旭川で27%となり、両者で95%も占める。死者数および負傷者数においても

同様に札幌、旭川が大半を占めている。

次に人身事故の発生要因をみると図6となる。図のように人身事故の発生要因では雪おろし中の転落事故と屋根からの落氷雪事故が最も多く、それぞれ20件、25件となっている。全体に対する割合をみると、雪おろし中の転落事故が32%、屋根からの落氷雪事故が40%となり、両者で70%以上を占める。死者数の割合は29%、負傷者数の割合は79%となって

表1 新聞記事にみる札幌圏における雪害の発生状況と対策の現状（自治体の対応を中心に）

月	降雪状況	掲載記事	自治体の対応
12月	11日～14日までの 累積降雪量74cm	13日 空路・23便欠航 13日 市営バス・最大70分遅れ 14日 空路・始発便に90分遅れ 19日 J R・ポイント切り替え 不良のため 142本運休	19日 雪捨て場 市内45カ所中31カ所開設
	24日～25日までの 累積降雪量27cm	25日 J R・ポイント切り替え 不良のため 107本運休 25日 空路・100便欠航 26日 石油製品の出荷が困難	
1月	8日～9日までの 累積降雪量54cm 9日最深積雪深105cm	8日 空路・7便欠航 9日 都市間バス 全面運休 9日 赤十字・献血車動けず血液 供給ピンチ 9日 J R・536本運休	9日 札幌市「緊急雪害対策本部」設置 9日 陸上自衛隊台災害派遣準備 9日 札幌市 24時間態勢で除雪
	10日の降雪量6cm	10日 J R・243本運休 10日 空路・16便欠航 10日 都市間バス・13路線運休 10日 9、10日「福祉サービス」 「配食サービス」活動困難	10日 道・北海道雪害対策連絡部 会議開催 10日 消防・15日まで「火災・落雪 特別警戒期間」に指定 10日 札幌市・午前7時30分 陸自に災害派遣要請 10日 札幌市・午後3時、緊急雪害 対策本部が2回目の会議
	11日の降雪量5cm	11日 空路・正午現在7便欠航 11日 海路・道内航路全便欠航 11日 流通、消防車、救急車ほぼ 平常に戻る。消防は消火栓 付近の除雪を実施	11日 札幌市・緊急雪害対策本部は 公園や国鉄生産事業団所有地等 16カ所を雪捨て場に
	12日の降雪量6cm	12日 人工透析患者がJR運休 により透析を受けられない	12日 札幌市・午後5時、陸自に撤収要請 15日 札幌市・緊急雪害対策本部、 雪捨て場を13カ所増設
	16日～17日までの 累積降雪量34cm	17日 市消防局 雪が原因と みられる出動件数、9日か ら16日午後7時現在26件	17日 札幌市・非常参集訓練
			29日 札幌市・第3次5年計画 除排雪対策倍増

いる。図7に示す年齢別みた人身事故の発生状況を見ると、60歳以上の被害者が35名と最も多く、全体の約50%にもなる。死者数をみても25名と最も多く、全体の44%にもなる。

このように、豪雪年となった1995/1996年では人身事故の発生件数が1993/1994年の人身事故の2倍となっている。また、市街地で発生する人身事故は、人口の集中している都市部において発生する屋根雪に関わる事故例が多く、その被害者は高齢者であることが特徴的である。

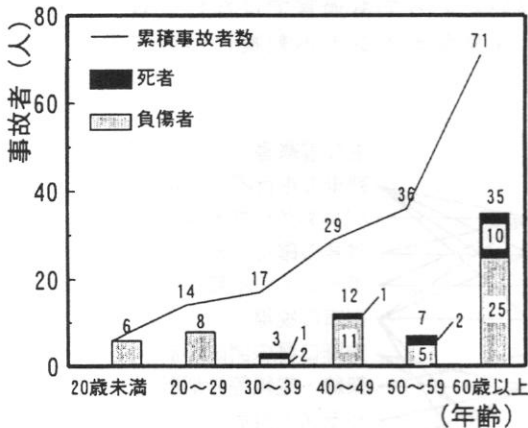


図7 年齢別にみた人身事故の発生状況
(1995/1996年)

3.3 雪害状況と自治体の対応時期

1995/1996年に発生した豪雪に対する自治体（北海道庁、札幌市役所）の対応を新聞記事でみると表1となる。同表のように、12月19日に例年より1ヶ月早く雪捨て場を開設している。その後、最深積雪深が今シーズン始めて100cmを越えて105cmとなった1月9日に「緊急雪害対策本部」が設置され、本格的な対策に至っている。北海道庁でも1月10日に「北海道雪害対策連絡部会会議」を開催している。行政の対応も最深積雪深100cmが一つの目安となっていると言えるであろう。

これらの自治体の対応時期を最深積雪深と雪害記事累積掲載数との関係からみると図8

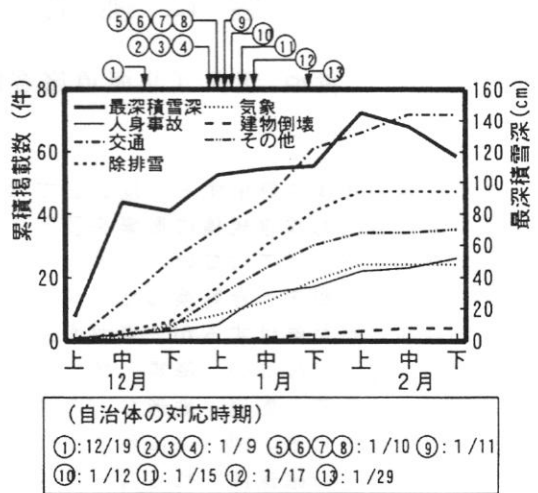


図8 最深積雪深と雪害記事累積掲載数

となる。図のように交通障害は最深積雪深が増すに伴って出現し、除排雪や人身事故などは降雪から時間を経て出現している。自治体の対応は各事象の出現後の対応になっていることがわかる。自治体の対応時期についてみると、例えば気象情報のシステム化による短期限の予測が可能となった現在では、事前の初期対応も可能と考える。

4. まとめ

本調査は、「1996年豪雪」の被害状況を整理分析した。これらの結果みると、新聞の雪害記事掲載件数の大小は降雪量の大小に直接関係なく、最深積雪深との関係が大きい。市街地の雪問題は、最深積雪深が100cmを越えた時点での発生が多く、行政の対応もこの値が目安と言える。

市街地で発生する人身事故は、人口の集中している都市部において発生する屋根雪に関わる事故例が多く、その被害者は高齢者であることが特徴的である。

詳細な検討および分析については今後行う予定である。

雪に挑む J R 北海道

青池 宏樹（北海道旅客鉄道株式会社 苗穂工場）

1. はじめに

鉄道の雪害規模を評価する尺度としては運休本数や遅延時分等があるが、設備や運行方法などの要因も雪害規模に影響を及ぼすので、降雪規模の大小と雪害規模の大小は必ずしも比例するわけではない。J R 北海道の鉄道輸送事業は昨年度深川～名寄間の深名線を廃止しバス輸送へと転換した。深名線は全国に誇る豪雪線区であり除雪態勢ではいくらか軽減された気はするが、東西南北に伸びた2, 500km余りのレールを保守するのは容易なことではない。降雪・積雪地域と一口にいても地域による降雪量の違いは勿論のこと、雪質・風速・地形などの違いによって、雪や寒さが原因となる様々な形態の輸送災害が生じる。図-1に示すように、雪や寒さによって鉄道の被る害は多岐にわたり、鉄道輸送の確保はこれら雪や寒さとの闘いといっても過言ではない。以下に様々な雪害形態について述べ、なかでも最も発生が頻繁なポイント不転換について取り上げ対策のいったんを紹介する。

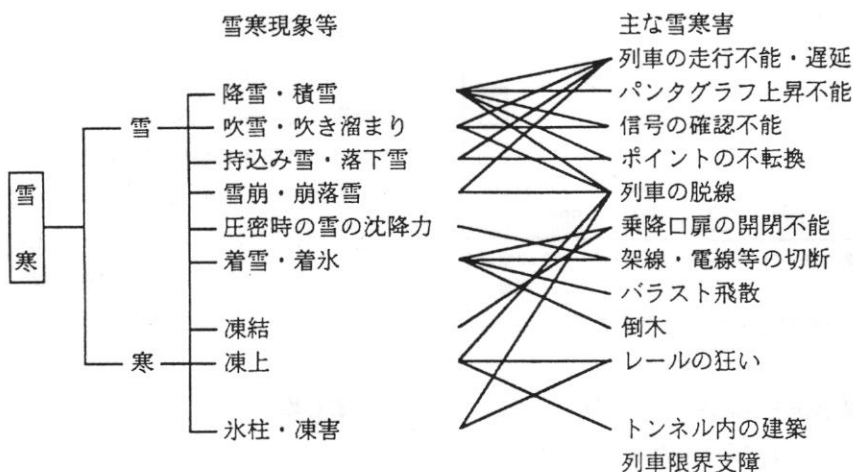


図-1 雪寒現象と鉄道の被る主な害

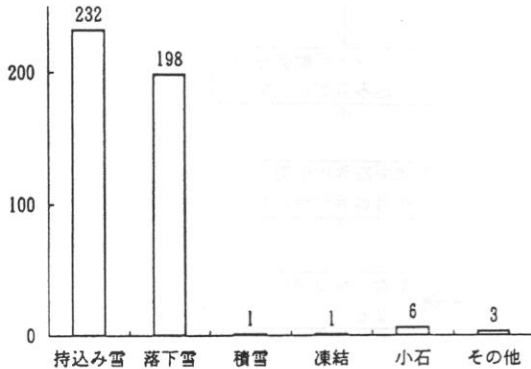
2. 鉄道の雪害形態

北海道には地吹雪という気象現象がある。地吹雪によって吹きだまりとなった雪は、硬く密度が高いため積雪深のわりに走行抵抗が大きく、ときに列車を遅延させる。また長期間の降雪で線路が雪で埋まり、うずたかく積まれた雪の壁に挟まれた1本の回廊のような状態になり、ラッセル除雪に支障をきたす。最近では沿線の住宅化も回廊を生じさせ同じような支障を持たらす。その他にも凍結・凍上などにより、レールに高低狂いが生じたり、軌間を一定に保持できなくなるなどの事象も発生する。それに類した問題としてトンネル内の氷柱・地山の凍害等があげられる。歪んだトンネルは列車の安全走行を脅かす。その他にも様々な形態の雪害が発生するが、最も頻繁に発生し頭を悩めて

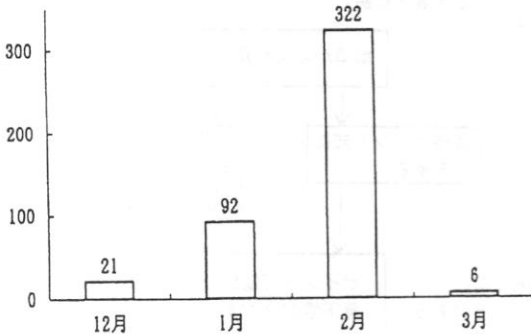
いる問題はポイントの不転換である。ポイントに雪や氷があるとポイントは本来の動きが困難となり、軌道回路の短絡による信号の不動作も発生し列車の走行が困難となる。

図-2に93～94年にかけての一冬のポイント不転換発生状況を示す。

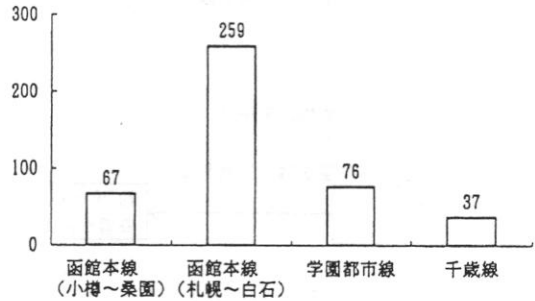
(1) 要因別発生件数



(2) 月別発生件数



(3) 線区別発生件数



(4) 駅別発生件数(ワースト10)

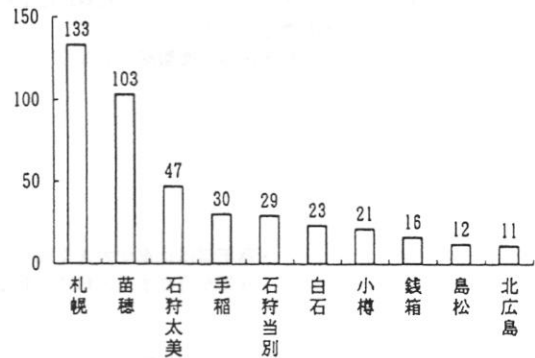
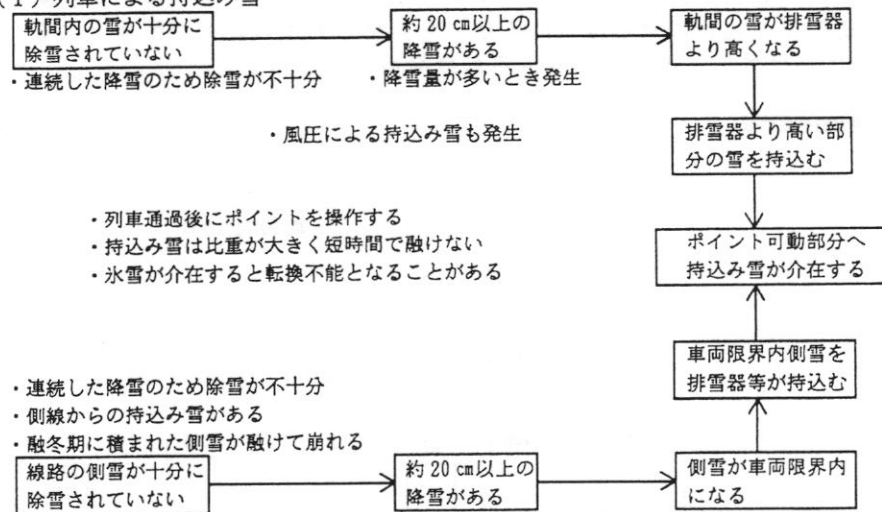


図-2 ポイント不転換発生状況 (93～94年の一冬)

全体で441件発生しており、要因別に分類すると列車による持込み雪・落下雪が全体の98%を占めている。持込み雪とは軌間内の残雪や線路側面の残雪及び多量の降雪等が車両の排雪器によってポイント部に押し込まれて発生する。また、落下雪とは車両の床下を中心に付着した雪塊が、ポイント通過時の衝撃・動揺等で落下し直接または転動してポイント部に介在して発生する。発生時期は降雪が軌間に蓄積される2月に多く、線区・駅別では札幌・苗穂付近に集中している。これはポイント数及び転換回数が多いなども原因している。また、石狩太美・石狩当別に多く発生しているのは、地域的にみて風雪時に線路内に雪が溜まり易いことも原因している。いずれにしてもポイント不転換の主たる原因は走行する列車によって起こされる持込み雪・落下雪である。図-3に列車による持込み雪・落下雪の発生過程を示す。

(1) 列車による持込み雪



(2) 列車による落下雪

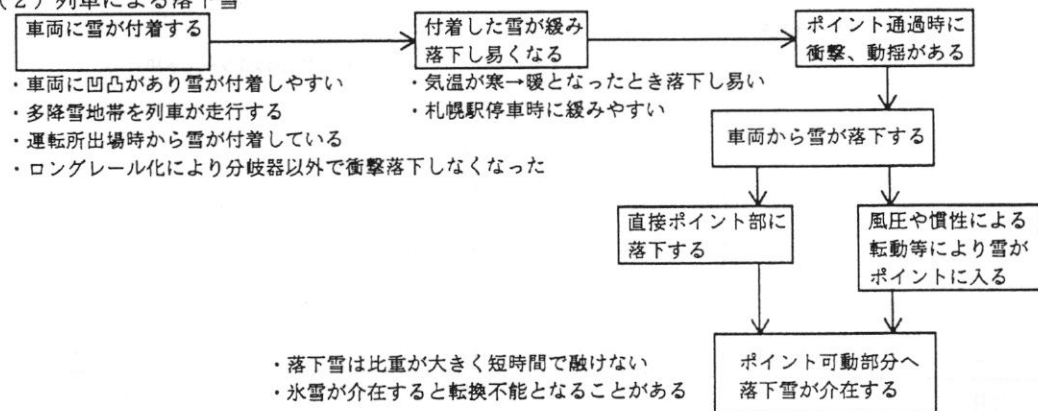


図 - 3 列車による持込み雪・落下雪の発生過程

3. ポイント不転換対策

ポイントによっては付帯する装置等が邪魔をして機械による除雪が困難な箇所もあり人海戦術による除雪に頼らざるえない厄介な設備でもある。現在行われているポイント不転換防止対策の主流は融雪である。北海道内で設備されているポイント融雪装置の種類は温風式融雪器と電気融雪器の２種類があるが、構造が簡単で保守・操作が簡便なうえ、熱源の確保が容易等の理由により電気融雪器が多く用いられており、約 2,600 箇所のポイントに設備されている。しかし、融雪装置は決して万能ではなく、列車による持込み雪・落下雪のような短時間の多量の雪塊等には十分な効果はない。図 - 4 に列車による持込み雪・落下雪とに分類した不転換防止対策を示す。対策はポイント側と車両側に分けて行われている。ポイント側では、ヒーター部の改良はもとより新たに可動部分の融雪装置の開発や軌間下部開口により空洞部分を設ける等の工夫がされ、試作箇所

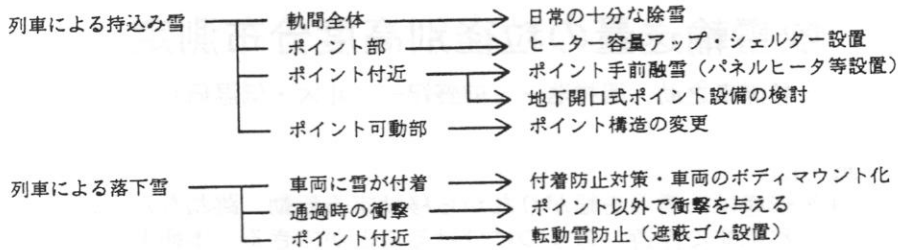


図-4 ポイント不転換対策

を設けて経過を観察中である。一方、車両側では図-5に示すような着雪防止対策を施した列車で営業運転を通して実験されている。特に雪が付着しやすい床下を中心に、複雑な機器が露出しないようカバーで覆ったり、機器箱間の凹凸にフサギを設けて平面化したり、走行風を利用して雪を払う等の工夫がなされている。これらの中から良好な対策について随時他の車両にも応用されていく。

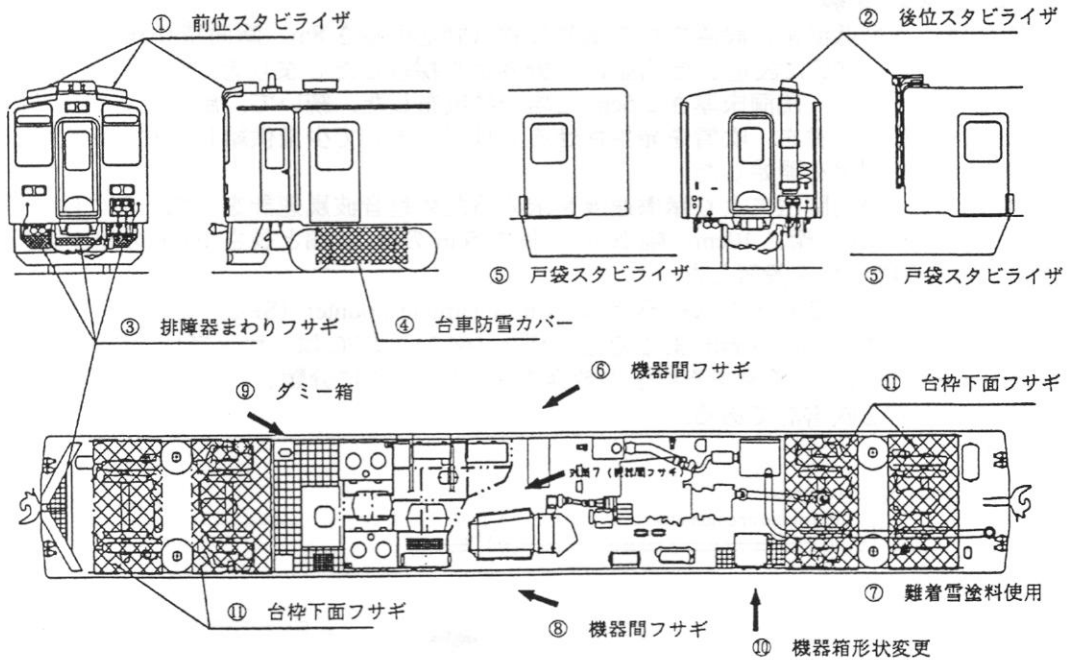


図-5 着雪防止対策車の概要

4. おわりに

北海道のように数ヶ月間すっぽりと雪に覆われる地域に、これだけの人口があるのは世界中でも珍しい。そこに住む者は雪国の知恵を身に付け自然の偉大さを知っている。冬を経験せず北海道を語れないのと同様に、北海道の雪害対策を他の地域に学ぶことはできない。雪国の知恵を生かした雪害対策を目差して、全社員一丸となり取り組んでいるところである。

吹雪輸送量の粒径別高度分布測定

杉浦幸之助・西村浩一・前野紀一（北大・低温研）

1. はじめに

吹雪粒子の運動形態は、雪面を転がりながら移動する転動、跳ねながら移動する跳躍、空中を漂いながら移動する浮遊、の3つに分けることができる。本研究では、雪輸送において最も基本的な運動形態である跳躍運動に着目し、跳躍粒子の吹雪輸送量（Snow mass flux [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]) の高度分布測定を行った。吹雪輸送量を雪面からの高さ0から ∞ まで積分した値である全吹雪輸送量（Snow transport rate [$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$]) に関しては、これまで数多くの経験式が提唱されている（Budd *et al.*, 1966; Kobayashi, 1972; Takeuchi, 1980 など）。これらの式はいずれも風速のみの関数として表されているが、摩擦速度、粒径、温度なども重要なパラメータと予想される。本実験ではこのうち、摩擦速度と粒径に着目し、吹雪輸送量との関係を調べた。

2. 低温風洞実験

実験は、大型低温室に設置された風洞装置（測定部長さ8m、断面積 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ）を用い、室温は -15°C に設定した（図1）。野外より採取したしまり雪（平均粒径 0.36mm ）をふるいにとおし、風洞床厚さ 2.5cm に均一に散布した。続いて、風上上方もしくは下方より同じしまり雪を、吹雪を発生させるトリガーとして少量供給し、吹雪が定常状態に達した後、測定を開始した。

風下には、渦相関法により摩擦速度を求めるため超音波風速計を、風下端には、箱型吹雪計（全長 1m 、深さ 10cm 、幅 20cm 、長さ 5cm の箱14個と長さ 10cm の箱3個の合計17個から構成）を設置した。

吹雪輸送量の高度分布を求めるため、Snow Particle Counter（SPC）を風下に設置し、雪面からの高さを $16 \sim 61\text{mm}$ まで変化させた（図2）。SPCは、サンプリング範囲（ $2\text{mm} \times 25\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ ）を通過する粒子の粒径を32ステップに分類し、各ステップごとの粒子数を出力する吹雪計である。

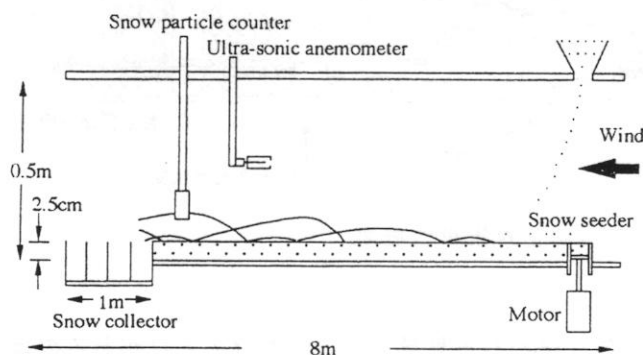


図1 風洞装置の概略図

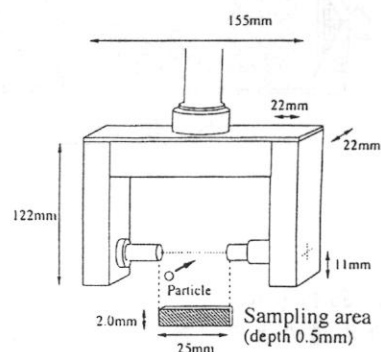


図2 SPCの概略図

3. 結果および考察

3.1 頻度分布

SPCにより求められた粒径頻度分布を図3に示す。摩擦速度が0.15m/sの場合を除いて32ステップ目にピークが見られるが、これはSPCで計測される最大粒径(0.667mm)より大きい粒子が、このステップにすべて含まれることによると考えられる。よって、以降はこの32ステップ目を除いて解析を行った。いずれの場合も、雪面からの高さが増すにつれ、小粒子の頻度が増加した。また高い位置では、粒径間の頻度差が摩擦速度が増すにつれ小さくなり、なだらかな分布となった。

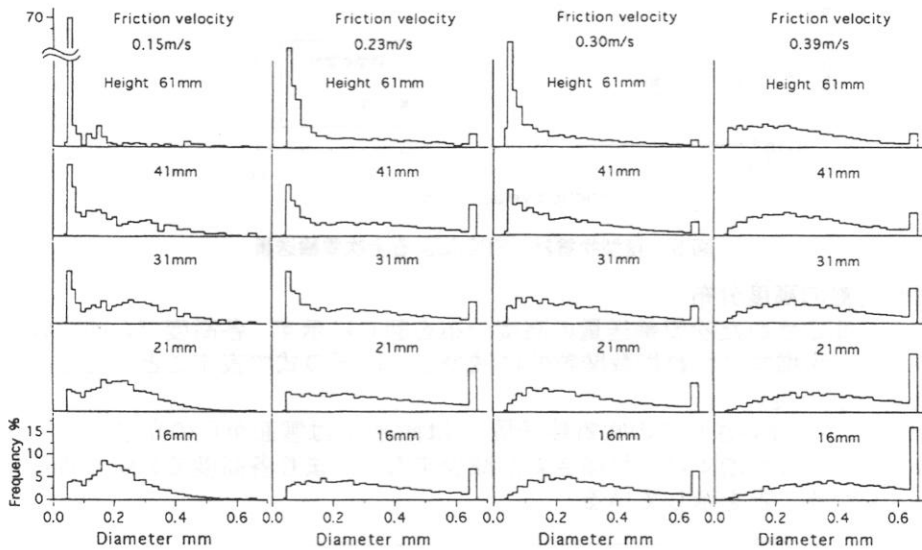


図3 粒径頻度分布

3.2 全吹雪輸送量

箱型吹雪計の各箱に単位時間単位面積当たり落下した吹雪粒子質量 $F(x)$ の分布を図4に示す。この $F(x)$ を風下端からの距離0から ∞ まで積分することにより、全吹雪輸送量を求めることができる(河村, 1951)。

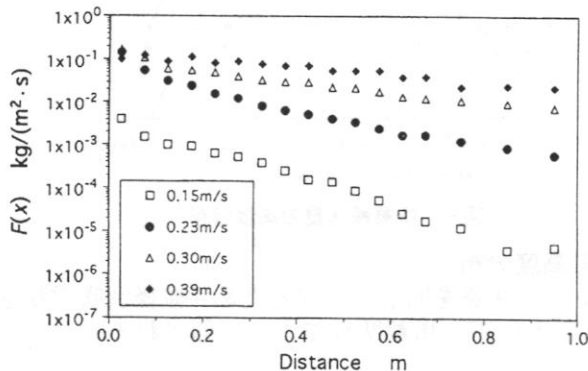


図4 $F(x)$ の分布図

この箱型吹雪計から求められる全吹雪輸送量と、SPC から求められるそれとを比較した図を図5に示す。雪面と箱型吹雪計の粗度が大きく異なることから、箱型吹雪計により求められる全吹雪輸送量に誤差が含まれることを考慮すると、SPC により求められたデータは妥当な値であると結論できる。

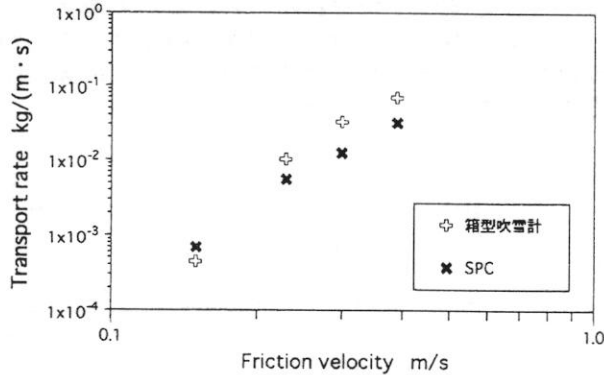


図5 箱型吹雪計・SPC による全吹雪輸送量

3.3 吹雪輸送量の高度分布

SPC により測定された吹雪輸送量の高度分布を図6に示す。各高度での吹雪輸送量は、雪面からの高さが増すにつれ指数関数的に減少し、以下の式で表すことができる。

$$q = q_0 \exp(-kz)$$

q は吹雪輸送量、 q_0 は高さ 0 での吹雪輸送量、 k は傾き、 z は雪面からの高さである。本実験結果は、摩擦速度が増すにつれ傾き k が減少する、つまり各高度での吹雪質量輸送量の差が小さくなることを示している。

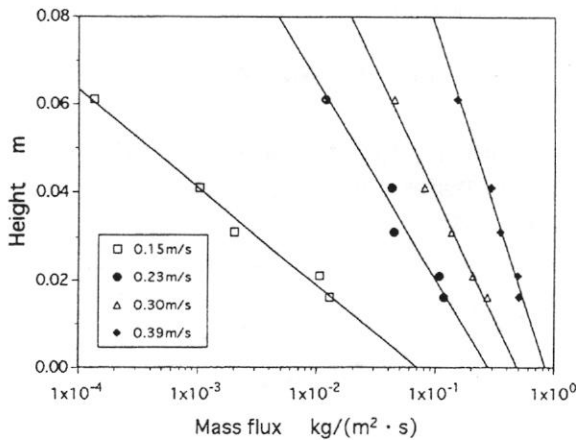


図6 吹雪輸送量の高度分布

3.4 粒径別吹雪輸送量の高度分布

次に摩擦速度と傾き k との関係を明らかにするため、粒径別吹雪輸送量 q_d の高度分布を求めた (図7)。いずれも以下の指数関数でよく近似される。

$$q_d = q_{d0} \exp(-k_d z)$$

下付きの d は粒径ごとという意味である。

粒径が小さい場合は、各摩擦速度における吹雪輸送量の傾き k_d にはばらつきがあるのに対し、粒径が増すにつれ、この傾き k_d が一致してくる様子がわかる。傾き k_d と、粒径および摩擦速度との関係をまとめた図を図8に示す。摩擦速度の増加とともに傾き k_d は小さくなるが、その違いは粒径の増加とともに減少する。このことから、図6で摩擦速度が増すにつれ傾き k が減少した原因は、径が小さい粒子の寄与が大きいためであると推定される。

また、図8の本実験結果では、粒径がより小さいとき、傾き k_d がマイナスの値をとっている。これは高さが増すにつれ吹雪輸送量が増加していることを示すが、この現象に関しては今後の課題と考えている。

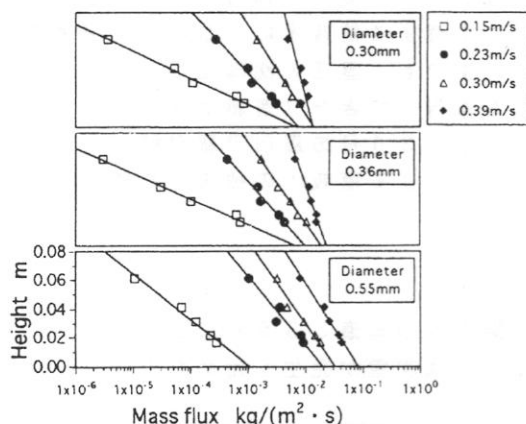
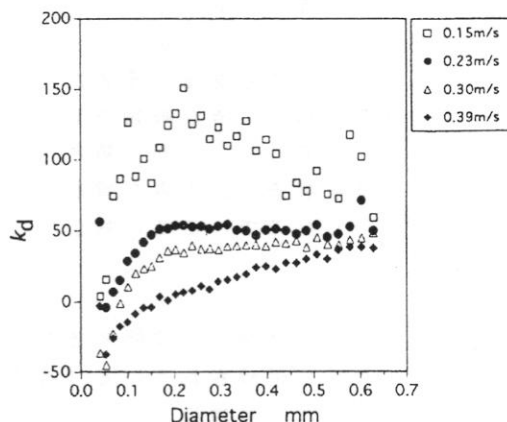


図7 粒径別吹雪輸送量の高度分布


 図8 傾き k_d と、粒径および摩擦速度との関係

4. ま と め

摩擦速度を0.15～0.39m/sまで変化させ、吹雪輸送量の粒径別高度分布測定を行った。

雪面からの高さとともに小粒子の頻度が増し、また摩擦速度の増加とともに粒径間の頻度差が小さくなった。

吹雪輸送量は、高さとともに指数関数的に減少し、摩擦速度が増すにつれその傾きは小さくなった。粒径別の吹雪輸送量も高さとともに指数関数的に減少したが、粒径が小さいときは、逆に増加する現象も見られた。粒径別吹雪輸送量の傾きは、摩擦速度の増加とともに小さくなったが、粒径が増すにつれ傾きの相違は減少した。

参 考 文 献

- Budd, W. F., Dingle, W. R. J. and Radok, U. (1966): The Byrd Snow Drift Project: Outline and Basic Results. Studies in Antarctic Meteorology, ed. by M. J. Rubin, American Geophysical Union, Antarctic Research Series 9, 71-134.
- 河村龍馬 (1951) : 飛砂の研究. 東京大学理工学研究所報告, 5, 95-112.
- 木村忠志 (1991) : 飛雪粒子の計測. 地学雑誌, 100 (2), 250-263.
- Kobayashi, D. (1972): Studies of Snow Transport in Low-Level Drifting Snow. Contributions from the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido Univ., Series A, 24, 1-58.
- Takeuchi, M. (1980): Vertical Profile and Horizontal Increase of Drift-Snow Transport. Journal of Glaciology, 26, 481-492.

羅臼峠の道路防雪林の雪丘害について

斎藤新一郎(専大北短大)・原文宏(北大・工)

阿部正明(北海道開発技術センター)

まえがき

道路防雪林は、生きた工作物であり、風上側に造成され、吹送されてくる地吹雪を捕捉し、路面に堆雪することを防ぐ目的で造成されている。けれども、林帯内に地吹雪を捕捉することは、雪丘を形成させ、そこに生育する植栽木に、しばしば壊滅的な雪害を及ぼすことでもある。筆者たちは、これまでも、雪丘の沈降圧によって、防風林や防雪林が極めて大きな被害を受けることを報告してきた(斎藤ほか, 1989, 90, 91, 92, 94)。そして、今回、筆者たちは、国道335号の羅臼町羅臼峠に造成された道路防雪林を調査し、大きな雪丘の形成とそれによる植栽木の被害とを確認し、その対策も検討したので、ここに報告する。

調査地の概要

地吹雪がしばしば交通を遮断するために、調査地の国道335号には、防雪林とスノウシェルターが併設されている(写真-1)。地吹雪が発生し始めたのは、風上側の森林が伐採され、草地に開発されてからである。風上側の広い草地(無立木地)の積雪が、遠音別岳からの強風(遠音別風)に侵食(風食)され、地吹雪となって、この道路まで運搬(吹送)されてくるようになった。風の流れに対して、草地の幅はほぼ700~1000mであり、その風上側にある森林の防風防雪効果が及ばない広さである。一般的に、防風防雪効果は、林縁から風下側に、樹高の10~15倍くらいであり、ここでは樹高が15~20mほどであるから、距離に換算すると、150~300m程度しか効果が及ばず、残りの幅500~700mの積雪が風食され、地吹雪になることになる。

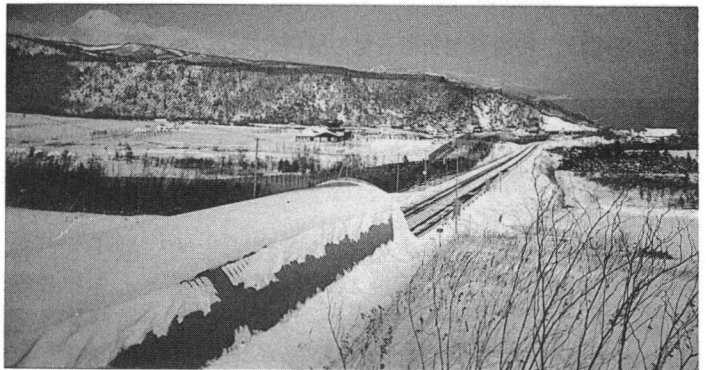


写真-1 国道335号羅臼峠における道路防雪林とスノウシェルターの併設(1995.12.23)

調査結果

現地調査は、3回であり、降雪前の1995年11月初旬、根雪になりそうな12月下旬、そして、大雪丘が存在した1996年2月下旬に実施された。

先ず、無雪期や根雪が始まる時期には、植栽木の異常—枝抜け、幹曲り、幹折れ、枯死、消失—が観察された。枝抜けは積雪の沈降圧で生じるので、林帯の全体に観察されたが、幹曲り以上の被害は、風上林縁（防雪柵）から10m前後の箇所集中していた（写真－2）。

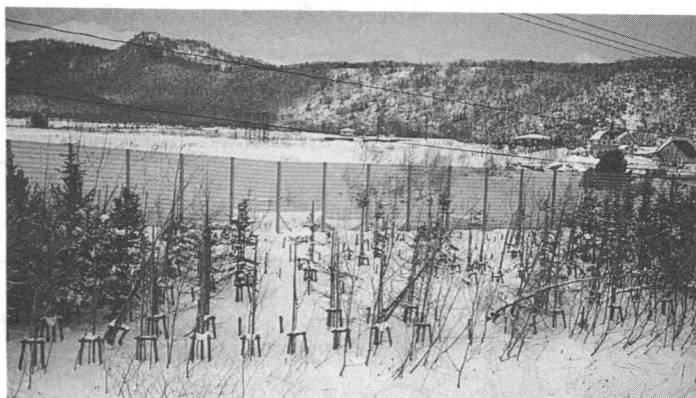
なお、半成木を移植してから数年を経ているのに、縄外しが行われていないので、雪害がない筈の箇所においても、縄による幹の縊れがいちじるしく、また、鳥居型添え木の横木が幹の肥大成長を圧迫していて、そこから折れた幹が数多く観察された（写真－3）。

次に、2月下旬の調査では、大雪丘が防雪柵から5～10mの位置に形成されていて、丘頂が7～9mの位置に存在していた。その積雪深は250～350cmであり、植栽木が全く見えない（幹曲り、幹折れ、枯死）場合が多かった（写真－4）。

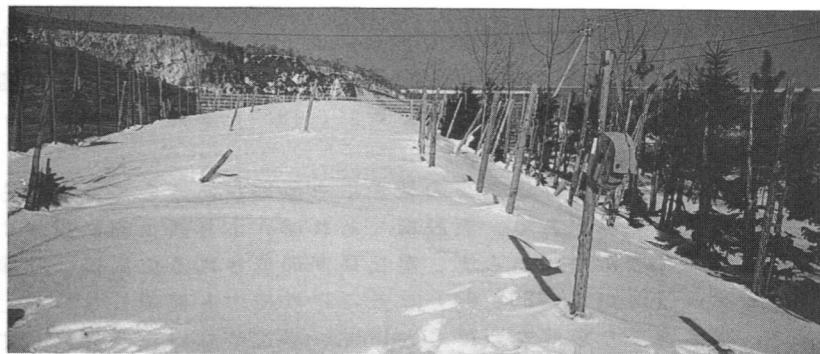
雪丘を掘ると、吹送されてきた雪は固く締り、比重



写真－2 風上側の防雪柵から15mふきんまでの箇所では、植栽木が壊滅な被害を受けている（1995.12.23）



写真－3 雪丘が形成されない箇所のカラマツの幹が、縄縛りのために縊れて折れ、また、横木に圧迫されて折れている（1995.12.23）

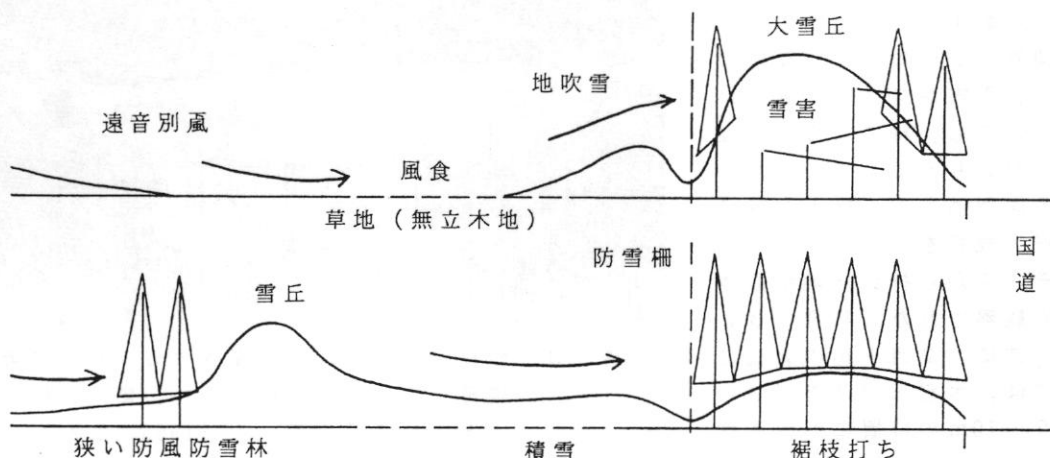


写真－4 積雪深が350cmもあった大雪丘（1996.2.28）
添え木が見えるが、植栽木は壊滅していた

が0.30～0.49もあって、アルミニウム製のスコップが曲るほどであった。なお、インキ吹付け＋バーナー焼きを試みたが、明白な氷層を見出せず、雪質もほぼ均質（全体として、シマリユキ）なことから、地吹雪の回数のごく少なく、おそらく1～2回くらいで、一気に300cmも吹き溜まった、と推測された。

小考察

- 3回の現地調査から、羅臼峠の道路防雪林の、雪丘による被害が明らかになった。
- ①大雪丘の形成は、風上側の無立木地（草地）の出現が原因であり、そこから吹送されてくる地吹雪が、林帯内に吹き溜まるのである。しかも、風上側の防雪柵（防雪用および植栽木の保護用）の透過率が低いために、風速が極端に減殺される位置に吹き溜まりが出現してしまうのである。
 - ②地吹雪を発生させないためには、積雪の風食を抑制すればよいのであるから、風上側の草地に、防雪林から150～200mの位置に、1～3列くらいの、幅が5～10mくらいの狭い防風防雪林を造成し、風速を減殺して、その風下側に雪丘を形成させ、地吹雪が本林帯や道路に到達しないようにすることが望ましい（図－1）。



図－1 上：羅臼峠の防雪林の雪丘による植栽木の被害の現況（模式図）

下：防雪林（本林帯）の風上側の草地に、狭い防風防雪林を造成して、地吹雪を抑制する（案；新井，1957を参照した）

- ③大雪丘は、防雪柵の透過率の低さにも原因があるのであるから、透過率を40%くらいに高める必要がある。仮設柵であれば、より風上側に設置すべきであろう。
 - ④防雪柵の有無にかかわらず、雪丘頂が形成される位置は、林縁から5～10mであるから（斎藤ほか，1989，94），そこには樹木を植栽しないことも重要である。つまり、吹き溜まり場所を空けておいて、歩道や林内作業道として活用することが望ましい（阿部ほか，1996；斎藤，1992，96）。
- さらに、防雪林の造成方法および維持管理方法についても、検討してみる。

- ⑤ 添え木+縄縛り方式は、半成木の移植に不可欠となっているが、移植後2成長期を経たら、幹の肥大成長および根系の発達を妨げないために、外されなければならない。幹折れ木の続出は、大雪丘の箇所、そうでない箇所を問わず、縄外しを怠った管理ミスと言える。生きた工作物の維持管理手法が早急に確立されなければならない。
- ⑥ 雪丘の沈降圧は、枝を強制的に下げ、枝抜けを生じさせる。裾枝がなければ、枝抜けは生じず、幹曲り、幹折れも生じにくい。高さ2mまでの裾枝打ちを徹底しなければならない(写真-5)。
- ⑦ 速成方式の半成木移植は、樹高が3~5mであり、徹底した裾枝打ちを実施しがたく、大雪丘に被害されやすい。鉄道林や高速道路林で実施されてきたように、防雪柵の設置+苗木植栽方式を採用することが、防雪林造成の正道である。どうしても速成方式を必要とするなら、より大きい、高さが5~10mの樹木を移植し、予想される雪丘の高さまで枝打ちを実施すればよい。根切りなしの凍土方式によれば、大きい木の移植は容易である(斎藤ほか, 1995)。



写真-5 雪丘被害
対策としての
裾枝打ち実験
(1995.12.23)

参考文献

- 阿部正明・原文宏・斎藤新一郎, 1996. 道路防雪林の現状と課題. 北海道の雪氷, no.15: ~ (投稿中).
- 新井秀雄, 1957. 吹雪防止林. 雪氷, vol.19: 142~148.
- 斎藤新一郎・成田俊司, 1989. 耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害について. 北海道の雪氷, no.8: 38~39.
- 斎藤新一郎・成田俊司・長坂有, 1990. 同上(2). 北海道の雪氷, no.9: 32~34.
- 斎藤新一郎・成田俊司, 1991. 同上(3)ー間伐および裾枝打ちが雪丘形成に及ぼす影響について. 北海道の雪氷, no.10: 62~64.
- 斎藤新一郎, 1992. 同上(4)ー雪丘害に対する保育方法および更新方法について. 北海道の雪氷, no.11: 33~35.
- 斎藤新一郎・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.
- 斎藤新一郎・対馬俊之, 1994. 道路防雪林の雪丘による被害についてー国道243号(弟子屈町仁多)における1事例. 北海道の雪氷, no.13: 7~10.
- 斎藤新一郎・田口和幸, 1995. 凍土方式による大きな木の厳寒期における移植について. 北海道の雪氷, no.14: 3~6.
- 斎藤新一郎, 1996. 一般国道272号春別道路防災計画調査報告書(中間報告)ー地吹雪に対する樹林帯の特性からみた高規格道路の防雪林の設計. 52pp., 北海道開発技術センターへの報告書(釧路開発建設部委託).

道路防雪林の現状と課題

(株)北海道開発技術センター 阿部 正明
北海道大学工学部 原文宏
専修大学北海道短期大学 斎藤新一郎

1. 研究の目的

道路防雪林は、防雪機能、視程障害の緩和に優れており、さらには、景観的に美しく、酸素の供給、防音効果にも優れた冬期道路対策である。現在、北海道においては国道だけで50箇所の整備を実施しており、30箇所を越える整備が完了している。

しかし、整備完了後の防雪林の樹木の多くに生育不良がみられる。

道路防雪林の生育不良の原因としては、土壌不良、人為的設計施工・管理ミス、病虫害等があげられるが、吹き溜まりによる雪害も大きな要因である。

本研究では、道路防雪林の雪丘害に着目し、雪丘が防雪林に及ぼす被害について報告するとともに、道路防雪林の整備手法について提案を行った。

2. 調査地点

調査は標茶町虹別原野の耕地防風林（造成：北海道開発局、維持管理：釧路支庁林務課）、標茶町萩野の防風林（町有、造成・維持管理：釧路支庁林務課）、中標津町養老牛の防風林（国有林）、中標津町共成の防風林（町有、造成・維持管理：根室支庁林務課）、弟子屈町仁多（国道243号）の道路防雪林、羅臼町羅臼峠（国道335号）の道路防雪林で実施した。

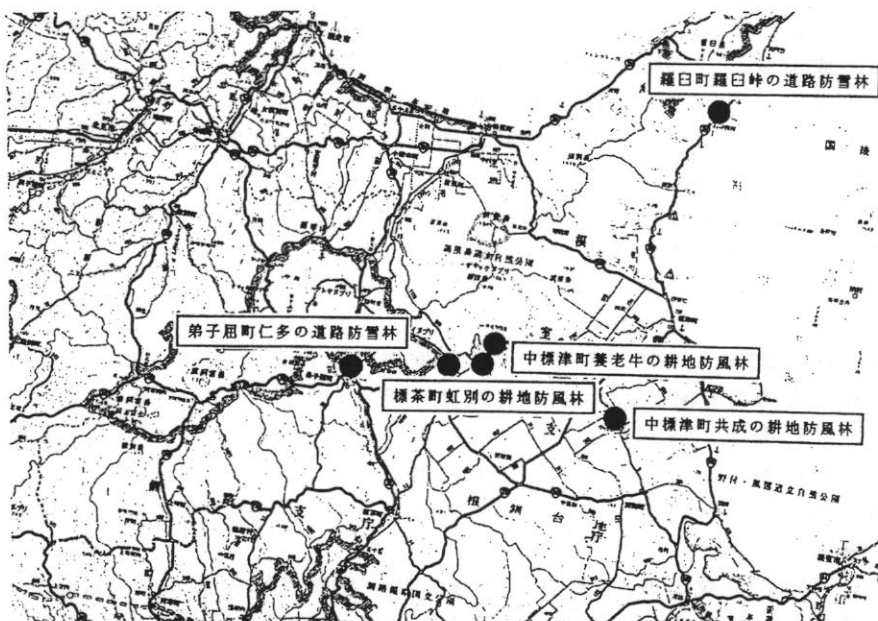


図-1 調査地点図

3. 調査結果

調査の結果、耕地防風林や防雪柵を設置していない防雪林箇所では、雪丘は風上側の林帯から約10~30mの間に広く低く形成されていることがわかった。防雪柵を設置している防雪林箇所については、柵から10m以内の位置に高く形成されることがわかった。

雪丘が形成されていた所では、幹折れ、幹曲がり、枝折れといった被害が顕著に見られた。更に、添え木+縄縛りのため雪丘による被害を増長させていることが確認された。

高雪丘形成の原因としては、風上側の林木密度が高すぎるものがあげられる。あるいは防雪林の風上に設置した防雪柵の空隙率が低くすぎるため、地吹雪の透過率が低く、壁として機能するためであると推測される。

したがって、著者らは

- ①防雪柵の空隙率を大きくする。あるいは、風上側の樹冠密度を調節し、透過率を高める。(透過率：40%)
- ②雪丘が林木にかからないように防雪柵や林帯を配置する。
- ③雪丘が形成される位置に苗木を植栽しない。
- ④裾枝打ちを徹底させることにより、枝抜け、幹曲がりやを軽減させる。

といった対策手法を考案した。

以上のような調査結果をふまえて、著者らは以下のような定規図を提案した。

- 1)防雪柵の透過率を40%以上に高めることにより、柵から10mの位置に雪を溜め、その部分には側道を設ける。
- 2)また、道路と側道の間には、景観の創造も兼ね、広葉樹類による並木を造成する。
- 3)防雪林は苗木を3.5 m間隔で植栽し、排水を考え5%の勾配を設ける。
- 4)道路側には排雪に障害にならない間隔で視線誘導樹を成木で移植する。

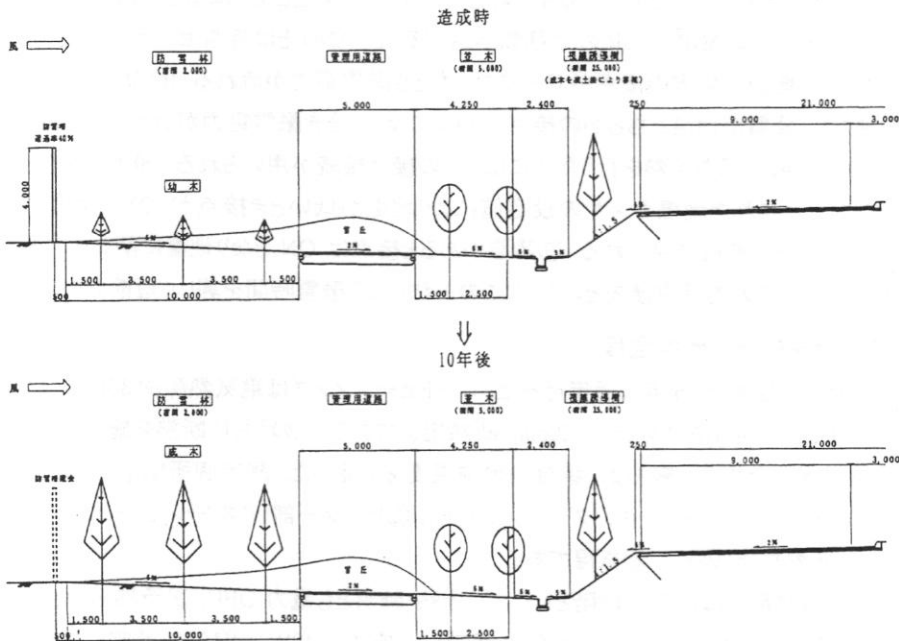


図-2 望ましい道路防雪林の提案

ロードヒーティングの道路構造と熱性状

佐山惣吾, 酒井好夫(寒地技術研究所)

西川泰則, 山口宗宏(北海道工業技術研究所)

岩本欣也(北海道融雪研究所), 許オー(北大工)

1. ロードヒーティングの予熱制御

今から5年前は、札幌圏のロードヒーティングの単位面積当りの電力の標準は $200\text{W}/\text{m}^2$ であった。ところが最近では、それが札幌圏で $250\text{W}/\text{m}^2$ 、道北では $300\text{W}/\text{m}^2$ が標準となった。この理由は次のようである。それは①道路構造がインターロッキングの普及など高度化した。②融雪の高速化が求められた。③著者らが -10°C の低温室でインターロッキング舗装(60mm)を $250\text{W}/\text{m}^2$ で通電した時最高温度(断熱あり定常路面温度 9.7°C 、断熱なし 8.6°C)に達するのに8時間かかった(Fig.1)。④この場合融雪を高速化するためには予熱を行うことが効果的である。⑤予熱とは地温センサにより路面温度を 0°C 位に通電しておき、降雪時に融雪電力を通じ融雪を行うものである。⑥最近の主として家庭用の降雪センサには地温センサを具備したものが多い。

2. 融雪センサ

次に地温センサの機能と動作について述べる。①融雪センサとして気温、降雪、地温、水分センサが4要素としてある。②このうち水分センサは家庭用として一般的でないため除く。③当初から降雪センサはその他に気温計を備えていた。これは $3\sim 5^\circ\text{C}$ にセットされ降雪が雪か雨かを検出するためのものである。④今、気温センサが ON として、降雪と地温センサの接点のコンビネーションは AND と OR の2種類が選べる。⑤AND とは降雪センサと地温センサの接点が直列に連なり、両方の接点が ON になったとき融雪電力が流れる。⑥OR とは、接点が並列に連なり、降雪か地温どちらかの接点が ON になったとき融雪電力が流れる。⑦この2つのコンビネーションのうち予熱を行うためには OR の接点接続が用いられる。⑧予熱を行う場合、 $0\sim 10^\circ\text{C}$ にセットされた地温センサの設定値により地温が低いとき接点が ON となり、ON-OFF で地温が 5°C 前後に保たれる。⑨降雪があると接点は ON となり地温に関わらず融雪電力が通電される。これを降雪優先という。⑩この方法により融雪時間を著しく短縮できる。

3. 予熱制御を行った地中温度

地中温度の測定を1995年に通年行った。ロードヒーティングは電気熱源約 30m^2 でインターロッキング仕上げ、発泡スチロール 20mm 断熱施工である。このうちに断熱を施さない部分を設け、断熱を施した場合、施さない場合の地中温度を測定した。測定箇所は①インターロッキング(60mm)上、②インターロッキング下(砂 20mm)、③ヒーター部(アスモル 20mm)、④断熱材(20mm)、⑤断熱材下(碎石)、⑥気温である。

冬期間の通電電力は次の4段階とした。①予熱・降雪とも電力 OFF、②予熱 $60\text{W}/\text{m}^2$ のみ ON(25%通電)、③降雪 $120\text{W}/\text{m}^2$ ON(50%通電)、全電力 $240\text{W}/\text{m}^2$ (100%通電)。これらの結

果を Fig.2(a-d)に示す。地中温度測定は路面に積雪がないときに行った。一般に融雪時の路面温度は 0°C を示す。

4. 断続通電について

ロードヒーティングのヒーターを2組に分け、その片方に一定時間(約10min)毎に交互に通電する方法がある。この時平均通電量は50%となる。この方法の特徴は道路躯体の余熱を利用し、省エネルギーを目指すものである。すなわち50%通電によりそれ以上の効果を求めるものであった。この効果を確かめるため次の実験を行った。

土壌を満たしたプラスチック製の箱に、表面を上にして埋められたコンクリート製のヒーターブロック($300 \times 300 \times 50\text{mmT}$)を -5°C の恒温槽において、次の2つの方法により通電し、ブロックの十分な時間後の表面温度を比較した。① $200\text{W}/\text{m}^2$ を10min間隔で通電、② $100\text{W}/\text{m}^2$ を連続して通電。この結果を Fig.3(a,b)に示した。この結果路面温度はほとんど変わらず、その省エネルギー性は認められなかった。

5. ゴムチップ製融雪マットについて

続いてゴムチップ製マット($1200 \times 900 \times 22\text{mmT}$, $150\text{W}/\text{m}^2$)の熱特性について1995年に検討した。屋外(気温 $+2 \sim -2^{\circ}\text{C}$)において連続運転と断続運転を行ったところ、断続運転後のマット表面の温度の低下が急であった(Fig.4)。これはマットが22mmと薄くその熱容量がコンクリートに比べ小さかったためである。

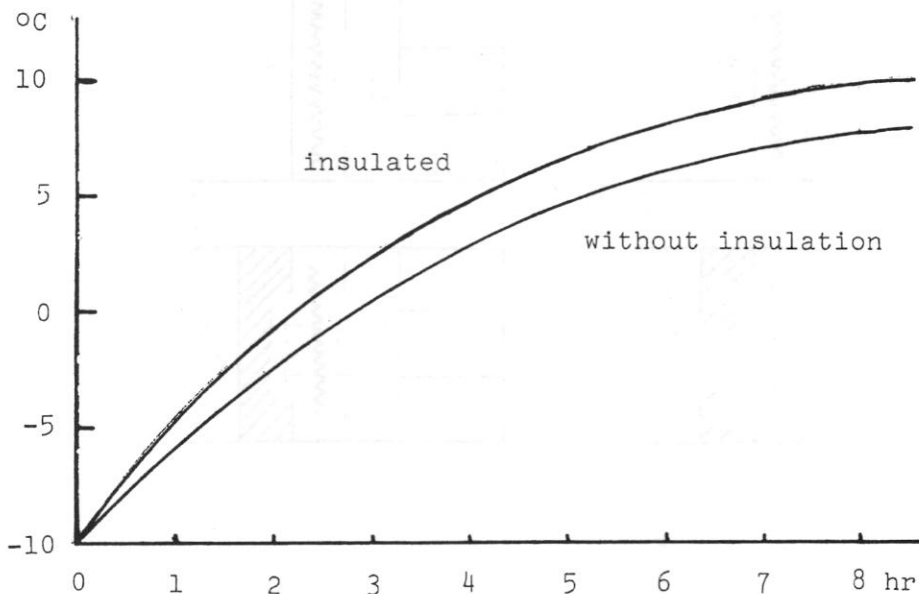


Fig. 1 Temperature profile of Interlocking wigh and without insulation during heating $250\text{W}/\text{m}^2$ in cold room -10°C .

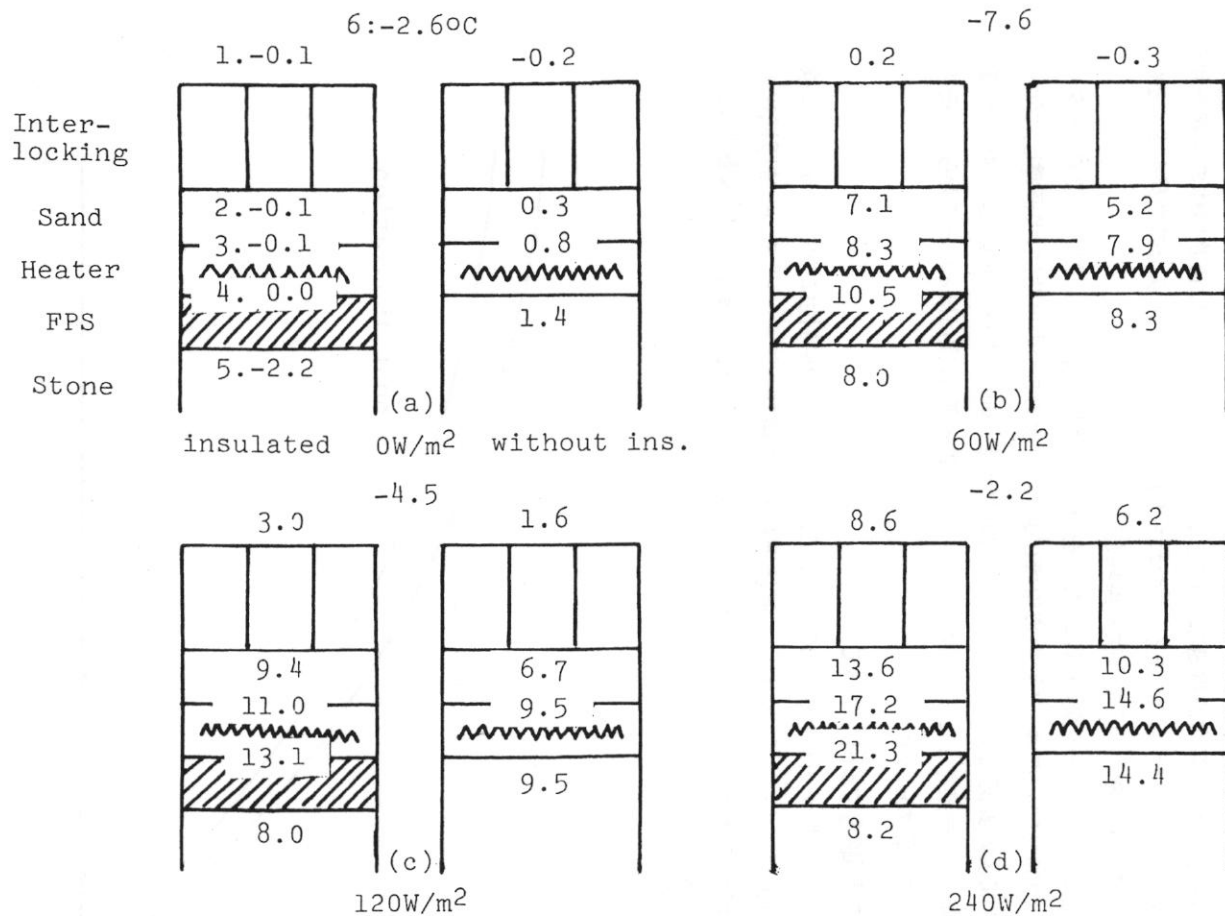


Fig. 2 Temperature of road structure with and without insulation at heating power 0, 60, 120 and 240W/m² in winter outdoor.

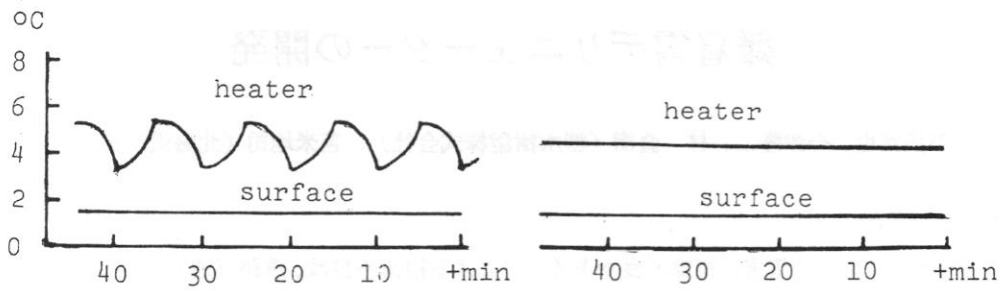


Fig. 3 Temperature of concrete heating block at ON-OFF 10min interrupted power 200W/m^2 and continuous power 100W/m^2 in cold chamber -5°C .

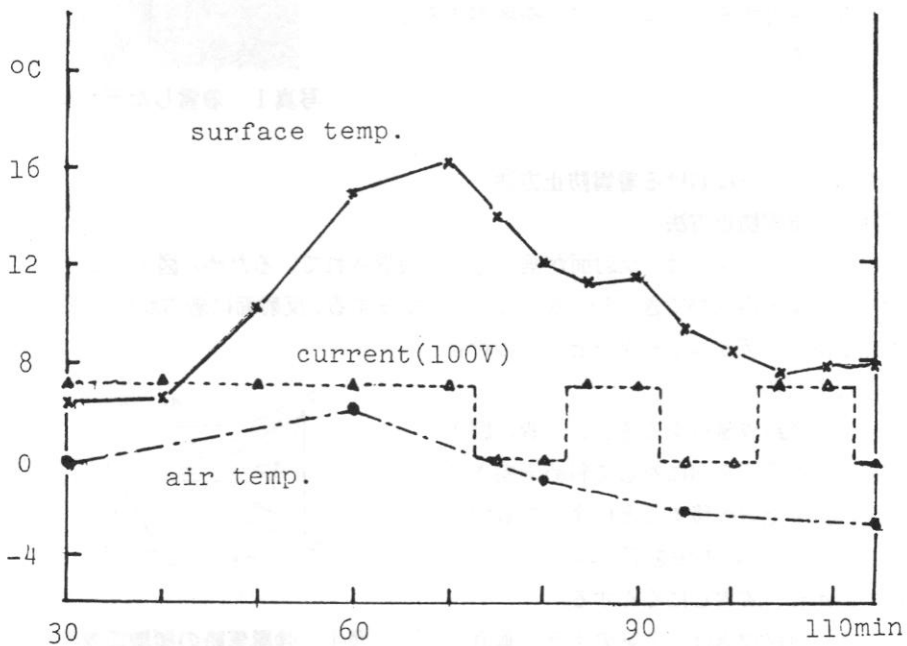


Fig. 4 Temperature profile of rubber tip mat ($1200 \times 900 \times 22\text{mmT}$) at continuous power 150W/m^2 and ON-OFF 10min interrupted power 150W/m^2 in winter outdoor.

難着雪デリニューターの開発

○湯浅雅也、今津隆二、林 直樹（積水樹脂株式会社）、苫米地司（北海道工業大学）

1 はじめに

積雪地域における雪害に視認不良がある。雪による視認不良は、道路交通上極めて危険な現象で、時には人命に関わる交通事故を引き起こす場合がある。

雪による視認不良の原因としては、吹雪、自動車が雪を巻き上げる雪煙などが代表的であるが、道路設備へ雪が付着する着雪現象も大きな問題である。

道路設備に着雪が生長すると、背景と道路設備とのコントラストが不明確となる。特にデリニューターなどの再帰反射式視線誘導標では、その効果は全く得られなくなる（写真1）。

このような背景から本開発は、着雪による視認不良を防止する機能を有するデリニューターを考案することを目的としている。

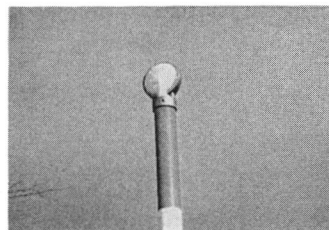


写真1 着雪したデリニューター

2 デリニューターにおける着雪防止方法

2-1 反射面の着雪防止方法

現状のデリニューターは、反射面が垂直方向に設置されているため、図1（a）のように反射面の中心によどみ点ができ、その点から着雪が生長する。反射面に着雪が生じると反射面の反射性能が落ち、デリニューターとしての役目を果たさなくなる。

積雪地域の道路標識板をみると、一般に図1（b）のように垂直方向に対して斜め下向きにし、よどみ点を上方へ移すことによって着雪を軽減している¹⁾。この方法をデリニューターの反射面に応用し、着雪しにくくする。

積雪地域の道路標識は、上記のように垂直方向に対して斜め下向きに傾いており、その傾斜角度は10～15（deg）程度である。しかしこの傾斜角度では、写真2のように着雪が生長し、道路標識板の大半を覆ってしまうことがある。

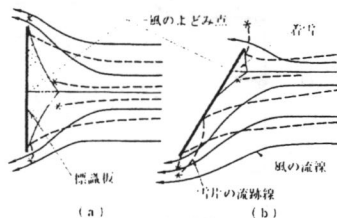


図1 強風雪時の標識板着雪（側面図）

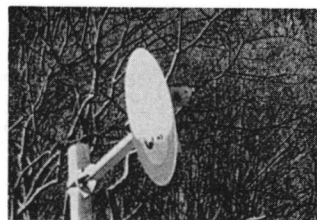


写真2 着雪した道路標識板

ここで、反射面の斜め下向きの角度と着雪の関係を風洞実験にて検討した。供試体設置概要を図2に示す。反射面を想定した供試体の傾斜角度は左から0、5、10、15、20、25、30、35、40 および 45 (deg) である。供試体には、表面が粗く着雪しやすいと考えられる耐水サンドペーパー（＃200）を用いた。この供試体を風洞施設内に風向きに対して直角となるように設置し、風洞内風速7（m/s）にて2時間運転した。なお、雪には模型雪（活性白土）を用いた。

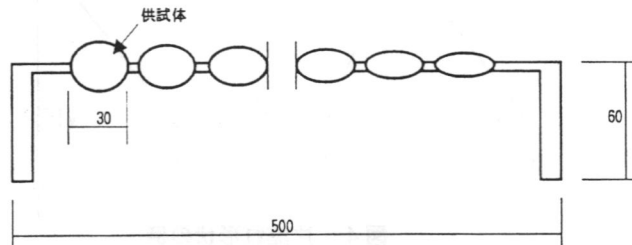


図2 供試体設置概要

図3に、供試体の傾斜角度と着雪割合の関係を示す。着雪割合は、供試体表面に着雪した面積を供試体の面積で除した値とした。図3に示すように、供試体の傾斜角度が大きくなるに伴い、反比例的に着雪割合が少なくなる傾向を示し、40deg 以上になるとほとんど着雪しない。このことより、デリニューターの反射面の傾斜角度は40deg とした。

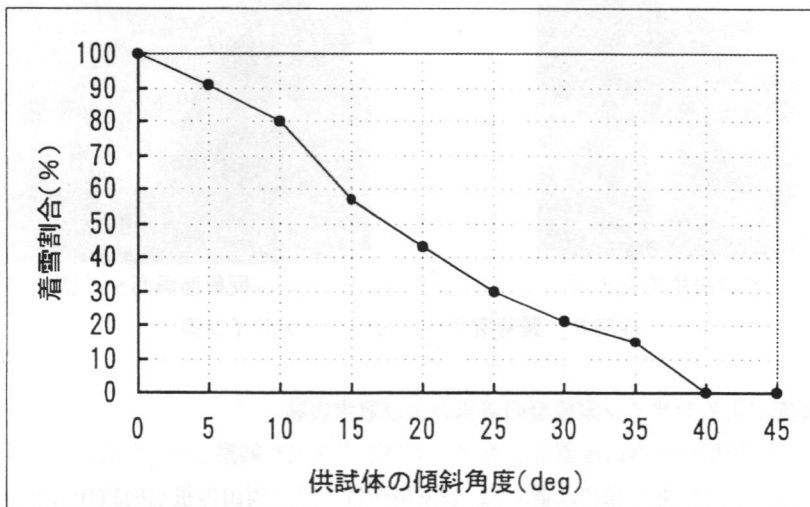


図3 各供試体の傾斜角度と着雪割合の関係

2-2 デリニューター上部の冠雪防止方法

また、デリニューター上部に冠雪が生じると、雪庇が発達して反射面を覆ってしまう可能性があるため、冠雪は重要な検討事項である。

近年における積雪地域の住宅の屋根やパラペット部分には、図4のような片流れ形状が採用

されている。片流れ形状とは、図4に示すようにxとyの角度が異なるものをいう。この片流れ形状は、上部に積もった雪のバランスが悪いため、冠雪が大きくなる前に落雪する。この方法をデリニューター上部に採用し、冠雪を防止する。なお、雪の安息角は気温 $-3.5(^{\circ}\text{C})$ の時に $50(^{\circ})$ 程度である²⁾ことより、xおよびyの角度は、 $50(^{\circ})$ 以上とした。

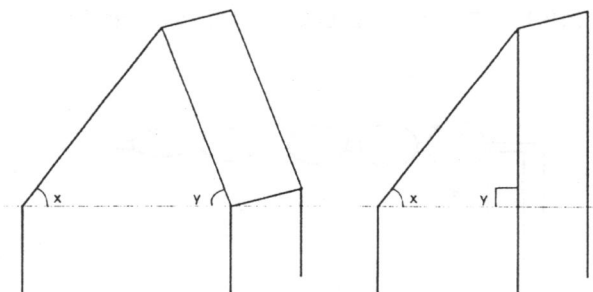
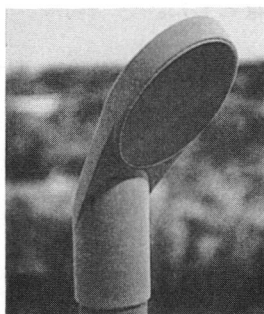


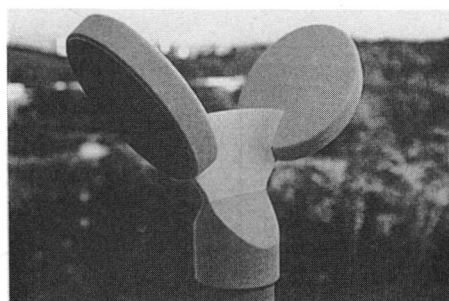
図4 片流れ形状の例

3 難着雪デリニューターのデザイン案

上記の検討結果をもとに、難着雪デリニューターのデザインとして、反射面片面タイプ3種類、両面タイプ3種類を考案した。一例を写真3に示す。なお反射面は、真正面から見た場合に $\phi 100$ の正円に見えるような楕円形とした。



反射面片面タイプ



反射面両面タイプ

写真3 難着雪デリニューターデザイン案

4 屋外暴露によるデザイン案模型の着雪および冠雪実験

デザイン案の模型を屋外に設置し、着雪および冠雪状況を観察した。なお、ブランクとして現状のデリニューターも同様に設置した。設置場所は三笠市岡山の積水樹脂(株)雪国製品研究所試験用走路である。観察方法は、タイムラプスビデオによる無人観察とした。観察期間は、1995年12月13日～1996年3月20日である。

写真4にデザイン案模型および現状の視線誘導標における屋外暴露状況を示す。写真4に示すように、現状の視線誘導標の反射面には着雪しているが、デザイン案模型の反射面部分には全く着雪していない。

図5に観察期間における各デリニューターの着雪回数を示す。図5に示すように、現状のデリニューターは多くの着雪が生じたが、デザイン案模型にはほとんど着雪が生じなかった。

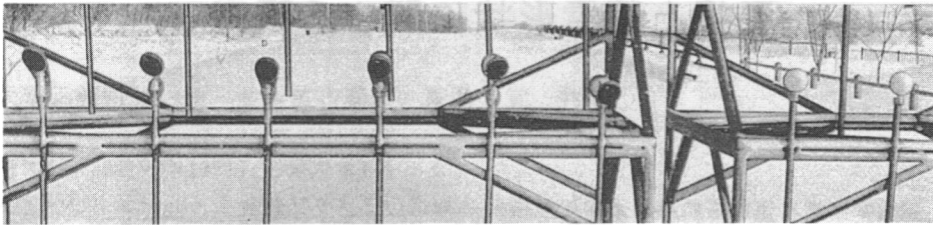


写真4 デザイン案模型および現状のデリニエーターにおける屋外暴露状況
(左から反射面片面タイプ3基、反射面両面タイプ3基、現状のデリニエーター2基)

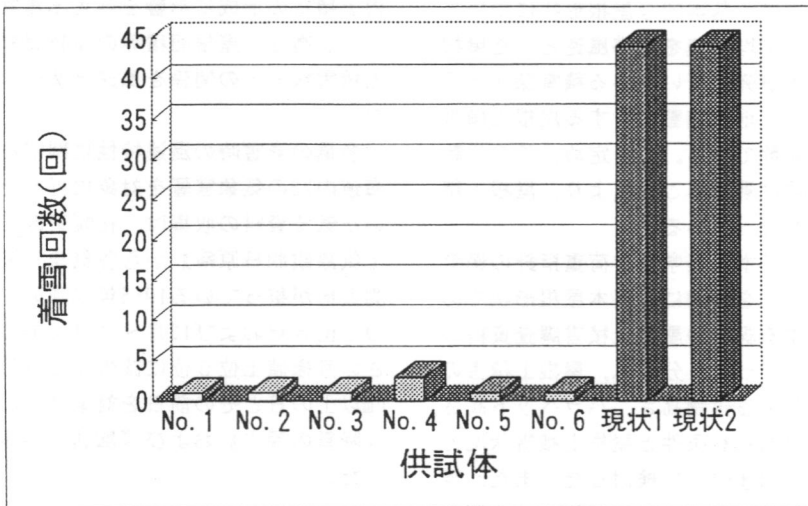


図5 観察期間における各デリニエーターの着雪回数
(No. 1~3:反射面片面タイプ、No. 4~6:反射面両面タイプ、現状1、2:現状のデリニエーター)

5 まとめ

本報告は、着雪による視認不良を防止する機能を有するデリニエーターの開発を行ったものである。本デリニエーターの特長を以下に要約する。

- ・反射面を斜め下向きに 40deg 傾けることにより、難着雪形状とする。
- ・デリニエーター上部に片流れ形状を採用し、難冠雪形状とすることにより、雪庇によって反射面を覆ってしまうことを防止する。

これらの検討事項を踏まえて考案したデザインを模型化し、屋外にて着雪状況を観察した。その結果、難着雪デリニエーターは、冬季1シーズンを通してほとんど着雪しないことが明らかとなった。

今後は、実際のフィールドでの着雪および冠雪状況を観察する予定である。

- 【参考文献】 1) 社団法人 日本建築機械化協会編 「新編防雪工学ハンドブック」 森北出版、1988
2) 黒岩大助 “雪” 粉体工学研究会誌 Vol. 13, No. 10, pp. 556~559, 1976

屋根上積雪形状に関する研究

○新井 覚, 伊東 敏幸, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1. はじめに

現在, 積雪寒冷地に建設される構造物の屋根上積雪荷重の評価は, 建築基準法あるいは日本建築学会の建築物荷重指針に基づく方法が一般的とされている。1993年に改定された建築学会の荷重指針¹⁾では, 基本的な屋根形状についてのみ1, 2月の平均風速を基準風速とした屋根形状係数 μ (本研究で用いている積雪深比と同等の意味を示し, 地上積雪に対する屋根上積雪の割合を表す係数である。)を定め, この係数を地上積雪荷重に乗ずることにより, 屋根上積雪荷重の評価を行っている。

本研究では, 日本建築学会雪荷重指針の適合性を検討することを目的に, 基本屋根形状である陸屋根に関する既往の屋根上積雪調査資料の収集し, 分析を行った。分析は, 屋根上積雪の形成に影響を与える建物高さ, パラペット高さ, 屋根面積等の建物固有条件と屋根上積雪状況との関係を風速と関連付けて検討した。また, 筆者らの研究によって地上および屋根上積雪深の急増に大きな影響を与えると考えられている日降雪の深さ10cm以上の日 (本研究では, 日降雪の深さ10cm以上の日を『多量の降雪時』と定義すると共に, 以下, 『多量の降雪時』と記す。)の風速特性を分析し, 1, 2月の平均風速との比較を行うことにより, 屋根上積雪形状に及ぼす影響について検討した。

2. 研究方法

北海道, 東北および北陸で実施された屋根上積雪深の屋外調査に関する既往の研究の中から陸屋根について記載された25編^{2)~18)}を対象に, 『建物階数』, 『建物高さ』, 『パラペット高さ』, 『屋上面積』, 『観測期間中における地上および屋根上積雪深の最深値および積雪深比』について整理した。日本建築学会の指針で基準風速として用いられている1, 2月の平均風速

は, 『日本気候表 (1961年~1990年)』, 『北海道のアメダス統計 I・II』および『アメダス準平年値FD (1979年~1990年)』から, 調査地点に最も近い気象官署あるいは地域気象観測所の観測値から求めた。これらの値を用いて, 屋根上積雪の形成に影響を与える建物高さ, パラペット高さ, 屋根面積等の建物固有条件と屋根上積雪状況との関係を風速と関連付けて検討した。

多量の降雪時の風速特性に関する分析は, 北海道内22の気象官署を対象に行った。分析に用いた気象資料の収集は, 札幌管区気象台の『地上気象観測日原簿』から各気象官署において観測資料が整っている1955年以降の年最大積雪深の上位5年および12月~3月までの日降雪の深さの月極値上位5位に該当する日降雪の深さ10cm以上の日とその前日を対象に, 観測時間毎の『降雪の深さ』および『風速』の観測値を抽出した。

3. 研究結果

建物高さ, パラペット高さおよび屋根面積と積雪深比との関係について, 図1~3に示す。

建物高さと積雪深比との関係 (図1) において積雪深比分布を包括する曲線を引いてみると, 曲線は建物高さ15m辺りから建物高さの増加に

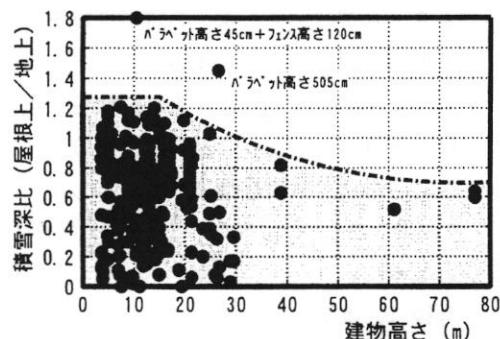


図1 建物高さと積雪深比との関係

伴い二次曲線的に減少する傾向がみられる。これは、建物高さが増加するに従い周辺環境から受ける影響が次第に減少するためと考える。

パラペット高さと積雪深比との関係(図2)についてみると、包括曲線はパラペット高さの増加に伴い徐々に増加する傾向がみられる。なお、パラペット高さ45cmの建物で積雪深比が1.80と著しく大きい値を示している場合がみられるが、これはパラペットと共にその内側に設置された120cmのフェンスが影響し、屋根上に雪が堆積しやすい状況になったためと考える。

屋根面積と積雪深比との関係(図3)についてみると、包括曲線は屋根面長さ20m辺りから減少を始め、屋根面の大規模化に伴い次第に積雪深比1.0(=地上積雪深)に近づく傾向がみられる。また、積雪深比1.0付近に位置する建物の高さについてみてみると、屋根面積に関係なく建物高さ5m前後の低層建築物が該当している。これらについては、吹雪によって舞い上がる地上雪や隣接する構造物による弱風領域の形成が影響し、屋根上に生ずる吹きだまりが関係していると考えられる。

次に、屋外調査で得られた積雪深比(地上積雪に対する屋根上積雪の割合を表す係数)と日本建築学会の指針に従って各調査地点における1, 2月の平均風速を用いて算出した屋根形状係数(前述の積雪深比と同等の意味)とを建物高さ別に比較した例を、図4～6に示す。

『建物高さ ≤ 5 m』の場合(図4)、風速の強弱に関係なく積雪深比が1.0付近に多く分布しており、指針との対応は必ずしも良いとは言えない。これは、建物高さが低いために吹雪によって舞上げられる地上雪や隣接する構造物の影響で弱風領域が生ずること等が積雪深比の増大に関与しているためと考える。

『9m<建物高さ ≤ 13 m』の場合(図5)、若干ではあるが風速の増加に伴う積雪深比の減少傾向が現れている。現行の指針との関係については、風速3.0m/s以上において指針の屋根形状係数を上回る場合が幾つかみられる。これらの建物のパラペット高さについてみると50cm～150cmの場合が多く該当することから、屋根面の

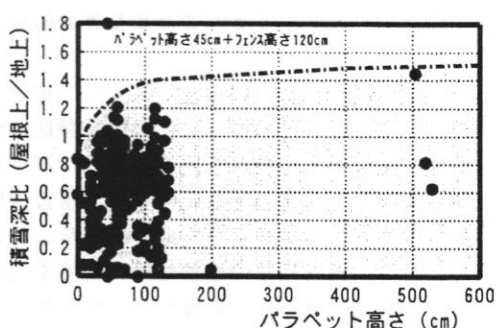


図2 パラペット高さと積雪深比との関係

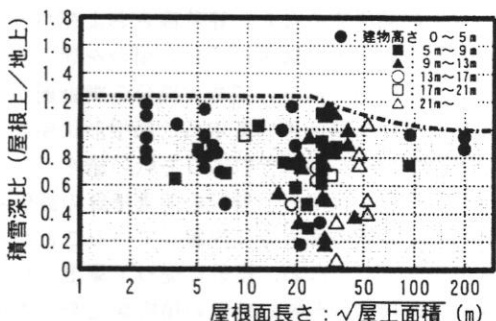


図3 屋根面積と積雪深比との関係

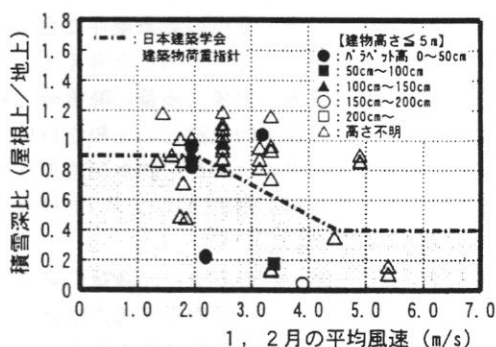


図4 実測値と屋根形状係数との関係
(建物高さ ≤ 5 m)

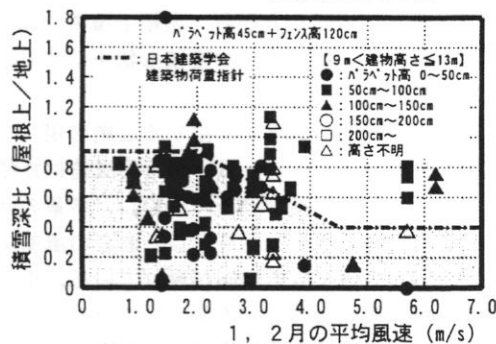


図5 実測値と屋根形状係数との関係
(9m<建物高さ ≤ 13 m)

風下側において発生する吹きだまり等の偏分布が影響していると考ええる。

『建物高さ> 21m』の場合(図6)、実測例は少ないものの風速の増加に伴う積雪深比の減少傾向は最も顕著に現れている。また、パラベット高さが著しく高い地点を除いて、積雪深比の大部分が現行の指針よりも低い値を示している。これは、建物高さの増加に伴い隣接する構造物等の周辺環境からの影響が減少するためと考える。

以上の結果をみると、建物高さおよびパラベット高さの影響を顕著に受ける場合を除き、いずれの建物高さにおいても大部分の調査例が1, 2月の平均風速を用いて求めた屋根形状係数と同程度か、あるいはそれよりも低い値を示している。このことから、現行の荷重指針の評価基準が安全値側の考え方に位置していることが明らかとなった。なお、指針に従って算出した屋根形状係数よりも著しく低い積雪深比を示す地点に関しては、冬期間における降雪状況や風速特性等を分析し、その地点の気象条件に合った基準風速の設定を行う必要があると考える。

そこで、北海道内を対象に多量の降雪時の風速特性と1, 2月の平均風速との比較を行い、これらの風速と降雪の状況から基本屋根形状である水平屋根の屋根上積雪形状について検討した一例を、図7~9に示す。

札幌の場合(図7)をみると、多量の降雪時の平均風速および1, 2月の平均風速は共に2.0m/s前後を示し、両者の風速に大きな違いはみられない。また、大部分の降雪が風速3.0m/s以下で発生していることから、屋根上積雪に偏分布はみられず、ほぼ均一な堆積形状を示すと考えられる。

毎年、突発的な大雪が発生する広尾の場合(図8)をみると、1, 2月の平均風速は札幌と同様に2.0m/s程度であるのに対し、多量の降雪時の平均風速は4.2m/sを示し、前者の風速より2.0m/sも大きくなる傾向が現れている。また、全降雪が風速2.0m/s以上で発生していることから、多量の降雪時の平均風速の方が降雪の発生状況に適した風速であると考えられる。従って、

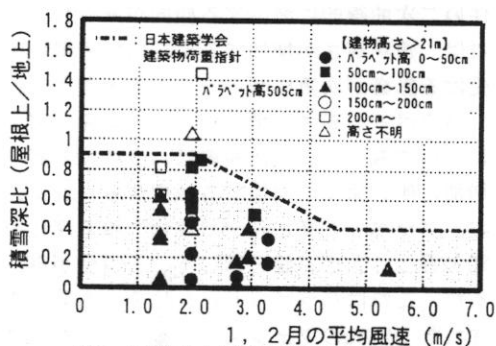


図6 実測値と屋根形状係数との関係 (建物高さ>21m)

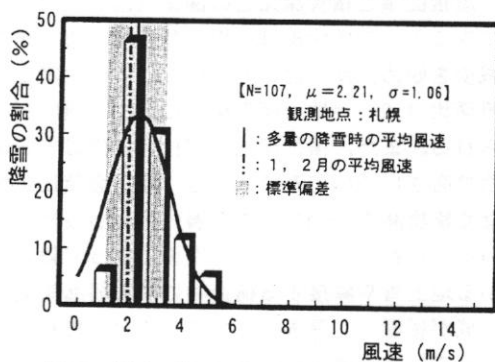


図7 多量の降雪時の風速特性と1, 2月の平均風速との関係 (札幌)

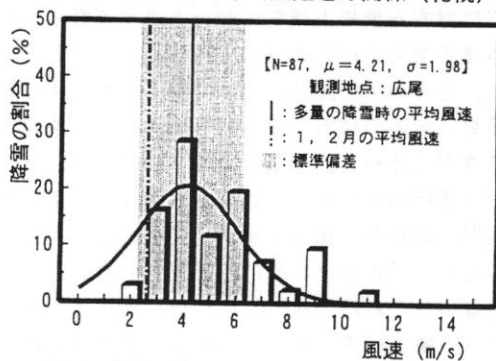


図8 多量の降雪時の風速特性と1, 2月の平均風速との関係 (広尾)

広尾における屋根上積雪形状は1, 2月の平均風速を用いた場合よりも、多量の降雪時の平均風速を用いた場合の方が全体的に積雪深は減少し、屋根上積雪荷重に関しても軽減されることが考えられる。

道東に位置する網走の場合(図9)をみても、多量の降雪時の平均風速の方が1, 2月の平均

風速よりも2.5m/s程度大きく、広尾と同様に大部分の降雪が1, 2月の平均風速以上で発生している。従って、網走においても多量の降雪時の平均風速を用いた場合の方が、屋根上積雪深および積雪荷重は減少すると考える。

以上のように、積雪深の増加に影響を及ぼすと考えられる日降雪の深さ10cm以上の日の風速特性について分析し、現行の荷重指針に用いられている1, 2月の平均風速との比較を行ってみると、北海道の中でも両者の風速が一致している地点と、していない地点とに分けられることが明らかとなった。従って、両者の風速を使い分け、各地点の降雪の発生状況に合った基準風速の設定を行うことで、より適切な屋根上積雪荷重の評価および積雪荷重の軽減が可能になると考える。

4. まとめ

本研究では、屋根上積雪の形成に大きく影響を与える建物高さ、パラベット高さおよび屋根面積等の建物固有条件と屋根上積雪状況との関

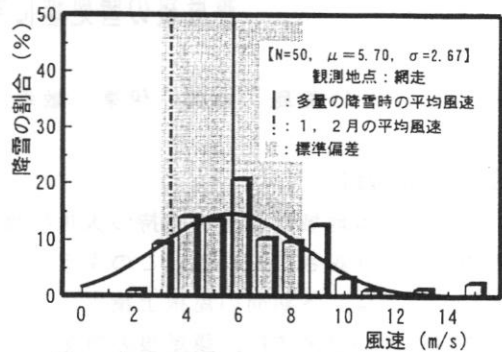


図9 多量の降雪時の風速特性と
1, 2月の平均風速との関係(網走)

係を風速と関連付けて検討すると共に、日本建築学会雪荷重指針の適合性について明らかにすることを目的とした。

その結果、現行の荷重指針がいずれの風速域においても安全値側の評価に位置することが明らかとなった。今後、より適切な屋根上積雪形状の推定あるいは積雪荷重の評価を行うためには、各地点毎の降雪状況並びに風速特性を考慮した基準風速の設定が必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会編：日本建築学会建築物荷重指針，pp.169-238，1993
- 2) 新井 覚他：建築物の雪荷重評価に用いる屋根形状係数について，日本建築学会北海道支部研究報告集，pp.89-92，1996.3
- 3) 桜井 修次他：各種建築物の屋上積雪の実態に関する調査，日本建築学会北海道支部報告集 No.57，pp.173-176，1984.3
- 4) 和泉 正哲他：積雪荷重の評価方法に関する基礎的研究（その9，13，15，16），日本建築学会大会学術講演梗概集，1985～1988
- 5) 和泉 正哲他：積雪荷重の評価に関する基礎的研究（その14），日本建築学会東北支部研究報告集，pp.187-194，1986.11
- 6) 平田 逸郎：冬季間の雪荷重の変化について（札幌），日本建築学会北海道支部報告集 第5回，pp.43-46
- 7) 森 晴勇他：陸屋根の積雪荷重の実態について，日本建築学会北海道支部報告集 第8回，pp.47-50
- 8) 森 晴勇他：札幌に於ける積雪荷重の実態に就いて，日本建築学会北海道支部報告集 第10回，pp.86-91
- 9) 森 晴勇他：屋根上積雪荷重の実態に就いて，日本建築学会北海道支部報告集 第12回，pp.43-47
- 10) 大野 和男他：札幌市内における積雪荷重の実態，日本建築学会北海道支部報告集 第16回
- 11) 山田 孝一郎他：建築物の雪荷重に関する基礎的研究（その1，5，7，8），日本建築学会大会学術講演梗概集，1983，1985～1987
- 12) 永井 秀次郎：積雪少ない水平屋根 No.4，日本雪氷学会秋季大会講演予稿集，pp.120，1980.10
- 13) 阿部 修他：緩勾配屋根上での積雪観測，日本雪氷学会秋季大会講演予稿集，pp.168，1978.10
- 14) 阿部 修他：緩勾配屋根上での積雪観測（その2），日本雪氷学会秋季大会講演予稿集，No.148，1983.10
- 15) 山田 孝一郎他：昭和56年豪雪による北陸地方の建物の被害について（その1），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.991-992，1981.9
- 16) 前田 博司他：屋根の雪荷重に関する基礎的研究（その3～5），日本建築学会大会学術講演梗概集，1980～1982
- 17) 遠田 弘志：地上および屋根上の積雪調査，日本建築学会東北支部研究報告集，pp.249-252，1985.3
- 18) 和泉 正哲他：積雪荷重の評価に関する基礎的研究（その7，8），日本建築学会東北支部研究報告集，1984.10

膜屋根の雪処理に関する屋外実験について

○荒島 裕重, 伊東 敏幸, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1. はじめに

近年, 積雪地域に膜屋根を持つ大規模構造物が多く建設されている。このような構造物の中では, 冬期間の屋根上積雪により屋根雪処理が出来ずに, 膜屋根の特徴である室内空間への採光を生かせない例がいくつかみられる。この現象の要因は, 筆者らの研究によると図1に示す滑雪抵抗力の発生がある¹⁾。滑雪抵抗力の低減方法としては屋根雪の分割処理を行うことが必要であると考える。

このような背景から本実験は昨年度に引き続き²⁾, V字屋根における屋根雪の分割処理方法に関する基礎資料を得ることを目的に, 石川県小松市に建設中の大規模ドームをモデルに屋外実験を行った。

2. 実験方法

2-1. 屋外試験体および観察方法の概要

屋根上積雪状況の観察は, 石川県小松市大杉に設置した屋外試験体を対象に行った。屋外試験体の概要を図2に示す。図のように試験体の滑雪面は, 現在建設中ドームの1/2スケールでV字状に膜を張り各V字部分で雪を分割処理できる形状とした。試験体にはA種膜材(四ふっ化エチレン樹脂コーティングガラス繊維布)を用いた。試験体上の積雪状況は, 試験体から約10m離れた高さ約5.4mの位置にタイムラプスビデオを設置し2秒間隔で観測した。積雪状況は, 屋根勾配を桁行方向0°滑雪方向25°, 20°, 10°および桁行方向10°滑雪方向20°の4種類とし, 暖房のある場合と無い場

合について観測した。膜面および膜面近傍温度は図に示す位置に置いて熱伝対を用いて観測した。観測期間は, 1994年12月27日~1995年3月7日と1995年12月26日~1995年3月11日までの期間である。

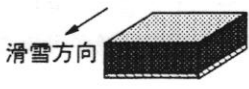
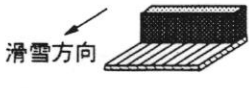
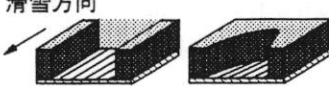
滑雪状態	主な滑雪抵抗力
	・凍着強度
	・上部雪の引張力 ・静摩擦抵抗
	・上部雪の引張力 ・雪のせん断力 ・静摩擦抵抗

図1: 滑雪状態の模式図

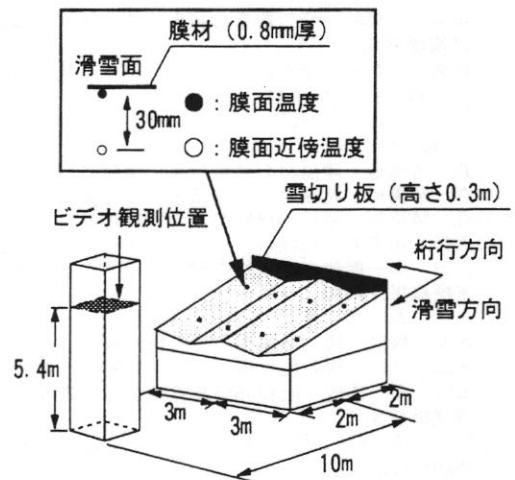


図2: 試験体の概要

2-2. 観測期間の気象条件

試験体を設置した小松市大杉における観測期間の降積雪深および外気温は、石川県土木事務所の雪量観測情報から収集した。これらの観測資料は1時間毎の観測値である。現地の風速は極めて弱いため、試験体上の積雪深は降雪および融雪終了までの累積積雪深とした。

3. 実験結果

3-1. 観測地域における気象条件

1時間当たりの降雪量と発生回数の関係を図3に示す。図のように1～2cmの降雪量が最も多く、1995年の1cm以上の降雪は180回で累積降雪深が405cm、1996年の1cm以上の降雪は333回で累積降雪深が522cm観測されている。一般に、1時間当たりの降雪量は降水量に換算すると、通常1～2mmで10mm以上になることは稀である³⁾。本観測期間の最大降雪量8cmは、雪密度を 0.15g/cm^3 と仮定した場合降水量に換算すると12mm/hとなる。これは1時間当たりの降雪量としては極値に近い値が観測されたことになる。

小松市大杉の外気温と降雪深の関係を図4に示す。図のように、本観測期間の降雪時の外気温は 0°C 前後で推移する場合が多く、 -2°C 以下での降雪は3回しか観測されなかった。筆者らの研究によると⁴⁾、滑雪抵抗力として最も大きな屋根葺材と屋根雪との界面に発生する凍着強度は -2°C 以下になると急激に減少することから、本実験で得られる滑雪現象は凍着現象の影響が小さいと考える。

3-2. 膜屋根上における積雪状況の観測結果

膜屋根の積雪状況を観察すると、滑雪現象は暖房を行って無い場合に発生している。

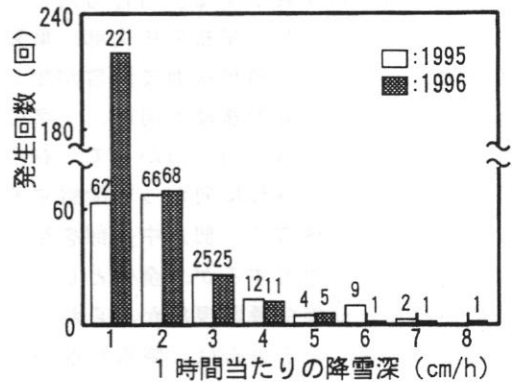


図3：1時間当たりの降雪量と発生回数の関係

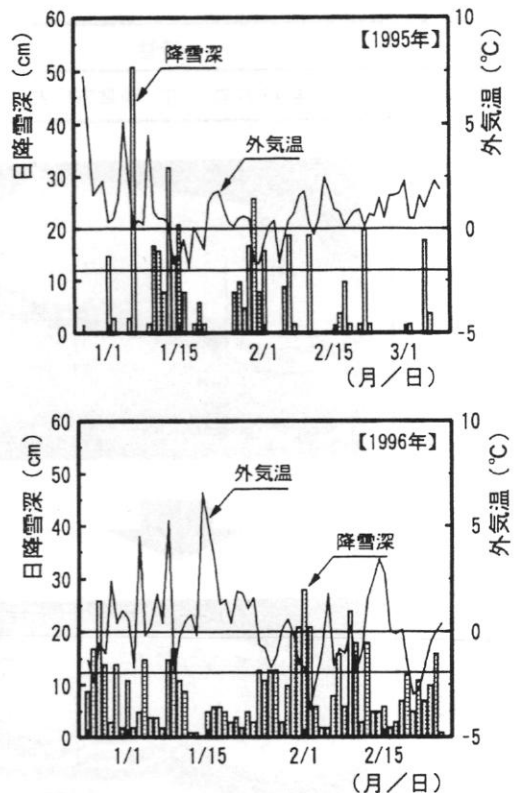


図4：日降雪深と外気温の推移状況

桁行方向 0° の場合、V字屋根の中央部に亀裂が入りV字状の谷部へ移動しながら左右のいずれかの屋根で滑雪が生じ、残りの屋根雪が追従するように滑雪することで屋

根面全体の滑雪が終了する。桁行方向 10° の場合(図5), V字屋根の中央部に亀裂が入り, 左のV字状の屋根面で滑雪が生じる。この時の屋根雪の移動方向は, V字の左の膜面の雪が滑雪方向に向かって, 右の膜面の雪がV字の谷部に向かって滑雪する。その後, 右の屋根雪の一部が中央部を越えて左の屋根面を滑雪するが, 全体としては左の屋根面と同様な滑雪現象がみられる。

暖房を行っている場合は, 降雪状況や外気温によって異なるが, 融滑雪あるいは融雪現象が発生している。融滑雪現象をみると桁行方向 0° の場合, 屋根雪全体が融雪

によりV字状の谷部に向かって移動すると同時に, 軒先に巻きだれが発生し落雪する。屋根勾配が滑雪方向 20° 以上では, 1日以内で全ての屋根雪が落雪するが, 滑雪方向 10° では落雪に4日程度要する場合もみられた。桁行方向 10° の場合(図5), 滑雪する場合と同様な屋根雪の移動により全ての屋根雪が落雪している。また, 融雪現象をみると降雪が発生してから暖房を行っても, 降雪深が15cm程度であれば完全に融雪されている。

以上のことから, 滑雪および融滑雪で屋根雪を処理する場合, 膜材をV字状に張る

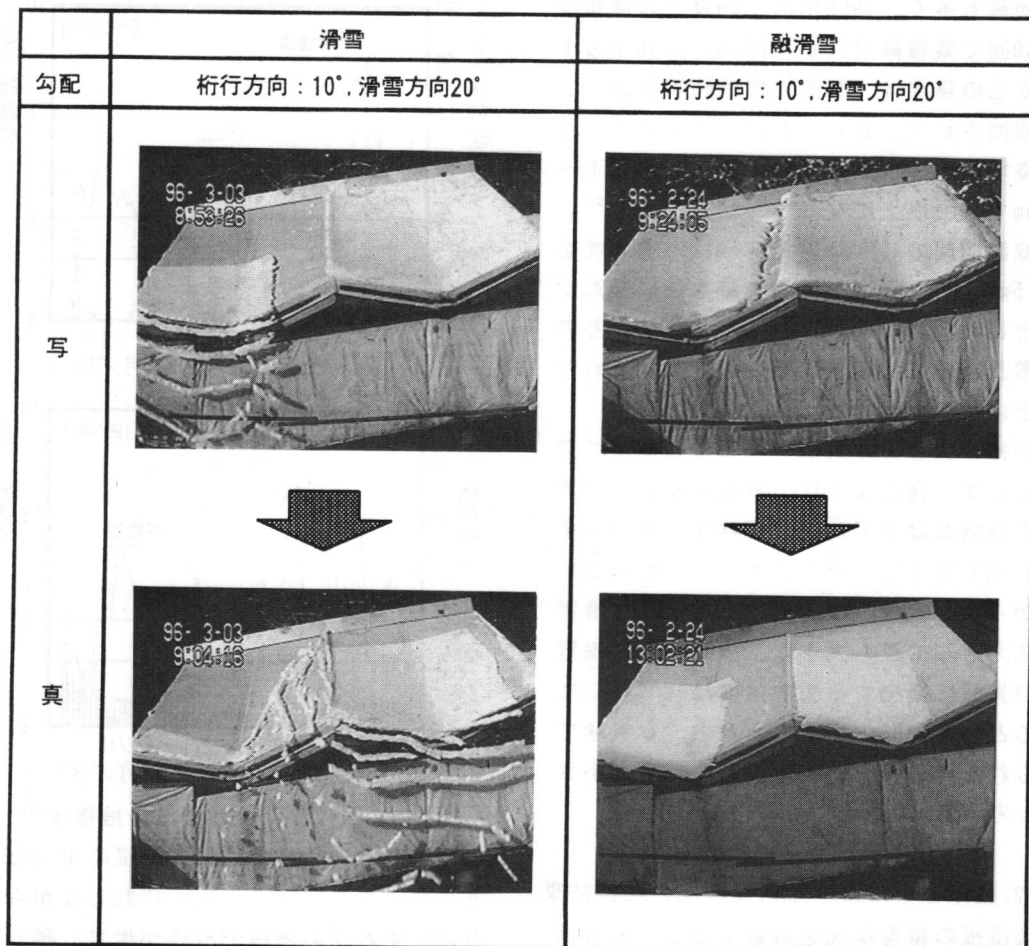


図5 : 滑雪および融滑雪現象

ことは屋根雪を分割処理する有効な方法と考える。

次に、滑雪および融滑雪現象が発生した場合の累積積雪深と膜面および膜面近傍温度との関係を図6に示す。図のように滑雪現象はいずれの積雪深においても膜面および膜面近傍温度が0℃前後で発生している。融滑雪現象は膜面および膜面近傍温度が-1～23℃の広範囲に分布している。これは屋根雪の移動状況が極めて緩慢で、落雪終了するのに6時間から数日要しているためと考える。

融雪した場合の1時間当たりの降雪量と膜面および膜面近傍温度との関係を図7に示す。図のように観測値にバラツキがみられるものの膜面温度7.5℃以上、膜面近傍温度15℃程度あれば降雪の深さ6 cm/h程度の降雪は融雪可能であると考えられる。

4. まとめ

本実験はV字屋根を持つ大規模構造物をモデルに屋根雪処理に関する基礎資料を得ることに目的に屋外実験を行った。その結果、以下ようになった。

- 1) 膜材をV字状に張ることは、屋根雪を分割することが可能であり、滑雪あるいは融滑雪現象を促すことが出来る。
- 2) 滑雪方向が20°以上であれば1日以内で全ての屋根雪が滑落雪するが、滑雪方向10°では屋根雪を処理するのに4日程度要する。
- 3) 暖房を行った場合、1時間当たり6 cm程度の降雪であれば融雪可能である。

以上のことから、膜材をV字状に張り暖房を行うことは屋根雪を処理する有効な方法と考える。なお、屋外実験にの観測には小松市立大杉青年の家の方々にご協力いただきました。

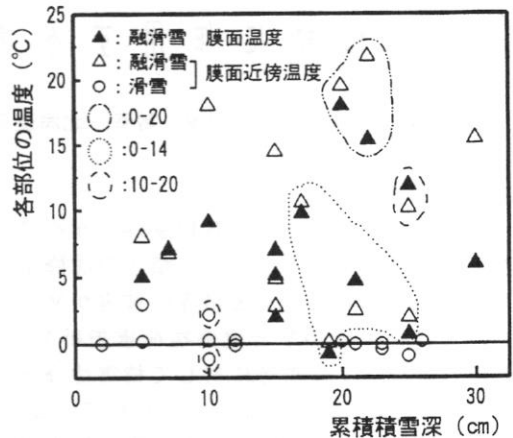


図6：滑雪および融滑雪の場合における累積積雪深と各温度との関係

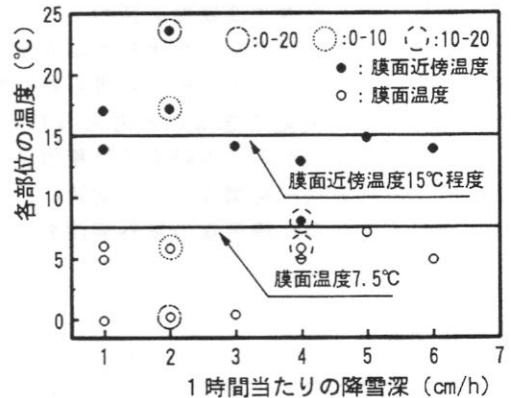


図7：融雪の場合における1時間当たりの降雪深と各温度との関係

【参考文献】

- 1) 苫米地 司他：膜構造物における滑雪現象に関する一考察，膜構造物研究論文集 '94, No. 8, pp. 103-110, 1994. 12
- 2) 苫米地 司他：開閉機構を持つ膜屋根構造物の開発，日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 767-768, 1995. 8
- 3) 日本雪氷学会編：雪氷辞典, pp. 27, 1990. 10
- 4) 苫米地 司他：屋根上積雪荷重の制御に関する基礎的研究，日本雪氷学会誌氷雪 56巻3号, pp. 215-222, 1994. 9

屋外工作物に作用する積雪沈降荷重に関する研究

○数矢 彰, 苫米地 司, 伊東 敏幸 (北海道工業大学)

1. はじめに

積雪地域に建設される各種屋外工作物は積雪下へ埋没することが多く、積雪の沈降圧による建築部材の変形や破損等の被害が発生している。日本建築学会建築物荷重指針では、上記のような工作物等に対して積雪沈降荷重を考慮した設計が必要であるとされている¹⁾。現状の積雪沈降荷重算出には、水平桁を用いた実験から得られた推定式が用いられている。しかし、一般的に積雪下へ埋没する建築部材には斜材となる筋違や連続性を持つメッシュフェンス等の部材が多く、水平桁とは異なる場合が多い。従って、水平桁から得られた推定式では十分に対応できないと考えられる。

このような背景から、本研究では積雪沈降荷重による被害状況を調査した。同時に、斜材に作用する積雪沈降荷重の屋外実測および荷重換算を行った。

2. 研究方法

2.1 屋外調査方法

積雪沈降荷重による被害状況を把握するために、豪雪地帯である蘭越町、仁木町およびニセコ町にある工作物および建築部材の調査を行った。調査では、屋外に露出して直接的に積雪沈降荷重の影響を受ける筋違の残留変形を測定した。残留変形は筋違の両端部から水糸を張り、部材各部で1mm単位の変形量を測定した。この測定結果を用いて、工作物および建築部材の積雪沈降荷重による被害状況を検討した。

2.2 メッシュフェンスに関する屋外調査方法

積雪沈降荷重に対する積雪深さの影響を検討するために、虻田郡ニセコ町にある北海道工業大学芦原山荘敷地内に設置したメッシュフェンスの残留変形を測定した。測定方法は

上述 2.1項と同様である。さらに、メッシュフェンス周辺積雪の日数経過に伴う変化を確認するために、周辺積雪の断面観察を行った。メッシュフェンスの設置期間は、1994年11月から翌年3月末までとした。

2.3 屋外実測方法

筋違に作用する積雪沈降荷重を検討するために、図1に示す試験体を北海道工業大学敷地内に設置した。設置期間は、1996年12月28日から翌年3月中旬までとした。図のように、筋違にはチャンネル鋼 (25×25×3) を用い、端部はガセットプレートに高力ボルトで固定してある。この試験体側面に積雪深高 160cm、積雪幅 400cmの範囲で雪を三角形形状に堆積させた。これは、実際の工作物軒下部における雪の堆積形状を再現したものである。このような条件下において、積雪沈降荷重による部材の変形量とその推移を測定した。変形量の推移は、筋違に20cm間隔で張り付けた7ヶ所の歪みゲージによって測定した。

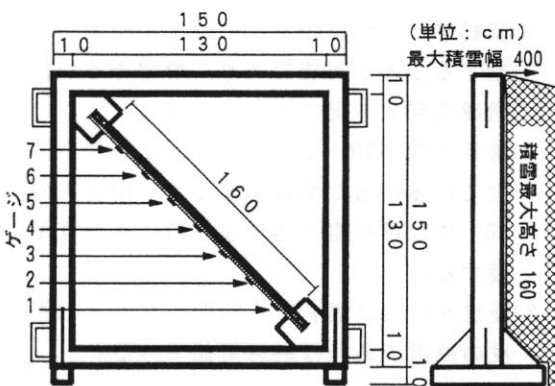


図1 屋外実測装置とその概要

2.4 積雪沈降荷重換算方法

実験装置に作用する積雪沈降荷重は、前述の屋外実測結果から歪みと応力度との関係を

考慮して換算した。ここで、歪みと応力度との関係には予備実験から得られた値を用いた。なお、荷重換算に必要な数値は、部材設置状況および全層平均密度の経日変化過程²⁾を考慮して用いた。次に、既往の研究^{3, 4)}で提案された推定式に部材周辺の積雪状況を当てはめて積雪沈降荷重の換算を行い、実測結果から得た積雪沈降荷重との比較を行った。

3. 研究結果

3.1 屋外調査結果

調査した筋違の変形概要と変形量を図2に示す。図中の写真のように、残留変形が発生しているのはいずれの筋違においても地上高2m以下の部分であった。これは、観察地域の平均積雪深⁵⁾が2m前後であることから、積雪沈降荷重の影響を受けたと考える。この影響は毎冬の積雪を経る度に累積し、筋違に変形および破損等の被害をもたらす。このような被害が発生した筋違は、設計段階で想定した荷重負担に対してその役割を十分に果たせない。このため、連結している他の部材や工作物の荷重負担に影響を与える。これらのことから、積雪下へ埋没する建築部材および工作物に関しては、初期設計段階から積雪沈降荷重を十分に考慮し、上記のような被害が発生しないように設計する必要がある。

3.2 メッシュフェンスに関する屋外調査結果

メッシュフェンス周辺における積雪断面の観察結果を写真1に示す。写真のように、積雪断面には、メッシュフェンスを中心としてその左右に褶曲した積雪層が形成されている。この積雪層は、メッシュフェンスの中心から遠ざかるに伴って褶曲勾配が緩くなり、褶曲の最終部分では自然積雪層の水平勾配と一致している。このことから、褶曲層が水平勾配と一致する部分までの範囲が積雪沈降荷重の影響圏である。写真では約1.4m～1.8mの範囲が影響圏であり、高さが異なる場合は高さの増加に伴って影響圏の範囲も増加していた。

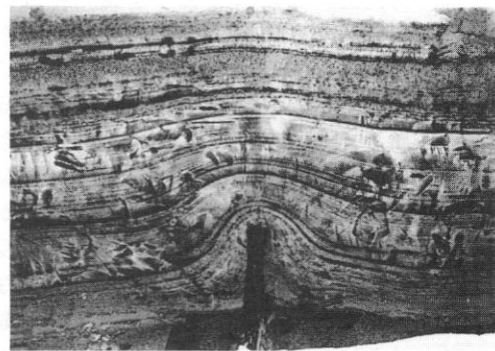


写真1 メッシュフェンス周辺の積雪断面

注：表中の長さ比は、上端からの部位/プレースの全長を示す

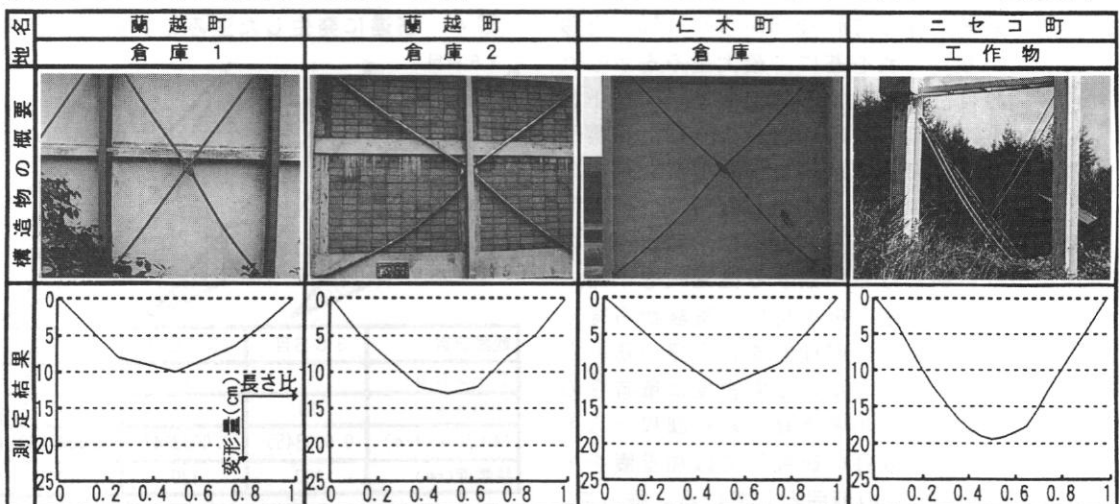
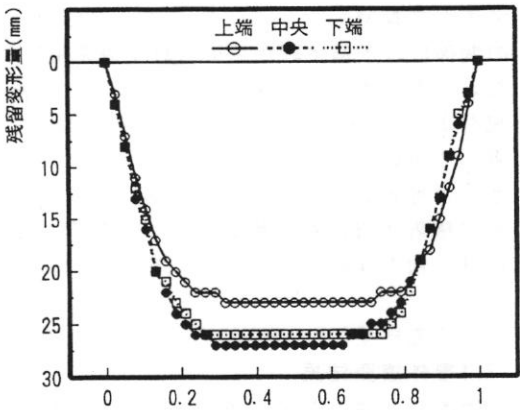


図2 屋外工作物の変形概要と測定結果

ここで、メッシュフェンスには垂直方向の残留変形が大きく発生していたことから、横筋各部の残留変形量の実測結果を図3に示す。図のように、上端に位置する横筋の変形量は、中央および下端に位置する横筋の変形量と比較すると大きな値を示していた。なお、水平方向の残留変形は垂直方向の残留変形と比較すると非常に小さな値を示していた。これらのことから、積雪沈降荷重が工作物に及ぼす影響は、先に述べた影響圏のみでなく工作物の地上高さによっても異なることが判った。

3.3 屋外実測結果

屋外実測装置の筋違に発生した歪みの推移状況を図4に示す。図のように、実験開始から20日経過前後で筋違上部のゲージにおける歪みが急激に増加している。さらに、40日経過前後で筋違下部のゲージにおける歪みが急激に増加している。これは、1月15日（実験開始から19日経過）、2月3日（実験開始から34日経過）に発生した降雨現象の影響を受けて、融雪による積雪の密度変化から大きな積雪沈降荷重が作用したと考える。なお、観察初期にゲージ1およびゲージ7の歪みが負の方向（圧縮側）へ出ているのは、部材両端の固定状態に影響を受けたと考える。次に、観察中に最大歪みを示したゲージの位置をみると、日数の経過に伴ってゲージ5からゲージ3へと移動している。これを基に、最大歪みを示したゲージの位置が移動する状況をモーメント図で表すと、図5となる。図のように、積雪深の減少および日数の経過に伴って M_{MAX} の値は小さくなり、 M_{MAX} を示したゲージの位置は下方へ移動している。ここで、積雪範囲の設定が本実験とほぼ一致する推定式を下記に示す。これらは水平桁を用いた実験から得られた式であるが、比較検討を行う際の基準とした。なお、式内で用いる雪密度は筆者らの研究による全層平均密度経日変化課程から用いた。さらに、既往の研究⁶⁾では加重圏を中央から0.5m~0.7mの範囲としている。従って、設定条件等から加重圏の範囲を0.5mとした。



スパン比(左端からの部位/フェンス全長)

図3 メッシュフェンスの残留変形量

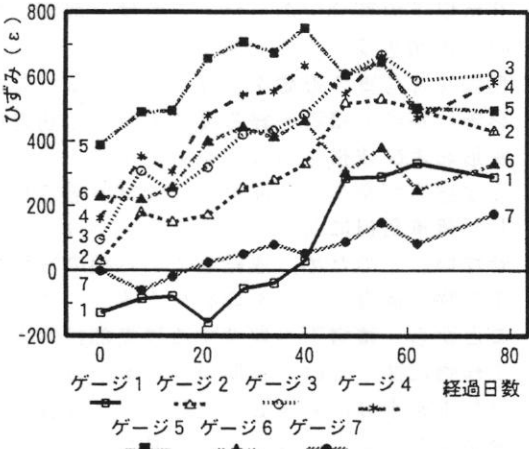
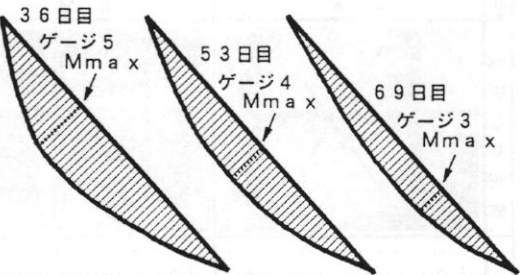


図4 筋違に発生した歪みの実測推移状況



観察日数	36日目	53日目	69日目
ゲージNo.	5	4	3
ϵ_{max}	786	716	607
$M_{max}(t \cdot m)$	0.0003455	0.0003147	0.0002668
積雪深(cm)	160	120	100

図5 最大歪みを示したゲージの移動状況

- 1) $F_{max} = 1.7 \times W_{max}^{3/2}$ (積雪3.5mまで) ・ 荘田
 2) $F_{max} = (\pi R^2 + 2R(b+l) + b \times l)(H_{wmax} - H_{wo})$

・ 中俣

但し, F_{max} : 作用する沈降力最大値(t/m)

W_{max} : 一冬の積雪重量最大値(t/m²)

b : 受圧面幅(m), l : 受圧面長さ(m)

R : 加重圏半径(m)

H_{wmax} : 一冬の最大積雪量(Kg/m²)

H_{wo} : 施設埋没までの積雪重量(Kg/m²)

実測結果から各ゲージの最大歪みを用いて積雪沈降荷重を算出し、既往の推定式を用いた場合との比較を行った結果、表1に示す積雪沈降荷重の値が得られた。表のように、各ゲージの最大歪みから換算した積雪沈降荷重は、推定式から得た積雪沈降荷重と比較すると全てのゲージにおいて大きな値を示した。また、最大歪みを示したゲージ3～ゲージ5の値には、10倍～20倍の差が生じていた。最後に、水平桁と斜材の各部における積雪状況および荷重負担の差異を模式図的に表すと、図6のようになる。図のように、積雪沈降荷重が双方に及ぼす影響は、水平桁と斜材とは異なっている。これらのことから、積雪沈降荷重における水平桁と斜材との差異には、上述のような相異が大きく影響している。

4. まとめ

本研究によって、以下に示す事項が明らかとなった。

- 1) 積雪沈降荷重は、工作物の設置状況や建築部材周辺の積雪状況によって、工作物に与える影響が大きく異なる。
- 2) 水平桁による実験結果から得た既往の推定式では、筋違等の斜材に加わる積雪沈降荷重の評価に対応できない部分が存在する。

この原因は、建築分野の各種屋外工作物が持つ建築部材同士の連続性にある。このことから、多面的な工作物や建築部材の形状および周辺積雪の範囲を考慮した推定式の検討が新たに必要である。

表1 最大歪みから得られた積雪沈降荷重と推定式から得られた積雪沈降荷重との比較

使用式 単位(t/m ²)	荘田式による 積雪沈降荷重 F MAX値	中俣式による 積雪沈降荷重 F MAX値	最大歪みから 換算した 実測 F MAX値
ゲージ1	0.0225	0.0305	1.6400
ゲージ2	0.0474	0.0549	1.7958
ゲージ3	0.0769	0.0926	1.6815
ゲージ4	0.1119	0.1304	1.4924
ゲージ5	0.1498	0.1835	1.7187
ゲージ6	0.1912	0.2346	1.2655
ゲージ7	0.2372	0.3031	0.8153

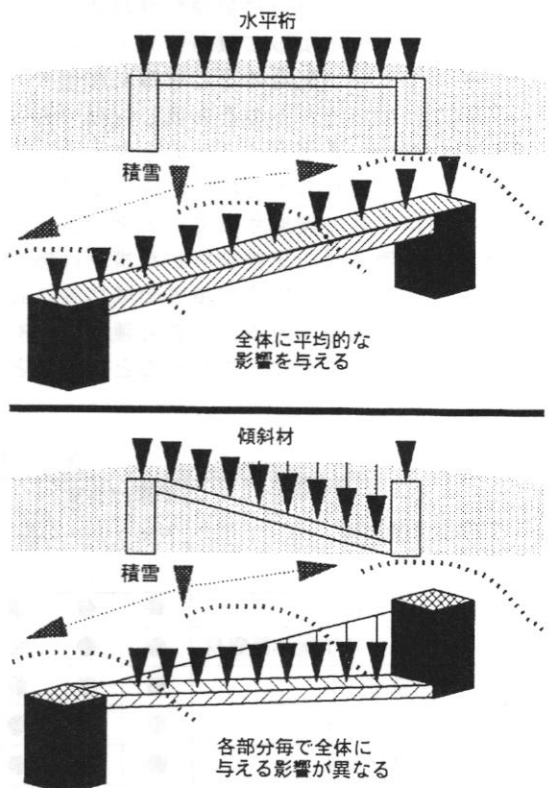


図6 積雪状況および加重負担状況の差異

【参考文献】

- 1) 日本建築学会編：日本建築学会建築物荷重指針・同解説, pp.34-44, 1995
- 2) 日本建築学会編：日本建築学会建築物荷重指針・同解説, pp.188-192, 1993
- 3) 荘田 幹夫：積雪沈降力の研究, 雪氷の研究 No.1, 1953
- 4) 中俣 三郎：積雪沈降力の実用式について, 日本雪氷学会秋季大会, pp130, 1976
- 5) 気象庁：日本気候表, pp39-40, 1991
- 6) 防雪工学ハンドブック：積雪の沈降力, pp34-39

膜材料の滑雪特性に関する基礎的研究

○山口英治, 伊東敏幸, 苫米地司 (北海道工業大学)

1. はじめに

膜材料は、膜構造建築物の発展に伴い繊維織物やコーティング層の開発が進みガラス繊維布に四ふつ化エチレン樹脂をコーティングした不燃性、耐候・耐久性などに優れた素材（A種膜材）へと推移してきた。A種膜材は、（社）日本膜構造協会に数種類登録されており、各メーカーによって織糸の太さ、本数、コーティング材の配合物など登録基準値内でやや異なっている。このため同じA種でも表面性状にばらつきが生じるものとする。これまでのA種膜材の滑雪特性に関する研究では、1種類のみで実施されている例が多く、数種類のA種膜材を比較検討した事例は極めて少ない。膜構造建築物が積雪地域に普及し始めている現状を考えると、各A種膜材固有の滑雪特性を明らかにしておくことが重要と考える。

本研究では、各A種膜材固有の滑雪特性を明らかにすることを目的に実験を実施した。実験は、代表的な6種類のA種膜材を対象として屋根雪の滑雪開始に影響を及ぼす静摩擦係数について実験を実施した。さらに、この実験結果を用いて膜材の表面性状との関係を検討するため、表面粗さおよび撥水性を示す接触角について測定を行った。

2. 研究方法

2.1 静摩擦係数に関する実験

膜構造建築物の屋根雪処理では、屋内から熱エネルギーを与えて融滑雪処理させるのが一般的である。この滑雪現象を検討するため本実験では、静摩擦係数と含水率との関係について実験を行った。

表1に実験シリーズを示す。実験に用いた

表1 実験シリーズ

試料 No.	試料材	静摩擦実験						表面粗さ測定 (μm)				接触角 測定 (θ°)
		雪モデルへの投入水量(g)										
		0	10	30	50	70	90	Ra	Rz	Ry	Sm	
M1	膜材料 1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M1-8	M1の 8 年屋外暴露材	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M2	膜材料 2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M3	膜材料 3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M4	膜材料 4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M5	膜材料 5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
S1	冷間圧延ステンレス鋼板	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
S2	塗装ステンレス鋼板	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
FG1	フロート板ガラス	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
P1	ポリエステル樹脂塗装 溶融亜鉛めっき鋼板	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
雪モデルの含水率(%)		0	12	20	28	37	53					

注1) 膜材料1～5は、A種膜材で（社）日本膜構造協会に登録されている。

注2) 試料材M1-8以外は、全て新品材料である。

試料材は、表に示すように6種類のA種膜材と比較材料S1, S2, P1, FG1である。雪モデルは、表面温度0℃の試料材上で自然雪で作製した雪ブロック(積雪密度 0.25g/cm³, 「直径120mm, 高さ15mm」+340gの重り)を用いた。実験は、同表のように雪モデルの含水率を変化させ、傾斜平板法で測定を行った。なお、含水率はカロリーメーター法で測定した。

2.2 表面性状の測定

(1) 表面粗さの測定

表面粗さの測定は、表1の試料材を5cm×5cmの大きさに切除した測定用試験片を用い、触針式粗さ測定装置にて中心線平均粗さRa, 10点平均粗さRzおよび凹凸の平均間隔Smについて測定を行った。

(2) 接触角の測定

接触角の測定は、表面粗さ測定と同様の試験片を用い、自動接触角計にて液滴落下60秒後に測定した。測定用の液体には、蒸留水を用いた。

3. 研究結果

3.1 静摩擦係数に関する実験結果

A種膜材の含水率と静摩擦係数との関係を図1に示す。図のように膜材の静摩擦係数は、含水率の増加に伴いM1, M1-8, M2, M3の図中黒塗りとM4, M5の図中白抜きとの2つの傾向に大別できる。図中黒塗りの膜材の静摩擦係数の傾向をみると、M1, M2は、含水率37%で最大値を示し、M1-8, M3は、53%まで増加の傾向がみられる。これに対し、図中の白抜きのM4, M5は、含水率20~28%で最大値を示し、その後、減少傾向を示す。これらの傾向の違いは、コーティング材の配合物がやや異なるため、この影響などが要因と考えられる。比較材料における含水率と静摩擦係数との関係をみると図2となる。図のように、材料表面が平滑であるFG1は含水率の増加に伴い静摩擦係数が減少する傾向を示す。他の比較材料の静摩擦係数は、含水率20%以下で最大値を示し、その後、減少傾向を示す。

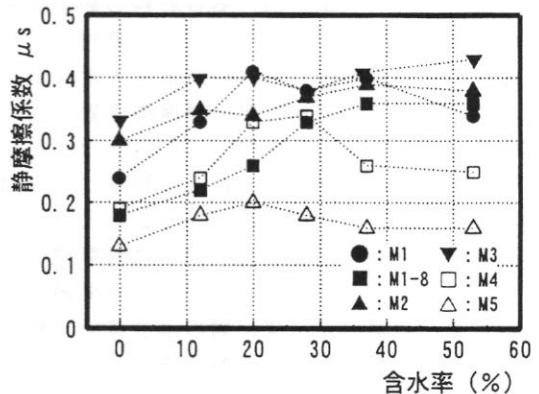


図1 A種膜材膜材における含水率と静摩擦係数との関係

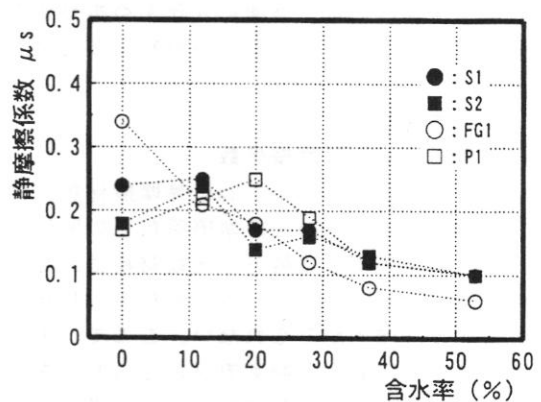


図2 比較材料における含水率と静摩擦関係との関係

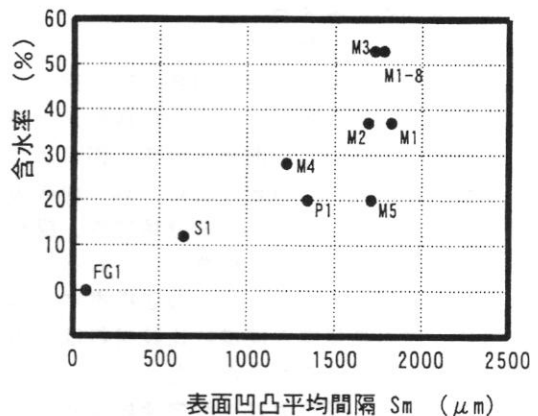


図3 静摩擦係数が最大値を示した時の表面凹凸平均間隔Smと含水率との関係

次に、各含水率における各材料の静摩擦係数の値をみると、含水率0%では膜材のM5が最も小さい値を示し、FG1が最も大きな値を示す。含水率の増加に伴い静摩擦係数の大小の順位が異なり、含水率53%になるとFG1が最も小さい値を示す。これらの現象は、表面粗さの影響を大きく受けていると考えられる。この現象を整理するため、図3に静摩擦係数が最大値を示した時の表面凹凸平均間隔 S_m と含水率との関係を示す。図のように S_m の増加に伴い含水率も増加する傾向を示し、膜材のように表面粗さの大きい材料は、雪と膜材との界面に介在する水分量が多くなると滑雪が起りづらくなると考える。これに対し、表面が平滑なFG1は、界面に介在する水分量が少ないと滑雪が起りづらい材料であると考ええる。

3.2 表面性状

(1) 表面粗さと静摩擦係数

図4に中心線平均粗さ R_a と静摩擦係数、図5に10点平均粗さ R_z と静摩擦係数との関係を示す。両図のように膜材と比較材料は、2つの傾向に大別できるが、各比較材料の材料特性に明瞭な傾向がみられない。ここで、表面凹凸の平均間隔 S_m と静摩擦係数との関係をみると図6となる。比較材料は、 S_m の増加に伴い各材料が持つ固有の特性が現れた。従って、材料特性を評価する場合、 S_m を指標に用いることが有効的と考える。

(2) 表面粗さと接触角

図7に接触角と中心線平均粗さ R_a 、図8に接触角と10点平均粗さ R_z 、図9に接触角と表面凹凸平均間隔 S_m との関係を示す。図のように接触角は、 100° 前後の膜材、 60° 前後のS1, S2, P1, 17.8° のFG1と分類でき、膜材は撥水性の大きい材料に位置づけられる。なお、図7、図8のように R_a , R_z を指標に用いた場合、前述の傾向と同様に比較材料は、固有の材料特性がみられなかった。

滑雪に対する抵抗力は、滑雪開始条件として静摩擦による抵抗力だけでなく、屋根材に屋根雪が付着する凍着強度がある。凍着強度

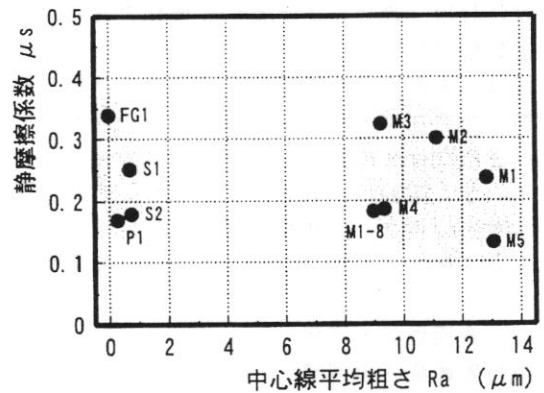


図4 中心線平均粗さ R_a と静摩擦係数との関係

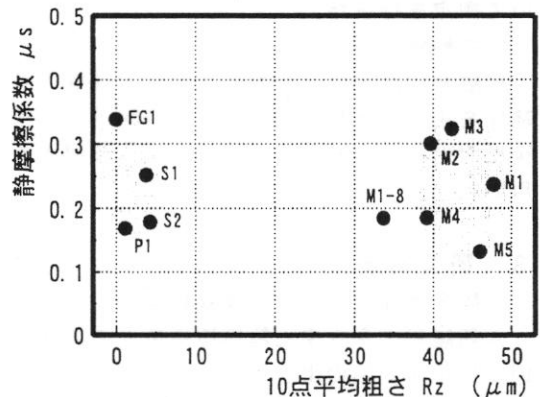


図5 10点平均粗さ R_z と静摩擦係数との関係

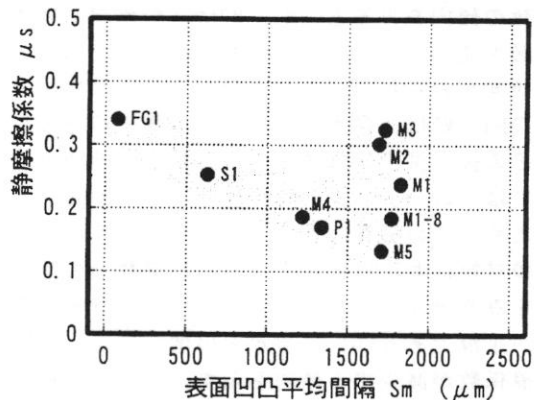


図6 表面凹凸平均間隔 S_m と静摩擦係数との関係

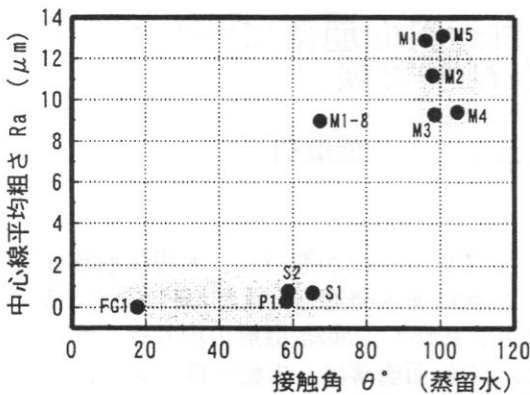


図7 接触角と中心線平均粗さRaとの関係

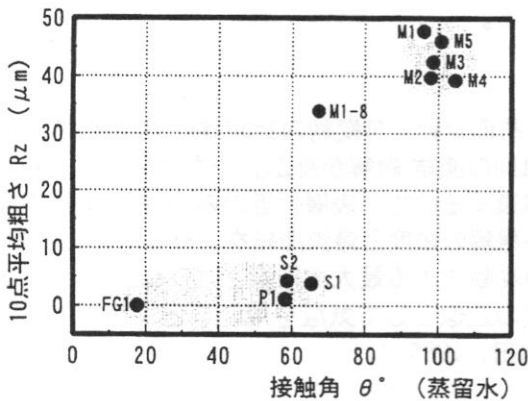


図8 接触角と10点平均粗さRzとの関係

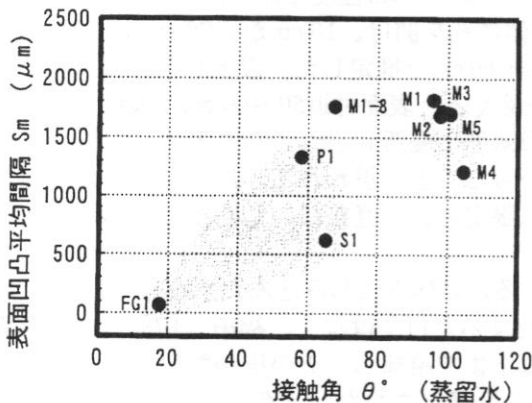


図9 接触角と表面凹凸平均間隔Smとの関係

は、屋根材に付着する屋根雪の接触面積に支配され、撥水性の大きい材料ほど小さいと報告されている¹⁾。従って、膜材のように撥水性が大きく表面凹凸が大きい材料は、凍着強度が小さく、滑雪しやすい材料と考えられる。さらに、膜材は、同図のように接触角による大きな差異がみられないことから、凍着強度については膜材の種類による影響はほとんど受けないと考えられる。なお、図中のM1-8の接触角が小さいのは、屋外暴露時の表面状態で測定を行ったため、汚れなどによる影響を受けたものと考えられる。

4. まとめ

一般に膜構造建築物の屋根雪処理では、屋内から熱エネルギーを与えて融滑雪処理していることから融雪水の影響を受けている。従って、屋根雪と膜材との間に介在する水分量により大きな影響を受ける膜材は、エネルギーの投入方法やその制御方法について十分に検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 伊東敏幸ほか：屋根葺材と屋根雪の凍着性状に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第470号，pp. 43-51，1995. 4

1996年北海道古平町豊浜付近斜面崩落にかかわる 岩石の凍結-融解実験

原田 鉰一郎・福田正己 (北大・低温研)

1. はじめに

北海道では、基盤岩石が凍結-融解の繰り返しで破碎風化が進行し、大規模崩落を引き起こすことがある。1987年6月9日に層雲峡で柱状節理の発達した溶結凝灰岩が崩落し、死者3名重傷者6名という事故が発生した(勝井、1988)。凍結-融解の繰り返しがその一因と考えられた(福田、1988)。古平町豊浜での斜面崩落は、岩盤が深くまで凍結して崩落の発生しにくい最寒冷期であることから、崩落の直接原因に凍結が作用したとは考えにくい。そこで、この報告では、凍結作用に影響する1996年冬季の気象環境と、凍結-融解による岩石の破碎性を実験により評価する。

2. 凍結-融解の繰り返し出現頻度

基盤岩体に凍結-融解が及ぶ回数と深さは、季節変動と日変動の2つの様式で異なる。季節変動では、岩体の最大凍結深さまで冬季に1回の凍結-融解が及ぶ。一方気温の日変動では、変動振幅はたかだか数10 cmで岩体内で減衰するので、表層付近のみが凍結-融解を繰り返す。そこで豊浜に近い美国における凍結-融解の頻度と最深凍結を、今冬(1995-1996年冬期)のアメダス観測値から求めた。季節変動による最大凍結深さ(D cm)は、土壌の凍結深さの推定法を適用し、岩体表面温度の近似として気温を用いると、凍結指数 I_d ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$) から以下の式で求められる(福田、1985)。

$$D = \alpha \cdot \sqrt{I_d} \quad \text{----- (1)}$$

α は岩体の凍結熱伝導率に依存する係数で通常は3.0~4.0である。2月中旬までの I_d は200~300なので、豊浜の崩落前の凍結深さは42~69 cm程度である。確認のため2月18日から5月11日までの間、崩落斜面付近で岩体に孔を開け、10 cmから70 cmまで20 cm間隔で岩体温度を計測した結果、最深凍結を50~60 cmと推定した。以上から、崩落した岩体では、基盤の背後に存在した亀裂の影響を除くと、表面付近50~60 cmが凍結していたに過ぎない。実際に崩落の後に、地下水が滑落面に浸透し、つららを形成していたことから、滑落面付近まで凍結が及んでいなかったことと思われる。以上から季節変動による凍結深さは、崩落した岩体のごく表面に限定され、直接的ないし間接に凍結が崩落の引き金とは言いがたい。

次に日変動による凍結-融解の影響を検討する。岩体中にしみ込んだ水が十分に凍結-融解するには、 0°C をはさんで上下に気温が変化するだけではなく、福田(1988)による凝灰岩の凍結-融解の実験結果によれば、 -4°C 以下まで冷却し、その後 $+4^{\circ}\text{C}$ 以上まで温度が上昇して融解されるような温度変動が破壊の目安とされた。その条件を満足する頻度は、今冬の美国では3回であった。

今冬との比較および北海道内の地域分布を見るために、昨冬(1994-1995年冬期)の気象官署の観測値に基づいて描いた凍結-融解(-4°C 以下と $+4^{\circ}\text{C}$ 以上)の出現頻度図が図1である。美国の近くに位置する小樽では1回であった。

今までの議論は気温の日変化についてであったが、次にもっと長期間にわたる気温変化を見してみる。図2は、気温が $+4^{\circ}\text{C}$ 以上から -4°C 以下になるまでの変動の様子を示したグラフである。この図から長期間にわたる気温変化から見れば、凍結-融解は9回起っている事がわかる。以上から、1冬季間において日変化のような短周期では3回程度、長周期では9回程度、 -4°C 以下と $+4^{\circ}\text{C}$ 以上の気温変化による凍結-融解を美国では繰り返していたと言える。

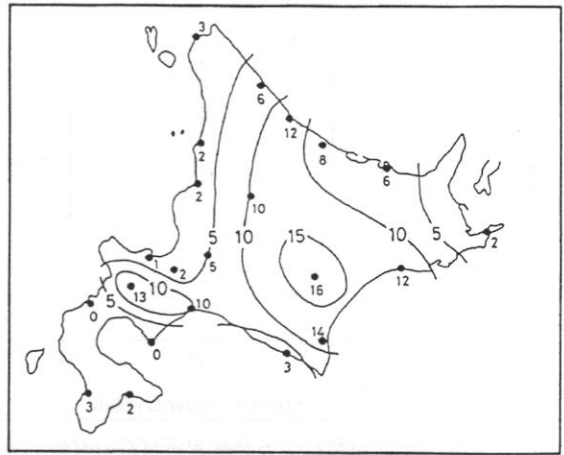


図1 北海道内における凍結-融解の出現頻度分布
 ($T_{\min} \leq -4^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} \geq +4^{\circ}\text{C}$ 日変動幅、
 1994/1995年 冬季)

3. 凍結-融解実験

崩落現場で採取した岩石が、どの程度凍結-融解に対して抵抗性があるかを調べ

るために、実験室において凍結-融解実験を行った。ここでは一定の凍結-融解サイクル毎に岩石の損失率と空隙率を測定した。損失率は、凍結-融解サイクル後の重量を初期の岩石の重量で割ったものとして定義する。また空隙率は、真空脱気で水飽和させた試料の水中及び空中秤量から算出した。これは、外気と連結した空隙のを考慮した空隙率（有効空隙率）である。岩質は第三紀水冷火砕岩（旧定義の角礫凝灰岩）であり、火山噴出に伴う凝灰質の部分と緻密な角礫質から成り立つ。

実験は、まず炉乾重量の測定、水飽和、空中及び水中重量の測定の手順で行い、有効空隙率を算出する。その後、恒温槽内で24時間で1サイクルとする $10^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ の凍結-融解サイクルを繰り返した。サンプルは常に水で満たすようにし、5サイクル毎に恒温槽より取り出して重量等の測定し、合計20サイクルまで実験を行った。

4. 実験結果

図3に5サイクル毎の有効空隙率の変化を示す。サイクルが進むにつれ、空隙率の値の幅が大きくなる。これは実験が進むに従い、サンプルが2つのグループに分けられることを示している。脆い凝灰質部分は破碎され、堅い角礫の部分だけ残るサンプルでは、空隙率は次第に小さくなる。また角礫をあまり含まない凝灰質は、残存部の空隙率は大きくなる。損失率の変化を見ると、やはり2つのグループに分けられる（図4）。角礫質では、ほとんどその重量が変動

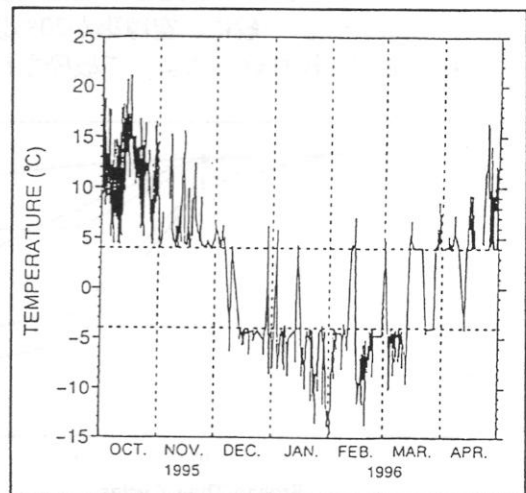


図2 美国における凍結-融解の出現頻度
 (最高気温 $\geq +4^{\circ}\text{C}$ から最低気温 $\leq -4^{\circ}\text{C}$
 となる頻度)

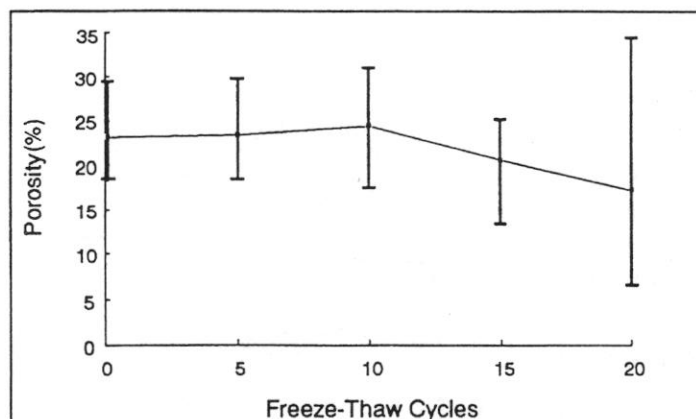


図3 凍結-融解による試験岩石試料の有効空隙率変化
(豊浜付近水冷破碎岩)

しないが、凝灰質では重量で70%も減少（破碎）されたものもある。また重量の急激な減少は、10サイクルを越えると発生することも分かった。これは崩落現場で採取した岩石試料が、基盤岩体の表面付近でなく、内部のあまり風化の進行していない部分（新鮮な試料）であったためである。

すでに福田（1984）が、指摘しているように、基盤岩石の凍結-融解の繰り返し試験を

行う場合には、変動幅が $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 以上ですくなくとも10サイクルの繰り返しが必要である。こうした現地で採取した新鮮な岩石試料では、一定サイクル以上（ここでは10サイクル）の繰り返しで、破碎抵抗性に差が生ずるからである。この原因は、新鮮な岩石試料内で、初期サイクルでは破碎に至らない微細なクラックがまず生じ、やがてそれらが伸長して相互に連結して、大きなクラックとなるからである。

5. 考察とまとめ

$\pm 10^{\circ}\text{C}$ の温度幅で凍結-融解実験を行った結果、凝灰質な岩石試料は10サイクルを超えた後に破碎された。この岩質は、本実験のように水分が十分に供給されるといった条件が揃えば、非常に凍結抵抗性は低く、破碎されやすい。この凍結抵抗性は、岩石の空隙率と力学的性質を反映する超音波伝播速度をパラメーターとして表わすことが出来る（Fukuda, 1979）。一般に、空隙率が20%以上、超音波伝播速度が2.0 km/sec以下の岩石は、凍結-融解の繰り返しによって破碎されやすくなる（図5）。本実験で用いた岩石で

は、6個のサンプルの平均の空隙率は32%、超音波伝播速度は1.80 km/secであった。

この実験結果に基づいて、実際の基盤岩体では、水分供給と温度変動幅がどのように出現するかを再度評価してみる。

福田（1982）は、岩石の温度拡散率を与え、表面温度を 4°C ～ -4°C まで変動させた時の基盤岩石内の温度の経時変化の計算結果を示し

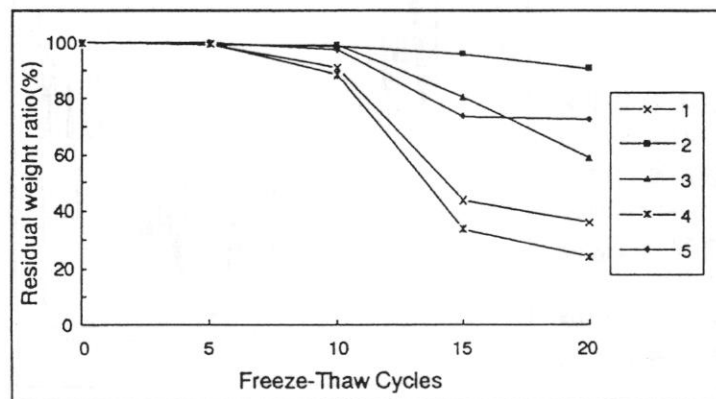


図4 凍結-融解による損失率変化
(No.2, No.5 : 角礫質 No.1, No.3, No.4 : 凝灰質)

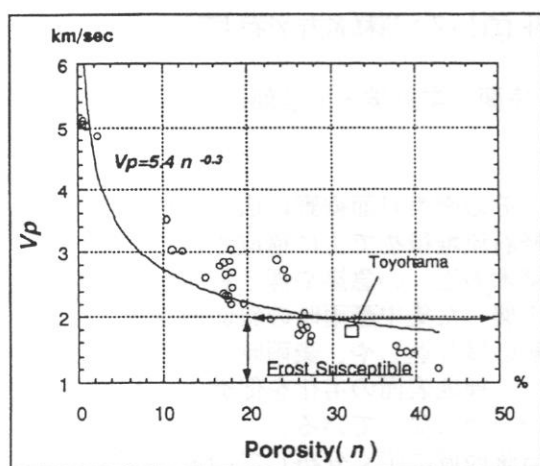


図5 風化岩石の超音波速度と空隙率の関係

ている。それによると、温度拡散率 $0.004 \text{ (cm}^2/\text{sec)}$ とすると、 30 cm 深では温度の変動幅は $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内に減衰する。有効に岩石が破碎されるのは、表面のごく浅層に過ぎない。加えて厳冬期では岩体への水分供給は限定され、融解期にのみ積雪融解水により岩体は濡れた状態となる。

基盤岩体では、垂直に切り立った斜面に平行に、岩体の背後に分布する亀裂が存在する。その亀裂の最上部の開口部の幅や、岩体に切り込んだ亀裂深さの規模によっては、凍結-融解の繰り返しが有効に作用し、岩体全体を脆弱化する可能性は捨てきれない。しかしながら、均質な岩体を仮定した、現気象条件下での凍結-融解の出現

頻度や岩石試料の凍結-融解実験結果からは、岩体全体を崩落させるような直接的な破壊に凍結が寄与していないとも言える。

層雲峡での事例とも照らし合わせると、基盤岩体が受けた凍結-融解の繰り返しは、岩体表面や大きく開いた亀裂内面では、含水条件で活発な凍結破碎を発生させ、基盤強度の低下に寄与してきた。したがって、間接的には、凍結-融解の繰り返しが基盤岩体の崩落の一因となったであろう。今後の再発防止には、例えばグラブレードなどを用いた基盤岩体背後の亀裂分布や、岩体の温度変動の計測、斜面背後からの地下水浸透といった現地での計測・観察が不可欠である。

本研究にあたっては、アメダス気象データの提供で、日本気象協会北海道本部に多大の協力を頂いた。また、気象データは北海道大学大学院理学研究科の播磨屋敏生教授に解析して頂いた。現地での計測と試料採取では、北海道開発局道路課に便宜を計って頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 勝井義雄 1988. 1987年北海道層雲峡溶結凝灰岩崩壊とその災害に関する調査研究. 文部省科学研究費突発災害研究成果, 56 pp.
- Fukuda, M. 1979. Some observations about rock weathering by frost upon the warvings. Fondation Francaise Detudes Nordique Act et Documents, 6, 73-79.
- 福田正己 1982. 北海道における凍結-融解の繰り返し出現頻度の分布-ソリフラクションに関連して-. 昭和54-56年度北海道大学特定研究経費成果報告書, 75-86.
- 福田正己 1984. 小樽手宮洞窟壁面遺跡の凍結破損防止にかかわる基礎研究. 低温科学, 43, 171-180.
- 福田正己 1985. 凍土の物理学, 227pp, 森北出版.
- 福田正己 1988. 層雲峡溶結凝灰岩崩壊にかかわる基盤岩石の凍結-融解実験. 1987年北海道層雲峡溶結凝灰岩崩壊とその災害に関する調査研究, 文部省科学研究費突発災害研究成果, 41-48.

クッタラ火山灰斜面の凍結深度

河内 邦夫・武藤 章 (室蘭工業大学・工学部)

1. はじめに

クッタラ火山は、登別市の北東部にある。その南西斜面裾野に広がる札内台地は、クッタラ火山起源の降下軽石・火山灰及び軽石流堆積物で主に構成されている。その台地を刻する中小河川の両岸には、所々に草木の乏しい急崖や裸地斜面がみられる。この多くは、1983年の8月、9月に登別地方を襲った集中豪雨時の斜面崩壊によって生じたもので、これら裸地斜面は、凍結・融解の繰り返しや、豪雨時の水食により年々後退している。¹⁾特に、冬季の凍結と融解は、裸地表面の劣化を促進し、斜面の風食・水食および表面の崩落を引き起こす素因の一つになっている。

筆者らは、前述の豪雨の災害調査以後、当該地域に広く分布しているクッタラ火山噴出物で構成される斜面の侵食特性を研究してきた。^{1) 2)}今回は、新たに火山灰斜面用に開発した小型の凍結深計を用いて1986(以後、86と略記する)年から10年間冬季に計測してきたクッタラ火山灰斜面内の凍結深さ測定の内、積雪の影響や河川水温等の影響の少ない地点の結果を積算寒度と比較考察したものである。なお、積算寒度算出に使用した日平均気温は、札内台地内に設置されている気象庁AMeDASの記録である。

2. 測定地点

札内台地を刻する岡志別川・サト岡志別川の河岸で河川水の影響の少ないクッタラ火山灰裸地斜面の3地点。(図1測定地域案内図中: No. 1, No. 2, No. 3)

3. 測定地点の地質

札内台地の模式柱状図を図2に示す。図中のNo. 1, 2, 3はそれぞれ測定地点の地質を示す。地質の詳細は省略するが、No. 1, No. 2は灰色軽石質火山灰、No. 3は灰色の弱溶結凝灰岩で構成され、どちらも台地内に分布している代表的な火山噴出物の裸地斜面である。

4. 斜面用小型凍結深計の概要

図3に概略の形状および埋設時の様子を示す。管内水溶液の凍結膨張を吸収する内管中のビニール管³⁾は省略し、ポリエチレンパイプ(ホース)の持つ弾力性にその役を持たせた。この凍結深計の精度は一般的な現地用凍結深計³⁾と平地で同時観測し、結果に±1 cm以上差がないことを確認している。

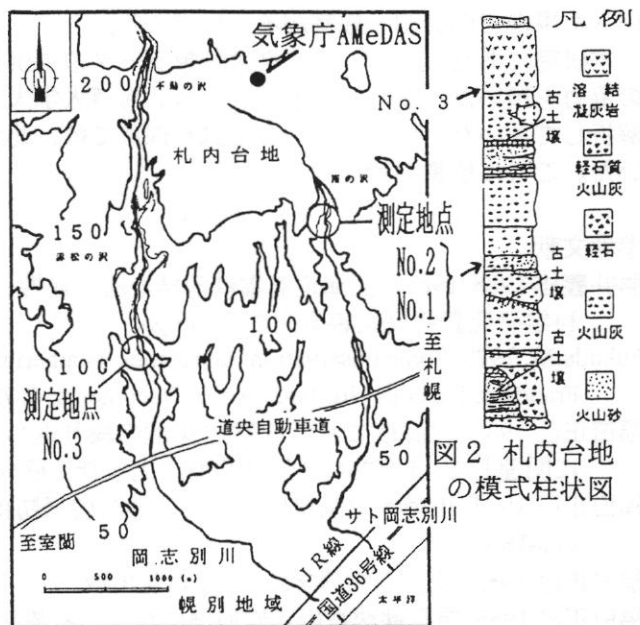


図1 測定地域案内図

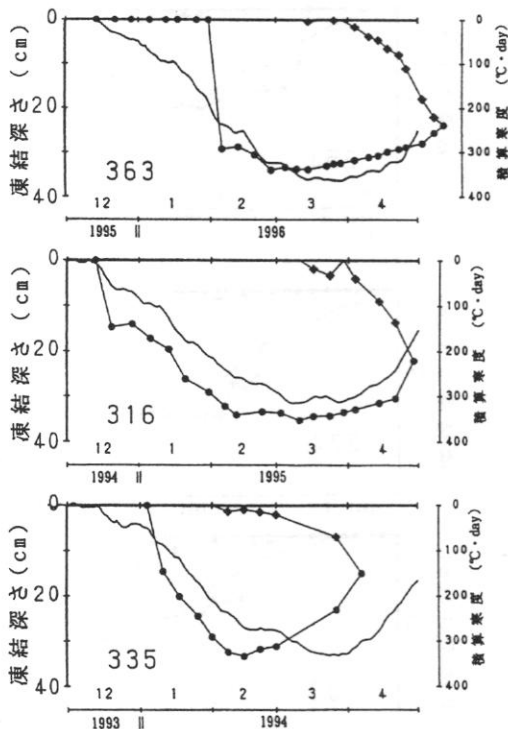


図3 斜面用小型凍結深計の概略図

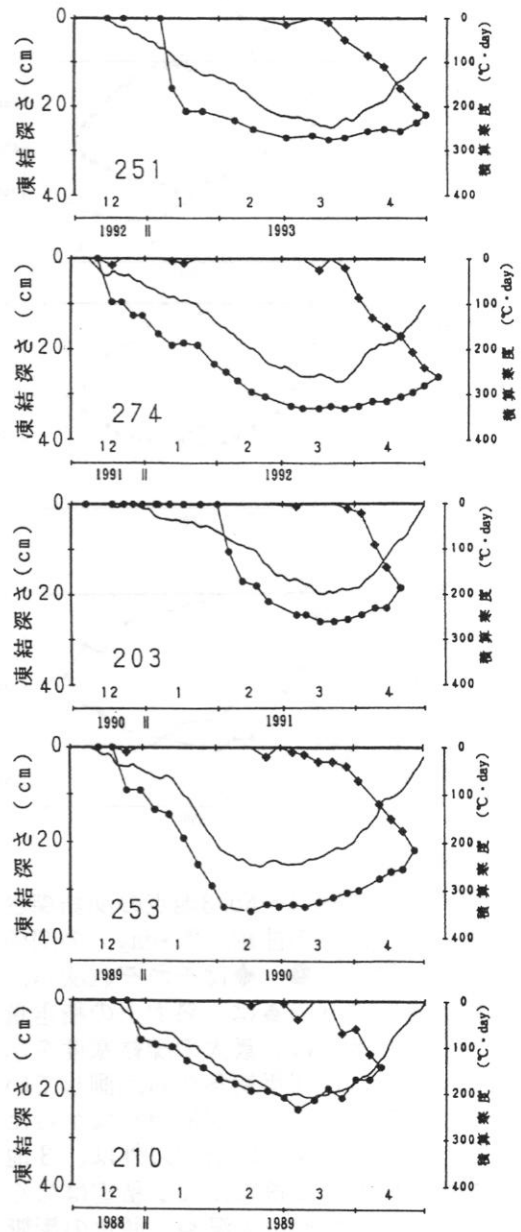
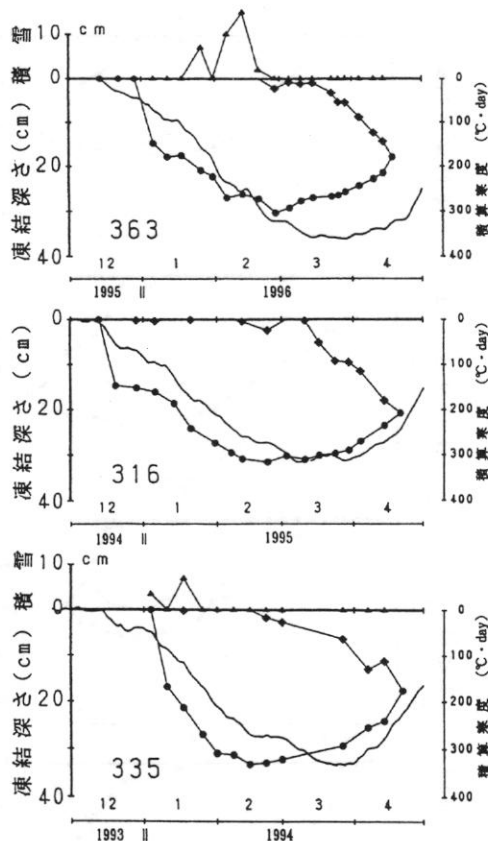


図4 No. 1の凍結深さと積算寒度の関係

5. 計測方法

計測は、毎週1回を原則に日平均気温がマイナスになる12月初旬から、完全に融解する5月始めまで継続した。積雪は、計測時に最小限除去し計測後元通りにした。内管と外管の隙間は、毎回ビニールテープで防水したが、最近では、図3のキャップCを作り被せている。計測は、図3中の①②③を、毎回メジャーで計った。今回の凍結深さと融解深さは、測定時の内管の突出①を③②からそれぞれ引いた値を用いた。



6. 結果

図4～6にNo. 1～No. 3地点の凍結深さと積算寒度(図中の曲線: $^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$)の関係を示した。図中の●、◆はそれぞれ凍結深さ、融解深さ、図5の▲は、斜面上の積雪量を、各年左下の数字は、最大の凍結寒度を示す。

No. 3地点は、86年初冬から計測しているが86、87年の結果は今回使用しなかった。

No. 2地点の何回かの積雪以外は、3地点とも測定斜面上に根雪になる積雪はなく、河川からも離れ河川水温や、湧水の影響もない地点である。No. 1とNo. 2地点は、向かい合う斜面で、No. 1は全く陽が当たらず、No. 2は午後に陽が当たり、3月には3時間程度の日照がある。No. 3地点は、朝方、陽が当たるが、午後は全く陽が当たらない。

全体に積算寒度が大きい年は、凍結深さも深い傾向がある。No. 1の凍結深さは、他に比べ深く融解日も遅い。No. 3は、凍結進行過程では、No. 1に似た傾向を示すが、融解過程では、No. 2に似た傾向を示す。各地点の凍結・融解パターンに差がみられる。

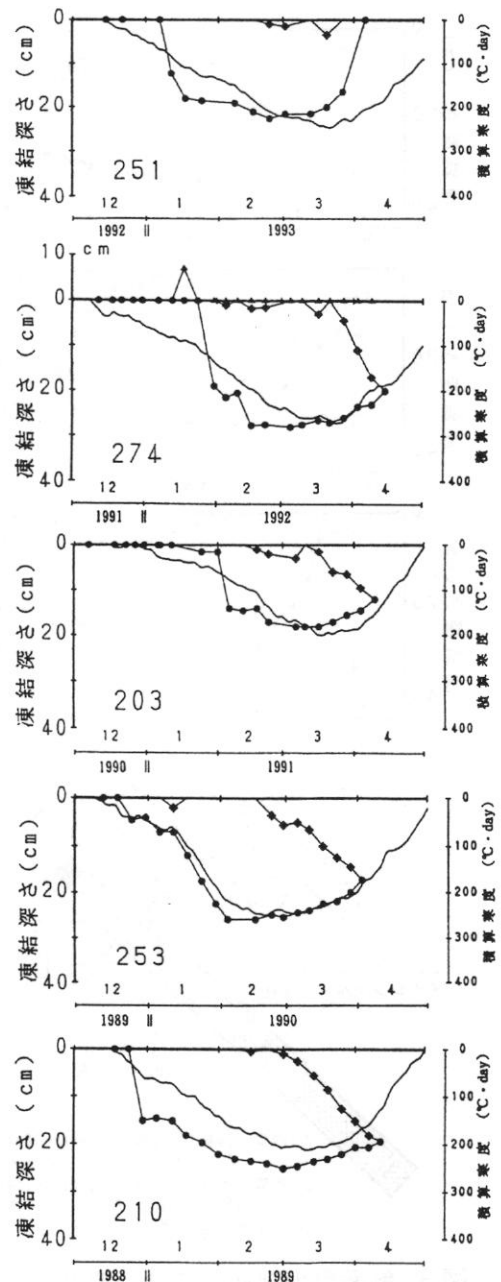
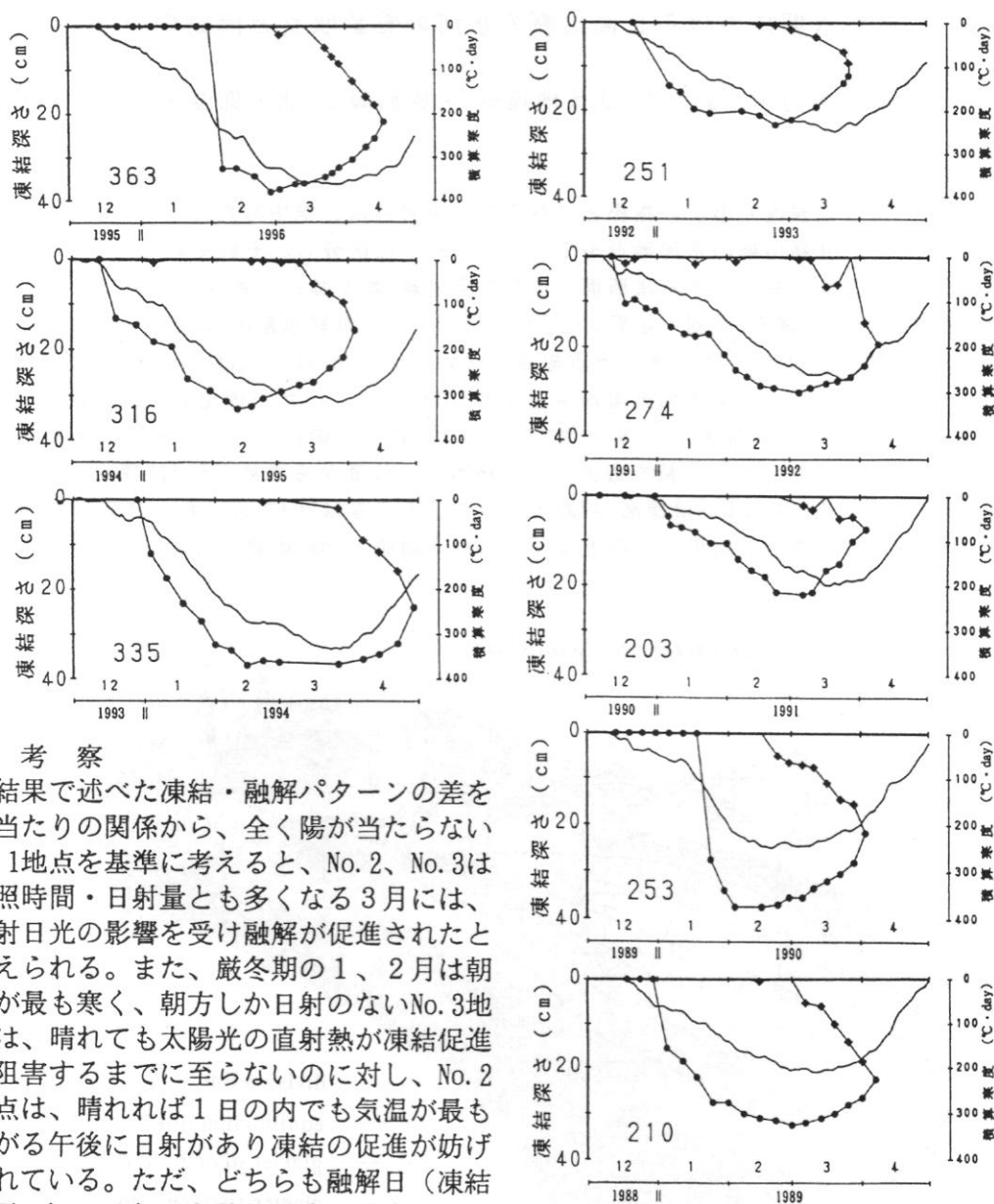


図5 No. 2の凍結深さと積算寒度の関係



7. 考 察

結果で述べた凍結・融解パターンの差を陽当たりの関係から、全く陽が当たらないNo. 1地点を基準に考えると、No. 2、No. 3は日照時間・日射量とも多くなる3月には、直射日光の影響を受け融解が促進されたと考えられる。また、厳冬期の1、2月は朝方が最も寒く、朝方しか日射のないNo. 3地点は、晴れても太陽光の直射熱が凍結促進を阻害するまでに至らないのに対し、No. 2地点は、晴れば1日の内でも気温が最も上がる午後に日射があり凍結の促進が妨げられている。ただ、どちらも融解日（凍結終了日）にそれほど差がなく、最大の凍結深さも似ているのは厳冬期は太陽の高度が低く、3月にならないと直射日光の影響が大きく現れないためと考えられる。

- 【参考文献】 1. 河内邦夫他, 1994: クッタラ火山噴出物の侵食特性, 日本応用地質学会平成6年研究発表会講演論文集, 73-76.
 2. 河内邦夫他, 1993: クッタラ火山灰斜面の侵食性状, 北海道応用地学合同研究会論文集, No. 4, 7-12.
 3. 日本雪氷学会北海道支部編, 1991: 雪氷調査法, 81.

最終氷期における日高山脈の氷河の質量収支と流動の復元

劉大力・小野有五(北大地環研)・成瀬廉二(北大低温研)

1. はじめに

氷河地形は古気候復元のよい指標となりうる。筆者らは、空中写真にもとづき、解析図化機によって、日高山脈の氷河地形を7つのステージに区分し、それぞれのステージの氷河の復元と、流量を最大にする横断面の位置から雪線(均衡線、平衡線、equilibrium line)高度の推定を試みた(劉・小野、1996)。例として、最終氷期のステージ4(約1.8万年前)の札内川十の沢カールの氷河と雪線高度(equilibrium line altitude・ELA)を図1に示す。次にステージ4の年平均気温が現在より6℃低下していたと仮定して、氷河の質量収支の復元を行った(劉ほか、1996)。図2に示すように、十の沢カールの氷河の面積高度分布と質量収支について、流量を最大にする横断面の位置から求めたELAは標高1450mであり、質量収支を0にするELAは標高1479mとなって、その差は29mであった。日高山脈の18個の氷河について調べた結果、この差は-5~37m(平均値: 15m)の範囲におさまった。

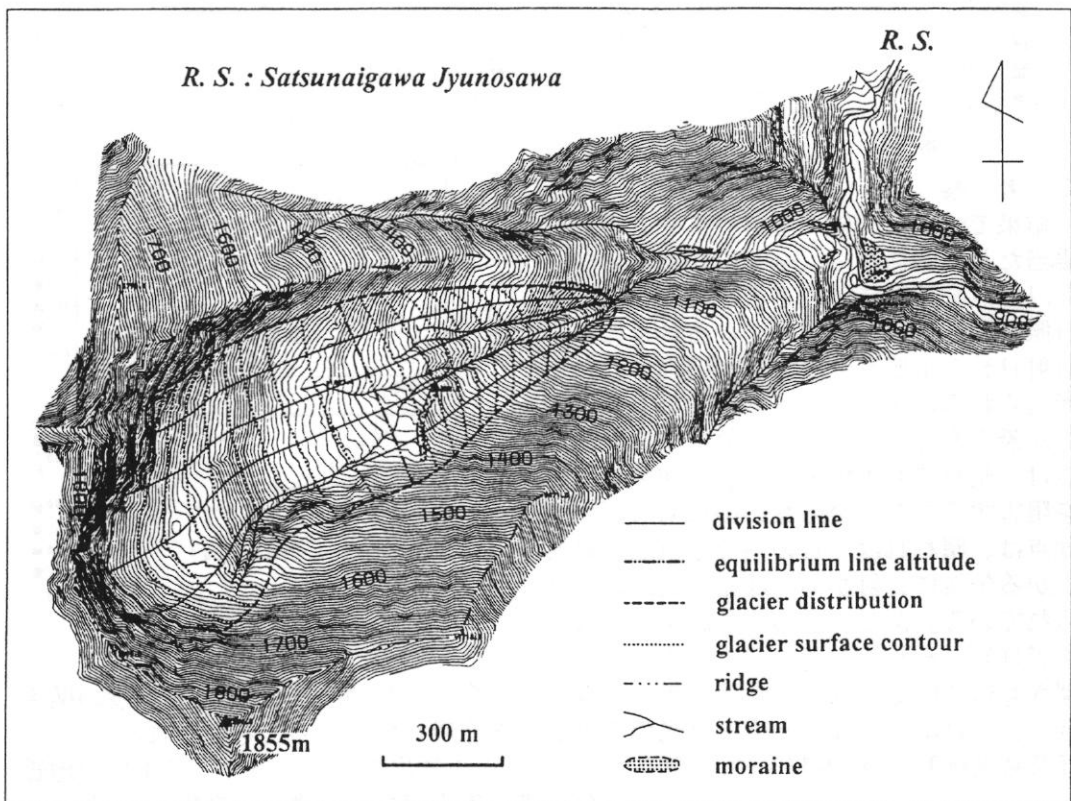


図 1 解析図化機で作った札内川十の沢の5mコンターの地形図およびプロットしたモレーンと復元したステージ4の氷河と雪線高度

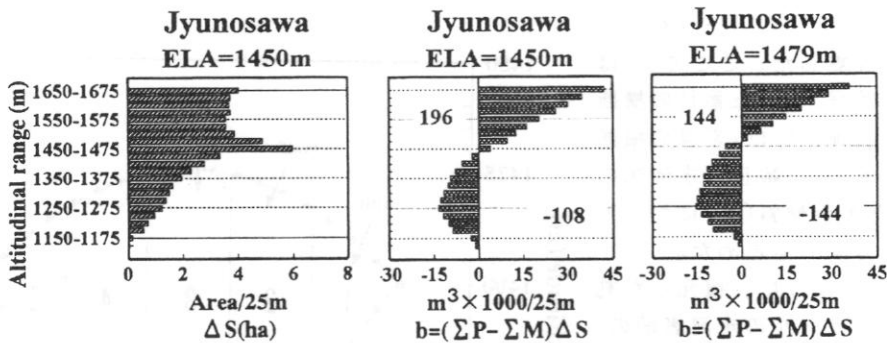


図 2 復元した札内川十の沢の氷河の面積高度分布と質量収支

本報告では、復元したステージ4の札内川十の沢カールの氷河を例として、氷河の横断面を5分割し、層流と仮定した氷河の流動則から、各高度の氷河の塑性流動速度と流動量を計算し、その流動を復元した。

2. 氷河の流動速度と流動量の計算法

(1) 氷河の平均流動速度の計算

氷河の流動機構として、塑性流動と底面すべりを考えると、氷河表面で観測される流動速度(u_s)は、塑性流動速度(u_p)と底面すべり速度(u_b)の和($u_p + u_b$)で表される。氷河の流動則から、深さ Z の氷の歪速度は自重による剪断応力($\rho g Z \sin \alpha$)の n 乗に比例するので、傾斜が α の層流の氷河では、塑性流動量は歪速度を氷河底面から表面まで積分して与えられる。さらに、氷河の深さについての平均流速 u は塑性流動速度の分布から次式で表わされる(Paterson, 1994)。

$$u - u_b = 2A(\rho g \sin \alpha)^n h^{n+1} / (n+2) \quad \dots (1)$$

ここで、 h :氷河氷の厚さ(m)、 α :氷河の流動方向の表面傾斜、 g :重力加速度(9.8 m/s^2)、 ρ :氷の密度(900 kg/m^3)、 n :氷河の流動則のべき指数、 A :氷の温度に依存する流動パラメーターである。 n の値は、約1.5~4.0に変化することが知られているが、一般にはその平均的な $n=3$ として扱われることが多いので、ここでは $n=3$ とした。 A の値は、日高山脈の過去の氷河は温暖性氷河にあったと考え、ここでは氷の温度 $0 \sim -1^\circ\text{C}$ の時の $A=5 \times 10^{-24} [(\text{kg} \cdot \text{m}^{-2})^{-3} / \text{s}]$ の値(Paterson, 1994)を使用した。

式(1)に見られるように、氷河の平均流速(u)は底面すべり速度(u_b)と塑性変形による平均流速の和であるが、本論文では $u_b=0$ と仮定し、塑性変形だけによる平均流速をアツカッタ。

(2) 氷河の流動量の計算

単位時間あたり横断面を通過する全流動量(F)は、図3に示すように、氷河の横断面を5分割し、それぞれの横断面での流量の総和としてもとめた。5分割した横断面の1と5番をサイド、2と4番をハーフ、3番をセンターと呼ぶ。すなわち、

$$F = \sum F_i \quad (i=1, 2, \dots, 5) \quad \dots (2)$$

$$F_i = u_i \cdot S_i \quad \dots (3)$$

によって計算した。ここで、 i は横断面の番号、 u_i は i 番目の横断面の平均流速、 S_i は i 番目の横断面面積である。 i 番目の氷河氷の厚さ(h)と表面傾斜(α)については以下の方法でもとめた。

図1に示すように、復元した札内川十の沢カールの氷河表面の25mコンターに対して氷河表面を5分割し、5分割した分界線と氷河表面の25mコンターの交差点の位置から現在の谷底まで氷河氷の厚さを読み取る。しかし図3のBed 1に示したように、現在の谷底には、氷河の形成期にはまだなかった堆積物がたまっている。このような堆積物を除去するため、氷河の形成期の谷の横断形が放物

線であったと仮定し、氷河の側岸から谷壁の形を放物線にしたがい谷底に延長し、堆積物を除去した基盤地形(Bed 2)の横断面を復元した。本研究では、このようにして、堆積物を除去した基盤から氷河表面まで厚さ(h)を氷河の厚さとした。5分割した氷河流動方向の表面傾斜(α)は氷河表面のコンターの間隔50m(上方25mと下方25m)の範囲の水平距離を測定することにより計算した。

3. 計算結果

図4の右側のグラフは、札内川十の沢カールの氷河の中心に沿う高度25mごとの表面傾斜(α)と氷河氷の厚さ(h)を示す。氷河氷が一番深い地点および表面傾斜が緩やかな位置は劉・小野(1996)によって得られた雪線高度(1450m)である。

図4の左側のグラフは、札内川十の沢カールの氷河の全域にわたって計算されたサイド、ハーフ、センターの平均流速とその横断面の平均流速を示す。氷河の横断方向の流速分布は、センターが最大、次いでハーフ、サイドが最小となっている。一方、氷河の縦断方向の流速分布は、上流部から次第に増加し、平衡線高度で最大となり、氷舌端に向かうにつれて減少する。このような流動パターンは典型的な谷氷河の流速分布を示している。

図4の中央のグラフは、氷河全域にわたる高度25mごとの横断面の年間平均流動速度と年間全流動量を示す。典型的な谷氷河に相当する札内川十の沢カールでは、平衡線高度で、横断面の平均流動速度と全流動量が最大となる。これらが最大となるピークは、図4の右側のグラフに示した氷の厚さのピークに対応し、表面傾斜は最小となる。

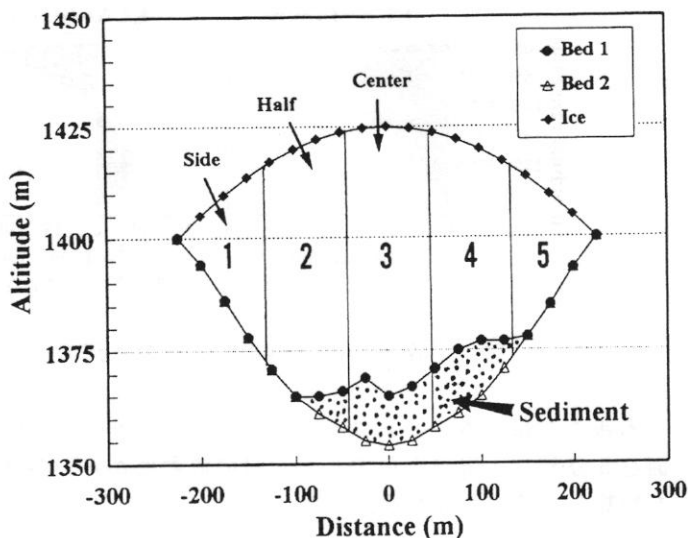


図 3 復元した札内川十の沢の
標高1400mにおける横断面

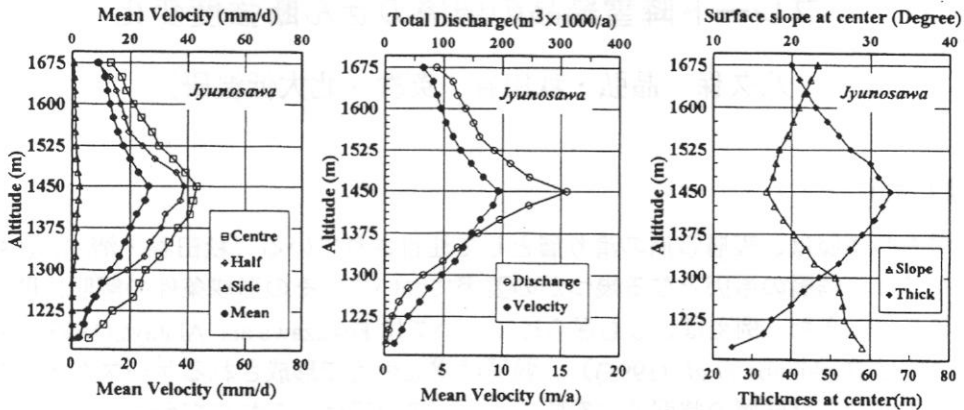


図 4 復元した十の沢の氷河の表面傾斜と氷河氷の厚さから求めた塑性流動速度と流動量

4. まとめ

本研究では、劉・小野(1996)が空中写真判読にもとずき、解析図化機によって、日高山脈の氷河地形から復元した最終氷期の氷河と雪線高度のうち、ステージ4(約1.8万年前)にあたる時期の18個の氷河について、氷河の質量収支の検討を行った(劉ほか、1996)。流量の最大の位置から求めたELAと質量収支を0にするELAとの差は-5~37m(平均値:15m)の範囲におさまった。従って、流量を最大にする横断面の位置から過去の雪線高度を推定する方法は、雪線高度を復元するうえで十分な精度をもった方法といえよう。

このように復元した札内川十の沢カールの氷河の流動は以下のようにまとめられる。

1)平衡線高度では、氷河の中央部での氷の厚さは65m、表面傾斜は約17°、塑性変形による日平均流速は44mm/dであった。

2)平衡線高度の横断面では、塑性変形による年平均流速は10m/aであり、塑性変形による年間全流動量は $31 \times 10^4 m^3 \cdot water/a$ であった。

3)劉ほか(1996)が求めた氷河の年間全消耗量(degree-day factor = $9mm \cdot water/^\circ C \cdot day$)は $125 \times 10^4 m^3 \cdot water/a$ であり、年間全涵養量(precipitation gradient = $1m \cdot water/km$)は $134 \times 10^4 m^3 \cdot water/a$ であったため、本論のような仮定によって計算した塑性変形による年間全流動量は年間全消耗量のわずか25%にすぎない。

引用文献

Paterson, W. S. B. 1994: The physics of Glacier. 3rd ed., 480p..

劉 大力・小野有五 1996 解析図化機による氷河地形と雪線高度の復元—日高山脈の事例。地形投稿中

劉 大力・小野有五・成瀬廉二 1996 最終氷期における日高山脈の氷河復元—解析図化機に基づく質量収支の検討。地形投稿中

プレート降雪結晶の弱層のせん断強度変化

八久保 晶弘・秋田谷 英次（北大低温研）

1.はじめに

積雪中の弱層は、表層雪崩の滑り層として注目されている（秋田谷・清水, 1987）。これまでに、弱層の原因となる幾つかの要因について、その形成条件の解明に関する研究がなされてきた（例えば、しもざらめについては Fukuzawa and Akitaya (1993)、表面霜については Hachikubo *et al.* (1995)）。弱層は雪面付近で形成されるケースが多いが、後の降雪で埋没した弱層の時間的な変質についての研究は、これまで殆ど行なわれていない。表層雪崩の発生を気象学的に予知するためには、弱層の形成過程はもちろん、積雪中での弱層の変質過程を知る必要がある。

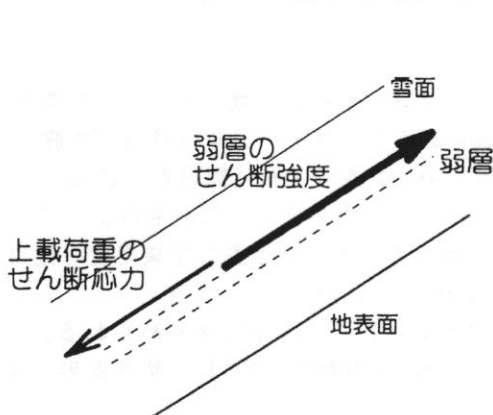


図 1

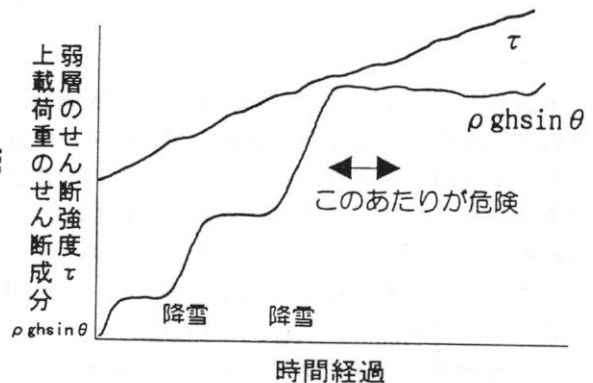


図 2

表層雪崩発生の危険があるかどうかを議論するとき、弱層のせん断強度と、弱層上の上載荷重による斜面方向のせん断応力との関係をまず考える（図1）。積雪水量は降雪によって増加するので、上載荷重のせん断応力は時間と共に増加する（図2）。一方で、弱層は時間が経つにつれ、圧密・焼結によって次第に丈夫になっていくので、弱層のせん断強度も一般に増加する傾向にある（ぬれざらめ・しもざらめは例外であり、ここでは触れない）。よって、弱層が表層雪崩の滑り層として機能するかどうかは、上載荷重によるせん断応力の増加と、弱層のせん断強度の増加の兼ね合いで決まる。前者については降雪量や斜面勾配から求められるが、後者については定量的な議論がほとんどない。本研究では、野外観測において特定の弱層（プレート降雪結晶）を継続的に観察し、そのせん断強度が増加する様子を報告するとともに、簡単な実験を行なうことによって、弱層の温度と上載荷重による圧密の両方が、どれだけ弱層のせん断強度の増加に貢献するかを調べた。

2. 野外観測および実験の詳細

観測は、1995年12月から1996年1月にかけて、北海道北部の北大天塩地方演習林内の雪崩観測所で行なわれた。まず、積雪の断面観測を行ない、形成時期の比較的新しい弱層を選んで、それを1-2週間にわたって追跡した。そして数日おきに13:00に断面観測を行ない、以下の方法によってデータを得た。

せん断有効面積 250cm^2 のシアーフレームと置き針式のばねばかりを用いて弱層の破壊試験を行ない、ばねばかりの値を弱層のせん断強度の指標 SFI (Shear Frame Index) とした (Roch, 1966)。測定は数回ずつ行ない、その中央値を代表値とした。

また、測定期間中、熱電対のセンサ部を弱層中に差し込んだまま、30分間隔で温度を測定した。対象とした弱層は、いずれも雪面から約20cm以上埋もれていて、センサの日射吸収による温度の過大評価はほとんどないと考えた。積雪の圧密が進むなかで、センサは沈み過ぎたり浮き上がったことなく、対象とする弱層によく追従した。

その他、弱層付近の層構造 (積雪粒子の形状・粒径・密度)、弱層上の積雪水量を測定し、弱層付近の積雪試料の薄片製作も行なった。

一方で、弱層のせん断強度の増加に対する温度依存性と上載荷重依存性を調べるために、簡単な実験を行なった。観測期間中に形成されたある弱層について、30cm立方の弱層入りの試料を複数個切り出し、それぞれ観測所の一室 (0°C 以下)、低温室 (-10°C) で数日間保存した。そして、適当日数おきにシアーフレームを用いて破壊試験を行ない、SFI を求めた。また、試料を破壊しないように注意して試料上に重しをのせて、上載荷重による違いも調べた。ただし、保存できる試料の個数に限りがあり、1種類の試料につき複数回の測定はほとんど出来なかった。

3. 結果と考察

観測期間中、雲粒のついていないプレート降雪結晶による弱層が5例観察された。まず、これらの弱層の SFI が増加していく様子を図3に示した。それぞれの弱層の環境 (温度・上載荷重) が異なるにも関わらず、SFI の増加率はおおむね一定の値をとるように見える。このことを詳細に

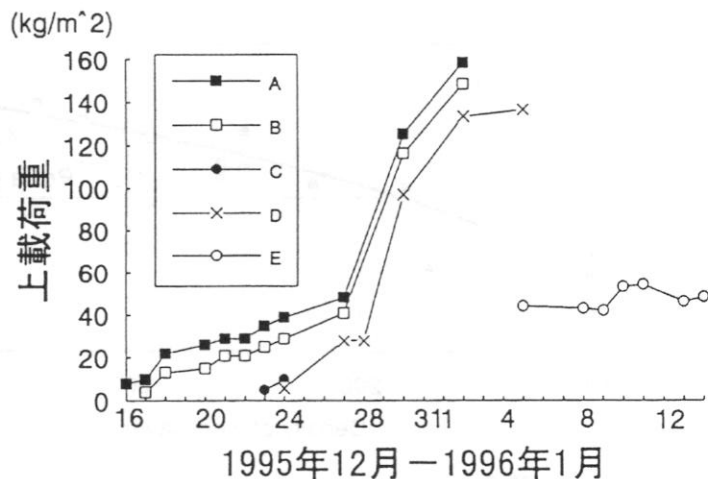


図3

見るために、SFI の増加率と上載荷重との関係を図 4 に、SFI の増加率と温度との関係を図 5 に示した。両グラフから、SFI の増加率の温度依存性と上載荷重依存性は、それぞれ $-1 \sim -4^{\circ}\text{C}$ 、 $10 \sim 150 \text{ kg/m}^2$ の範囲で相関が顕著とは言えない。以上の関係については、後述する室内実験の節で改めて述べることにする。

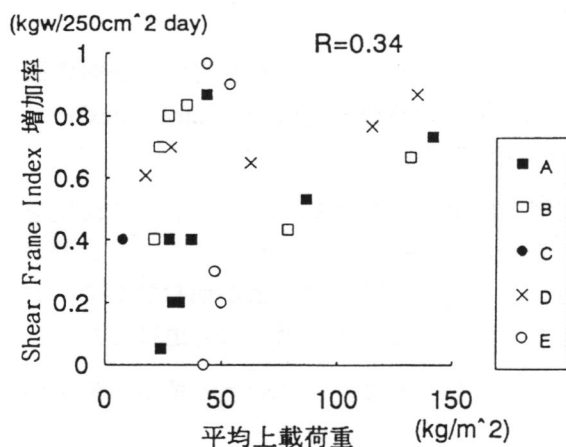


図 4

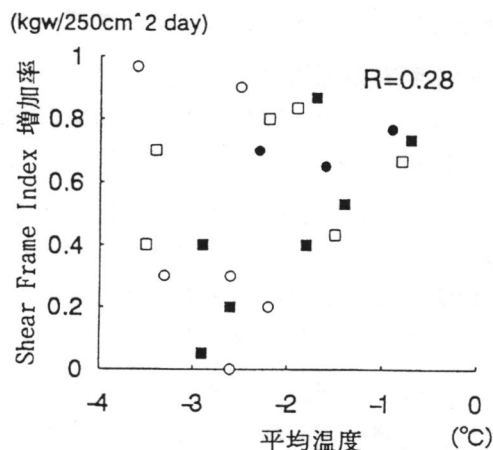


図 5

次に、弱層を含む近傍の積雪密度と SFI (Pa) との関係を図 6 に示した。密度を $\rho(\text{kg/m}^3)$ とすると、Fitting Curve は $\text{SFI} = 0.031\rho^2$ となった。これは、Perla (1977) による、実際に雪崩を引き起こした弱層 72 例のデータから求めた $\text{SFI} = 0.017\rho^2$ と係数が異なるものの、密度の自乗に比例する点で一致した。Perla (1977) によれば、彼の密度データの半数は $25(\text{kg/m}^3)$ の誤差があり、この係数の違いは、SFI の精度の問題に加えて、両者の弱層の密度測定の問題によるものと考えられる。

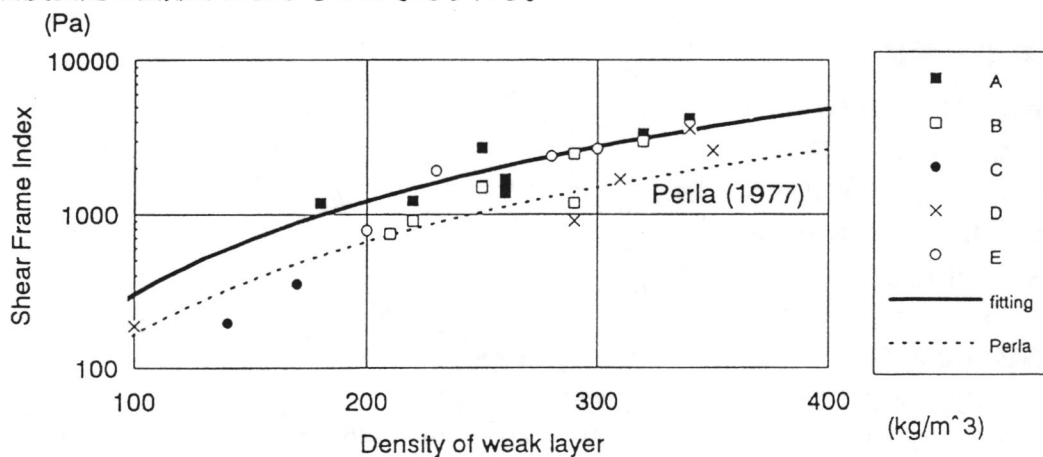


図 6

最後に、実験から得られた弱層の SFI 増加率と上載荷重の関係を、温度をパラメータとして図 7 に示した。データは少ないが、SFI は上載荷重や温度と共に増加する傾向が見られる。SFI の増加率の温度依存性と上載荷重依存性は、野外観測では確認できなかったが、特定の環境下での室内実験からは、両者とも正の関係があることが示唆された。

4. まとめ

プレート降雪結晶による弱層のせん断強度の観測と実験を行なった。その結果、温度の高い方が、あるいは上載荷重の大きい方がせん断強度 (SFI) の増加率が増す、つまり弱層が丈夫になりやすいという傾向が認められた。しかしながら、データはまだ少なく、それぞれの相関は顕著であるとは言えない。今後は、データの蓄積はもちろんのこと、弱層の層厚や結晶形などの他のパラメータの寄与を調べる予定である。

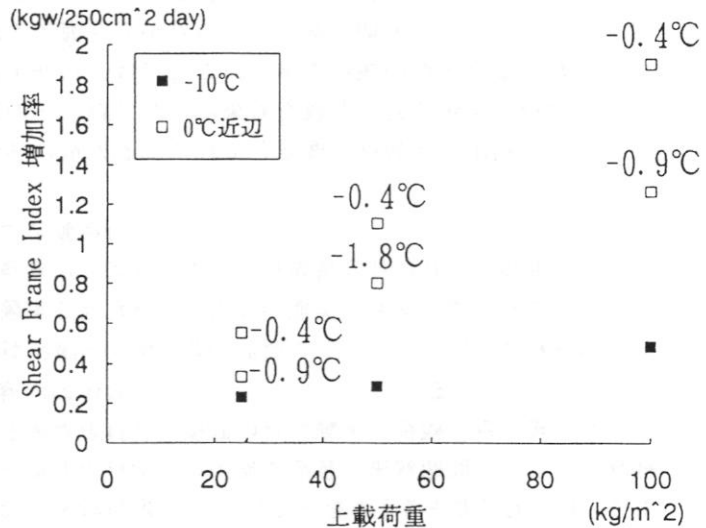


図 7

一方、積雪密度がせん断強度の目安として使えれば、積雪構造の数値モデルから積雪の安定度を容易に推測することができる。弱層付近の積雪密度とせん断強度との関係を求めた結果、Perla (1977) の求めた式と同様の傾向が見られた。ただし、弱層密度の定義にやや難があり、またデータ数が限られるので、信頼性については今後も検討を要する。

5. 参考文献

- 秋田谷 英次・清水 弘 1987. 積雪内の弱層形成に関する観察事例. 低温科学, 物理篇, 46, 67-75.
- Fukuzawa, T. and E. Akitaya 1993. Depth-hoar crystal growth in the surface layer under high temperature gradient. *Annals of Glaciology*, 18, 39-45.
- Hachikubo, A., T. Fukuzawa and E. Akitaya 1995. Formation rate of surface hoar crystals under various wind velocities. *Proc. International Snow Science Workshop*, Snowbird, Utah, 132-137.
- Perla, R. 1977. Slab avalanche measurements. *Can. Geotech. J.*, 14, 206-213.

雪や氷による空気の流れの教材化

大久保 政俊・村上 俊一・永田 敏夫（北海道立理科教育センター）

中里 勝平（北海道教育大学付属函館中学校）

小学校の理科教育では、自然に親しみ、観察や実験などの直接経験を通して科学的な見方、考え方を育むことが大切である。この点から北海道の地域性を生かして、雪や氷に親しむ学習活動はまたとない機会である。ここでは、1996年に北海道立理科教育センターで行われた小学校高学年の児童と親を対象にした「親と子の理科教室」の中から雪と氷による空気の流れを利用した教材の概要とそれによる児童の学習活動を報告する。

1 はじめに

科学技術の進歩、それに伴う情報化などの社会の変化やこれまでの学習の実態の反省から小学校の理科についていくつかの改訂の基本方針があげられている。

- (1) 自然に親しみ、観察、実験などの直接経験を通して、問題解決の意欲や能力を育て、科学的見方や考え方を育てる。
- (2) これまでの理科が自然科学の成果としての知識の伝達や記憶に偏りがちで日常生活との結びつきに欠けていた点を補い科学を日常の生活に適用、応用できることに力を入れる。特に日常生活と密接に関連する地域の自然を生かした学習活動を重視する。
- (3) 創造的な能力を高めるため、科学の原理や技術と結びつける物づくり、製作活動を重視し、「～の性質を利用して物を動かすものが作れること」などの応用、発展的内容を導入する。

以上の小学校理科に関する改善の視点を踏まえ、冬の北海道の自然を生かし氷や雪を使った製作活動ができないものか、理科センターでの関連する講座の実施内容を検討してみた。

2 「親と子の理科教室」の流れから

1994年、秋田谷英次氏らの提唱する雪と親

しむ活動についての短期研修講座での講演を皮切りに理科の授業の中で雪や氷に親しみを持たせる実験・観察学習の具体的な指導法に関する講座が始まった。

具体的内容は前回の本誌を参考願いたい。教員を対象とした研修講座のほかに小学校高学年の児童とその親を対象にした「親と子の理科教室」でも冬の素材を使った具体的活動を実施してきた。その中ではイグールづくりやスノーランタンづくりなどの静的なものづくりはあったので、教材をより動的なものへと視点を変えて広がりを求めることにした。

小学生5、6年生を対象として雪や氷を利用してものを動かすものづくりを検討した結果、雪や氷によって冷やされた気流を利用して物を動かすことができないだろうかと考えた。暖かい気流、例えば水蒸気によって風車を回したり、ターピンを回したりなど日常的にも応用面でも児童は理解しているが、反対の冷たい気流でも風車を回すことができるのではないかと考え試みた。その際、できるだけ身近にある材料で誰でも簡単にでき、かつ児童が自分の発想を大切にバラエティに富んだものを作るようにする工夫の余地も残すことを心掛けた。

3 雪や氷による気流の教材化

今回の親と子の理科教室で使ったテキストの内容を以下に載せる。

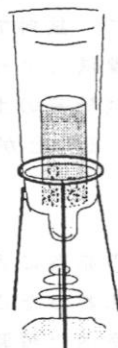
実験 冷たい気流で風車を回してみよう
用意するもの

ペットボトル、アルミかん、三きやく、
カラーピン、ねん土、雪、氷、塩

つくり方

- 1 ペットボトルの底の部分を切り取る。
- 2 実験台の上の三きやくにペットボトルをさかさまに立て、テープで三きやくにはりつける。
- 3 紙で風車をつくり、ペットボトルの下にくるように、カラーピンの先で風車をささえ、カラーピンをねん土を使って実験台に固定する。

- 4 ふたを切り取ったアルミかんに雪(氷)と塩を等量入れる。
- 2のペットボトルの中にアルミかんをいれる。
- 5 冷たい空気が下に流れて風車が回るようにちょうせつする。



考えてみよう。

風車がどちらの向きにまわるか、考えてみよう。

4 子供たちの主体的な活動

製作を通して子供たちは冷たい気流が予想以上に強く風車を回し、そのままにしておくと2~3時間も回り続けていることに驚いた。やがて、風口に手を当てて気流の冷たさや勢いを感じはじめた。さらに下向きの気流が起きていることに気づきはじめた。

また、テキストの図には風車としてラセン状の形を載せたが、いろいろな形の風車を作ってより早く回るような工夫をはじめた。

さらに子供たちは空気が空き缶の縁で冷やされて、下降気流が発生することがわかると雪や氷を缶一杯に詰めたり、短い空き缶ではなく長い空き缶を使ってより強い気流を起こそうと工夫をするなど主体的に活動していた。

5 教材の応用性・発展性

同じ装置で空き缶の中に雪(氷)の代わりに熱湯を入れると上昇気流が生じることがわかる。これによっても風車を回すことができる。熱湯を使うと風車が逆向きに回転するが、雪(氷)を使った場合と違ってすぐに回らなくなってしまう。温度の高い水(液体)は熱が逃げやすく温度がすぐ下がるが、雪や氷はなかなか温度が上がりずらく変化しないことがわかる。以上のことを環境とからめると雪や氷は気候(温度)の変化に対して安定性をもたらししていることがわかる。また、高気圧と低気圧の違いにふれることもできる。

エネルギーとのかかわりで考えると雪(氷)は安定した低熱源である。この点から考えると小学校のみならず、高校物理の熱の分野での良い教材でもある。

6 おわりに

北海道の地域性を生かし雪や氷を使ったものづくり製作活動を試みた。簡単であるが、いろいろと児童の主体的な問題解決活動を引き起こすことができた。またエネルギーや環境とのかかわりでこの教材を発展できる可能性があり今後の実践を検討したい。

[参考文献]

- 1) 雪を考える会 雪と遊ぶ本 改訂版 (社) 雪センター 1992
- 2) 木下誠一 雪と氷のはなし 技術堂出版 1988
- 3) 中里、河原、永田 冬の自然の物理的視点からの教材化について 北海道立理科教育センター研究紀要第7号 1995
- 4) 永田、中里、河原 雪や氷に親しむ教材の理科教育への活用「北海道の雪氷」1994

～水や氷を素材とする教育実験～

アイスレンズをつくる

北海道教育大学（釧路） 矢作 裕

1. 研究の目的

教育実験は、すでに確立した科学や技術の成果を再現する経過が表面に現れるために、教育の関係者は、その方法や装置の改善に積極性を欠く傾向が強い。科学教育の基礎が崩れかけているという指摘の、ひとつの要因となっているとも考えられる。この一連のシリーズはそのような視点から、その方法の斬新さと多数が同時に実験可能な内容を意識して問題をとりあげ、科学教育に資することを目的として研究が続けられている。表題の論文は、水を素材とする教育実験のテーマのひとつとして、アイスレンズ（地中の霜柱）を25℃程度の室温下で約10分で作ります方法について述べたものである。この方法によって、教室や「こども実験室」などで、多人数が同時にアイスレンズの発生から成長、消滅までを室温の机上で直接的に観察することができる。文具のような身近で親しみやすい素材による簡潔な装置のもとで、試料である水を含んだストローのなかの土は、食塩と水による寒剤か冷却した不凍液によって冷却される。やがて試料は、室温との温度差のみで、ストロー内に寒冷地特有の土中の自然現象、アイスレンズの成長が再現され、机上で現象の終始を観察することができる。

2. 研究の方法

凍上現象の研究のために、実験的に霜柱や土の試料にアイスレンズを発生させようとしたことのある人なら、誰でもその難しさを味わったことがあるに違いない。だから、地表のアイスレンズ、霜柱を暖房の効いた室内で短時間に成長させるなどは、できない相談と思いこみ、ほとんど試みる人はなかったのであろう。霜柱は、湿った土を食塩と水による寒剤で冷却して、温度計すら使わずに茶の間でその成長を観察できる。では、地中の霜柱（アイスレンズ）の成長はどうであろうか。凍土の厚さが2～3カ月かかって数十cmに達し、その間に生成される水の薄層を茶の間で再現することが簡単にできるだろうか。これも答えはイエスである。図-1のような容器に試料を入れ、水と食塩による寒剤から融ける低温の液か、冷却した不凍液（20cc）を注げば18～26℃の室内で、10分間ほどの間に、ストローの薄いプラスチックフィルム内に、アイスレンズの発生を見ることができ、ほとん

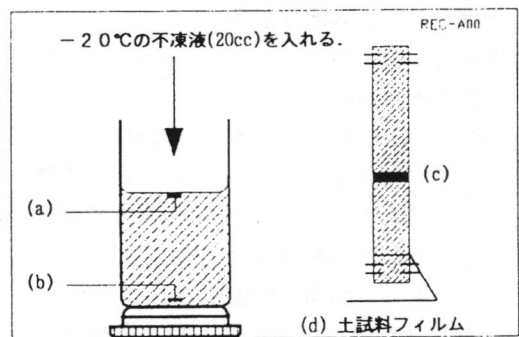


図-1 フィルムケース内の温度測定

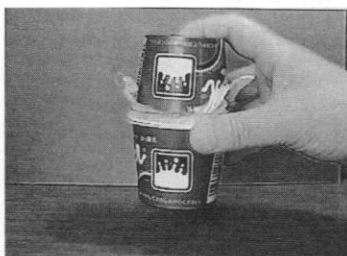
ど直接的にアイスレンズの発生から成長～融解までの過程を肉眼で観察できる。おもしろいことに、精密な恒温槽内の -20°C の冷却液に、おなじ方法でつくった水分を含んだ土の試料の一端を浸しても、凍土ができるばかりで、その発生や成長を観察するのは難しい。この実験では冷却液の小さな容器内の温度変化を調べ、土のストローへの充填のしかた、その冷却の方法を工夫して、アイスレンズの成長をもっとも簡単に観察できる方法を探った。ここに紹介する方法はそのもっとも簡単なものである。

3. アイスレンズができるまで

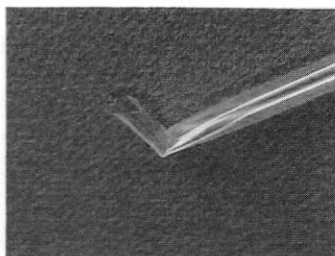
以下の①～⑨の18葉の写真は、土の試料づくりから透明なストロー内にアイスレンズが発生するまでを時間を追って示したものである。事前に冷却液を準備をしておけば20～30分の時間を見込めばよい。使用する土の試料は、霜柱のよく立つ場所の土を採取しておくのがもっともよい。夏期であれば畑の土は庭先の土など何種類か試みてもよいだろう。どちらも乾いた状態にして試料にする。写真-1は、ストロー内に発達したアイスレンズで、表-1は実験の手順の時間的な経過を示したものである。フィルム容器内の冷却液の温度経過(図-2(放置)、図-3(攪拌))は実験結果とよく対応している。



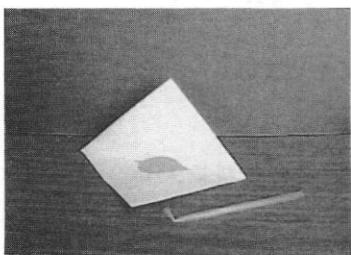
①土とふるいの準備



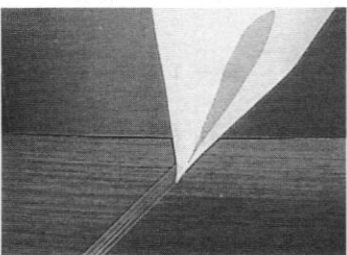
②ガーゼを使ってふるう。



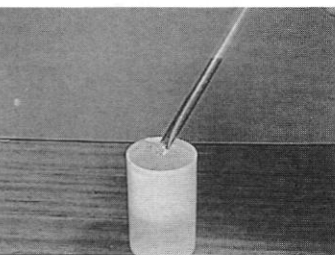
③先端を折り曲げる。



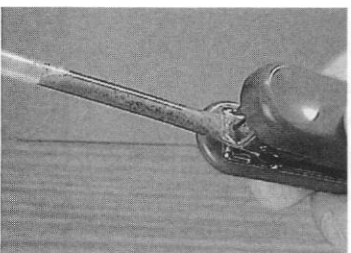
④土の試料とストロー



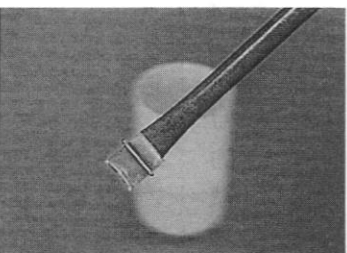
⑤ストローに土を入れる。



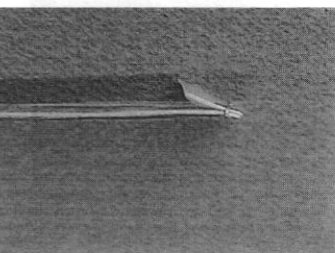
⑥水を吸い上げる。



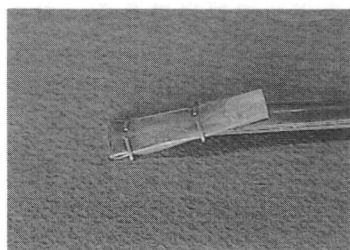
⑦先端を閉じる。



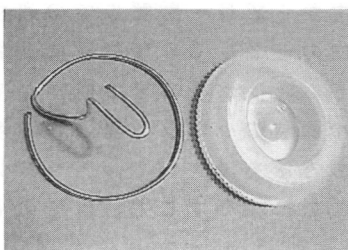
⑧閉じ終えたところ



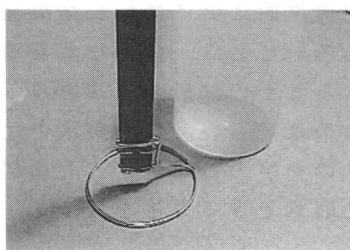
⑨フィルム状にする。



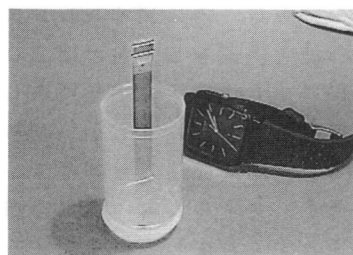
⑩他の端を閉じる.



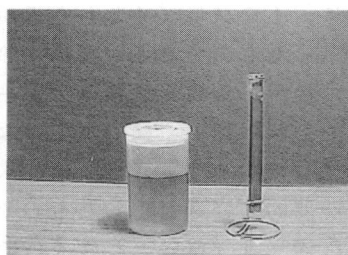
⑪針金で台をつくる.



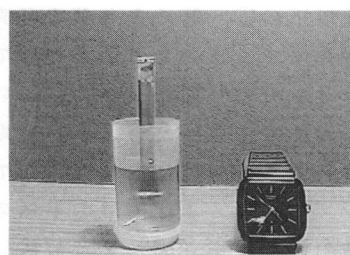
⑫台に試料をセット



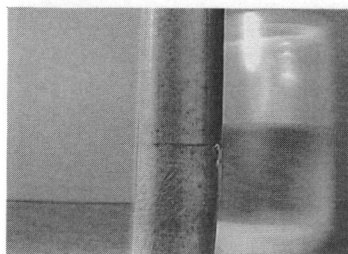
⑬容器に試料をセット



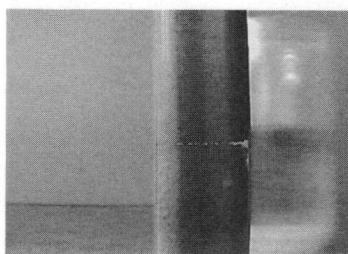
⑭冷却液を準備



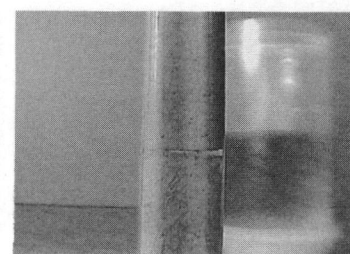
⑮実験開始



⑯アイスレンズ発生



⑰アイスレンズの成長



⑱成長から融解へ

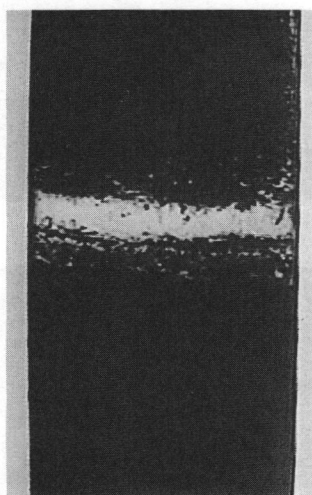


写真-1 アイスレンズ

表-1 アイスレンズをつくる

min (経過時間)	
0	冷却液注入 (冷却液に試料挿入)
1	
2	試料の底部急速凍結
3	アイスレンズ発生>かき混ぜ(1)
4	
5	アイスレンズ発達>かき混ぜ(2)
6	アイスレンズ成長
7	アイスレンズ停滞・融解
8	アイスレンズ融解
9	アイスレンズの痕跡が残る
10	実験終了

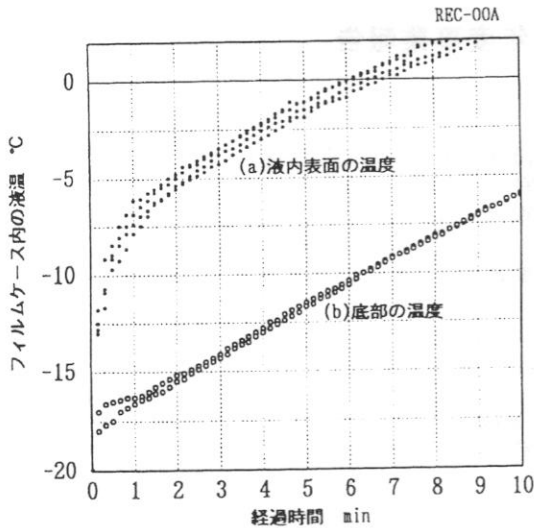


図-2 不凍液の温度上昇

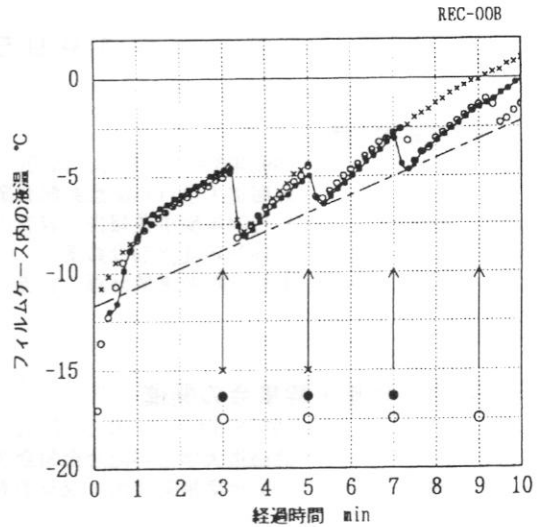


図-3 かくはんの効果

4. おもな研究結果

この研究の具体的な目標「季節凍結の一年間に相当する現象を室温下で短時間に再現する。」という試みは達せられた。一般にアイスレンズの生成は、土中の水の凍結時に発生するダイナミックな現象である点に特徴がある。低温と高温のせめぎあいの状態で生ずる現象をみるのに、北海道の冬の地表付近の一方的な寒さの中では、かえってその現象を見ることが難しいはずである。冬の戸外で冬特有の現象を人工的に再現させるのは、制御できない自然の気温が相手だけに得策ではない。アイスレンズの発生は、0℃を境に適当な高温と低温が必要である。室内であれば試料の湿った土を凍結させ、それを短時間維持できるほどの冷熱源が用意できればよい。試料の熱容量は観察さえできれば小さいほどあつかいやすい。試料は工夫によって小さく、薄くすることができる。また暖房という、とくに冬の期間は制御された環境がある。冬の戸外で熱源を用意するよりは制御が容易である。このような点に注目することによって、簡素な装置で短時間でしかも室温で観察が可能となった。この実験は、純氷の生成、過冷却現象の観察といったテーマや、温度の制御をして研究的な用途にも発展させ得る要素をもっている。

参考文献

- (1) 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 '88 講演論文集 59-60,1988
- (2) 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 '89 講演論文集 34-43,1989
- (3) 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 '92 講演論文集 460-465,1992
- (4) 矢作 裕 コインの電池は使えるか? 寒地技術シンポジウム '95 論文・報告集 vol.11,1-6,1995
- (5) 矢作 裕 『釧路と凍土』 釧路叢書第31巻 (釧路市) 222-226,1995 =960327-STRAW964=

1995年度事業報告

■総会の開催

日時: 1995年6月15日(木)、10:00-10:30
場所: 北海道大学百年記念会館会議室
議題: 1. 1994年度事業報告・収支決算
2. 1995年度支部役員案
3. 1995年度事業計画・収支予算案

■第1回理事・幹事会の開催

日時: 1995年6月15日(木)、12:00-13:00
場所: 北海道大学百年記念会館会議室
議題: 1995年度事業計画・収支予算

■研究発表会の開催

日時: 1995年6月15日(木)、10:35-12:00、13:00-15:45
場所: 北海道大学百年記念会館会議室
出席者: 102名
プログラム: 座長 原 文宏(北海道開発技術センター)、金田安弘(日本気象協会)、
榎本浩之(北見工大)

1. 凍土方式による大きな木の厳冬期の移植について
斎藤新一郎(専修大北海道短大)、田口和幸(KKケイセイ中標津出張所)
2. 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
斎藤新一郎(専修大北海道短大)
3. 雪や氷に親しむ教材の理科教育への活用
永田敏夫・中里勝平(道立理科教育センター)、河原英男(紋別市立南が丘小)
4. 水や氷を素材とする科学教材 「霜柱を育てる」
矢作 裕(北海道教育大・釧路)
5. 積雪路面の歩行・ランニングの運動強度
須田 力・中川功哉(北大・教育)、秋田谷英次(北大・低温研)、原 文宏(北海道開発技術センター)
6. 雪結晶のフラクタルについて(その1)
安武 学(砂川市役所)、油川英明(北海道教育大・岩見沢)
7. 風洞実験による吹雪粒子のスプラッシュ過程の研究
杉浦幸之助・西村浩一・前野紀一(北大・低温研)
8. 弱層に着目した広域積雪調査
尾関俊浩・秋田谷英次(北大・低温研)
9. 十勝連峰のOP尾根の雪崩(1994年12月3日)
成瀬廉二(北大・低温研)、中島一彦(北大・工)、杉見 創(北大・農)
10. 野外観測及び数値実験による積雪表面霜形成の風速依存性
八久保晶弘・秋田谷英次(北大・低温研)
11. 現行の凍結深さ測定に関する問題点と改善方法の検討
外塚 信(札幌道路エンジニア)、石崎武志(北大・低温研)、問谷邦利(日本道路公団札幌建設局)
12. 衛星によるオホーツク海海水の変動
西尾文彦(北海道教育大・釧路)

13. 新路面分類と94/95冬期路面状況

松沢 勝・加治屋安彦・石本敬志（北海道開発局・開発土木研究所）

14. 冬期路面管理における凍結防止剤等の利用動向について

高木秀貴（北海道開発局・開発土木研究所）

15. ロードヒーティングにおける断熱効果に関する一考察

岩本欣也（（株）北海道融雪研究所）、西川康則・佐山惣吾・山口宗広（北海道工業技術研究所）

■機関誌「北海道の雪氷」14号の発行

発行日： 1995年8月31日

発行部数： 350部

■談話会の開催

日時： 1995年10月13日（金）、18:00～20:00

場所： 陸別町タウンホール

テーマ： 「南極観測と私達の生活」

共催： （社）雪氷学会北海道支部 陸別町／陸別町しばれ技術開発研究所／陸別商工会

出席者： 200名

内容：

1. 南極ドーム基地建設 （ペンギンの視点から）

齊藤 健（陸別町しばれ技術開発研究所）

2. 宇宙から見た南極 （カモメの視点から）

榎本浩之（北見工業大学）

3. 南極の水とグリーンランドの水 （モグラの視点から）

庄子 仁（北見工業大学）

4. 極地観測いまむかし （アザラシの視点から）

渡辺興亜（国立極地研究所）

■講演会の開催

日時： 1995年11月28日（火）、18:00～20:30

場所： 札幌市教育文化会館・講堂（4F）

テーマ： 「雪崩から身を守るために」

主催： （社）日本雪氷学会北海道支部/北海道雪崩事故防止研究会

出席者： 204名

講演：

1. 雪の性質と雪崩の発生

秋田谷英次（北大低温科学研究所）

2. 雪崩事故後の初期救助と捜索

阿部幹雄（北大山とスキーの会）

3. 雪崩遭難者への医療的対処法

樋口和生（北海道自然体験学校）

松井 傑（桑園中央病院）

4. 総合討論

（司会）成瀬廉二（北大低温科学研究所）

■第2回理事・幹事会の開催

- 日時： 1996年3月25日(月)、15:00-17:00
- 場所： 北海道大学低温科学研究所 会議室
- 議題： 1. 1995年度事業報告・収支決算(予定)
2. 1996年度事業計画・収支予算案審議
3. その他

収支計算書 通常会計

1995年4月1日から1996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 基本財産利息	(0) 0	(0) 0	(0) 0	
2. 本部交付金	702,000	827,000	-125,000	
3. 事業収入 出版物売上 広告収入	(20,000) 10,000 10,000	(21,700) 21,700 0	(-1,700) -11,700 10,000	
4. 雑収入(預金利子)	0	2,306	-2,306	
当期収入合計	722,000	851,006	-129,006	
前期繰り越し収支差額	2,104,998	2,104,998	0	
収入合計	2,826,998	2,956,004	-129,006	

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 講演会費 研究発表会費 談話会費 機関誌発行費 総会費 理・幹事会費	(630,000) 100,000 30,000 150,000 250,000 30,000 70,000	(588,955) 72,130 28,000 152,400 285,000 10,664 40,761	(41,045) 27,870 2,000 -2,400 -35,000 19,336 29,239	 1回 1回 1回 1回 1回 3回
2. 事務管理費	200,000	59,068	140,932	
3. 予備費	56,998	0	56,998	
当期支出合計	886,998	648,023	238,975	
当期収支差額	-164,998	202,983	-367,981	
次期繰り越し収支差額	1,940,000	2,307,981	-367,981	

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7年度（1995年04月01日から1996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。

1996年 4 月 10 日

社団法人日本雪氷学会北海道支部

監 事 油 川 英 明

油川英明 

監 事 佐 竹 正 治

佐竹正治 

1996年度事業計画

- | | | |
|----------------------|------------|-------------|
| 1. 講演会の開催 | 1996年4月25日 | 13:30-15:00 |
| 2. 支部総会 | 1996年4月25日 | 15:15-16:00 |
| 3. 役員会議 | 1996年4月25日 | 16:00-17:00 |
| 4. 研究発表会の開催 | 1996年6月18日 | |
| 5. 機関誌「北海道の雪氷」15号の発行 | 1996年7月 | |
| 6. 講演会の開催 | 1回 | |
| 7. 談話会の開催 | 1回 | |
| 8. 理事・幹事会議 | 1997年3月 | |

会 計 計 画
1996年4月1日から1997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 基本財産利息	(0) 0	
2. 本部交付金	6 8 3, 0 0 0	
3. 事業収入 出版物売上 広告収入	(1 0, 0 0 0) 1 0, 0 0 0 0	
4. 雑収入	0	
当期収入合計	6 9 3, 0 0 0	
前期繰り越し収支差額	2, 3 0 7, 9 8 1	
収入合計	3, 0 0 0, 9 8 1	

(支出の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	備 考
1. 事業支出 講演会費 研究発表会費 談話会費 機関誌発行費 総会費 理・幹事会費	(6 3 0, 0 0 0) 1 0 0, 0 0 0 3 0, 0 0 0 1 5 0, 0 0 0 2 5 0, 0 0 0 3 0, 0 0 0 7 0, 0 0 0	 2 回 1 回 1 回 1 回 1 回 2 回
2. 管理費 事務費	1 5 0, 0 0 0	
3. 予備費	4 4, 5 1 4	
当期支出合計	8 2 4, 5 1 4	
当期収支差額	- 1 3 1, 5 1 4	
次期繰り越し収支差額	2, 1 7 6, 4 6 7	

(社) 日本雪氷学会 1996年度北海道支部役員及び関係者

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	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
	佐々木 晴美	北海道開発技術センター	011-271-3028
	高橋 修平	北見工業大学	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	0155-49-5511
	苔米地 司	北海道工業大学	011-681-2161-443or331
	浜田 進一	鹿島建設㈱札幌支店	011-231-7521
	福田 正己	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5492
	堀内 数	北海道工業大学	011-681-2161-255
	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
	佐竹 正治	(財) 日本気象協会北海道本部	011-622-2239
幹 事 長	成瀬 廉二	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5486
庶務幹事	深見 浩司	道立地下資源調査所	011-747-2211-423
会計幹事	西村 浩一	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5478
幹 事	石橋 喜明	日本道路公団札幌建設局	011-241-9181
	伊東 敏幸	北海道工業大学	011-681-2161-344
	榎本 浩之	北見工業大学	0157-26-9499
	金森 久	北海道ガス㈱技術開発研究所	011-222-5367
	金田 安弘	(財) 日本気象協会北海道本部	011-622-2237
	川島 由載	北海道開発コンサルタント㈱	011-851-9221
	木下 久史	北海道電力(株)総合研究所	011-251-1111
	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
	田中 雅樹	JR北海道㈱	011-700-5790
	原 文宏	北海道開発技術センター	011-271-3028
	平松 和彦	北海道立旭川西高等学校	0166-52-1215
	藤井 雅晴	札幌総合情報センター㈱	011-232-4848
	松澤 勝	北海道開発局開発土木研	011-841-1111-325
評 議 員	荒木 正昭	北海道企画振興部	011-231-4111
	池田 保夫	北海道開発コンサルタント	011-851-9221
	大西 晴夫	札幌管区气象台	011-611-6121-400
	加藤 建郎	交通安全施設研究会	011-261-1855
	金田 武	紋別市	01582-4-2111
	合田 裕志	北海道ガス㈱技術開発研究所	011-222-5367
	佐藤 鐵磨	日本電信電話㈱北海道支社	011-212-4700
	後藤 孝雄	札幌市建設局道路維持部	011-211-2662
	下平尾 薨	北海道開発局	011-709-2311
	高坂 清和	J R 北海道㈱	011-700-5788
	田賀 洋	北海道電力㈱総合研究所	011-251-1111
	谷藤 和三	北海道電力㈱	011-251-1111
	東海林 明雄	北海道教育大学釧路校	0154-42-3381-328
	永田 一博	(株) 地崎工業土木部	011-511-8114
	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	北海道大学名誉教授	011-811-6572
	安田 郁夫	北海道住宅都市部	011-231-4111
	山本 孝	北方圏センター	011-221-7840
顧 問	石井 幸男		011-621-2456
	木下 誠一	北海道大学名誉教授	011-731-8645
	木村 忠志	(株) 新潟電機技術顧問	011-372-5867
	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
		(太字: 新任)	

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。

北海道の雪氷 No.15

ISSN-1340-7368

1996 年 7 月 31 日発行

発行 日本雪氷学会北海道支部

〒060 札幌市北区北 19 条西 8 丁目

北海道大学低温科学研究所内