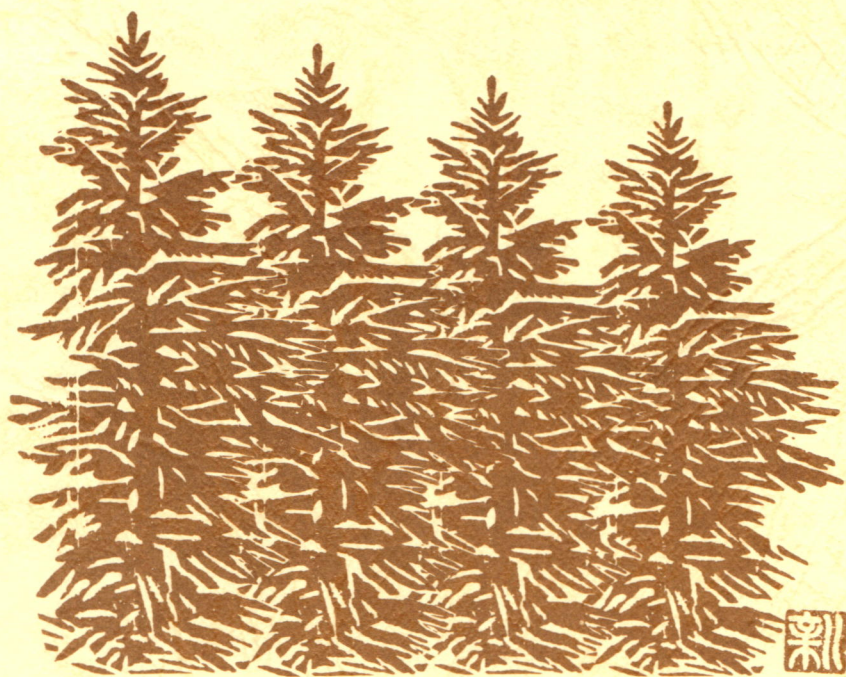


日本雪氷学会北海道支部機関誌

I S S N - 1340 - 7368

北海道の雪氷

第13号



平成6年7月

発行 日本雪氷学会北海道支部

目 次

巻頭言	秋田谷英次	1
平成6年度研究発表会講演要旨		2
平成5年度事業報告		5 8
平成5年度会計報告		6 1
平成6年度事業計画および会計計画		6 3
平成6年度北海道支部役員名簿		6 4
社団法人 日本雪水学会北海道支部規約		6 5

(表紙：斎藤新一郎)

巻頭言 新聞記事に思う

北海道支部長 秋田谷英次（北大低温科学研究所）

毎年雪や寒さに関する新聞記事の切り抜きをしているが、その時々社会情勢を反映し興味深いと同時に、雪氷問題と社会との関り、また雪氷学会としてこれらにどう対処すべきかを考えさせられる。ここ数年スパイクタイヤの是非が報道されてきたが、環境汚染の方が深刻で、ついに脱スパイクが定着したのは周知の通りである。記事の中から、今冬の気になる話題を述べたい。

灯油、電力、ガス消費が大幅増：今冬は厳しい寒さと大雪のため、暖房の需要が大幅に増えたのに加え、脱スパイクのためのロードヒーティングなど融雪機器の普及で融雪用電力が前年比 40.1%増。

雪はズンズン、予算ビィビィ：札幌市は雪対策費として当初 790 億円を計上したが殆ど使いきった状態（2月19日）、市内では道路幅が半分に狭まっている生活道路が目立ち、市への苦情も相次いでいる。

融雪槽付きの優れたもの、機械メーカーが除雪車開発：ロータリー除雪車の後部に灯油ボイラー式の融雪槽を取り付け、その場で温水にし雨水ますに排水しながら進む、灯油使用量は 1 時間に 260 リットル、本体価格 2 億円。

老人の落雪事故多発：この冬の道内の除排雪の事故は 59 件で過去 5 シーズンで最多、落雪事故が 33 件（死者 8 人）、屋根からの転落事故が 18 件（同 1 人）等。全死者 11 人のうち、65 才以上が 7 人。

大雪降った→路面凍結→転んで救急車：札幌で転倒による負傷者の救急搬送者数は 12 月 184 人、1 月（23 日まで）160 人、市内 570 ヶ所の交差点に融雪剤を散布しているが、交通渋滞を防ぐため散布は深夜が原則だが、今後は日中も散布。ツルツル路面で横断男性転倒死〔帯広〕。都心も真っ白、すべて転倒、101 人が病院に、（1月28日～29日都心で 7cm の積雪）。

現在の社会では気象に左右されずに、100% 普段と同じ活動を、または、さらに効率よい経済活動のために科学技術が発展してきた。そのために使う費用以上に、経済効果が上がれば投資の意味がある。産業革命以後の急速な技術の発達が資源の消費量を増し、その分だけ廃棄物が増え、またその中の有害物質が自然の浄化能力以上に増えたことが、今日の地球環境問題である。人畜に無害なはずのフロンがオゾン層を破壊し地球上の生物の存在すら危うくしてしまった。スパイクタイヤの問題もこれと同じである。融雪剤の使いすぎも同じ様に自然環境を破壊することは、諸外国で実証済み、ロードヒーティングは費用効果と燃料消費、それに伴う廃棄物の増加等万能ではない。それではツルツル道路には解決法はあるのだろうか。

別な新聞記事には次のようなものがある、「タイヤ改良ほぼ限界、安全確保は慎重運転で」、「冬道の怖さ知らない人が多すぎる」、「無事故の秘訣は慎重運転で」、「のろのろ運転は絶対に安全なんです」、「当面は小まめな除雪と特殊舗装で」、「譲り合いが安全の基本」、「スタッドレス恐れず先読み運転の習得を」、「冬道運転に対する発想の転換が必要」、「スリップ事故の原因は、タイヤや路面だけでなく、人的要因も大きい」、等々で日頃運転をする者にとっては全て心当たりがある。自然を克服する特効薬はない、夏と同じ条件を望むことは無理、我慢や、時には不便・不自由もいとわない、要するに自然と調和した生活こそが大切なのではないだろうか。現代は車社会といわれ、それによる恩恵は計り知れないが、ツルツル路面は車だけでなく、歩行者にとっても深刻である。別な調査によると転倒事故は高齢者に多く、屋根雪事故も記事の通り高齢者が多くなっている。これから迎える高齢化社会における雪問題も雪氷学会で取り組む必要があろう。

明るい話題に、「北海道住宅都市部では雪を逆手に冬を楽しもう、と道内各地の冬のイベントを集めた利雪・親雪取り組み事例集『雪は友達』を発刊、各市町村の社会教育施設に配布」、があった。

平成6年度研究発表会講演要旨

日時：平成6年6月15日（水）10：00－15：45

場所：北海道大学百年記念会館（北9条西6丁目）

日程 10：00－10：30 支部総会
 10：35－12：00 研究発表会（午前の部）
 12：00－13：00 理・幹事会
 13：00－15：45 研究発表会（午後の部）

研究発表会（発表は質疑を含め1人17分）

10：35－12：00 座長：福沢卓也（北海道大学低温科学研究所）

◆積雪期における森林のアルベド

中井裕一郎、坂本知己、寺嶋智巳、北村兼三（森林総合研究所北海道支所） 39

◆道路防雪林の雪丘による被害について－国道243号（弟子屈町仁多）における1事例

斎藤新一郎、対馬俊之（北海道立林業試験場） 79

◆雪害防止を兼ねた、既往法面への新しい植栽法杵工の適用試験

斎藤新一郎（北海道立林業試験場） 119

◆小利別（陸別町）における盆地冷却観測

高橋修平、亀田貴雄、百武欣二（北見工業大学）、石川 勉（陸別町しばれ技術開発研究所） 149

◆目視による道路雪氷の分類

秋田谷英次、山田知充（北海道大学低温科学研究所） 189

13：00－14：25 座長：高橋修平（北見工業大学）

◇パルス型NMRを用いた凍土中の不凍水量測定

石崎武志（北海道大学低温科学研究所） 229

◇積雪表面霜の形成機構

八久保晶弘、福沢卓也、秋田谷英次（北海道大学低温科学研究所） 269

◇過冷却微水滴から生成・成長する雪結晶について

油川英明（北海道教育大学・岩見沢） 309

◇鉛直過冷却雲風洞による雪結晶の雲粒補足実験（その1）

高橋庸哉（北教大附属教育実践研究指導セ）、遠藤辰雄（北海道大学低温科学研究所） 349

◇酸性降雪採取法に関する研究

野口 泉（北海道環境科学研究センター） 389

14：35－15：45 座長：油川英明（北海道教育大学・岩見沢）

◆ロードヒーティングの断熱効果について

佐山惣吾、山口宗宏、西川泰則、三浦健一（北海道工業技術研究所）、須藤冒義、
 酒井好夫（（株）フジイ） 429

◆積雪地域型のメッシュフェンスの開発について

湯浅雅也、伊藤敏幸、苫米地司（北海道工業大学）、黒澤正樹（積水樹脂） 469

◆3次元構造物周辺の吹きだまり性状について

佐伯健一、苫米地司（北海道工業大学） 509

◆大規模構造物における屋根雪の滑雪メカニズムに関する一考察

高倉政寛、伊藤敏幸、苫米地司（北海道工業大学） 549

積雪期における森林のアルベド

中井裕一郎・坂本知己・寺嶋智巳・北村兼三（森林総合研究所 北海道支所）

はじめに

積雪面のアルベドは大きく、しかも積雪の変態や融雪過程に伴って大きく変動する。一方、森林地のアルベドは自然地表面の中でも小さい値を示す(1)。両者が相互に影響を及ぼす積雪期の森林地域においては樹冠上に雪が堆積したり落下や融解によって消失したりしてアルベドが変化することが考えられる。積雪期の森林樹冠上でのアルベド観測結果を報告したい。

観測地と観測方法

観測は20年生(1993年現在)のトドマツ(*Abies sachalinensis* Masters)人工林、およびカラマツ(*Larix leptolepis* Gordon)人工林(表-1)で1994年1月から3月まで行った。これらは森林総合研究所北海道支所の羊ヶ丘実験林内にあり、北向きで傾斜5度以下の平坦な地形に位置する。各々の林の中央部にある観測鉄塔に日射計(EKO MS-42)を下向きに取り付けて樹冠上の反射短波放射量を測定した。日射計の設置高度はトドマツが地上12m、カラマツが17mである。同時に実験林内の気象観測露場(以下、露場)において、上向きと下向きに各々1台の日射計を地上高1.7~1.9mに設置して全短波放射量および反射短波放射量を測定した。これらの放射量はトドマツ林と観測露場では10分間平均値を、カラマツ林では1時間平均値を記録した。また、トドマツ林ではトドマツ樹体1個の重量を電子天秤で連続計測して、冠雪量の変化を把握した(2)。さらに、露場で観測された降水量、気温、相対湿度を利用した。

本報告では日平均アルベドを対象として以下の解析を進める。日平均アルベド(α)は次式により求めた。

$$\alpha = R S r / R S d \dots\dots\dots (1)$$

ここで、RSr: 日積算反射短波放射量、RSd: 日積算全短波放射量である。

トドマツ樹体の冠雪量は次式により水高S(mm)で表した。

$$S = (W t - W t 0) / L a / \rho \dots\dots\dots (2)$$

ここで、Wt: 観測重量、Wt0: 無冠雪時の重量(一定と仮定)、La: 樹体のすべての枝葉の水平投影面積の合計、 ρ : 水の密度、である。

表-1 観測を行った森林の概要

樹種	トドマツ	カラマツ
	人工林	人工林
樹齢(1993年現在)	20年	20年
平均樹高(m)	7.4	10.5
平均胸高直径(cm)	10.8	15.2
本数密度(/ha)	1580	1020
平均枝下高(m)	3.0	4.5
平均開空度(%)	8	19

観測結果および考察

観測期間中、露場の積雪深は25~109cm、森林内の積雪深は10cm以上あり、土壌面は林内、林外とも全面的に積雪で被覆されていた。図-1に、観測期間の一部について露場、トドマツ林、およびカラマツ林各々のアルベドを気温、降水量、トドマツ冠雪量の変化とともに示す。アルベドの変化と冠雪量について図-1より、トドマツ林、カラマツ林共に冠雪量Sが増加するとアルベドが増大する傾向、トドマツ林、カラマツ林共にアルベドの最大値は0.4程度であること、カラマツ林のアルベドはトドマツ林と比べて、立上り、減少が急であり、0.13~0.14程度の基底部分の期間が長いこと、などが認められる。トドマツ林とカラマツ林のアルベドの特性の相違は主として両者の冠雪特性の違いから定性的に説明できる。すなわち、カラマツの冠雪は冠雪可能最大量が小さく降雪直後の1~2日程度しか継続しない。一方、トドマツは冠雪可能最大量が大きく冠雪状態をより長く継続する(3)からである。

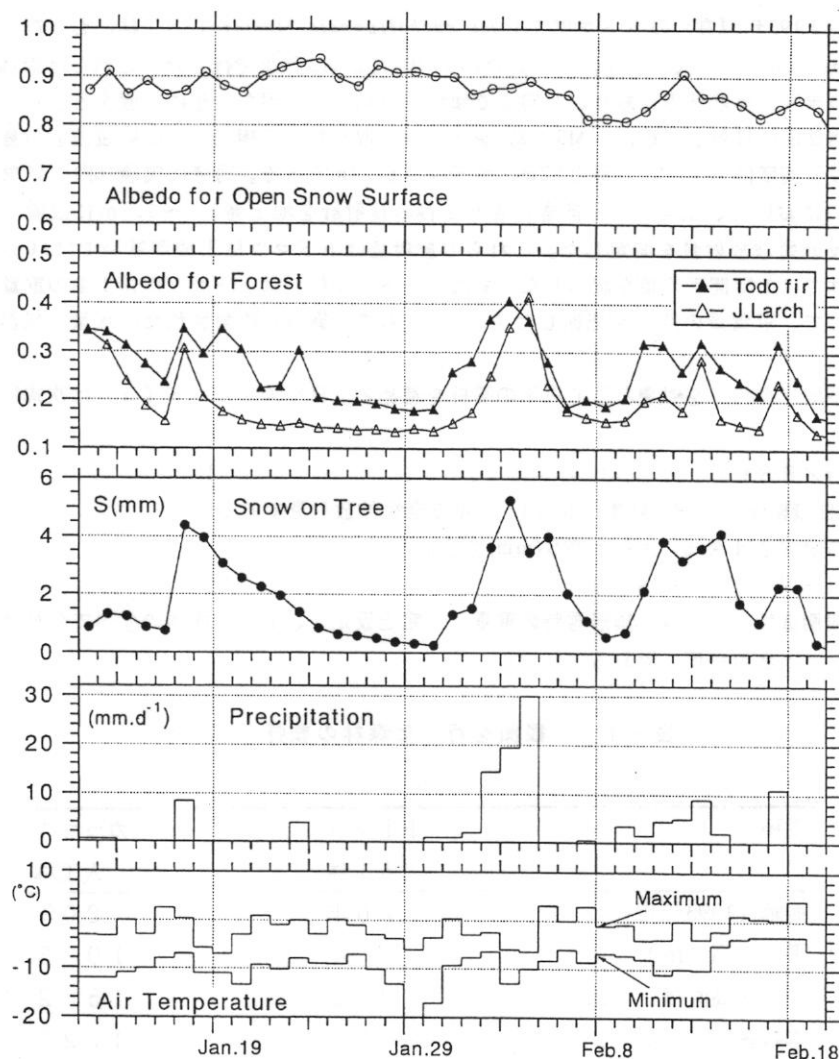


図-1 日平均アルベド、毎日12時の冠雪量、日降水量、および日平均気温 (1994年1月12日~2月19日)

次にトドマツ林のアルベドと冠雪量との関係を図-2に示す。概ね冠雪量の増加に伴ってアルベドが増大する傾向がある。しかし、秤量観測を行った樹体の冠雪状態が必ずしも森林全体の冠雪状態を代表していないので両者の関係は大きくばらついている。日降水量10mm以上の降雪があった日にはアルベドが、一例を除いて0.3以上であった。

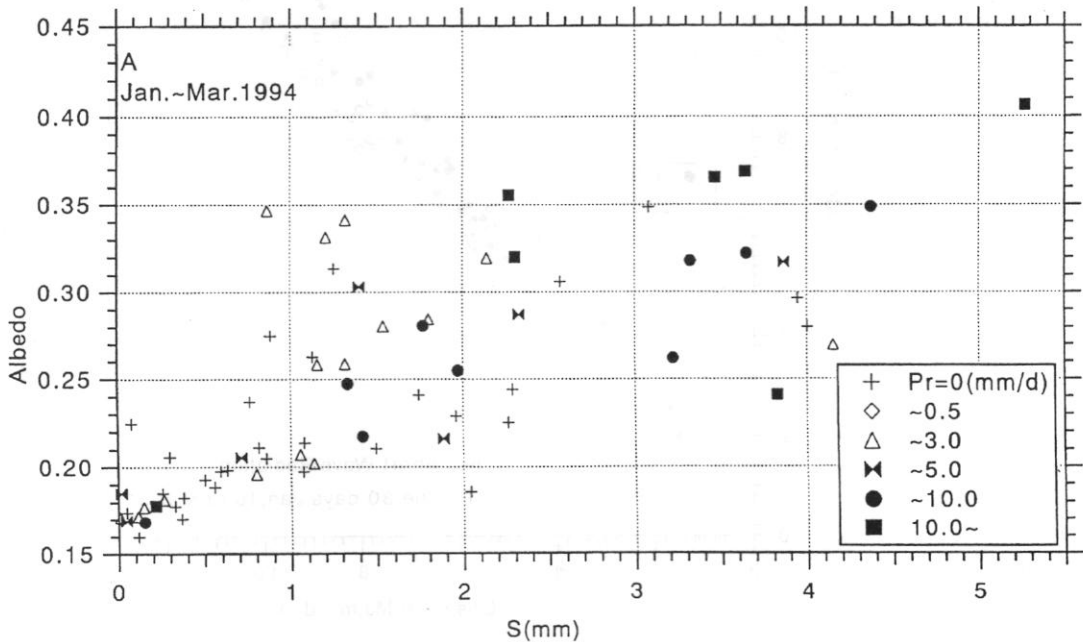


図-2 トドマツ林のアルベドと冠雪量(S)との関係

短波放射収支の推定上アルベドの値を冠雪量の変化に対応させて変化させる必要があるかどうか、次の3種類の短波吸収放射量 R_{Sn1} 、 R_{Sn2} 、 R_{Sn3} を求めて比較を行った。

$$R_{Sn1} = R_{Sd} - R_{Sr} \quad (\text{観測値}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$R_{Sn2} = R_{Sd} * (1 - \alpha) \text{、ただし、}\alpha = 0.16 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$R_{Sn3} = R_{Sd} * (1 - \alpha) \text{、ただし、}\alpha = 0.0388S + 0.16 \quad \dots\dots\dots (5)$$

(5)の α とSの関係は図-2の関係を直線回帰して求めた。図-3は、 R_{Sn1} に対して R_{Sn2} 、 R_{Sn3} をプロットしたものである。 R_{Sn2} 、 R_{Sn3} は共に R_{Sn1} に対して過大な傾向を示した。その中でもアルベドを一定とした R_{Sn2} は観測値 R_{Sn1} に対して過大な推定値を与えた。例えば、図中で8~9 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)の短波吸収放射量観測値に対して R_{Sn2} は20%程度過大である。したがって、短波収支の推定を行う際に、冠雪によるアルベドの変化を考慮する必要があると考える。また、冠雪量の一次式でアルベドを表した R_{Sn3} は R_{Sn2} よりは小さかったが、 R_{Sn1} に対してやや過大な傾向であった。これは、アルベドに影響する冠雪状態を冠雪量によって表現することが適切ではないためであるとする。

図 - 3

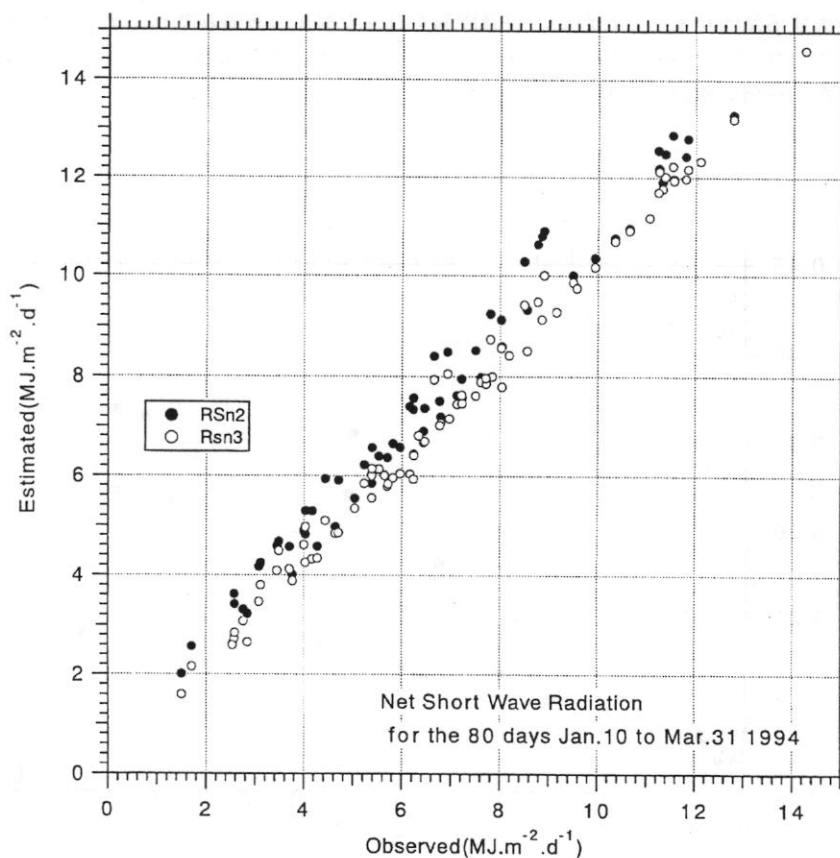
短波吸収放射量の
推定値と観測値の
比較

RSn1 : 観測値

RSn2 : $\alpha=0.16$ 、

RSn3 :

$\alpha=0.0388S+0.16$



まとめ

冠雪量の変化に伴うアルベドの変動を観測結果によって示した。このようなアルベドの変動は札幌のような気候条件では、常緑針葉樹では短波放射収支推定上、無視できない。落葉樹の場合には、常緑針葉樹ほどの重要性はないと推察するが、主要樹種について冠雪特性を明らかにした上で議論する必要がある。冠雪状態の表現方法とその推定方法については今後の課題として取り組みたい。

謝辞

北原 曜（現森林総合研究所）、斎藤武史（現森林総合研究所東北支所）の各氏から研究内容や観測について多くの助言・協力を頂いた。観測地に関して森林総合研究所北海道支所の実験林室、土壌研究室をはじめとする多くの方々に便宜を図っていただいた。記して謝意を表する。

引用文献

- (1) OKE, T. R. : Boundary layer climates. Methuen & Co.Ltd., London, 1978, 境界層の気候。
(斎藤直輔・新田 尚 訳)、(株)朝倉書店、324pp. 1981
- (2) 雪の樹冠遮断蒸発—常緑針葉樹の秤量と微気象観測：中井裕一郎・北原 曜・他、日本雪氷学会
1993年度全国大会講演予稿集、107、1993
- (3) 森林における降雪の遮断蒸発に関係する冠雪の2, 3の特性：中井裕一郎・北原 曜・他、日林
論104、753~754、1993

道路防雪林の雪丘による被害について

— 国道243号(弟子屈町仁多)における1事例 —

斎藤新一郎・対馬俊之(北海道立林業試験場道東支場)

1. まえがき

道路防雪林は、吹雪や地吹雪から道路交通を保護する、生きた防雪施設である。既往の鉄道防雪林の機能を見るまでもなく、防雪林は風上側から吹送されてくる飛雪を、防風効果によって林帯内あるいは風下側に吹き溜まらせて、防雪効果を発揮するのである。

けれども、気体の風と異なり、固体の雪は、あまりに高く吹き溜まると、大きな雪丘となり、林帯を構成する林木にしばしば致命的な雪害(積雪の沈降圧による林木の被害: 枝抜け、幹曲り、幹折れ、ほか)をもたらす。

今回、1993~94年の冬季に、筆者たちは、そうした防雪林そのものが雪丘によって大被害を受けた事例を調査したので、その状況と今後の対策について報告する。

2. 調査地の概要

雪丘害が観察された現地は、国道243号の弟子屈町仁多地区に位置して、KP64.785~KP65.250の地点である。ここでは、地形が緩傾斜の谷間になっていて、風の通り道であり、摩周風が地吹雪をともなって、北東から道路に吹き寄せる。しかも、風上側が牧草地(無立木地)であり、吹送される飛雪の量が多い。それで、視程障害を防止し、雪害を緩和するために、幅が約24m×延長が465mの道路防雪林が、1985(昭60)年から弟子屈道路総合事業所によって造成されてきた。

ところが、この防雪林は、道路沿いの風下側の林縁木だけが生残り、風上側や林央部分の樹木がほとんど残存していないのである(写真-1)。この状況は、地吹雪の吹き溜まりによる大雪丘の形成が、その沈降による圧力によって、樹木に致命的な雪害を及ぼした結果である、と推測された。



写真-1 国道243号線の道路防雪林: 道路沿いの樹木だけが生残った(1994.3.9)

なお、ここから東北東へ約12km離れた、標茶町虹別原野地区でも、耕地防風林にいちじるしい雪丘害—林帯幅が約40mで、その3/4が大雪丘により壊滅した—が観察されてきた(斎藤ほか, 1989~92)。

3. 結果および考察

1994年3月9日に、2月の大吹雪の後であるが、積雪深および雪害の調査を行った。

①防雪柵のある部分

防雪林の風上側に防雪柵が設置された部分では、柵のごく近くの風下側に、高さ3 m余の大雪丘が形成され、樹木が埋没していた(写真-2)。



写真-2 防雪柵の風下側に大雪丘が形成され、樹木は埋没していた(右手が風上側)

ここで、積雪深を、1 m間隔で、道路と垂直方向に測定した。その結果が、図-1である。雪丘の丘頂は、柵から5.5 mの位置にあり、その高さが260 cmであった。この雪丘の位

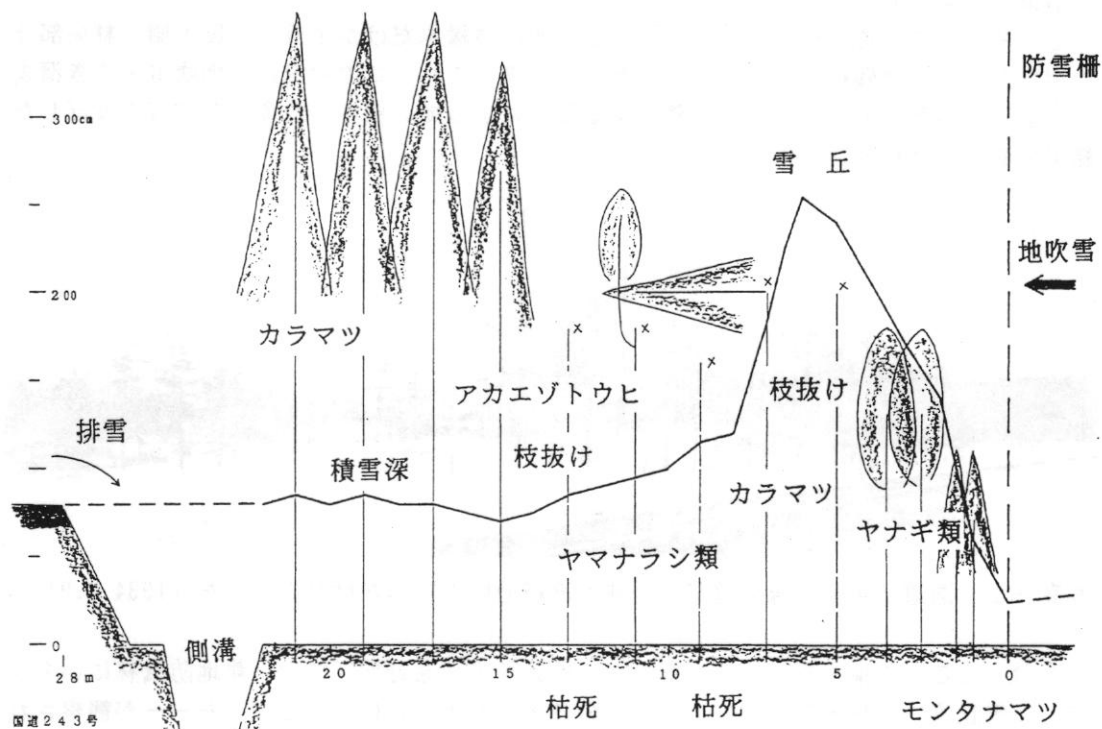


図-1 防雪柵のある部分の防雪林の横断面の積雪深

置では、大部分の樹木が折れ、曲り、枝抜けの雪害を受けて、ほとんどが枯死していた。柵から10mくらいになると、積雪深はほぼ一定して、90cm前後であった。この位置でも、残存木は乏しく、それらも甚だしい枝抜けを生じていた。道路沿いの林縁2～4列だけが雪害をほとんど受けていなかった。

この壊滅的な雪害の要因は、防雪柵の透過率が低すぎることで、そして、林縁に近すぎることである。こうした被害を防止し、樹木を改植するためには、柵の透過率が高くして、柵の位置を10mくらい風上側に移すことが望まれる。そうすれば、こうした極端な雪丘形成は生じないで、ずっと低い、傾斜の緩やかな雪丘が生じたにちがいない。

雪丘に曲げられたカラマツの箇所を掘り、積雪断面を観察したら、図-2のようであった。

カラマツは、高さ200cmまで、既に枝抜けし、今回の雪丘でさらに枝抜けして、しかも、折れんばかりに曲げられていた。

雪質は硬く、比重が0.45にも達した。そして、この雪丘の大部分は2月～日の大吹雪で形成されたもので、それ以前の積雪深は30cmにも満たなかった。

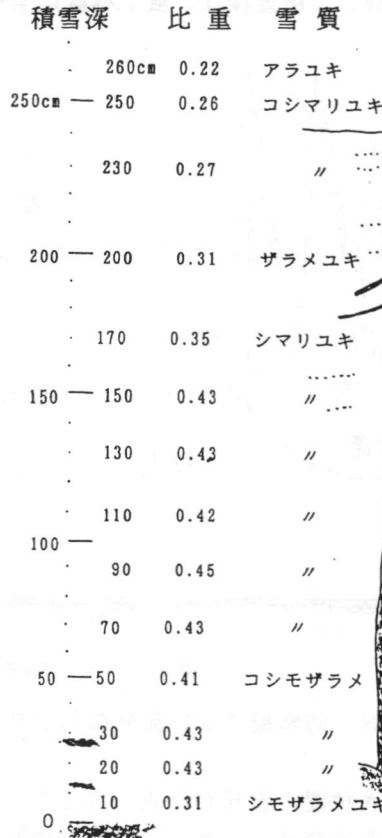


図-2 雪丘部分の断面の雪質とカラマツの曲り

②防雪柵のない部分

次に、風上側に防雪柵がない部分では、突出した雪丘は見られなかったが、緩い傾斜の



図-3 防雪柵がない部分の防雪林の残存木の状況（左手が風上側，1994.3.9）

雪丘が存在し、その丘頂は林縁から10m以上離れていた(写真-3)。

ここでも、同様に、積雪深を測定した。その結果が、図-3である。雪丘の丘頂は、林縁から10~11mにあり、その高さが195cmであった。この位置では、やはり、大部分の樹木が雪害で枯死していた。雪丘の高さから推測すると、枯死をもたらした雪害の大半は枝抜けであったにちがいない。積雪深は、風下林縁に至って、70cm前後になった。

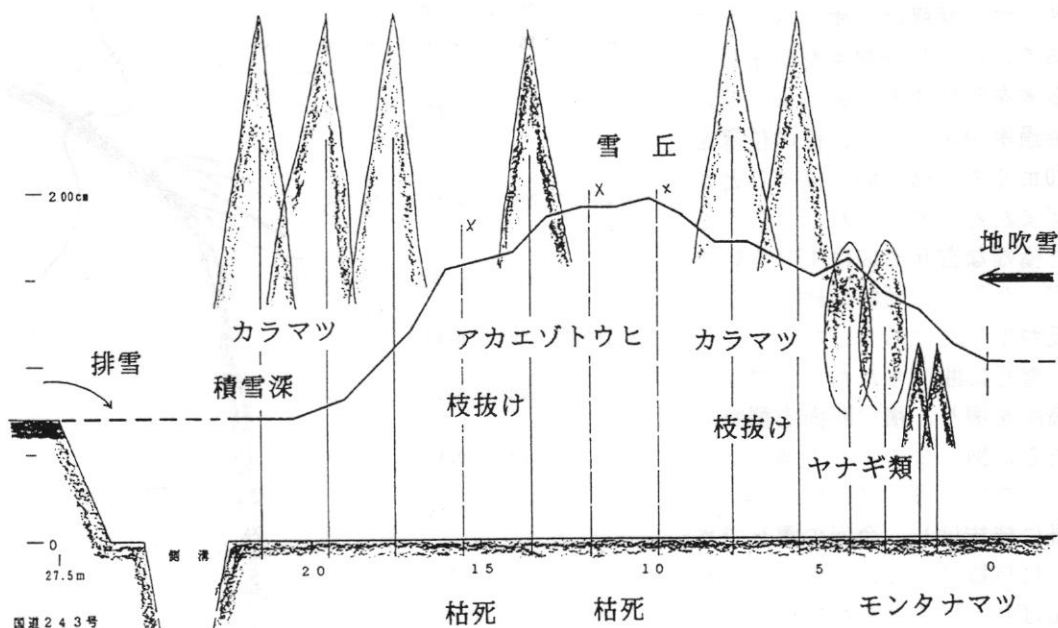


図-3 防雪柵のない部分の防雪林の横断面の積雪深

林縁から10mを過ぎた位置に雪丘が形成されることは、上述の虹別原野の防風林でも同様であり、その他の文献を参考にしても、地吹雪に関しては一般的な傾向である。それゆえ、今後の改植や新しく防雪林を造成するに当たっては、防雪柵の有無にかかわらず、林縁から10~15m間には、樹木を植えないで、空き地とすることが望まれる。この部分は、単なる空き地ではなく、地吹雪の吹き溜まりの場なのであり、さらに、無雪期間には歩道、サイクリングロードとして、積雪期間には歩くスキーコース、スノーモービルコースとして利用できる。

謝辞 本稿の作成に当たり、現地調査を支援され、貴重な資料を提供された、釧路開発建設部弟子屈道路総合事業所の松本喜博所長、青田好一技術副長はじめ、関係の各位に対して、筆者たちは深く感謝する。

参考文献

- 斎藤新一郎・成田俊司, 1989~92. 耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害について(1~4). 北海道の雪氷, no.8: 38~39, 9: 32~34, 10: 62~64, & 11: 33~35.
- 斎藤新一郎・対馬俊之・幸田清重, 1994. 弟子屈町仁多における国道243号線の道路防雪林の造成経過, 現況および今後の改良策について. 手記 pp., 北海道立林業試験場道東支場(釧路開発建設部への報告書)。

雪害防止を兼ねた、既往法面への新しい植栽法砕工の適用試験

斎藤新一郎（北海道立林業試験場）

1. まえがき

山地の道路は、元来、森林を伐開して建設されたものであり、路面に関して、緑の表面積を縮小させたことになる。また、法面に関しても、元来の森林の立体的な緑の表面積に比較して、芝張り法面の平面的な緑の表面積はいちじるしく小さいのである。このほか、自然保護、修景、環境保全機能、積雪の移動、などに関しても、芝張り法面より、森林化された法面がはるかに優れていることは、自明の理である。それゆえ、山地に建設される道路では、可能な限り、法面を木本緑化することが望まれる（斎藤，1989）。

そして、1993年秋に、帯広開発建設部によって、狩勝峠に近い国道38号線の道路拡幅工事箇所において、初めて、道路法面に木本が植栽された。ただし、道路法面は、排雪の影響もあり、植栽木には厳しい生育環境であって、何等かの基礎工ないし補助工が加えられないと、幹の根元曲り、幹折れ、幹割れ、枝抜けなどの雪害が生じやすく、時には致命的となる場合もある（斎藤ほか，1993；斎藤ほか，1994）。

それで、今回の施工では、従来の基礎工なしの苗木植え方式のほかに、新しい植栽法砕工つきの苗木植え方式が採用された。この法砕工の効果として、1年目の積雪下の植栽木の状況および雪解け後のその状況を観察した結果（本稿；孫田ほか，1994；KKホクブ，1994），2，3の知見が得られたので、報告する。

写真-1

狩勝峠に近い
登坂車線の盛
り土法面に施
工された新し
い植栽法砕工
(1993.10)



2. 新しい植栽法砕工の概要

東北地方の豪雪地域では、積雪の移動による植栽木の雪害防止のために、段切りをして苗木を植えてきた（階段造林）。狩勝峠ふきんでは、それほどの積雪深がないが、道路排雪を考慮すると、多雪の冬には、豪雪になる可能性もある。そこで、排雪害が生じにくいように、階段工プラス雪圧防止杭を兼ねた植栽法砕工（半円型法砕工）を筆者が考案し、法砕製造メーカーによって実用化された。

その概要は、鋼鉄板製で、半径が50cmの半円形をし、底なしで、法面の傾斜に合せられるが、標準型では山側の高さが35cmであり、法面を半円形に切り土して設置され、鋼鉄パイプ杭で止められる（図-1，写真-1）。

そして、もしこの階段面に、植え穴を掘り、土つき苗を木製の植木鉢（ポット・コンテ

ナ方式の苗木)に入れて、クレーンのような機械を用いて移植するなら、作業効率が良いし、大型苗木(～半成木)を採用でき、季節を問わずに何時でも実行が可能である。

3. 冬季の積雪下の植栽木の状況

1993/94年冬季には、積雪深が浅く、3月1日の調査では、狩勝の施工地では50～70cmにすぎず、道路排雪も僅かで、積雪の移動が比較的に僅かであった。

それでも、この法枠工は、積雪のグライドを止め、空洞が出来て、苗木が倒伏していなかった。もう1つの日勝峠に近い国道274号線の施工地では、3月8日の調査で、積雪深が70～90cmであり、同様に、トドミ苗木の倒伏はごく僅かであった(写真-2)。

これらに反して、基礎工がない法面に植栽された苗木は、雪圧を受けて、いずれも幹が地際から強く曲げられて、折れたもの、枝抜けしたものさえ観察された。

4. 春季の植栽木の状況

そして、雪解け後の5月25日に、両施工地を調査したところ、法枠工に保護された苗木にはほとんど曲りがなく、雪圧ストレスが軽微なように観察された。

しかし、法枠工がない部分に植栽された苗木は、積雪の移動によって、強い幹の根元曲りが生じて、鉛直への立上がりが遅れていたし、幹折れ、枝抜け苗木も観察された。さらに、根抜けにより乾燥して、枯死した苗木さえあった。

なお、これは初の試みであり、①施工技術が未だ十分に会得されていなかったこと、②施工地の土質が大礫を含み、パイプ杭が予定より浅くしか打込めなくて、杭および土留め鋼鉄板が雪圧で動いてしまったこと、③初冬の植栽であったこと、④樹種の違いや植付け方法の違いもあって、効果の直接的な比較ができなかったこと、そのほかの要因もあって、1年目の調査では、十分な成果が得られたとは言い難い点もあった。

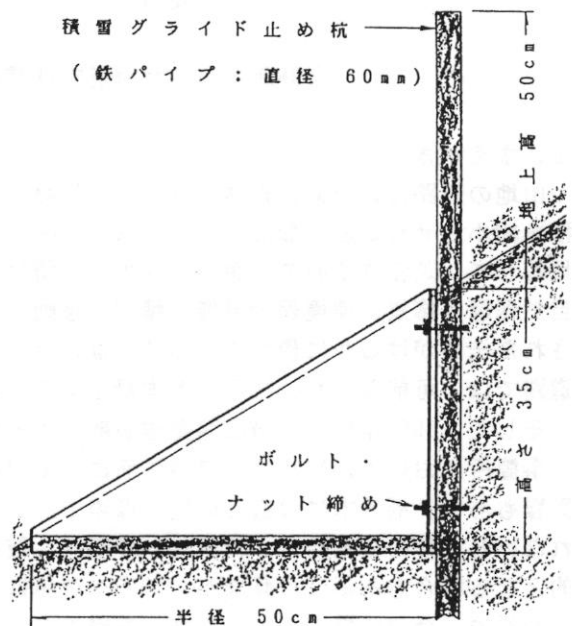


図-1 半円型植栽法枠の見取り図



写真-2 積雪下の半円型植栽法枠

5. 結 論

今回の新しい半円型法枠工は一階段工および防雪杭のために一、積雪の移動の阻止にはかなりの効果があり、苗木に及ぼす雪圧ストレスが、法枠工なしの場合より、はるかに小さいことが証明された。しかし、そのサイズ、保護する樹木の種類、現地の土質・表層地質に対応する施工技術、ほかについては、なお未解決の課題や改良すべき点が多いことも実証され、再検討を余儀なくされた。また、2年目以降の効果、苗木の成長量や根元曲りの形態、ほかについても、引き続き観察をしてゆく必要がある。

謝 辞 本稿の作成に当たり、今回の試験施工に力を合せられ、貴重な資料を提供された、帯広開発建設部帯広道路事務所の片倉浩司課長、日本データサービスKKの孫田 敏主任、KKホクブの佐野亮介常務、真鍋造園の秋山敏治部長、ほかの皆様に対して、筆者は深く感謝する。

参考文献

- KKホクブ, 1994. プランティングステップの植栽木に対する雪害緩和効果調査写真集.
孫田 敏ほか, 1994. 一般国道38号新得町狩勝登坂道路法面植栽検討業務報告書. 187
+18pp. 帯広開発建設部帯広道路事務所・日本データサービスKK.
斎藤新一郎, 1989. 道路建設にともなう森林の衰退とその対策について. 日林論集, no.
100: 583~584.
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・福地 稔・平河 進, 1994. 地域樹林整備促進調査報告書. 280pp., 北海道
(北海道開発局委託).

小利別（陸別町）における盆地冷却観測

高橋修平、亀田貴雄、百武欣二（北見工業大学）

石橋 勉（陸別町しばれ技術開発研究所）

1. はじめに

陸別町小利別地区は、母子里と並んで北海道の中でも冬期間の低温記録がよく報告された地域であるが、近年は鉄道の無人駅화에ともない気温記録が報告されなくなった。しかし依然として冬期間の放射冷却に伴う低温現象は起きているはずであり、地形によってはさらに低温になる地域が見つかるかもしれない。

陸別町では南極用深層ボーリング実験など、冬期低温気象を利用した実験が行われている。この地域における低温出現状況を求め、さらに有効な寒冷気候利用をはかるために、1992-94年の冬期間、小利別において盆地冷却観測を行った。

2. 観測地および測定方法

図1に示す陸別町小利別地区の丘の上下の地点において気温観測を行った。A地点は小利別駅のそばの平坦部（標高約310m）であり、B地点は丘の上、平坦部な畑に隣接したカラマツ林の中に気温計を設置した。気温計は自然通風型シェルターにサーミスターもしくは白金温度センサーを挿入し、データロガーにて10分毎の気温を記録した。温度センサーは温度検定を施してある。

自然通風型温度計の性能を検討するため、陸別アメダス観測点の強制通風型温度計の横に自然通風型も設置して比較検討した。その結果、08hから12hの間に自然通風型の気温は上る傾向があり、それらの補正を測定値に施した。ただし、最低気温が出現することの多い06h頃は、その差が小さかった。

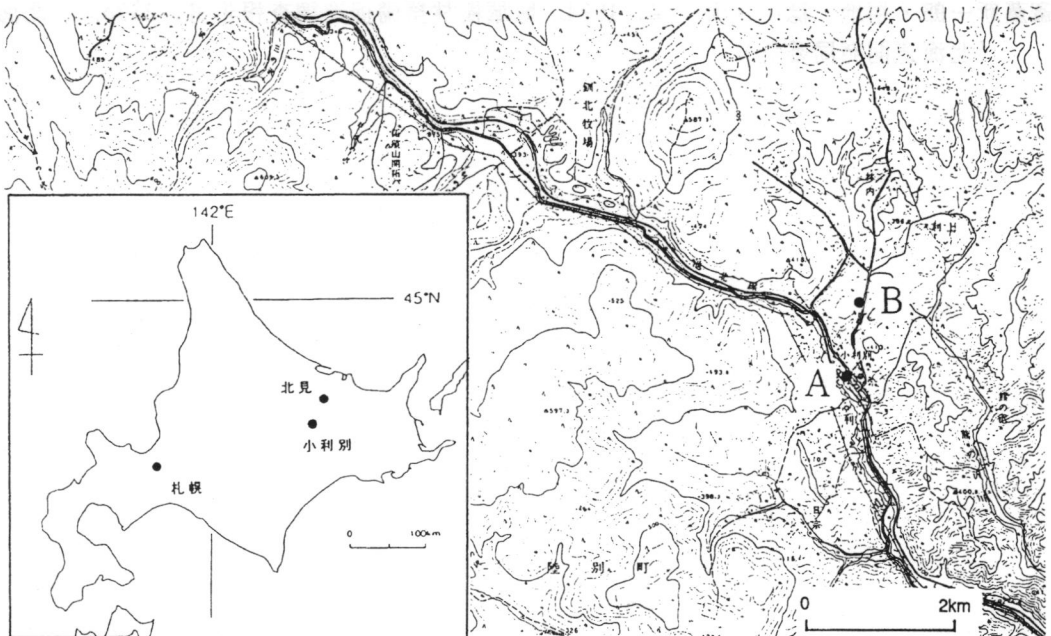


図1. 陸別町小利別における気温観測地。

A：小利別下(310m)，B：小利別上(390m)。

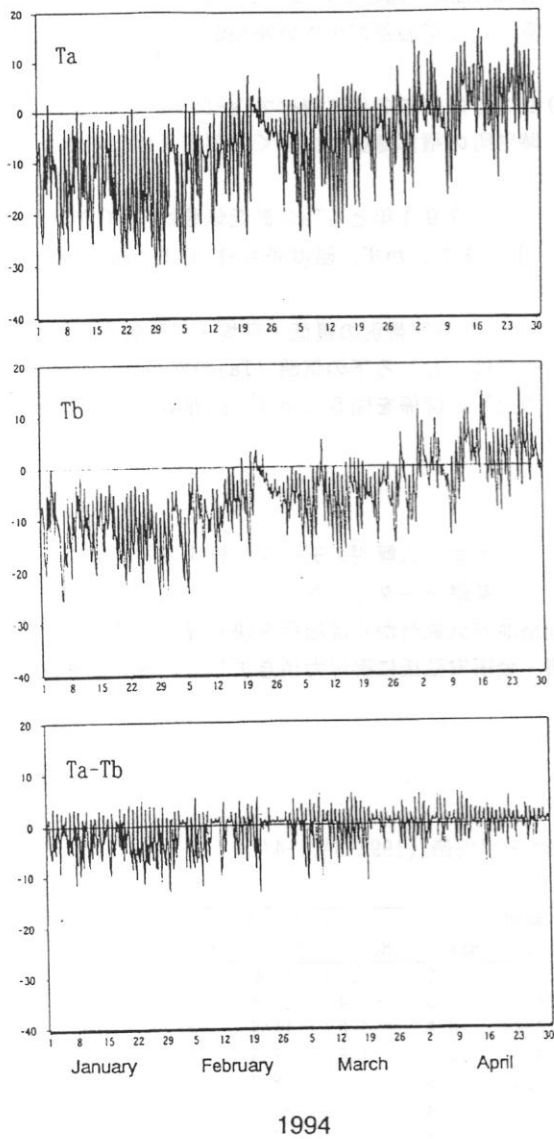


図 2. 1994年1月-4月における小利別下(Ta), 上(Tb) およびその差(Ta-Tb)の観測記録

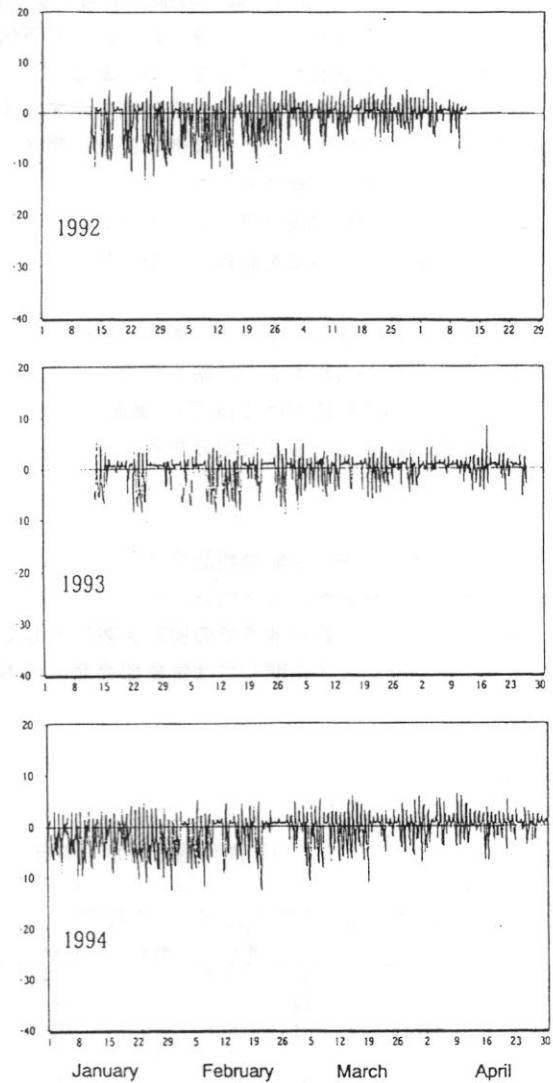


図 3. 1992-94年の上下気温差(Ta-Tb)

3. 観測結果

図2に、1994年における小利別下(Ta)の気温(Ta, Tb) およびその気温差(Ta-Tb)の記録を示す。気温差Ta-Tbが負となるのは低地の部分が低くなる盆地冷却現象が起きているときであり、その差が-10℃まで達する現象が3月まで見られる。2月下旬に見られる気温差が小さい時期が続くのは、低気圧性擾乱のために気温が上昇したためである。

図3に1992-94年の上下気温差を示す。1993年は他の2年に較べてTa-Tbが負となる盆地冷却現象が少なかった。この年は例年になく暖冬で、陸別町の積算寒度も小さく掘削機実験用の氷作りにも支障をきたした年であった。

このことは月別気温表(表1)にも現れ、1992年、1994年ともTaの最低気温は-30℃を下回り、温度差も-13~-14℃を記録したが、1993年は-30℃までいかず、温度差も-10℃まで届かなかった。

図4には、1994年1~4月のTa-Tbデータについて、各時間帯別の最低・平均・最高値を示した。最大の逆転現象が出現するのは朝6時近くであり、日中には、むしろ下の気温(Ta)の方が高いことがわかる。その朝6時におけるTa-Tbと風速(陸別アメダス地点)の関係を図5に示す。風速3m/s以下の時に強い逆転が起きていることが分かる。

4. おわりに

本研究の結果は強い逆転層観測の例として盆地冷却のメカニズム解明のデータに資するとともに、地形・地表利用状況から最低気温出現部推定を行う方法の基礎データとしたい。

最後に、アメダス観測地点での検証実験に関して釧路地方気象台からは場所を快く提供して頂き、アメダスデータの入手に関しては気象協会北海道本部・金田安弘氏に御尽力頂きました。併せて感謝の意を表します。

表1. 小利別気温の月別の最低・最高・平均値(1992-94, 1-4月)

Year	Month	Date	小利別(下; Ta)			小利別(上; Tb)			温度差(Ta-Tb)		
			Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean
1992	Jan.	12 - 31	-30.7	2.0	-14.7	-25.7	0.0	-12.1	-13.6	5.1	-2.6
	Feb.	1 - 29	-30.3	7.4	-8.4	-24.6	3.5	-7.4	-13.6	5.7	-1.0
	March	1 - 31	-25.1	9.1	-6.4	-18.8	6.8	-5.8	-11.6	6.2	-0.6
	April	1 - 11	-17.2	17.6	2.1	-14.0	15.1	1.8	-7.9	6.5	0.3
1993	Jan.	13 - 31	-28.6	4.2	-7.8	-22.3	2.5	-7.2	-8.9	5.9	-0.6
	Feb.	1 - 28	-28.8	6.5	-9.9	-22.8	4.4	-8.8	-9.7	5.3	-1.1
	March	1 - 31	-23.5	11.2	-5.5	-20.9	9.8	-5.2	-9.4	5.2	-0.2
	April	1 - 11	-11.2	16.2	0.6	-10.3	15.3	0.3	-6.7	8.7	0.3
1994	Jan.	1 - 31	-31.7	2.4	-12.6	-23.4	0.9	-9.6	-14.4	5.1	-3.0
	Feb.	1 - 28	-30.8	11.2	-10.7	-22.6	9.8	-8.5	-12.9	5.2	-2.2
	March	1 - 31	-22.2	14.7	-4.5	-17.2	12.8	-3.8	-8.0	5.0	-0.7
	April	1 - 11	-10.9	17.8	2.4	-8.0	16.2	2.7	-7.9	4.5	-0.3

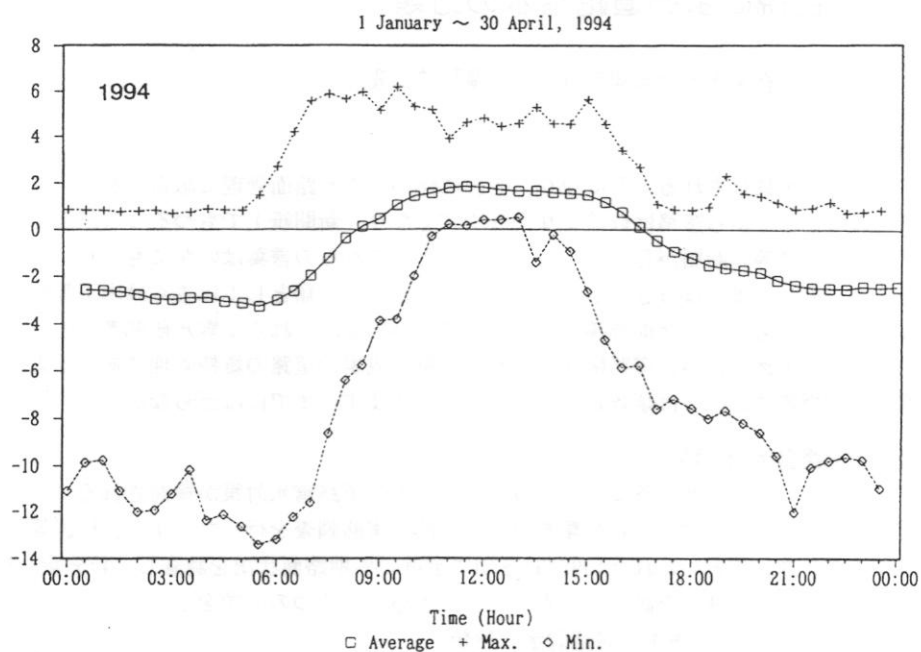


図4. Ta-Tbの時間帯別の最低・平均・最高値 (1994年1-4月)

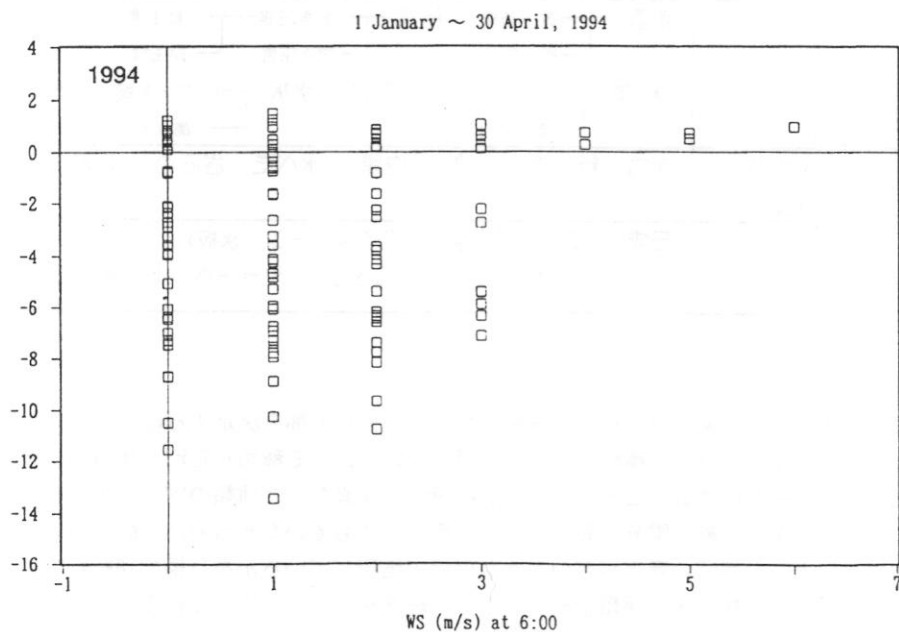


図5. Ta-Tbと風速 (陸別アメダス地点) の関係

目視による道路雪氷の分類

秋田谷英次・山田知充（北大低温科学研究所）

1. はじめに

スパイクタイヤが禁止されるようになり、それに伴い、雪氷路面管理に融雪剤が散布されるようになった。当然のことながら道路は以前より滑りやすくなり、新聞紙上でもつるつる路面、ミラーバーン、ブラックアイス等の新語が見られるようになった。これらの言葉はいかにも滑りやすい様子を表現しているが、その定義ははっきりしていない。道路雪氷の分類としては古くは木下等の分類（1969）、その改良版とも言うべき前野等の分類（1987）がある。これらは雪氷研究者にとってはそれほど面倒な分類とは思えないが、道路関係の技術者、特に現場で道路の維持管理にあたる人や実際の車の運転に携わる技術者にとっては煩雑ということで広く普及するまでには至らなかった。

2. これまでの道路雪氷の分類

スタッドレスタイヤが普及するようになってから、再び道路雪氷対策が検討されるようになり道路工学の立場から加来等（1991）が新分類を提案し道路の実態調査を行った。また、松沢等（1993）は札幌でスタッドレス元年といわれた1992/93冬期に全道の冬期路面状況を調査し、新分類を提唱し、それらの出現頻度や変化の様子を調べた。表1に、上に述べた4つの分類を示した。

表1 道路雪氷の分類

年代	研究者名	分 類 名 称
1969	木下 秋田谷	新雪 こなゆき つぶゆき 圧雪 氷板 氷膜 水べた雪
1987	前野 成田 西村 成瀬	新雪 乾き新雪 濡れ新雪 圧雪 乾き圧雪 濡れ圧雪 軟圧雪 粉雪 硬圧雪 粒雪 乾き粒雪 濡れ粒雪 水べた雪 氷板 乾き氷板 濡れ氷板 氷膜
1991	北海道土木技術会 (加来・他)	新雪 新圧雪 圧雪 白黒 水べた ざらめ 氷盤 氷膜
1993	松沢・加治屋 石本・他	圧雪 つるつる圧雪 アイスバーン（氷板） ブラックアイス（氷膜） こぶ氷 シャーベット（水べたゆき）

3. 外見による記述

上に示した分類は、専門家でなければ道路を見ただけで分類名称を決定するには戸惑いが予想される。その原因は①道路上の雪氷の種類は一つとは限らない、②ある種類から別な種類への移行段階、または二つの種類の中間の性質のこともある、③場所により異なった種類の雪が存在している等である。路肩や中央部、走行車線で雪質が異なり、滑りやすさにも違いがあるのは一般的である。そこで道路のどの部分にどんな性質の雪氷がどのような形態で堆積しているかを目視で判断して記録する手法を考えた。目視から直接雪氷の種類を決定するのは経験を要するので、目視で判断できる現象や状態を、①雪氷の色合、②タイヤの跡が残るかどうかで硬さ、③表面の凹凸から判断できる雪氷の堆積形状の3項目に分けて記録することを試みた。この他に道幅、雪堤、雪氷の乾湿の情報も記録できる調査表を考案した。この調査表に基づき、雪質や形態を決定できる対応表も作成した。図1は外見から判断できる情報と雪氷の性質や堆積形態の関係を図示したものである。

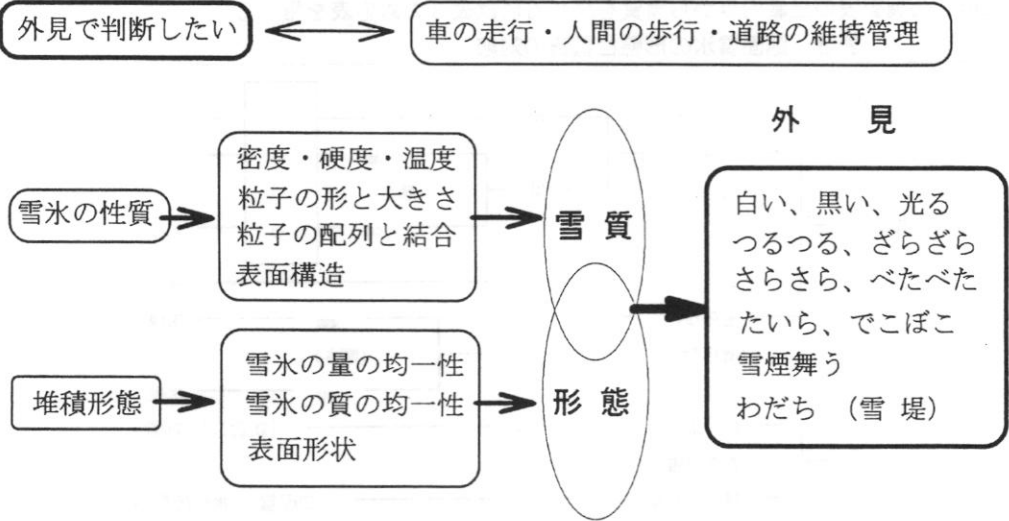


図1 目視による道路雪氷記述の考え方

図1は道路の雪氷状態を外見から判断できる内容、および、それらと雪氷の性質や堆積形態との関係を表している。図から雪質と形態を明瞭に区別できないことがわかる。表2には目視による道路雪氷の調査表を示した。

表2 道路雪氷調査表

道路雪氷調査表 年 月 日 時 分、 場 所：

天候： 記帳者： 見た感じで記帳下さい

【表面の色】 左 中 右

白っぽい
灰／茶色
黒っぽい

(おおよその範囲を←→で示す)

【表面の硬さ】

タイヤの跡付かない — 白い — 光る (全体、一部)
— 黒い — 光らない
— 薄い(mm), 厚い(cm) — 光る (全体、一部)
— 光らない

タイヤの跡付く — 表面の雪舞い上がる、舞い上がらない
— 下層 — つるつる、すべらない … (2層構造のときのみ)

タイヤがぬかる — 表面の雪：さらさら、しまっている、ざくざく、べたべた

【凹凸】

こぶ — ある — 大 (ハンドル取られる)、小 (取られない)
— つるつる、すべらない
— ない —

わだち — ある — 大 (ハンドル取られる)、小 (取られない)
— つるつる、すべらない
— ない —

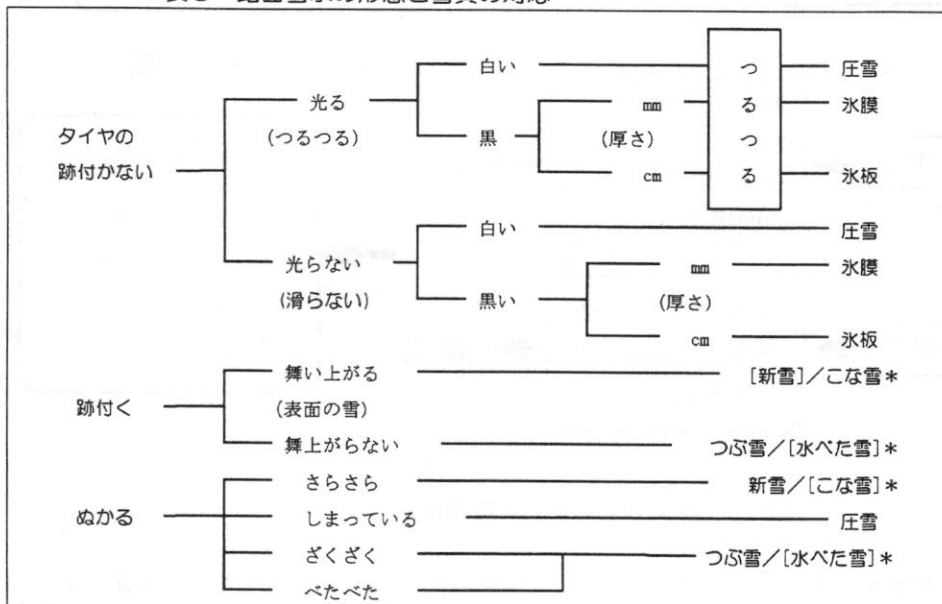
【雪 堤】 なし、1m以下、1m以上。 【道幅】 夏と同じ、少し狭い、約半分、半分以下

【乾 湿】 融けていない、融けている (水が溜っている、いない)

4. 外見から判断できる雪質と形態

表2に示した調査表の記載内容から雪質を決めるには表3の対応表を用いる。

表3 路面雪氷の形態と雪質の対応



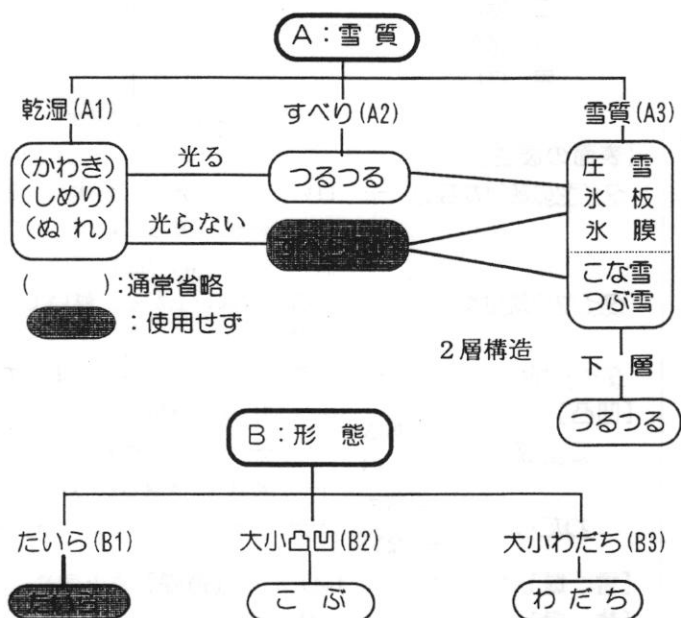
*:簡単のため [○○○]/□□□ は [] なしの □□□ で代表する。

現場技術者から、これまでの分類は煩雑だという意見が多いので“新雪”は“こな雪”に“水べた雪”は“つぶ雪”に含めたが大きな不都合はないと思われる。図2は外見と雪質・形態の関係を分かりやすくするための図解である。

図2で雪氷の乾湿は煩雑になるので通常省略しても特別不都合はないであろう。表面が光るかどうかで滑りを判定している。光っている場合は雪質の前に“つるつる”という修飾語をつける。光らない場合は特に“すべらない”という用語はもちいない。形態で表面が平らな場合は特に“たいら”という用語も使用しない。なお、乾湿の判定は下記による。

かわき：融けていない、
しめり：融けているが水がたまっていない、
ぬれ：融けて水がたまっている。

図2 目視から判断される雪質と形態



近年、スパイクタイヤが禁止になってから交差点等では融雪剤散布が頻繁に行われるようになった。すると表面の雪氷が融解して粒状の雪、すなわち“つぶ雪”に変わる。舗装面まで融解が進まなければ、底にはまだ“つつる”な“氷板”や“圧雪”が残り明瞭な2層構造をなすことがある。この様なものは“つぶ雪下層つつる”と呼ぶことにした。表4には1993/94年冬期の道路雪氷観測事例を示した。

表4 1993/94年冬期の道路雪氷観測事例

月 日	主 な 雪 質	場所・時刻・その他
12/23	(かわき) つつる圧雪、(かわき) つつる氷膜	札幌北19西5 (15:) (秋田谷)
1/23	(しめり) つぶ雪下層つつる*、(しめり) つつる氷膜	札幌屯田 (8:)、* 2層構造、"
1/28	A: (かわき) 圧雪、(かわき) 氷膜 B: (かわき) 圧雪、(かわき) つつる氷板	札幌麻生(新琴駅前、(8:) 札幌北26西5、(8:) "
2/11	かわき) 圧雪、(しめり) つぶ雪下層つつる* (かわき) 氷膜	札幌 北18西5 (8:) " * 融雪剤散布
2/14	A: 圧雪(かわき)、(小)こぶ(つつる) B: つつる氷板(かわき)、(小)こぶ(つつる) C: つつる氷膜(かわき)、つぶ雪下層つつる	札幌麻生、(8:) " 北35条西5丁目、(8:) 北20条西5丁目、(8:)
2/18	A: つつる圧雪、(かわき)氷膜、つぶ雪、(つつる) (小)こぶ B: (しめり) つぶ雪、(大)わだち(ざらざら) C: (かわき) つつる圧雪 (東西通りで日陰)	札幌北37条西5丁目、(8:) " 北20西8丁目、(9:) 北22西7丁目、(10:)
2/19	(かわき) つつる圧雪	石狩当別東裏 (10:07) "
2/23	A: (ぬれ) (つつる) 氷板・圧雪 B: (ぬれ) つぶ雪、(大)わだち(ざくざく)	札幌屯田団地、雨上7 ^時 18 " 札幌北23・24条西4丁目
3/17	A: (ぬれ) つぶ雪 B: (しめり) 圧雪、(しめり) つぶ雪	札幌北18西5、(9:37) " 北19西6、(9:37)
3/18	A: (かわき) つつる圧雪 B: (しめり) つつる圧雪、(しめり) 圧雪、 C: (しめり) つぶ雪	札幌北20西5(陸橋から南) " 北20西5(東向き) (11:30)
3/22	A: (かわき) 圧雪、(かわき) つつる氷膜、 B: (かわき) (つつる) (小)こぶ B: (かわき) 圧雪、(かわき) つつる圧雪	札幌 麻生 (新琴似駅前) " (8:) 北18条西7 (8:)
3/26	(かわき) つつる圧雪	札幌北50東1 (7:) "
2/15	(かわき) こな雪	東追分、9:50 (山田・坂井)
2/17	(かわき) 圧雪、(かわき) 氷板	留辺苅、8:10(山田・坂井)
"	(かわき) 圧雪	比布、12:25 (山田・坂井)
"	(かわき) 圧雪、(かわき) 氷板	朝日、16:00 (坂井)
2/18	(かわき) 圧雪	上雄武一中雄武、10:35(山田坂井)
"	(かわき) こな雪下層つつる	松山峠、11:00 (山田・坂井)
"	(かわき) つつる圧雪	美深、12:08(山田・坂井)
2/23	(かわき) つつる氷板	JR琴似付近、8:20、(天野)
"	(かわき) つぶ雪、(かわき) 圧雪	北18条、道公害研前、8:50、天野

パルス型NMRを用いた凍土中の不凍水量測定

石崎 武志 (北海道大学低温科学研究所)

1. 緒言

凍土中には0℃以下でも凍結しない水が存在する。これを不凍水と呼ぶ。凍土中に不凍水が存在するため、土が凍結しつつある時に、水が凍土中に引き寄せられアイスレンズとして析出し凍上現象が生ずる(石崎、1991)。また、不凍水量は温度により大きく変化するため、凍土の力学的強度、電気的性質や透水性等の諸物性値は温度に強く依存する。

不凍水が存在する理由について微視的な立場からの説明はなされていない。しかし、界面化学の立場からは、氷と微粒子とが直接接触した界面エネルギー密度 σ_{is} よりも、両者が不凍水をはさんで接した界面自由エネルギー密度、すなわち、氷と不凍水間の界面エネルギー密度 σ_{iw} と不凍水と微粒子間の界面エネルギー密度 σ_{ws} との和が小さいためと考えられる(Kuroda、1985)。

$$\Delta\sigma = \sigma_{is} - (\sigma_{iw} + \sigma_{ws}) > 0 \quad (1)$$

凍土中の不凍水量の測定は、水と氷の比熱の違いと、氷の融解熱を利用したカロリメータ法、氷と不凍水の誘電率の違いを用いるTDR(時間領域誘電率測定)法、プロトンの緩和過程が氷と不凍水では異なることを利用したパルス型NMR法やプロトンによる中性子の散乱過程を見る準弾性中性子散乱法(Maruyama et al.、1992)などがある。

本研究では、パルス型NMR装置を用い、大谷石、藤の森粘土の不凍水量の温度依存性を測定し、試料の比表面積から、各温度における平均の不凍水膜厚さを求めた。

2. 測定方法

凍土中の不凍水量測定装置としては、核磁気共鳴装置PRAXIS-2(測定周波数10.7MHz、試料直径25mmφ)を用いた。PRAXIS-2のブロック図を図1に示す。装置はNMR信号検出器、インターフェイスボックス、マイクロコンピュータ部分からなる。インターフェイスボックスには、試料に高周波パルスを与えるためのトリガーボードと検出したNMR信号の増幅器が設置されている。試料周囲には、NMR信号を検出するためのコイルと静磁場を与えるための永久磁石が設置されている。

次に、測定原理について簡単に説明する。土試料中の水分子のプロトンはスピンの由来する磁気モーメントを持っている。土粒子が静磁場中に置かれると、プロトンがコマの様に歳差運動を始める。これは、ラーモアの歳差運動と呼ばれる。そこで、歳差運動と同じ周波数の振動磁場を与えると、プロトンの磁気モーメントが、静磁場の方向から少しずつ傾いていく。磁気モーメント軸の静磁場からの傾き角は、振動磁場(高周波パルス)を加えている時間 t に比例するので、 t を適当に選ぶことにより、90°、180°傾けることができる。ここでは、90°パルスを用いた。90°に磁化の方向を傾けた後でパルスを切ると、再び元の平衡状態に回復していく。この過程を緩和と呼ぶ。このときに生ずる磁化の変化を

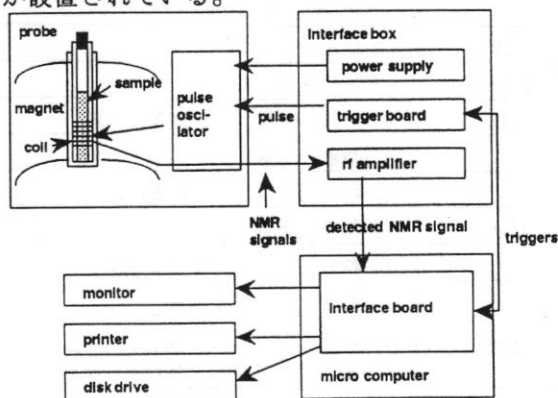


図1 パルス型NMR装置の構成図

検出コイルで測定する。NMRのFID（自由誘導減衰）信号の強さは、氷と不凍水中のプロトンの量により決まる。しかし、氷のFID信号は、極めて早く減衰するため、検出されたFID信号は、不凍水中のプロトン数に比例する。ここでは、FID信号のピーク値から不凍水量を求めた。

測定方法の検定のために、体積含水率の異なる試料（粉末状にした大谷石）のFIDのピーク値を求めた。図2に示したようにFIDのピーク値と試料の体積含水率がほぼ比例した。この結果から、パルス型NMRによる不凍水分測定法の妥当性が改めて確認された。

実験の前に、試料に水を加え十分に飽和させる。次に、試料を -30°C で凍結させ、 -30°C から $+20^{\circ}\text{C}$ までの測定温度でFIDのピーク値を求めた。測定結果の一例を図3に示す。FIDのピーク値は、未凍結温度領域で見られるように、含水率が一定であっても温度と共に直線的に変化するので、不凍水量は、未凍土部分の外挿値（A）とFIDのピーク値（B）と未凍結時の体積含水率（ θ_0 ）

から次式で求めた。

$$\theta_u = (B/A) \theta_0 / \rho_d \quad (2)$$

ここで、 ρ_d は乾燥密度

さらに、不凍水膜厚さの平均値（ d ）は、不凍水量（ θ_u ）をBET（窒素吸着）法で求めた比表面積（ S ）で割り次式で求めた。

$$d = \theta_u / S \quad (3)$$

3. 測定試料

測定に用いた凍土試料は、大谷石（ブロック状、パウダー状）と藤の森粘土の3種類である。それぞれの試料の比表面積と造岩鉱物を表1に示す。パウダー状の大谷石は、ブロック状のものを細かく粉砕したものである。土試料を 110°C 炉乾燥してから、所定の含水比になるように蒸留水を加えた。次に土試料を乾燥密度が 1 g/cm^3 、容積が 20 cm^3 になるよう調節してサンプルチューブに詰めた。ブロック状の大谷石に関しては、直径 20 mm 、長さ 50 mm の円柱試料を作成し、水で十分飽和してサンプルチューブに入れ、その後24時間真空脱気を行なった。作成した試料の乾燥密度、含水比、体積含水率をそれぞれ飽和試料について表2に、不飽和試料について表3に示す。

表1 測定試料の比表面積と造岩鉱物

	大谷石	藤の森粘土
比表面積 (m^2/g)	17.2	24.5
造岩鉱物	クリノプチロライト クロライト	石英、カオリン モンモリロナイト

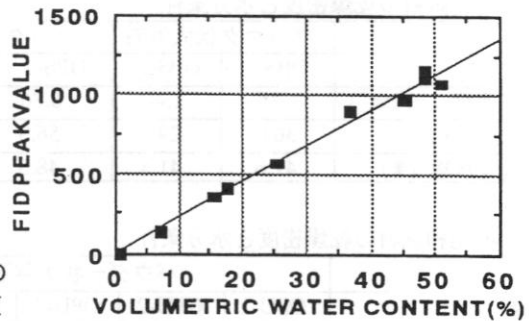


図2 FIDピーク値と体積含水率の関係

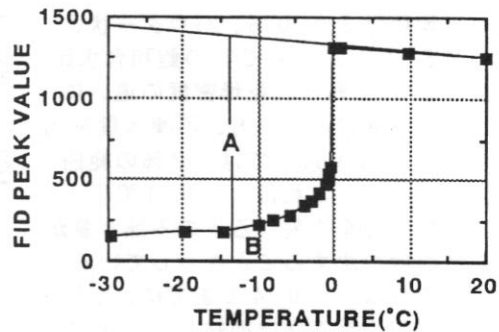


図3 FIDピーク値と温度の関係

表2 飽和試料の乾燥密度と水分条件

	ブロック状大谷石		パウダー状大谷石		藤の森粘土
試料	OBS-1	OBS-2	OPS-1	OPS-2	FUS-1
乾燥密度 (g/cm ³)	1.38	1.40	0.86	0.86	0.99
含水比 (%)	30.3	29.6	56.3	55.9	58.8
体積含水率 (%)	41.6	41.5	48.5	48.2	58.3

表3 不飽和試料の乾燥密度と水分条件

	パウダー状大谷石					
試料	OPU-1	OPU-2	OPU-3	OPU-4	OPU-5	OPU-6
乾燥密度 (g/cm ³)	0.94	0.94	0.93	0.93	1.02	0.98
含水比 (%)	0.6	7.3	17.0	27.2	35.9	45.9
体積含水率 (%)	0.6	6.9	15.7	25.2	36.6	45.0

4. 測定結果

4.1 不凍水量と温度の関係

ブロック状大谷石とパウダー状大谷石の不凍水量と温度の関係を図4に示す。ブロック状大谷石 (OBS-1、OBS-2) の飽和含水比の平均値は30.0%、パウダー状大谷石 (OPS-1、OPS-2) の飽和含水比の平均値は56.1%と、乾燥密度の違いにより約2倍ほど異なる。一方、不凍水量を比較すると、-0.4℃以下では、2%の範囲内で一致している。これは、-0.4℃以下では、間隙構造の全く異なる土の不凍水量が土粒子の量だけで決まることを示している。すなわち、これは、-0.4℃までに、土粒子骨格が作る間隙の毛管水は凍結し、-0.4℃以下では大部分の不凍水が粘土粒子表面の吸着水として存在していることを示唆している。-30℃において、ブロック状大谷石の不凍水量の平均値は6.1%、パウダー状大谷石の不凍水量の平均値は4.7%であった。凍土中の不凍水量 (θ_u) と融点からの温度差 ($T_m - T$) の関係を両対数で表したものを図5に示す。また、累乗式で両者を回帰すると右下の式が得られた。

回帰式の相関係数は、0.97~0.98の高い値が得られた。

次に、含水比の異なるパウダー状大谷石の不凍水量と温度の関係を図6に示す。

含水比が7.3%の試料 (OPU-1) の曲線は、温度によって変化していない。これは、土中水のほとんどが-30℃まで不凍水として存在し、氷の析出がないことを示している。含水比が17.0%以上の試料では、温度が低下すると共に急激に不凍水量が減少する。

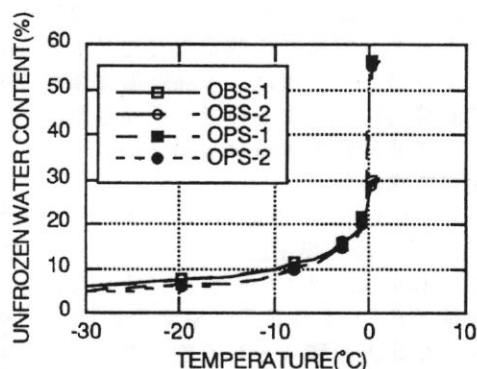


図4 不凍水分量の温度依存性

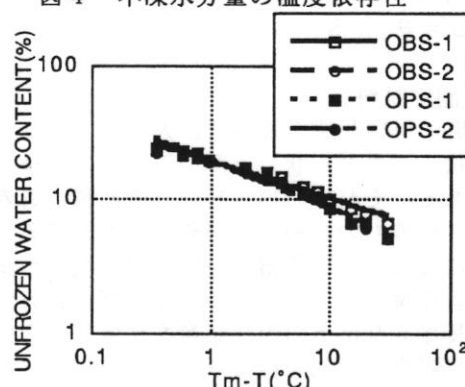


図5 不凍水量と融点からの温度差の関係

$$\text{OBS-1: } \theta_u = 19.8 \times (T_m - T)^{-0.30}$$

$$\text{OBS-2: } \theta_u = 18.9 \times (T_m - T)^{-0.29}$$

$$\text{OPS-1: } \theta_u = 19.7 \times (T_m - T)^{-0.37}$$

$$\text{OPS-2: } \theta_u = 19.1 \times (T_m - T)^{-0.37}$$

図5に示した方法で、不凍水量 (θ_u) と $T_m - T$ の間の関係をそれぞれ以下のように回帰した。

$$\text{OPU-1} : \theta_u = 7.2 \times (T_m - T)^{-0.09}$$

$$\text{OPU-2} : \theta_u = 14.2 \times (T_m - T)^{-0.28}$$

$$\text{OPU-3} : \theta_u = 16.2 \times (T_m - T)^{-0.33}$$

$$\text{OPU-4} : \theta_u = 17.1 \times (T_m - T)^{-0.33}$$

$$\text{OPU-5} : \theta_u = 18.7 \times (T_m - T)^{-0.35}$$

含水比が17.0% (OPU-2) から56.3%の試料 (OPU-5) の -1°C の不凍水量を比較すると、14.2%から19.7%まで5.5%という狭い範囲であるが、単調に増加している。一方、 -30°C の不凍水量は、OPU-1からOPS-1までのすべての試料で4.7%~5.0%の範囲内で一致した。

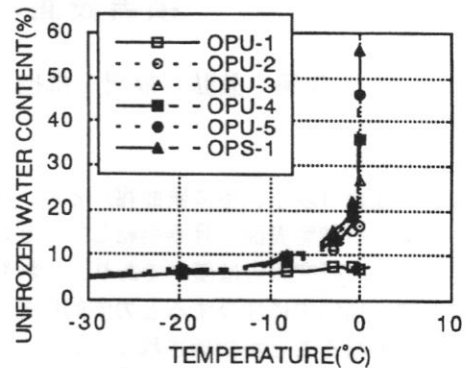


図6 不飽和土の不凍水量と温度の関係

4.2 不凍水膜厚さと温度の関係

飽和した大谷石試料の平均の不凍水膜厚さと温度の関係を図8に示す。不凍水膜厚さ (d) と融点からの温度差 ($T_m - T$) との関係を、不凍水量と同様に以下の累乗式で近似した。

$$\text{OBS-1} : d = 11.2 \times (T_m - T)^{-0.30}$$

$$\text{OPS-1} : d = 11.5 \times (T_m - T)^{-0.37}$$

ここで、 d の単位はnmである。

以上の結果から、パウダー状大谷石の不凍水膜の厚さは -1°C で115 Å、 -10°C で50 Åとなる。水分子を直径3.3 Åの球形と仮定すると、 -1°C で水分子が35

個、 -10°C で水分子が15個程度で、土粒子表面に薄膜を形成していることになる。

以上、概略的な計算ではあるが、土粒子表面の不凍水膜の厚さがいかに薄いものか理解することができる。

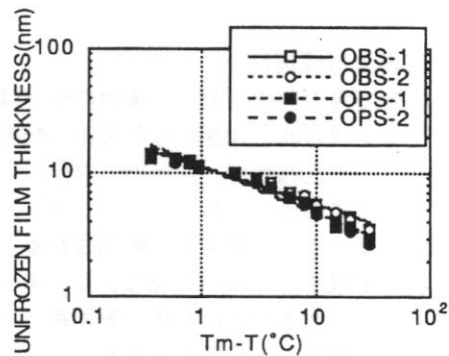


図7 不凍水膜厚さと融点からの温度差の関係

5. まとめ

パルス型NMRを用いて、凍土試料の不凍水量を測定し、比表面積で割ることにより平均の不凍水膜厚さを求めた。不凍水量と不凍水膜厚さは、融点からの温度差 ($T_m - T$) の累乗式で良く近似できることが分かった。また、本研究に於て用いたパルス型NMR装置による不凍水量測定法は、迅速でかつ再現性の良いデータを与えることが確認された。今後は、本装置を用い土粒子表面の性質と不凍水膜厚さの関係について検討していきたい。

文 献

石崎武志, 1991: 凍上現象の物理、日本結晶成長学会誌、18, 2, 181-187.

Kuroda, T. 1985: Theoretical study of frost heaving. In Proc. 3rd Intl. Symposium on Ground Freezing, 1, 39-46.

Maruyama, M., Bienfait, M., Dash, J. G. and Coddens, G. 1992: Interfacial melting of ice in graphite and talc powders. Journal of Cristal Growth, 118, 33-40.

積雪表面霜の形成機構

八久保 晶弘、福沢 卓也、秋田谷 英次 (北大低温研)

1、はじめに

積雪表面霜 (以下、単に表面霜) とは、晴れた日の夜間に積雪表面が放射冷却し、空気中の水蒸気が積雪表面に昇華凝結してできた霜の結晶である。この表面霜の形成機構についての従来の研究報告は僅かであり、それも定性的な議論の域を出ていない。

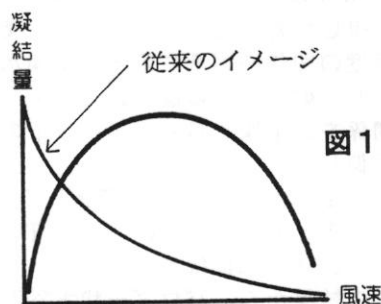
表面霜は積雪中に埋没すると力学的に弱い層 (弱層) となり、斜面においては表層雪崩の滑り層となることが指摘されている。また、南極氷床内陸部の涵養に表面霜の成長による凝結量が大きく寄与している可能性も指摘されている。よって、表面霜の形成条件の定量化はこれらの各方面で期待されている。

我々は昨冬 1 月～3 月の長期に渡る野外観測を行ない、幾つかの興味深い結果が得られたので報告する。

2、表面霜の形成理論

従来の表面霜の形成に関する議論の殆どは、風の無い条件下で実現される大きな水蒸気圧勾配を駆動力とする水蒸気の自己拡散が、表面霜の成長にとって支配的なプロセスである、としている。しかし、自己拡散による輸送量は極めて僅少で、観測されるような表面霜を一晩で形成するのは不可能である。よって、輸送量の数オーダー大きい乱流拡散が表面霜への水蒸気輸送の担い手であることが予想される。

ある風速のもとでは、顕熱輸送によって積雪表面を暖め水蒸気圧勾配が減少して凝結を抑制する効果と、乱流輸送が増加して凝結を促進する効果の、拮抗する 2 つの作用が存在する。従来は、前者の効果によって表面霜は無風時にできやすいとされていたが、後者の効果を含めると、表面霜の凝結に最適な風速があると考えられる (図 1)。



3、観測方法

観測は、1994 年 1 月～3 月の間の延べ 2 ヶ月間、北大手塩地方演習林内の観測所付近の尾根にて行なわれた。うち、顕著な表面霜が形成された日は 4 日あった。

観測項目は、温度・湿度・風速・放射収支・凝結量の 5 項目である。温湿度と風速は 10cm と 1m のそれぞれの高さで測定した (温度は雪面温度も含む)。5 項目のうち凝結量を除いた 4 項目は 1～2 分の瞬間値或いは平均値であるが、凝結量は 30 分間の積算値である。凝結量は約 0.3m² のアルミ板に雪を撒いたものを用い、質量変化を 30 分毎に測定した。表面霜形成時の質量変化の最大値は 30 分で約 3g であった。

4、結果

以下、観測で得られた表面霜の凝結量と気象要素の関係を示す。気象要素は高さ 10cm のものを用いた。図 2・図 3 では、プロットされたデータは 30 分間の平均値である。

図 2 は凝結量の風速依存性のグラフである。NR (放射収支) は晴れの指標として用い、値が小さいほど快晴で、0 近傍では曇っていることを示している。図 2 から、数 m の風速

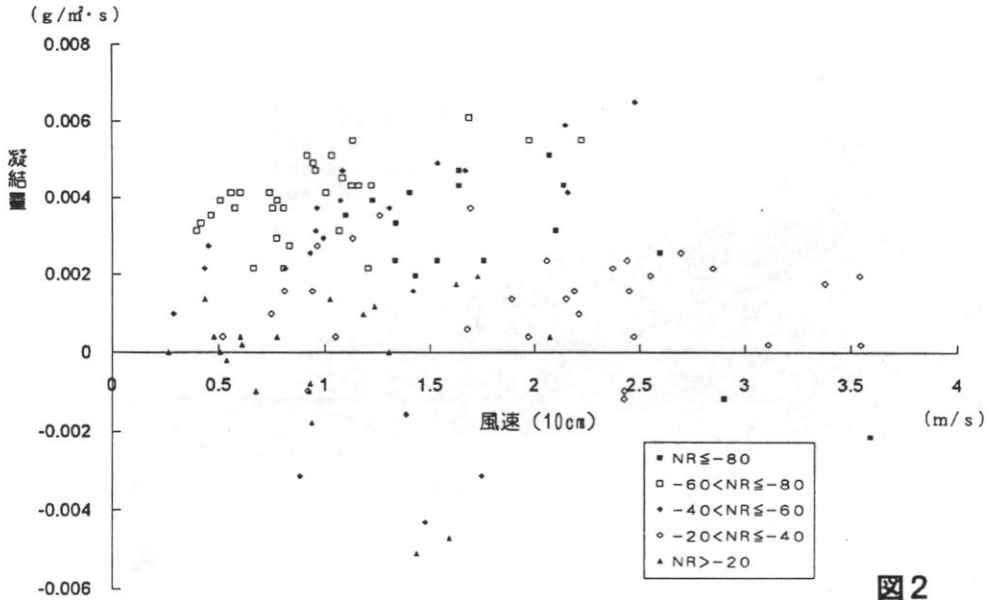


図2

でも表面霜が凝結することが分かる。しかし、風速の0付近のデータはなく、また風速の大きいときは飛雪が舞うために信頼できるデータが得られなかった。よって、前述の凝結量のピーク及び表面霜の凝結に最適な風速を見いだすことはできなかった。

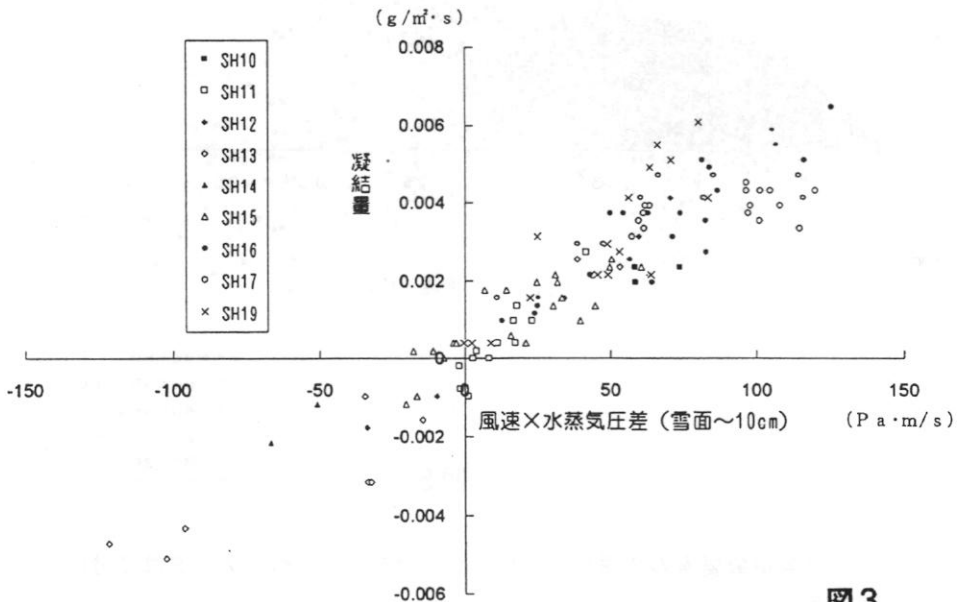


図3

図3は凝結量と風速×水蒸気圧差（雪面～10cmの絶対湿度の差）のグラフである。記号は観測ステージを表わしていて、SH16とSH17が表面霜のできた夜である。相関係数は0.93で、このことは、係数を定めれば表面霜の凝結量が気象要素（風速・温度・湿度）によって決定できることを示している。

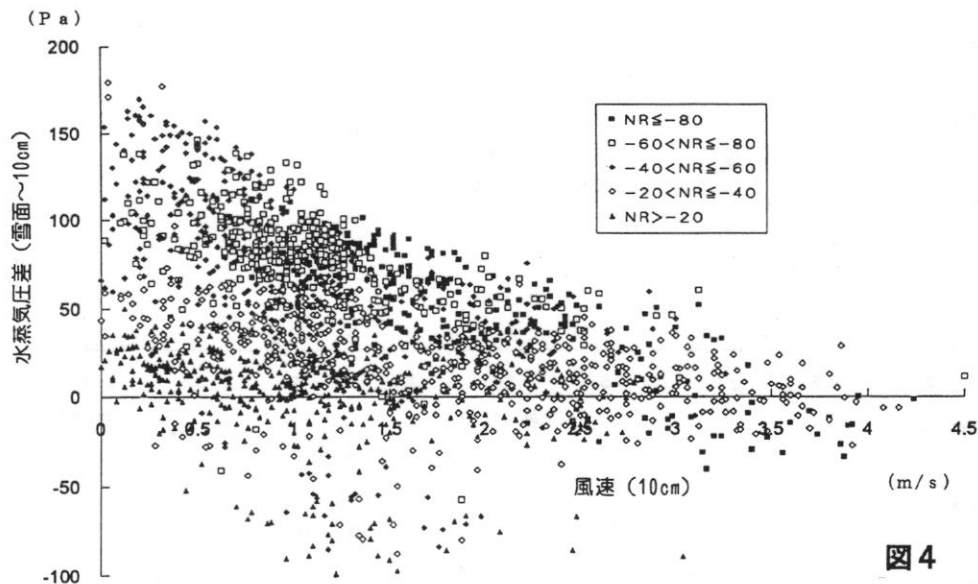


図 4

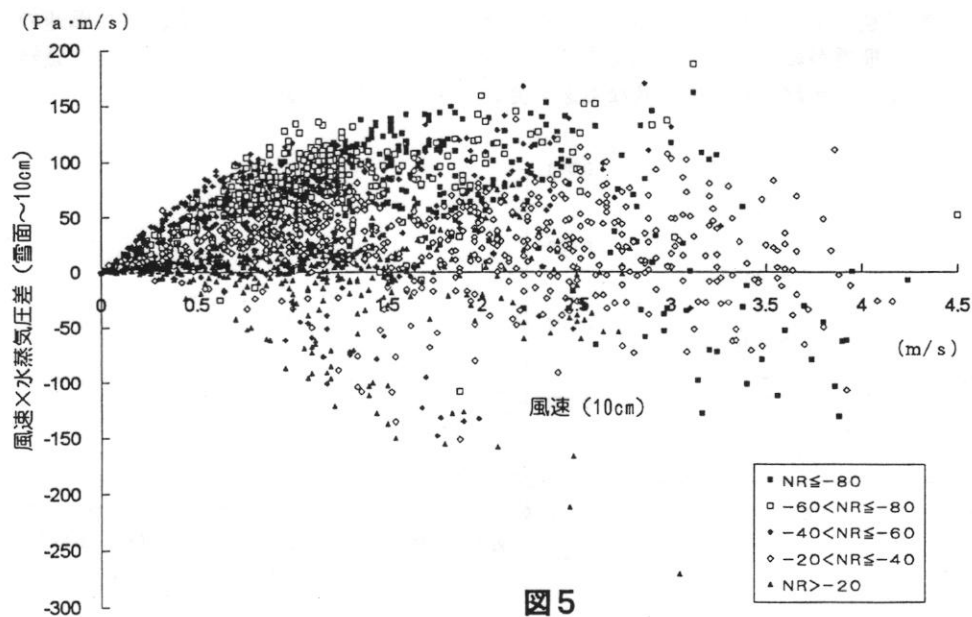


図 5

図 4・図 5 は各気象要素の関係を示したグラフであり、一つのデータは 2 分間の気象要素の平均値である。

図 4 は水蒸気圧差の風速依存性のグラフである。風が強くなるほど、放射冷却で冷えた積雪表面が顕熱で暖められて水蒸気圧差が減少することが分かる。

図 5 は図 4 の縦軸に風速をかけたグラフである。図 3 から、凝結量の大きいときは、風速×水蒸気圧差が大きく、従って図 5 から、無風時よりはある程度風の吹く方が凝結量が大きいことが結論される。

5、考察

観測結果から、表面霜の凝結には風の寄与が重要であることが示された。しかしながら、凝結に最適な風速がどれくらいで、またそれが何の要素に依存するのか、などの議論をするには、今回の観測では不十分であった。今後も観測によってデータを蓄積する一方で、熱収支についての簡単な数値実験を行なうことによって、理論的にも明らかにしていきたいと考えている。

図3で得られる関係式は、地表面への各種フラックスについての半経験式であるバルク法そのものである。すなわち、放射冷却のような極めて安定な条件（雪面近傍では温度勾配が $5^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ にも達する）でも、乱流輸送の式であるバルク法が適用できることになる。しかし、関係式の比例定数であるバルク係数は一義的に決定できるものではなく、表面の粗さや流れの状態までも含む関数である。表面霜の成長は雪面状態を変えていくので、バルク係数は一定とは考えられない。よって、バルク法から表面霜の凝結量を求めるには、バルク係数の意味とその決定方法について今後も十分検討する必要がある。

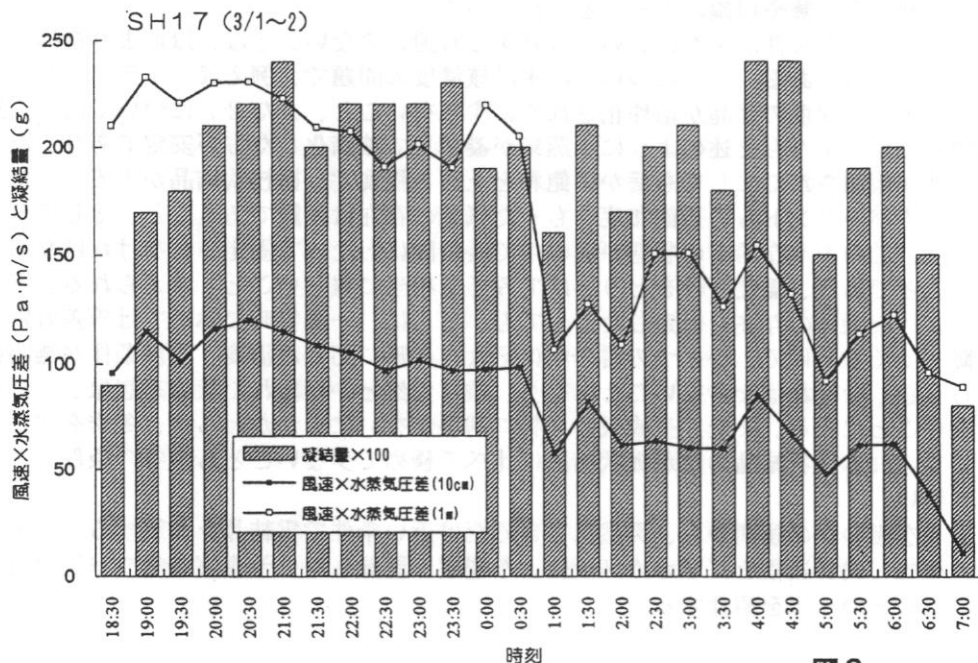


図6

表面霜が数mm～数cmまで発達すると、霜自身が雪面付近の気流を乱す効果や、雪面の表面積が相対的に増加する効果が重要になると考えられる。観測事実として、表面霜は一晚中快晴でも特に夜半過ぎに急激に成長するようであり、輸送係数であるバルク係数も増加傾向にあることが挙げられる（図6参照）が、このことは、表面霜の凝結量が単純に気象要素だけでは決定できず、構造的な因子が絡んでいることを示している。従って、表面霜の凝結には、従来の水蒸気輸送の理論が単純には通用しない。今後は、表面霜の三次元解析から表面霜の表面積を求める室内実験を行ない、表面積という新たなファクターを取り入れて表面霜の形成機構を理解したい。

過冷却微水滴から生成・成長する雪結晶について

油川 英明(北海道教育大学・岩見沢校)

1. はじめに

地表や海水面から蒸発した水蒸気は、大気中を上昇することによって、それを含んだ気塊が飽和に達した段階から核(凝結核)に凝結し、液滴となって雲粒を構成する。温度の低い上空では、これらの液滴が過冷却微水滴として存在し、冬季にはその群中で形成された雪が降雪となって地上に降り積る。

雪結晶の生成・成長に関しては、中谷により1936年に人工雪の製作がなされ、これを起点として雪結晶の研究がおし進められてきた。中谷は雪の生成条件として(以下、「中谷の条件」と呼称)、1)常に氷晶核が存在すること、2)適当な温度、湿度(過飽和)の条件により相応な水蒸気の昇華作用があること、3)生成するための適当な時間(樹枝状結晶においては1~2時間)が必要なことを条件としてあげている。これらは、現在においても雪結晶の実験や理論のベースとされている。

一方、このような条件が天然においては必ずしも通常でないことは、以前より指摘されてきているところである。1)については氷晶核濃度の問題で、例えば-15℃においては1個/リットル程度の氷晶が活性化されるにすぎないこと、また2)については、天然では過飽和の状態よりも上述のように水蒸気が凝結して液滴化した方が安定であり、たとえ過飽和度が観測されたにしても僅かに飽和を上回る程度で、樹枝状結晶が生成するとされている数十パーセントもの過飽和度をもった気塊の存在は困難であること、そして3)においては、このような希有の状態が雲の中で長時間にわたって固定されなければならないということであり、温度だけをとりあげても相当に難しいことと考えられる。そして、そのような条件の存在を仮定したとしても、さらに、一降雪時には千差万別の結晶が降ってくるわけで、ひとつの雲の中にそれらの形に応じた温度、湿度条件が無限に近いだけ存在しなければならないことになり、益々天然とかけ離れた状態を想像しなければならないことになる。また、生成条件に特に制限がないにもかかわらず、冬季を通して、降雪中に見られる柱状結晶の数が板状結晶に比べて極めて少ないことも中谷の条件だけからは導き難い。

このような幾つかの疑問から、天然にできるだけ近い条件で雪結晶を作製することを試み、その生成・成長過程をビデオカメラにより観察・記録した。予備実験的な結果ではあるが、以下にその一部を紹介する。

2. 実験方法

実験の方法は図1に示したように、過冷却雲の2次元モデルを想定した比較的簡単な仕組みによるものである。雪結晶を生成する容器は、10cm×10cmの広がり、1~0.5cm程度の高さであるが、大きさには特別な理由が無く、実験上の取り扱い易さから決められたものである。但、高さは出来るだけ低いものの方が良い結果を得ることができた。次に、実験の手順を述べると、まず、常温の実験室で合成樹脂の薄膜に微水滴を付着させた後、上記の大きさに作った骨組みに、水滴が付着している方を内側にしてその薄膜を張り付けるわけである。この時、容器から空気の漏れがないように充分確かめる。これをゆっくり過冷却させるために、今回の実験では、-5℃の低温実験室に1~2時間の間放置した。この場合、容器の上下に若干の温度差をあたえ、片面の薄膜から水滴を蒸発させて、その後、この容器を-20℃の低温実験室に設置された顕微鏡にセットし、水

滴の蒸発した薄膜に再度微小な水滴を凝結させて、その適当な箇所に焦点を合わせテレビカメラで撮影を開始する。このように再凝結させる理由は、極めて微細な（径が $10\mu\text{m}$ 程度の）過冷却水滴を得ることができることであるが、このようにすると雪結晶がよく生成することも確かで、詳細なことは検討中である。

− 20°C の低温実験室に移動された容器は、 $10\sim 20$ 分程度の時間が経過すると、微水滴群のある箇所から木の芽が伸びるように、あるいは紙に描かれた文様があぶり出されるように、雪結晶が生成してくる。この箇所は事前に予想することが困難で、今回は顕微鏡の焦点が合った場所で偶然に観察がなされた。尚、容器内の温度は特に測定していないが、実験の経過時間及び顕微鏡の照明により、室温よりも若干高いものと考えられる。

ところで、今回の雪結晶生成の実験では、従来のような異物質による種まきや他所で生成した氷晶を挿入するなどの方法は一切行っていない。実験容器に含まれているものは、水滴や水蒸気の他に通常の実験室に存在する塵などで、特別な氷晶核が紛れ込んでいることは想像し難い。均一核生成による現象にしては少し温度が高いようにも考えられる。このことに関しては、今後の実験において慎重に確かめなければならないことである。

3. 実験結果

ここでは、図1に示されたビデオカメラによる撮影記録を紹介し、実験の結果について述べるものとする。図2は、撮影後のビデオテープからプリント出力で得られた画像で、6枚一組になっており、画像右上の数字が経過した時間（秒）を示したている。ここで、0秒とした左最上段のスタートの画像は、図のBの結晶が出来始める瞬間で、これが120秒後には図の右下端に示されたように約 0.2mm の水平な六花の結晶に成長していることがわかる。また、Aの結晶は30秒の画像あたりから生成しており、これは斜めに傾いた状態で大きくなっている。同様にCは0秒の画像よりも少し前から生成し始め、これが最後の画像では二重板状結晶を水平方向から見るように成長している。このCの結晶で興味深いことは、板状の成長（a軸方向の成長）とともに、その間隔も段々に伸びてきている（c軸方向の成長）ことである。これは10秒と120秒の画像を比較してみれば明らかである。他の結晶もそれぞれの方向に成長している様子が見られる。

結晶の生成時を見てみると、この図から、水平方向に大きくなる結晶では幾つかの微水滴が融合するような現象が見られる（B、Eの結晶）。この図には示されていないが、水平以外の方向に伸びる結晶も、近傍の微水滴が瞬間的に結合するような場合がある。画像の分解能上断定はできないが、このような微水滴同士の融合、あるいは空気中から過冷却水滴への微水滴付着が、何らかの作用で雪結晶の核生成及び結晶成長を促しているのでは

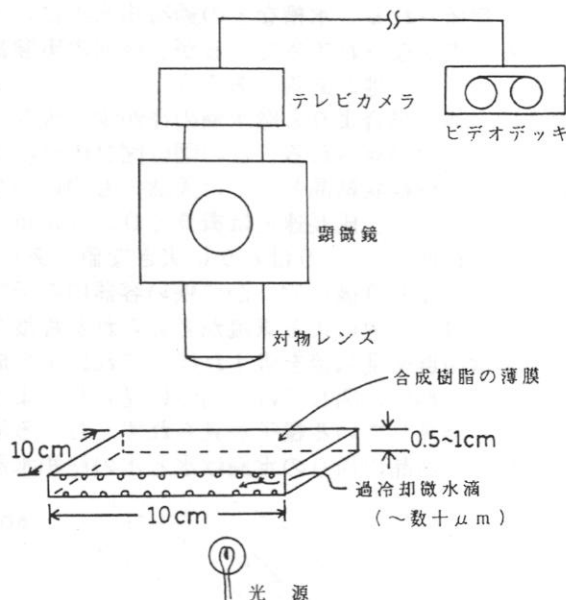


図1 雪結晶生成過程の観察装置

ないかと想像される。水槽などの過冷却水中における円盤結晶や樹枝状結晶の成長はこれまでも報告がなされてきているが、今回の実験結果をそれに類似した現象として推察することも一考の余地があるであろう。

図3は上述の場合よりも微水滴の径が少し大きい場合の例で、 $20\mu\text{m}$ ないしはそれよりも大きなものが見られる。この図は図2のBのように生成し始め、約4分経過した時の結晶である。樹枝状結晶としては天然のものにかなり近い大きさと形を示している。最大径は 1.3mm で、成長速度は概算で $0.3\text{mm}/\text{min}$ となり、これまで示されてきた気相成長の速度よりはるかに大きな値である。前述したように、この実験は過冷却雲中の2次元的な取り扱いで、かつ狭い容器内の空気は少しの温度差による弱い対流ないしは水蒸気の自己拡散による気流が考えられる程度なので、実際の雲内における3次元的な過冷却微水滴群や乱気流を考えれば、これ以上の成長速度が期待される。

結晶の成長形態に関しては、図3に見られるように、最も成長が進行している枝先の微水滴は余り蒸発している様子が見られず、むしろ液滴のまま枝先に取り込まれている現象が見られる。結晶の周りの水滴は水と水の飽和水蒸気圧差で蒸発が生じているわけである

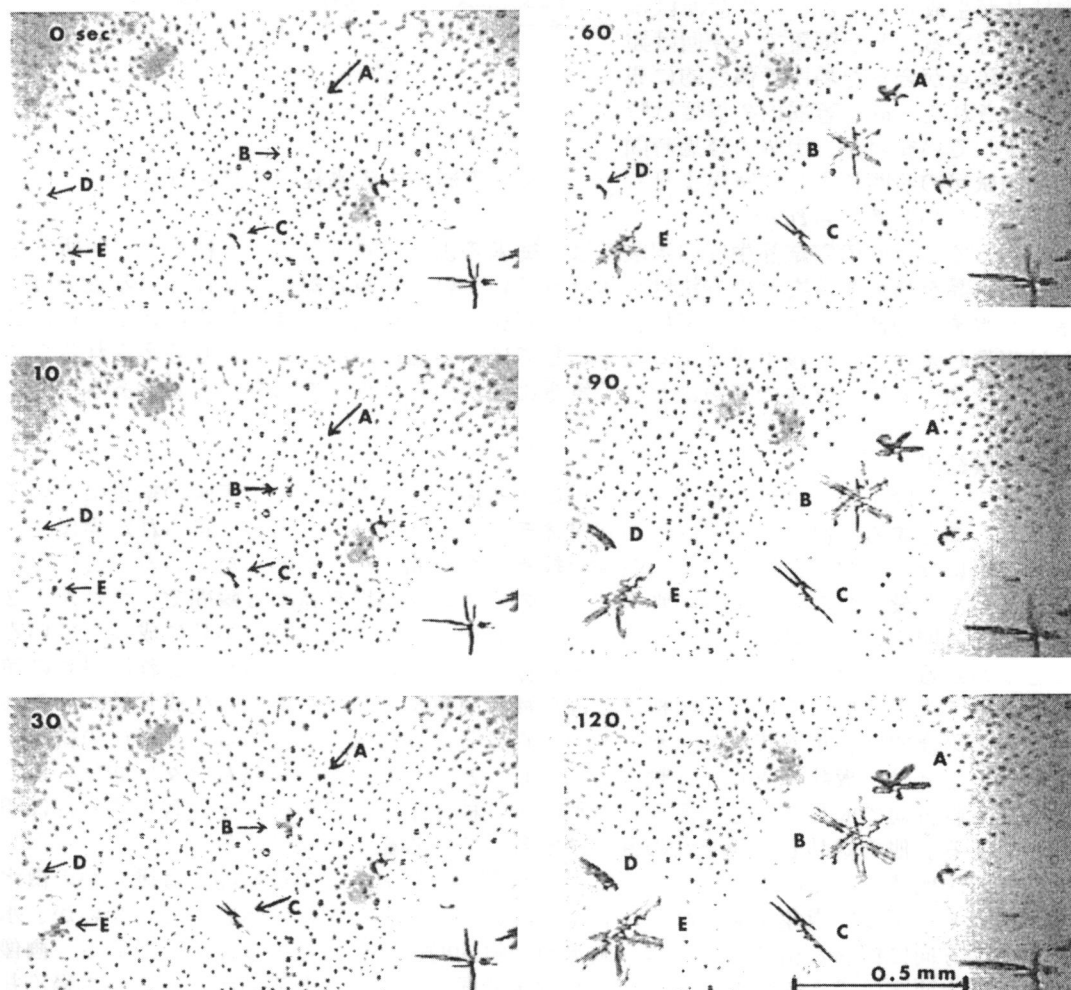


図2 雪結晶の生成過程（左上の数字はBの結晶の成長を基にした時間）

が、これが樹枝状結晶の成長を促しているということは考え難い。すなわち、これまでの気相成長の結果では、樹枝状結晶は水飽和を超えた過飽和状態で生成するわけで、この図の場合のように水飽和以下（蒸発が見られるので）からはこのような樹枝状結晶の生成は考えられないことになる。そして、なおかつ上述したような成長速度を考え合わせれば、従来の気相成長とは少し異なった生成・成長機構を摸索する必要があるように思われる。

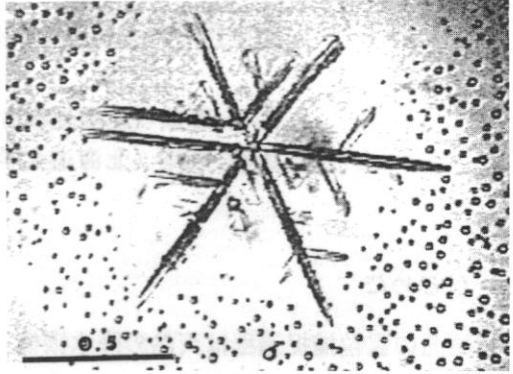


図3 生成された樹枝状結晶

4. おわりに

天然になるべく近い状態で、雪結晶の作製を試みた。合成樹脂の薄膜上に付着された過冷却微水滴から、数分程度の比較的短い時間に雪結晶の形成が見られ、生成の始まる微水滴の特定とそれからの成長過程を顕微鏡観察し、それをビデオに記録することができた。

本実験はこれまでの雪結晶生成の実験とは異なり、種まきや氷晶の挿入によるものではなく、微水滴集合のみからの生成で、核化や成長速度、成長形態の観察などから、従来とは多少異なった雪の生成機構を考える必要があるものと想像された。

今回の実験によって作製された結晶は明らかに「中谷の条件」から外れたものである。実験に用いられた合成樹脂の薄膜が、水の物性に特別な作用を与えないと仮定すれば、得られた結晶も雪ということになり、「中谷の条件」とは矛盾が生じることになる。この矛盾を解消するために、以下のように考えてみた。すなわち、「中谷の条件」が存在するところでは雪は生成するが、雪の生成は必ずしも「中谷の条件」のみによるとは限らないのではないか、つまり、雪の生成に対して「中谷の条件」は必要十分条件であり得るかどうかを検討する余地があるのではないかとということである。

今回の実験はその緒についたばかりで、上記のようなことを述べるのは余りにも無謀に過ぎるのではないかと後悔が残り、また提起した問題の重さに押し潰されるのではという不安も一杯である。ただ、次の世代が多少とでも好奇心を持って関心を示してもらえば捨石の意味にもなると考え、ここに愚見を呈した次第である。

参考文献

- 中谷宇吉郎 1946 「雪の研究」 岩波書店
 高橋 勲 1986 「雲の物理」 東京堂出版
 H. R. Pruppacher, J. D. Klett 1978
 Microphysics of Clouds and
 Precipitation
 D. Reidel Publishing Company
 小林楨作 1980 「六花の美」 サイエンス社
 黒田登志雄 1984 「結晶は生きている」 サイエンス社

鉛直過冷却雲風洞による雪結晶の雲粒捕捉実験 (その1)

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)

遠藤 辰雄 (北海道大学低温科学研究所)

1. はじめに

雪結晶の雲粒捕捉過程は天然の降水機構の中で極めて重要な役割を果たしている。天然雲内での雪結晶の雲粒捕捉特性を明らかにするために多くの観測がなされてきたが、定量的な議論を行うためには十分制御された条件下での実験が不可欠である。

本論文では、雪結晶の雲粒捕捉実験、その第1報として、天然で最も一般的な樹枝状結晶の場合について報告する。

2. 実験

実験装置はTakahashi et al. (1991)と同様である。この装置の特長は雪結晶の落下速度に等しい上昇気流を与えて、雪結晶を浮遊成長させ得る点で、天然の降雪粒子形成過程に極めて近い状態を再現できる。

実験は樹枝状結晶が成長する -15°C 付近で行った。降雪粒子を採取した直後にインパクターを用いて採取した雲粒の質量は $5.4 \times 10^{-10} \text{ g}$ (平均粒径 $10.1 \mu\text{m}$)であった。雲粒を蒸発させて、露点計で連続的に測定された全水分量から実験温度での飽和水蒸気量を引いて、雲水量を求めた。各実験中の雲水量は実験開始後3分でほぼ一定となった。雲水量 $1.5 \sim 2.1 \text{ g/m}^3$ で実験を行った。

また、超音波式噴霧器で発生させた雲粒の電荷を交流電場を用いたWells and Gerke'sの実験で求めたところ、 10^{-7} esu 程度であった。Schlamp et al. (1976)の数値と近い。

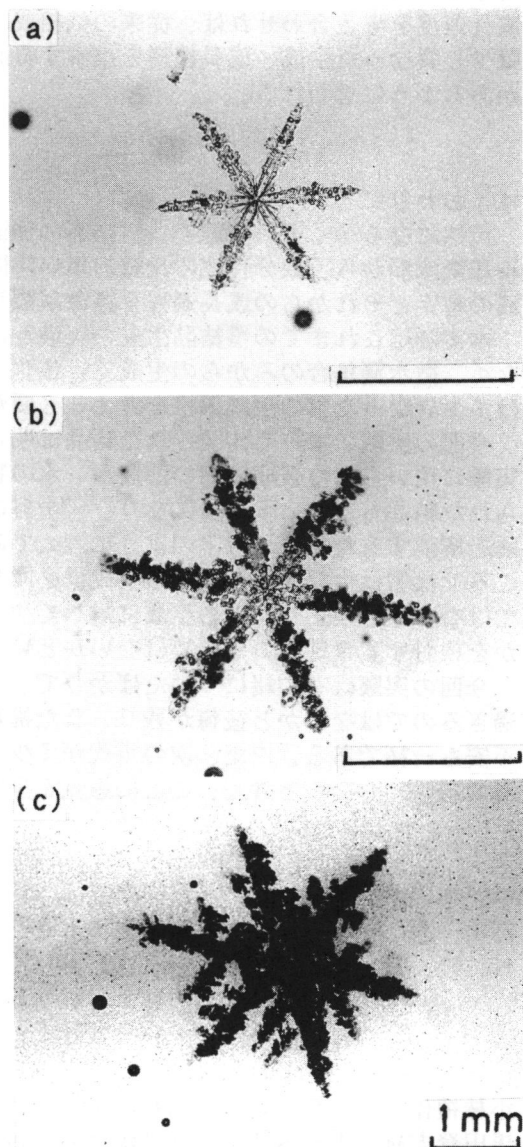


図1 得られた雲粒付雪結晶の例： (a) 成長時間8分，雲水量 1.9 g/m^3 ； (b)15分， 1.6 g/m^3 ； (c)25分， 1.6 g/m^3 。

ーション結果から類推するこの電荷の影響は小さいと考えられる。

3. 結果と考察

3-1 雲粒捕捉の特徴

図1は得られた結晶の例である。初期にはほとんど雲粒の捕捉が見られないが、次第に雲粒が捕捉され、結晶全面を被った。(b)にみられるように、中心付近直径0.4mmほどにはほとんど雲粒が捕捉されていなかった。雪の周辺部に雲粒が多く捕捉されやすいという天然雪に関する観測結果に一致した。

図2は得られた雪結晶及び1本の枝(採取後に折れたもの)を横から見たものである。雲粒は結晶の下面(風上側)に捕捉され、上面にはほとんど回り込んでいなかった。また、捕捉された雲粒は糸状に伸びており、風のshearの中で分裂しやすい構造になっていた。この分裂が天然雲内で起きると、'雲粒付雪粒-Rimed particle-' (Magono and Leeの分類)を生じると考えられる。この雪粒があられのembryoとなり、さらに雲粒を捕捉していくことも起こり得る。Takahashi and Fukuta (1988)は天然雪を注意深く顕微鏡下でくさき、多くの場合明かなembryoが見いだされないことを見いだしている。

3-2 落下速度・質量

図3は図1(c)に示された結晶の雲粒捕捉に伴う落下速度増加を示したものである。実験開始から6分までは気相成長の結果(Takahashi, 1991)と一致し、この間には雲粒が捕捉されず、水蒸気の昇華凝結のみで成長していることを表している。成長時間6分からは気相成長の場合より速くなり、16分過ぎから急激に増加していることがわか

(a)

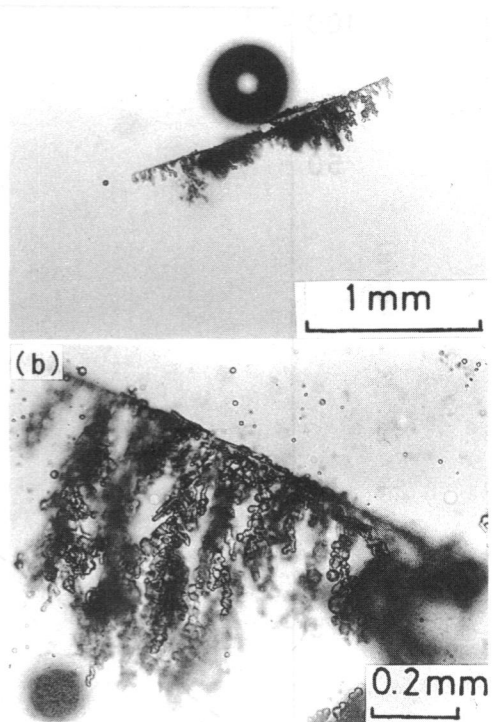


図2 雲粒捕捉の様子： (a)結晶を横から見たもの； (b)採取後に折れた枝を横から見たもの。雲粒を捕捉しているのが落下の前面。

る。それぞれ雲粒捕捉の開始及び雲粒捕捉の卓越に対応していると考えられる。開始の大きさをTakahashi et al. (1991)によって得られた実験式から見積もると0.8mmで、Harimaya(1975)の観測結果とほぼ一致した。

質量の増加は時間のべき乗で表現され、気相成長に比べて、成長時間15分で約2.5倍、25分で約6倍の質量となった。

3-3 雲粒の捕捉率

雲粒捕捉率は雲の水収支や降水効率などを評価する上で基礎的な値となる。雲粒捕捉率(E)は次の式で求めた：

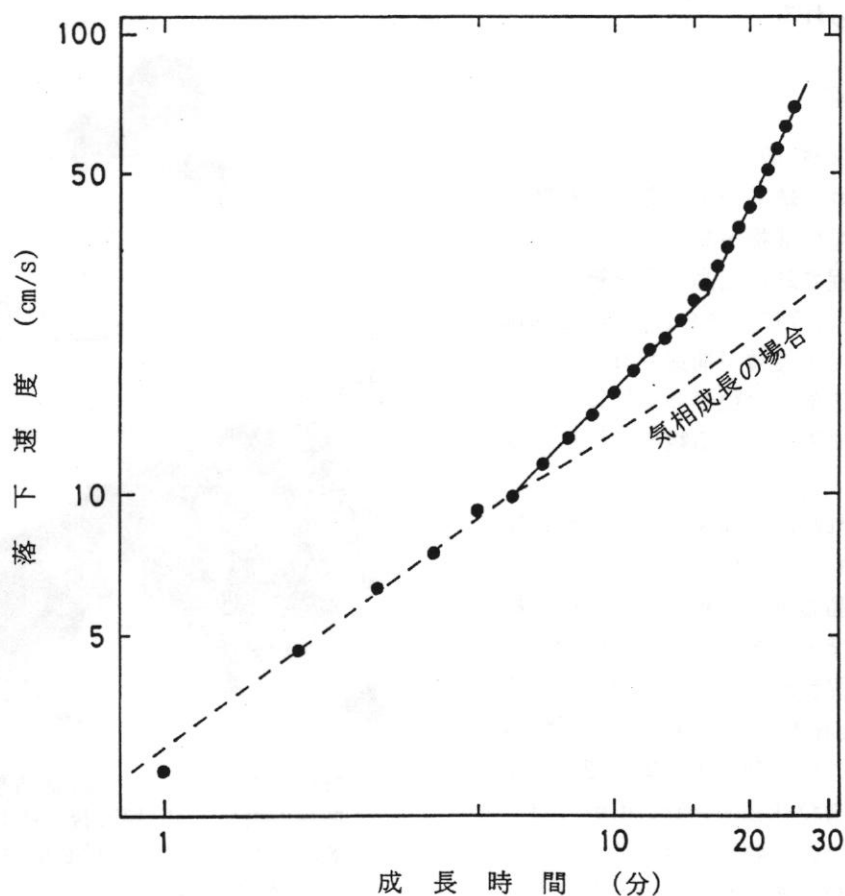


図3 落下速度の時間増加。記録紙から1分置きに読み取ったもの。
点線はTakahashi et al. (1991)による気相成長の場合。

$$E = \frac{(dm/dt)_{EXP} - (dm/dt)_{VG}}{w_L S V}$$

ここで、 $(dm/dt)_{EXP}$ は実験から求められた質量増加率、 $(dm/dt)_{VG}$ は水飽和での気相成長の質量増加率、 w_L は雲水量及び $S \cdot V$ は結晶のbasal面の面積・落下速度である。

ストークス数0.15~0.4の範囲内で雲粒捕捉率はほぼ一定で、0.15~0.2であった。

Reference

- Harimaya, T., 1975: The riming properties of snow crystals. *J. Meteor. Soc. Japan*, 53, 384-392.
- Schlamp et al., 1976: A numerical investigation of the effect of electric charges and external electric fields on the collision efficiency of cloud drops. *J. Atmos. Sci.*, 33, 1747-1755.
- Takahashi, T. et al., 1991: Vapor diffusional growth of free-falling snow crystals between -3 and -23°C. *J. Meteor. Soc. Japan*, 69, 15-30.
- Takahashi, T. and N. Fukuta, 1988: Observations of the embryos of graupel. *J. Atmos. Sci.*, 45, 3288-3297.

酸性降雪採取法に関する研究

野口 泉（北海道環境科学研究センター）

1. はじめに

降雪に含まれる酸性物質が積雪中に蓄積され、雪融け時期に高濃度で流出することによって生態系に急性被害をもたらすことが指摘されており（Acid Shock）¹⁾、酸性雪のモニタリングは酸性雨のそれとともに大変重要である。近年、広く行われている酸性沈着物の長期モニタリングの場合、大きく分けて2通りの採取方法が用いられている。1つは湿性沈着物のみの採取（Wet only）、あるいは湿性沈着物と乾性沈着物との分別採取（Wet/Dry）の方法で、国際的にも広く用いられているが、降水センサーによる蓋の自動開閉などの機構が必要で、装置が高価なことから国内における使用例はまだ余り多くはない。もう1つは湿性沈着物、乾性沈着物を同時に採取する方法（Bulk）で、試料の安定性などに問題はあるが、簡便で安価であることから国内では広く用いられており、中でも図1に示すようなろ過式採取器（以下ろ過式）に準じた採取器が多い。しかし、雪の採取に関しては雨と同様の方法で採取することができる西日本などの地域とは異なり、²⁾ 寒冷な北海道や東日本の降雪量の多い日本海側の地域では雨とは異なった方法で採取を行わざるを得ない。³⁾ そのような地域で降雪の採取に用いられるのは、図2に示す雪採取器（通称「環境庁方式」と呼ばれる。以下環境庁方式）に準じた採取器が多い。⁴⁾ 一方、酸性雨・雪のデータは採取方法によって得られる値が異なることが報告されており、⁴⁻⁶⁾ 異なる採取器では、それぞれのデータの単純な比較検討は難しい。しかし、ろ過式と環境庁方式においては、データの区別をしない場合が多くみられる。環境庁方式は、開放式で直接大気と接触している面積が大きいため、暖冬期には融けた試料表面と大気とのガス成分の交換など、厳冬期には試料や採取器の表面霜などの影響が考えられ、⁵⁻¹¹⁾ 採取器によるデータが異なることが考えられる。このようなことから全国の他の地域と採取方法を統一し、データの比較検討上の問題をなくし、かつ気象台の降水量のデータとの整合性をとるため、寒冷地である北海道においては、図3に示す融雪ろ過式を備えた融雪ろ過式採取器（以下融雪ろ過式）を採用した。そこで、従来の環境庁方式との整合性やデータの継続性を確認することなどを目的として、両方法で降雪を採取し、採取水量から算出される降水量及び試料中の各成分濃度などについて、比較試験を行った結果を報告する。また、今回は降雪の採取に使用される風の整流板である助炭の効果についても同様の検討を行ったので併せて報告する。

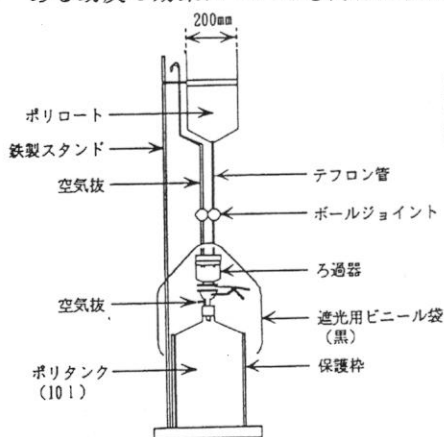


図1 ろ過式雨水採取器

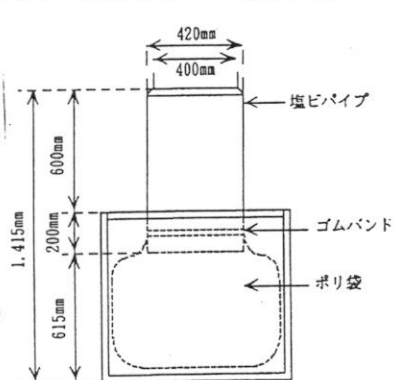


図2 環境庁方式の雪採取器

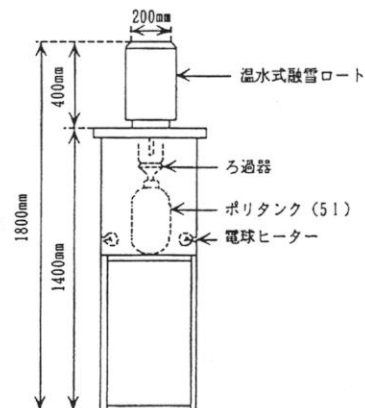


図3 融雪ろ過式採取器

2. 調査方法

融雪ろ過式の融雪ヒーターは、電熱ヒーターより採取水量が多くなると報告されている温水式を採用した。⁵⁾ 試料は化学分析に供されるため、ロートの融雪部はステンレスにテフロンコーティングを施したものを用いている。ロート部の他の形状、仕様に関しては、気象台の降水量の調査に用いられるものと同様である。試料保存部は断熱材で囲まれたステンレスのシェルター内で、電球ヒーター（100w3個）で保温してある。最高最低温度計によるチェックでは夏期、冬期を通じて 3~23℃の範囲であった。

調査地点は、当研究センター屋上で、調査期間は表1に示すとおりである。試料の採取は原則として1週間毎に行った。各期の採取方法は、ほぼ同様の採取法であるろ過式と融雪ろ過式の平行試験期間を降雨期、環境庁方式と融雪ろ過式の平行試験期間を降雪期とし、降雪期の内、試料採取期間（1週間）の平均気温が氷点下の場合を厳冬期、それ以外を暖冬期とした。また助炭効果調査は、融雪ろ過式採取器を2台使用し、1方に助炭を設置し、平行試験を行った。助炭効果調査においては、厳冬期と暖冬期の区別はしなかった。測定項目と測定方法は、表2に示すとおりである。

表1 調査期間と採取方法

年	'90 '91												'92												'93												'94											
月	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3								
調 査 期 間	降雪期												降雪期												降雪期												助炭効果調査											
	暖冬期												暖冬期												暖冬期												予備調査											
	厳冬期												厳冬期												厳冬期												本調査											
	降雪期												降雪期												降雪期												降雪期											

注) 採取方法 降雨期：環境庁方式のろ過式採取器と融雪ろ過式採取器
降雪期：環境庁方式の雪採取器と融雪ろ過式採取器

表2 測定項目と測定方法

測定項目	測定方法
降水量	重量法
pH	イオン電極法
EC	導電率計による方法
SO ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフ法
NO ₃ ⁻	
Cl ⁻	
Na ⁺	原子吸光度法
K ⁺	
Ca ²⁺	
Mg ²⁺	オートアナライザー法
NH ₄ ⁺	

3. 結果および考察

3.1 環境庁方式（またはろ過式）と融雪ろ過式採取器の比較試験結果

期間中に採取されたのは58試料で、降雨期は21試料、降雪期は37試料、その内、暖冬期は20試料、厳冬期は17試料であった。

採取水量から算出される降水量、pH、ECおよび各成分濃度の両方法による差およびその検定結果を表3に示す。検定に際しては、データが正規分布をしていることが条件となるため、pHを除く項目は対数変換を行ってから検定している。

採取水量から算出される降水量では、降雨期における差は小さかったが、降雪期においては、環境庁方式による方がやや多く、暖冬期においてこの傾向はより顕著であった。

融雪ろ過式の場合、ロート内に入った降雪の再飛散と、1降雪につき、0.5~1.0mm程度のロスがあると言われるロート表面における蒸発が考えられる。いずれも、厳冬期における損失が大きいと報告されているが^{5, 8)}、暖冬期により差が見られることから、環境庁方式の場合、気温が高いときに採取された降雪試料の表面が融け、採取面がシャーベット状あるいは液面などになることによって、採取された試料の再飛散が抑えられたことが考えられた。しかし、1夜で1.0 mm以上になる場合もある表面霜や積雪の再飛散（地吹雪）の影響も考えられ、採取水量が多い方が正確な降雪量を把握できるとは限らず、その優位性については一概には判断できない。また、気象台の降水量の測定方法は、今回使用した融雪ろ過式に助炭などの風の整流板を組み合わせた方法と同様であり、¹²⁾ 気象データの利用を考える場合には融雪ろ過式を用いた方がより整合性があると考えられる。^{5, 9, 10)}

各期の pH, EC, 各成分濃度についてみると、降雨期においてはろ過式に比べて融雪ろ過式の方が pH が高く、 NH_4^+ 濃度は高く、 Ca^{2+} 、 K^+ 濃度は低くなる傾向がみられた。これは、ろ過式の場合、ろ過器及びサンプルタンクは、市販の黒いゴミ袋などによる遮光を行っているのに対して、融雪ろ過式は断熱材で囲まれたシェルター内に納められており、ろ過式の方が遮光が十分でなく微生物が活動すること、温度も高くなることなどによる影響と考えられた。特に遮光が十分なるろ過式の場合、pH が低くなること、 NH_4^+ 濃度が低くなることは正賀ら¹³⁾も報告している。

暖冬期においては、環境庁方式に比べて融雪ろ過式の方が pH が高く、 NH_4^+ 濃度は低くなる傾向がみられた。これは、環境庁方式の場合、降雪試料が融けて表面がシャーベット状あるいは液面などになる場合があるため、大気中の NH_3 ガスが吸収されたことが考えられた。しかし、pH の挙動についてはさらに検討を要すると考えられる。

厳冬期においては、環境庁方式に比べて融雪ろ過式の方が SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Mg^{2+} 濃度が高くなる傾向がみられた。しかし、 MgSO_4 や $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ といった塩のエアロゾルの量は非常に少ないと考えられ、また、 Ca^{2+} では差がみられないことから、乾性沈着物の影響の可能性は少ないと考えられ、この原因については不明であった。

EC, Cl^- , Na^+ では、いずれの期も採取法の明確な差はみられなかった。

3. 2 助炭効果調査結果

採取されたのは21試料で、このうち4試料は降水がなく、乾性沈着物を洗浄した試料であった。

採取水量から算出される降水量、pH、ECおよび溶解性成分濃度、不溶解性成分量の助炭がある場合とない場合の両採取方法による差およびその検定結果を表4に示す。検定に際しては、前述と同様に

表3 融雪ろ過式の値－環境庁方式（またはろ過式）の値（対数変換後）

		降水量	pH	EC	SO_4	NO_3	Cl^-	NH_4^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+
降雨期	N	21	21	21	21	21	21	21	19	21	16	14
	MAX	0.06	0.54	0.07	0.12	0.05	0.09	0.28	0.11	0.04	0.06	0.22
	MIN	-0.06	-0.10	-0.17	-0.17	-0.12	-0.28	-0.10	-0.43	-0.16	-0.18	-0.43
	AVG	-0.01	0.21	-0.02	0.01	-0.02	-0.03	0.14	-0.06	-0.06	-0.02	-0.14
	t(1%)	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.878	2.845	2.947	3.012
	t(0.1%)	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	3.922	3.850	4.073	4.221
	検定	---	##	---	---	---	---	##	---	##	---	*
温暖期	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	MAX	0.00	1.84	0.26	0.28	0.34	0.34	0.21	0.30	0.14	0.33	0.29
	MIN	-0.45	-0.41	-0.32	-0.14	-0.74	-0.53	-0.71	-0.36	-0.95	-0.29	-0.54
	AVG	-0.11	0.45	-0.07	0.05	-0.11	-0.13	-0.20	0.01	-0.10	0.05	-0.11
	t(1%)	2.861	2.861	2.861	2.861	2.861	2.861	2.861	2.861	2.861	2.861	2.861
	t(0.1%)	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883
	検定	##	#	---	---	---	---	*	---	---	---	---
降雪期	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	MAX	-0.01	1.10	0.07	0.16	0.16	0.11	0.28	0.12	0.22	0.14	0.18
	MIN	-0.48	-0.59	-0.21	-0.07	-0.10	-0.21	-0.47	-0.09	-0.32	-0.02	-0.76
	AVG	-0.11	0.22	-0.01	0.05	0.06	0.00	-0.05	0.01	0.02	0.06	-0.13
	t(1%)	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921
	t(0.1%)	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015
	検定	*	---	---	#	#	---	---	---	---	##	---

##: 0.1%の危険率で融雪ろ過式の値<環境庁方式（またはろ過式）の値であることを示す。
*: 1%の危険率で融雪ろ過式の値<環境庁方式（またはろ過式）の値であることを示す。
##: 0.1%の危険率で融雪ろ過式の値>環境庁方式（またはろ過式）の値であることを示す。
#: 1%の危険率で融雪ろ過式の値>環境庁方式（またはろ過式）の値であることを示す。

表4 助炭ありの値－助炭なしの値（対数変換後）

		降水量	pH	EC	SO_4	NO_3	Cl^-	NH_4^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+
溶解性成分	N	17	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	MAX	0.04	0.18	0.22	0.38	0.08	0.32	0.18	0.39	0.29	0.19	0.47
	MIN	-0.03	-0.11	-0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.04	-0.01	0.02	0.01	-0.23
	AVG	0.01	0.04	0.05	0.05	0.03	0.06	0.04	0.06	0.11	0.05	0.07
	t(1%)	2.921	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845
	t(0.1%)	4.015	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850
	検定	---	---	#	#	##	#	---	#	##	##	---
不溶解性成分	重量	Na	Mg	Al	Ca	Mn	Fe					
	N	17	17	17	17	17	17					
	MAX	0.42	0.21	0.17	0.23	0.26	0.20					
	MIN	0.00	-0.30	-0.18	-0.02	-0.13	-0.11					
	AVG	0.14	0.02	0.05	0.08	0.09	0.04					
	t(1%)	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921	2.921					
	t(0.1%)	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015	4.015					

##: 0.1%の危険率で助炭ありの値>助炭なしの値であることを示す。
#: 1%の危険率で助炭ありの値>助炭なしの値であることを示す。

対数変換を行ってから検定している。

採取水量から算出される降水量では、札幌においては助炭がない場合、40%程度採取水量が低下すると言われているが、本調査における差は小さかった。これらは、雪質、風速によって大きく影響を受けることが知られており、調査地点の環境によって助炭の効果は異なると考えられた。

pH, EC, 各溶解性成分においては、助炭がある場合にpH, NH_4^+ , K^+ を除いてECや各成分濃度が高く、 NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} でより顕著であった。また不溶性成分においては、助炭がある場合に成分重量、Al, Ca, Feなどが多かった。これらの結果からは、助炭の効果は土壌や道路粉じん等に由来する大粒径のエアロゾルの採取効率を上げると考えられた。さらに、道路粉じん等のエアロゾルと自動車排ガスなどのガス状成分の塩が多く取り込まれたことが考えられたが、この点についてはさらに検討が必要である。

4. まとめ

冬期、寒冷地における各降雪採取器の評価を中心にいくつかの検討を行った結果、融雪ろ過式採取器は、採取水量から算出される降水量は環境庁方式の雪採取器よりやや少ない場合が見られたが、採取水量の正確な評価は難しく、気象台の降水量のデータを利用することを考えた場合、同様の測定方法である融雪ろ過式に統一した方が有用性があると考えられた。また各成分濃度などにおいても差がみられ、同様の調査方法である融雪ろ過式とろ過式における差も大きく、採取方法の特徴を十分に把握した上でデータの評価を行う必要があると考えられた。特に指標としてよく用いられるpHは、融雪ろ過式の方が環境庁方式より高めになることが認められた。また、融雪ろ過式は電源を必要とするため、電源の確保が困難な山間部などにおける調査の場合、これまでのろ過式及び環境庁方式の雪採取器などを用いざるを得ないため、以上の採取方法の特徴を把握し、データを評価することが必要である。この時、降雨を採取する時期は、比較的低温である北海道においても温度制御や十分な遮光を行い、暖冬期には、融けた試料の表面とのガス交換をできるだけ少なくする工夫を行うことなどが留意点として挙げられる。さらに助炭などの風の整流板が降雪のみでなく、乾性沈着物の再飛散などを防ぐ効果があることが認められ、乾性沈着物を過小評価する問題点がある湿性沈着物、乾性沈着物を同時に採取する方法(Bulk)⁵⁾の改良方法として、風の整流板を設置することが考えられた。今後は、同じ採取器による通年の比較試験の徹底や、様々な条件下における風の整流板の効果などについてもさらに検討を行いたい。

参考文献

- 1) 坂田康一：第7回全国環境・公害研究所交流シンポジウム予稿集，49（1992）等
- 2) 鳥山成一，他：第7回全国環境・公害研究所交流シンポジウム予稿集，35（1992）
- 3) 全公研北海道東北支部：北海道・東北ブロック酸性雨合同調査結果報告書(降雪期)(1989～1992)等
- 4) 環境庁：酸性雨等調査マニュアル（1990）
- 5) 酸性雨対策検討会：酸性雨測定法に関する資料集（Ⅰ），（Ⅱ），（Ⅲ）（1990，1991，1992）
- 6) 玉置元則，他：兵庫県公害研究所研究報告，20，1（1988）
- 7) 玉置元則，他：大気汚染学会誌，21，2，132（1986）
- 8) 加藤健二，他：第28回大気汚染学会要旨集，338（1987）
- 9) 玉置元則，他：第29回大気汚染学会要旨集，308（1988）
- 10) 福崎紀夫：公害と対策，27，1458～1464（1991）
- 11) 大泉 毅，他：新潟理化学，19，26～27（1993）
- 12) 日本雪氷学会北海道支部：雪氷調査法（1991）
- 13) 正賀 充，他：兵庫県公害研究所研究報告，23，56（1991）

ロードヒーティングの断熱効果について

佐山惣吾、山口宗宏、西川泰則、三浦健一（北海道工業技術研究所）
須藤昌義、酒井好夫（㈱フジイ）

1. 緒言

北海道において車道（公道）は、断熱材の強度面と施工上の理由から、一般にロードヒーティングの断熱はなされていない。市街地の歩道においては、断熱がなされている場合と、なされない場合がある。民生においては一般に断熱がなされているのが現状である。

ロードヒーティングの断熱効果については十分な議論はなされているが、それには善悪2つの意見がある。それらは①ヒーターの熱が地中に逃げないため効果がある、②地中温すなわち地熱流を遮るため逆効果である。

断熱材としては発泡ポリスチロールが一般に使用されている。しかしながらその軟化点（融点）が低いため、アスファルト施工（180℃）では使用できず、またその耐久性に関し不明な点がある。その他の断熱材として、例えばゴムチップ成型体があるが一般的な評価はなされていない。

本報告は発泡ポリスチロールを断熱材として用い、実際に融雪パネルを施工しロードヒーティングを行なった場合の熱の逃散の実例、及び恒温槽を用いた室内における熱移動モデル実験の結果について述べる。

2. 実験方法及び結果

2.1 融雪パネルによる屋外実験

使用した900×900×50mmの温水パネルは、その厚さ方向の中心部に外径12mmの銅管を100mmピッチで配管したコンクリート製である（Fig.1）。

降雪センサーの信号によりパネル内のパイプに温水（約35℃）が導入され、パネルの表面及び裏面の温度が上昇する様子について、パネルの温度は約30minで最高に達する。その温度は表面33.5℃、裏面25.0℃であった。なおこのパネルは断熱されていない。

パネルの厚さは50mmであり、この中心部（上下より25mm）に熱源があることにより、表面方向及び裏面方向にむかう熱抵抗は同じである。Fig.1右欄に示した伝熱の式¹⁾から、表面方向すなわち融雪に有効に使われる熱量は約20%、残り約80%は裏面すなわち地中に逃散することが分かる。

2.2 恒温槽を用いた室内実験

300×300×50mmのコンクリートパネルを用い、それを内寸法500×600×400mmの恒温槽中にセットし、その熱性能を測定した。このパネルの高さ方向の中心（±25mm）に電熱線が100mmピッチで埋め込まれている。パネルの断熱は次の2方法をとった。①パネルの側辺のみ断熱、②パネルの側辺と下面を断熱である。また上下方向の伝熱量は、300×300×1mmTの熱流板により直接測定した。

Fig.2に恒温槽温度0.0℃及び-5.0℃におけるパネル温度と、パネル上下方向に流れる熱量（W）を示した。この結果当然ながらパネル下部の断熱を行なわないと、上下方向の熱流量はそれぞれ約50%である。一方下部の断熱を行なうと、下部方向に逃散する熱量は約20%に低減する。

2. 3 土壌槽を用いた恒温槽実験

2. 2に用いたコンクリートパネルを用い、 $450 \times 400 \times 300$ mmのコンテナに満たした土壌中にパネルをセットし、その熱特性を測定した結果をFig.3に示す。なお土壌の含水率は18%である。この結果融雪に有効な熱量は80%、地中に逃散する無効な熱量は20%であることが確認できた。

2. 4 地中温度

ロードヒーティングに及ぼす地熱流の影響について検討するため、地中にボーリングを行い地中熱の変化について測定した。ボーリングは深さを変えて3本行なった。それらの深さと測定点は次の通りである。(1)-50 cm、-5~50 cm、(2)-200 cm、-40~-200 cm、(3)-20 m、-2~-20 m。Fig.4 (3)に64年1/20~2/11の間の地中温度を示す。-20 mでは約8℃で一定である。-2 mでは約7℃である。-2 mについて(2)においては約6℃で一定で(3)の値とほぼ一致する。(3)及び(2)と異なり(1)は融雪パネルの横50 cmにボーリングを行なったものであり、パネルの熱の影響がみられる。63年12/20に融雪パネルに 200 w/m^2 の連続通電を行い1ヶ月後の64年1/20より20日間地中温度を測定した結果を(1)に示した。1/20、1/23の温度は、約1ヶ月の連続通電を行なった後なので、ほぼ最高温度に達しているものと思われる。1/28に通電を切り2/2迄約10日間ほぼ完全に放冷を行なった。この(1)2/2の-40 cmと(2)の-40 cmのデータを比較するとその地温は約1℃でほぼ一致している。2/2に通電を再開し、2/10、2/11迄約10日間の地温の上昇の様子が(1)に示されている。

この(1)における2/2の-10~-50 cmの地温は0~1℃である。また1/20の最高の地温は-30~-40 cmで約3℃である。これらの結果からロードヒーティング構造体の近傍、すなわち下方向約30 cmにおける地中温度は、通電を行なわない場合は地熱流により約1℃、通電を行なうと約3℃(温水融雪の場合はもっと高い)であり、平常の地温より融雪運転中の方が高い。従って”断熱を行なうと地熱を遮るから無効である”という説は否定される。

3. 結言

ロードヒーティングに断熱を施すことは極めて有効である。すなわち断熱を施さない場合、ロードヒーティングの設置条件により50~80%の熱が地中に逃散している。一方断熱(発泡ポリスチロール20 mm T)を施した場合熱ロス率は約20%に抑えることができる。

地下20 m迄のボーリングを行ない、-5 cm~20 m迄の地中温度を測定した。この結果地温は融雪運転停止中(熱源を提供しない)場合よりも運転中の方が高い。従って北海道では断熱を行なうと省エネルギー的に効果が大きい。

参考文献

- 1) 甲藤好郎: 伝熱概論、養賢堂 (1990) P.21

Hot Water Concrete Panel

90.03.11 15:00

Air Temp. 1.0°C

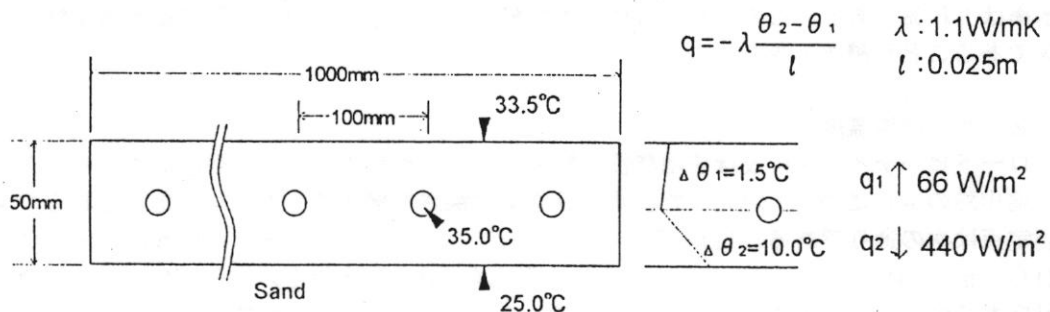


Fig. 1 Temperature distribution of hot water panel and thermal flows to surface and to soil.

Thermal Flow measured directly in cold chamber

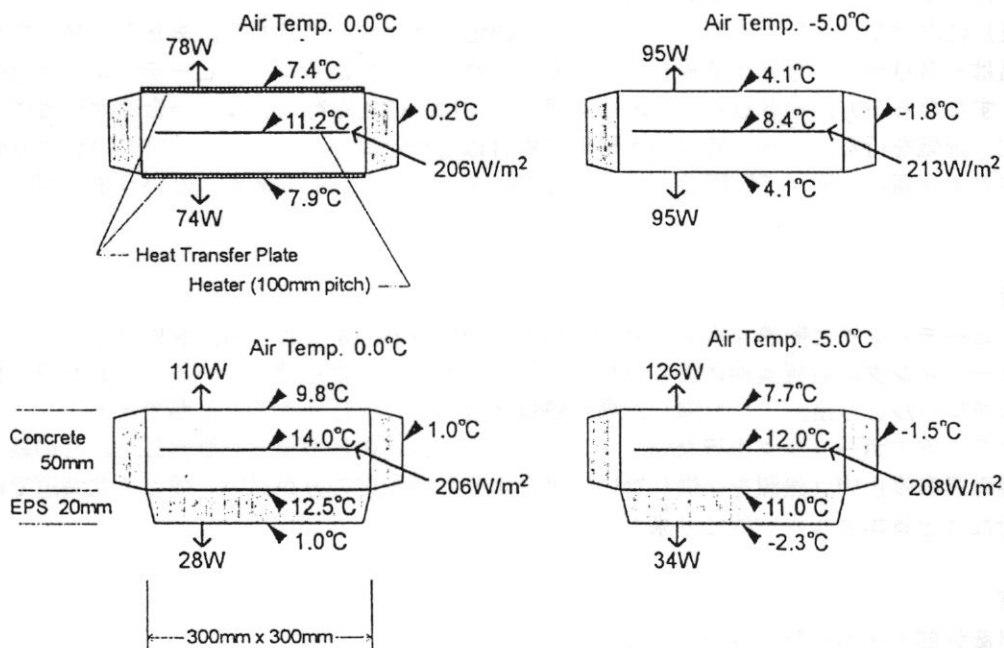


Fig. 2 Thermal flow measurement test of electric heater concrete panel with cold chamber at 0.0 and -0.5 °C in air.

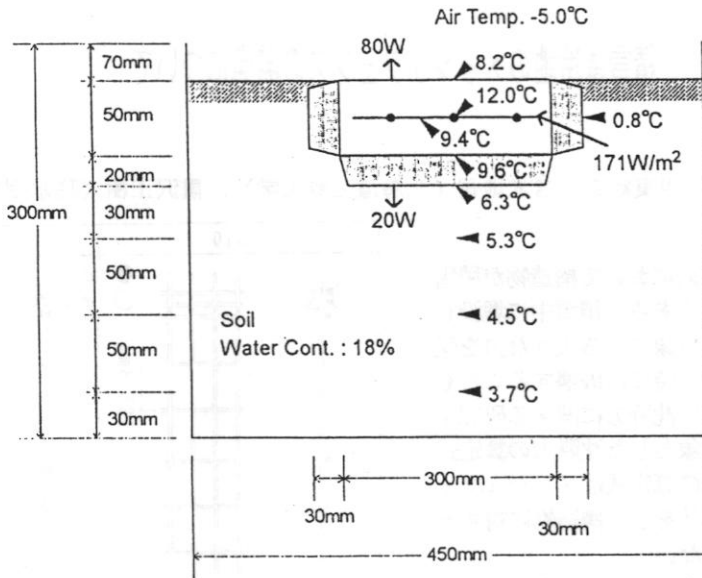
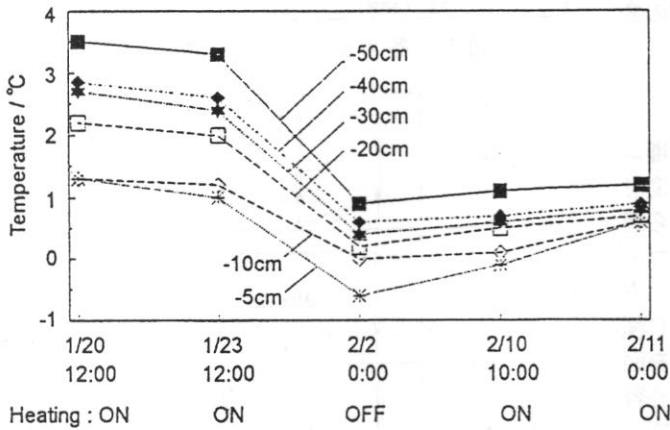
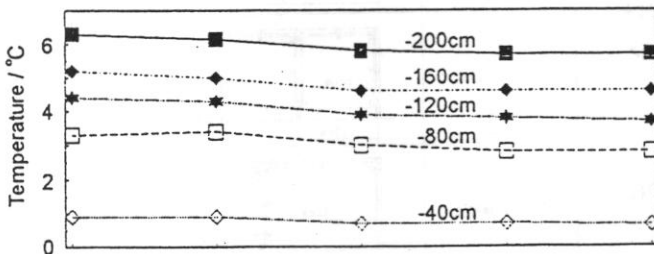


Fig. 3 Thermal flow measurement test of concrete panel in soil with cold chamber.

(1) Soil temp. 50cm from heating block (-50cm)



(2) Virgin soil temp. (-200cm)



(3) Virgin soil temp. (-20m)

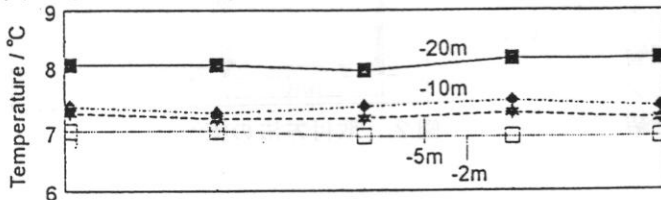


Fig. 4 Soil temperature profiles by three vertical bore holes with different depth (1) -50cm, (2) -200cm, (3) -20m.

積雪寒冷地のメッシュフェンスの開発について

○湯浅雅也, 伊東敏幸, 苫米地司 (北海道工業大学), 黒沢正樹 (積水樹脂)

1. はじめに

積雪地域では、降雪期において構造物が積雪中に埋没することがよくある。積雪中に埋没した構造物は積雪の沈降現象による大きな力を受け、部材が変形したり、時には破壊することもある。これまでの積雪の沈降力に関する研究をみると、一本の桁を対象とした沈降力の算定式¹⁾がある。しかし、この算定式はメッシュフェンスのような複雑な形状をした構造物に対する適応性は考慮されていない。

本研究は、積雪寒冷地に適応できるメッシュフェンスの開発研究の一部として、形状および取付方法の異なるメッシュフェンスを積雪寒冷地に一冬設置し、積雪の沈降力による部材の変形状況を把握することを目的としている。

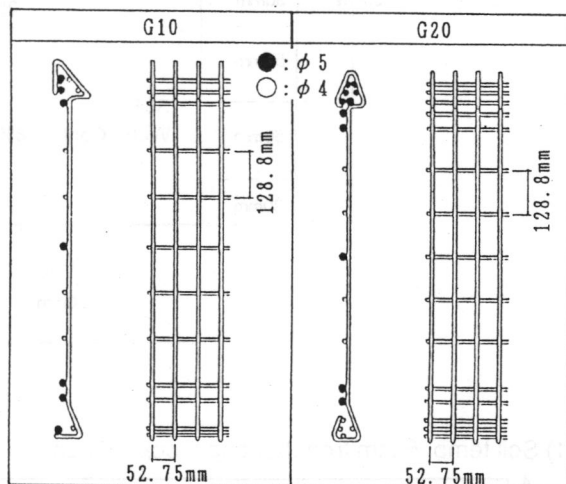


図1 各メッシュフェンスの概要

2. 実験方法

メッシュフェンスを豪雪地域である虻田郡ニセコ町に設置し、積雪の沈降力による部材変形を観察した。設置期間は1993年11月25日から翌年3月31日までとした。設置したメッシュフェンスは、タイプG10およびG20の2種類とし、支柱間スパンの長さおよび取付方法が異なる6種類を設置した。各メッシュフェンスの概要を図1に、取付方法を図2に示す。G20-Sは、許容曲げ応力(短期) $=2.4 \times 10^4$ (t/m²)の笠木でG20を釣っている。なお、左右のスパンにおけるメッシュフェンスは、支柱が傾く等の力を受けることを考慮して、中央スパン部に設置したメッシュフェンスを変形量の測定対象とした。

3. 積雪の断面観測結果

試験体の設置期間における倶知安測候所の積雪状況を図3に示す。図のように、11/25から積雪が始まり、2月中旬まで積雪深が増加し、2月17日に最大積雪深195cmとなる。その後、最大積雪深と同程度で約1ヶ月間推移している。

積雪中に埋没している状態での試験体と積雪断面を観察した。3月30日に各メッシュフェンスの長さ方向と直交する積雪断面を観測した結

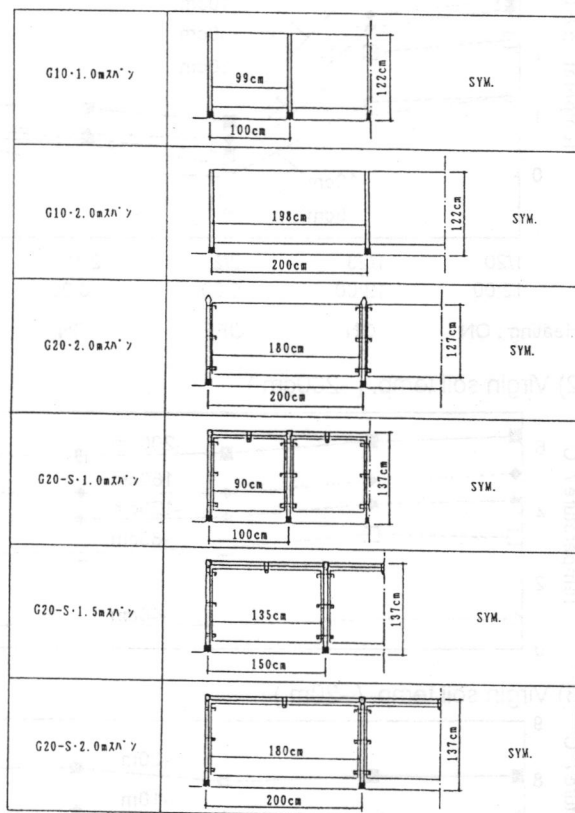


図2 取付方法の概要

果を写真1～3に示す。G20およびG20-Sは積雪層が上部まで凸状にしゅう曲した積雪層になっている。これに対し G10は、G20に比べてフェンス上部のしゅう曲部分が小さい。これは、G10の上部の横筋が少ないため沈降力の受圧面積が少ないこと、強度的に弱いため沈降力によって著しく歪んでいることが原因と考える。

4. 沈降力による残留変形量の測定結果

メッシュフェンスの残留変形状況を写真4～6に示す。写真のように、G10およびG20は著しく変形しているが、G20-Sの変形は小さい。

4-1. G10の残留変形量

G10は、スパン長さを1mと2mの2種類について実験した。これらの試験体における残留変形量を図4に示す。残留変形量は、等分布荷重のかかる単純梁のモーメント応力分布に近似し、スパン中央部付近で最も大きな値を示している。また、スパン長さおよびフェンスの上部と下部によっても変形量が大きく異なる。スパン別の最大残留変形量をみると、スパン長さ1mは上部で16.5mm、下部で24mm、スパン長さ2mは上部で53mm、下部で65mmとなる。スパン長さおよび部位による最大残留変形量を比較すると、スパン長さ2mの最大残留変形量はスパン長さ1mの3倍以上になり、下部の最大残留変形量はスパン長さ1mで上部の約1.4倍、スパン長さ2mで上部の約1.2倍となる。さらに、上部形状が非対称形である G10は水平方向にも残留変形が生じていた。G10の上部における沈

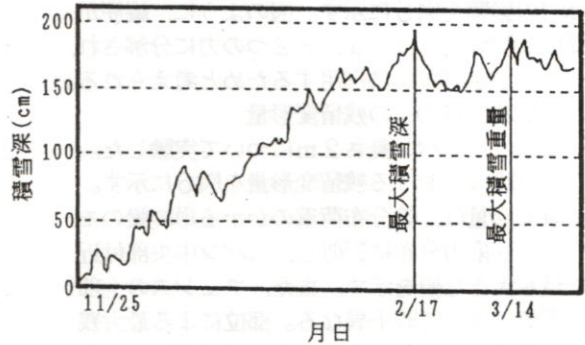


図3 試験体設置期間における
倶知安測候所の積雪状況

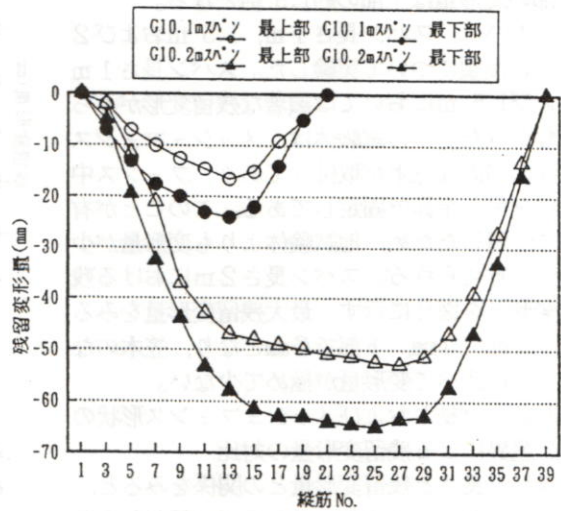
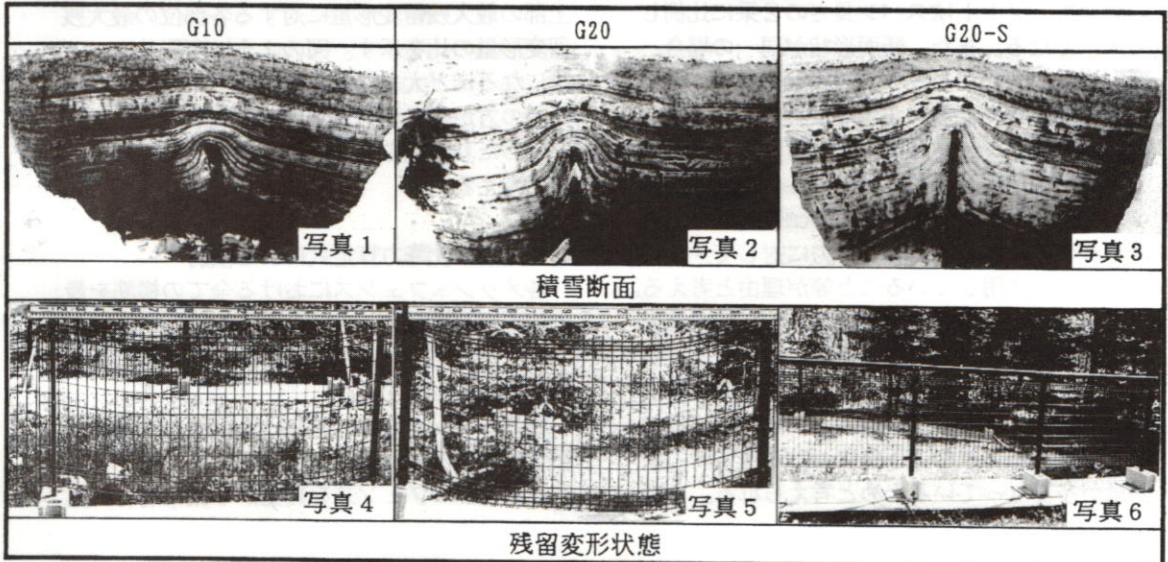


図4 G10における残留変形量
縦筋No.: 左側支柱からの縦筋の本数を番号にしたもの



降力の影響を図5に示す。図のように、縦筋が受ける沈降力 b は、 a 、 c 2つの力に分解され、 a の力が水平方向に作用するためと考えられる。

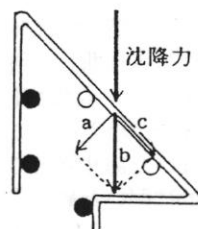


図5 G10の上部における沈降力の影響

4-2. G20, G20-Sの残留変形量

G20 は、スパン長さ2 mについて実験した。この試験体における残留変形量を図6に示す。残留変形量は、等分布荷重のかかる単純梁のモーメント応力分布に近似し、スパン中央部付近で最も大きな値を示す。また、フェンスの上部と下部によって若干異なる。部位による最大残留変形量を見ると、上部で48mm、下部で52.5mmとなる。上下部の最大残留変形量を比較すると、下部の変形量は上部の約1.5 倍となる。

G20-Sは、スパン長さ1 m、1.5 mおよび2 mの3種類について実験した。スパン長さ1 mおよび1.5 mにおいては顕著な残留変形がみられなかった。この試験体は、メッシュフェンス上部に強固な笠木が取付けてあり、フェンス中央部を吊り金具で固定してある。このことが有効に作用したため、他試験体よりも変形量が少ないと考えられる。スパン長さ2 mにおける残留変形量を図6に示す。最大残留変形量を見ると、上部で4mm、下部で6mmとなり、笠木のないG20に比べて変形量が極めて少ない。

4-3. スパン長さおよびメッシュフェンス形状の差異による残留変形量の対比

スパン長さとの関係を見ると、いずれのフェンスにおいてもスパン長さが大きくなるに伴い、残留変形量が大きくなる。一般に、単純梁に等分布荷重が加わる場合、中央部の最大モーメントはスパン長さの2乗に比例して大きくなる。また、断面形状が同一の場合、変形量（中央のたわみ）はスパン長さの4乗に比例して大きくなる。G10の最大残留変形量を見ると、スパン長さ2 mの変形量はスパン長さ1 mの約3倍程度に留まっている。これは、メッシュフェンスの地上高さが30cm位と低いため変形が妨げられること、変形力に対してメッシュが有効に作用していること等が理由と考える。

フェンス上部の形状が異なるG10とG20の最大残留変形量をスパン長さ2 mで対比すると、上部でG10はG20の約1.10倍、下部でG10はG20の1.24倍となり、G20の変形量の方が小さい。これは、G20がG10よりも上下部における横方向の鉄筋量が多くなっているためと考えられる。また、

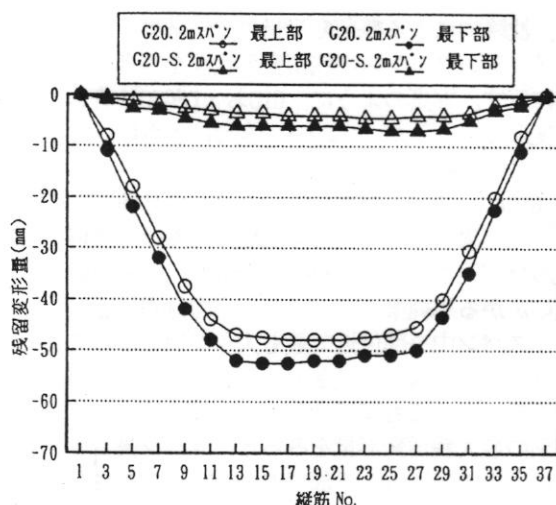


図6 G20, G20-Sにおける残留変形量
縦筋No.: 左側支柱からの縦筋の本数を番号にしたもの

G10では支柱の変形やジョイント金具の破損がみられることから、これらの強度も残留変形量に影響を与えていると考える。

4-4. 各部位における残留変形比

メッシュフェンスの上部から下部にわたる変形量を測定した結果を図7に示す。変形比は、上部の最大残留変形量に対する各部位の最大残留変形量の比を示す。図のように変形比は、下段になるほど大きくなる傾向を示す。これは、下段の方が雪に埋もれている期間が長く、長期間にわたり沈降力を受けることが主な原因であると考えられる。

5. 従来の沈降力算定式による検討

各メッシュフェンスにおける全ての横筋を最上部の桁と想定し、中俣の沈降力算定式¹⁾より、各メッシュフェンスにおける沈降力を算出すると以下ようになる。

各メッシュフェンスにおける横筋の断面積の和を求めるとG10=2.25cm²、G20=3.16cm²となる。メッシュフェンスを真上から見た場合に見

ることができる横筋を桁幅と考え、図8の様に桁幅および厚さを想定した。なお、桁の地上高さはメッシュフェンス上部地上高さとした。

中俣の沈降力算定式

$$F = (Hw) i \times A \cdots \cdots (1)$$

ここに、F:沈降力(kg)、(Hw)i:一冬の沈降力の
最大値(kg/cm²)、A:加重圏の面積(cm²)

気象観測資料によれば、1月15日に積雪深が136cmに達し、桁と想定したメッシュフェンス全てが積雪中に埋没したことになる。沈降力の最大値は、積雪重量が最大に達した時点に出現する。それは、その冬の最大積雪深の期日から5~30日ほど遅れ、2月末から3月上旬頃出現することが多いと言われている。本冬期の最大積雪深日は2月17日で、その値は195 cmであった。その後、積雪深は徐々に減り、最大積雪深から25日後の3月14日に再び190cm位に戻り、その後は徐々に減少してゆく。このことから、積雪重量が最大に達した時点をも3月14日とし、(1)式より各メッシュフェンスの受ける沈降力を算定すると次のようになる。

G10・1mスパン : F=629(kg) w=6.4(kg/cm)
G10・2mスパン : F=981(kg) w=4.9(kg/cm)
G20・1mスパン : F=609(kg) w=6.7(kg/cm)
G20・1.5mスパン : F=773(kg) w=5.7(kg/cm)
G20・2mスパン : F=933(kg) w=5.2(kg/cm)

ここで得られた沈降力が等分布荷重として加わる場合を想定して、各メッシュフェンスにおける変形量(中央部たわみ量)を次式にて算出すると次のようになる。

$$\delta = 5w l^4 / 384EI \cdots \cdots (2)$$

ここに、E:約2.1×10⁸(kg/cm²)、I:断面二次モーメント(cm⁴)

G10・1mスパン : δ=13.0(cm)
G10・2mスパン : δ=161.0(cm)
G20・1mスパン : δ=13.0(cm)
G20・1.5mスパン : δ=55.9(cm)
G20・2mスパン : δ=161.2(cm)

これらのたわみ量は、屋外実験結果に比べて極めて大きな値となる。従って、メッシュ状の構造物が受ける雪の沈降力による変形の検討には、メッシュを一本の桁に想定する考え方では適応しない。以上のようなことから、メッシュ状の構造物に適応できる沈降力の算出方法を検討する必要がある。

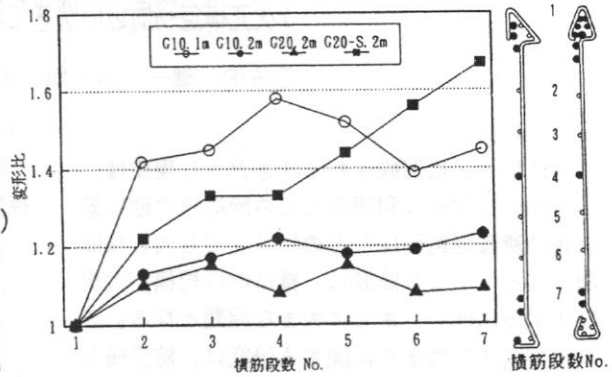


図7 各部位の変形比

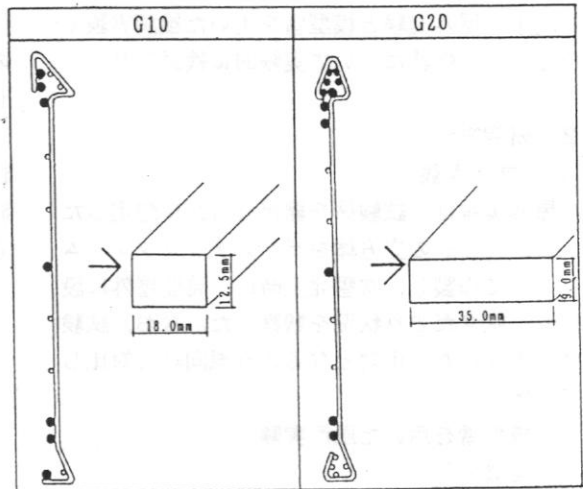


図8 桁幅および厚さの想定概要

6. まとめ

積雪地域にメッシュフェンスを冬期間設置し、積雪の沈降力による残留変形を測定した。その結果、沈降力はメッシュフェンス全体に影響を及ぼし、特に地上付近の横筋に著しい影響を与えることが判った。また、メッシュフェンスの上部の形状が変形量および変形状に大きく関わることが判った。さらに、メッシュ状の構造物が受ける雪の沈降力算定は、単純な桁として取り扱うことはできないことが明らかとなった。従って、メッシュ状の構造物に適応した雪の沈降力の評価方法の確立が必要であると考え。

【参考文献】

1) 日本建築機械協会編:新編防雪工学ハンドブック, pp34~39, 1988

3次元構造物周辺の吹きだまり性状について

○佐伯 健一, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1. はじめに

構造物周辺に形成される吹きだまり現象は、構造物の日常的な利用のための除排雪の他に緊急時の避難経路確保などの防災面でも大きな問題となる¹⁾。この問題は、構造物の規模が大規模化するに伴い、さらに大きな問題となる。これまでの吹きだまりに関する研究は、防雪柵などの2次元的な構造物を対象とした蓄積が多くあるが、3次元構造物を対象とした研究の蓄積が少ない。このようなことから、3次元構造物を対象に屋外実験と模型雪を用いた風洞実験で吹きだまり性状について実験的に検討した。

2. 研究方法

2.1 屋外実験

屋外実験は、試験体を縮尺 1/100に想定した一辺が150mmの立方体をポリスチレンフォームによって作製し、吹雪発生時に1時間屋外に設置して吹きだまり状況を観察した。なお、試験体は風向に対し正対となるよう風向計と対比して設置した。

2.2 模型雪を用いた風洞実験

(1) 実験装置

模型雪を用いた風洞実験は、測定部断面寸法が縦80cm×横100cmの回流型粉体専用風洞装置を用いて行った。本装置の測定部における風速分布は、測定部風上に1cmメッシュのスクリーンを3枚設置して大気境界層に近似させてある。また、インバーターの周波数を変化させることにより送風機の回転数を制御し、最大風速は12 m/sである。

(2) 模型雪

模型雪には含水率8.5%の活性白土を用いた²⁾。一般に、堆積形状や限界摩擦風速の相似性を得るためには、模型雪の粘着性が雪と同程度でなければならない。本実験で用いた活性白土は、雪と近似した安息角を示し、粘着性が雪と近似していると考えられる。

(3) 吹きだまり係数

吹きだまりは、下記に示すような吹きだまり係数で検討した³⁾。

$$SD = SDS / SDg$$

ここに、SD : 吹きだまり係数

SDS : 吹きだまり高

SDg : 模型雪の供給量

SD > 1 の場合は吹きだまり部位、SD < 1 の場合は吹き払い部位となる。

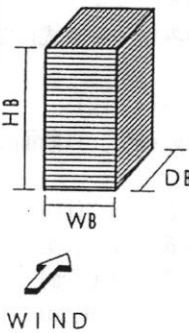
(4) 測定方法

建物周辺の堆積深は、レーザー変位計を取り付けた自動計測装置を用いて、0.1mm単位で、5mmメッシュに測定した。

(5) 実験シリーズ

表1に試験体の概要を示す。表のように、試

表1 実験シリーズ

試験体概要		No	WB	DB	HB
		1	25	50	50
		2	33	50	50
		3	50	50	50
		4	67	50	50
		5	100	50	50
		6	150	50	50
		7	250	50	50
		8	50	25	50
		9	50	33	50
		10	50	67	50
		11	50	100	50
		12	50	150	50
		13	50	250	50
		14	50	50	25
		15	50	50	33
		16	50	50	67
		17	50	50	100
		18	50	50	150
		19	50	50	250

※WB, DB, HB (mm)

験体は幅、奥行き、高さを変化させた19体の模型をポリスチレンフォームで作製した。実験条件は、風洞の運転時間を1時間とし、風洞内風速を6 m/sとした。

3. 屋外実験と模型雪を用いた風洞実験結果との対比

写真1に屋外実験結果および模型雪を用いた風洞実験結果の対比を示す。なお、屋外実験は試験体を実験シリーズと同様の風向に設置して観察を行ったが、観察中に風向が変化したため風洞実験との風向条件が一致しない結果となった。そのため屋外実験の風向にあわせた風洞実験を行い両者を対比した。写真のように、両者とも試験体周辺の吹きだまり性状は近似しているのが分かる。特に、吹きだまり形成位置についてみると、両者とも近似した位置に形成されている。

4. 模型雪を用いた風洞実験結果

各実験を行った結果、いずれの実験においても試験体前方および斜め後方に顕著な吹きだまりと試験体横に吹き払いが形成され、不均一な堆積分布を示した。ここで最も変化の著しい試験体の斜め後方の吹きだまりおよび試験体横における吹き払いの範囲と試験体の基本形状の変化との関係を以下のように検討した。

吹きだまりおよび吹き払いの範囲を簡便的に検討するために、吹きだまり係数SDが2以上の範囲を図1のように設定し、その中心からの距離をSDX, SDYとした。同様に、吹き払いはBSX, BSYとした。さらに、吹きだまりと試験体との位置関係は、図のように試験体の風上隅角部から吹きだまりの中心までの距離をLX, LYとして捉えた。

1) 幅(WB)が吹きだまりおよび吹き払い形成位置に及ぼす影響

図2に奥行きDBおよび高さHBを50mmに固定し、幅WBを25mm~250mmに変化させた場合の吹きだまり範囲SDXおよびSDYと吹き払い範囲BSXおよびBSYの変化を示す。図のようにSDYはWBが25mm~150mmで増加し、その後減少する。SDXでは

顕著な傾向がみられなかった。BSXおよびBSYはWBが25mm~250mmと増加するに伴い増加し、BSXはBSYに比べて緩慢に増加する。

次に図2と同様の実験条件における吹きだまり

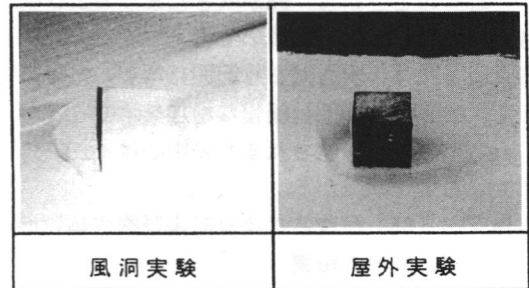


写真1 風洞実験および屋外実験結果の一例

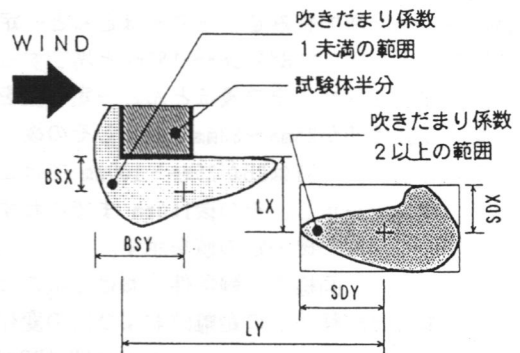


図1 吹きだまりおよび吹き払いの定義

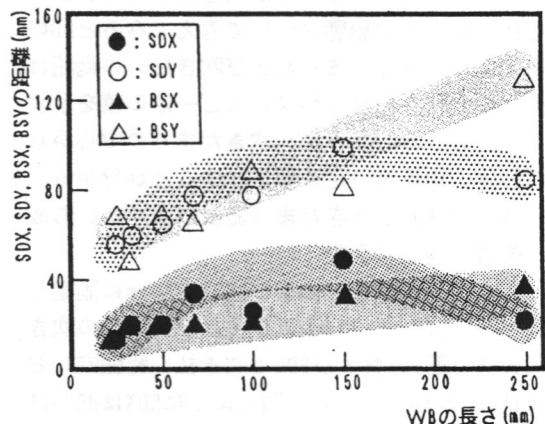


図2 WBの一方方向変化におけるSDX, SDY, BSX, BSY

りの中心と試験体との距離LXおよびLYの変化を図3に示す。図のように、LXおよびLYはWBが25mm～250mmと増加すると伴い増加および減少を繰り返し顕著な傾向がみられなかった。

これらのことから、WBが吹きだまりおよび吹き払いに及ぼす影響について考えてみるとWBが増大するに伴い吹きだまり範囲は増加した後減少し、吹き払い範囲は緩慢な増加を示すことが分かる。さらに、吹きだまりの中心は不規則に移動することが分かる。

2) 奥行き (DB) が吹きだまりおよび吹き払い形成位置に及ぼす影響

図4に、幅WBおよび高さHBを50mmに固定し、奥行きDBを25mm～250mmに変化させた場合の吹きだまり範囲SDXおよびSDYと吹き払い範囲BSXおよびBSYの変化を示す。図のようにSDXはDBが25mm～50mmで増加をみせ、その後ほとんど一定の値を示す。SDYはDBが25mm～150mmと増加するに伴い増加をみせ、その後ほとんど一定の値を示す。BSXはDBが25mm～33mmで減少しその後一定の値を示す。BSYはDBが25mm～100mmでほとんど一定の値を示し、その後150mmまでにわずかに増加し、その後一定の値を示す。

次に、図4と同様の実験条件における吹きだまりの中心と試験体との距離LXおよびLYの変化を図5に示す。図のように、LXおよびLYはDBが増加してもDB=50mmときのLYの値を除けばLXおよびLYは一定の値を示す。

これらのことから、DBが吹きだまりおよび吹き払いに及ぼす影響について考えてみるとDBの変化により吹きだまりおよび吹き払いの範囲は、多少の変化を見せるがほとんど一定の値を示すことが分かる。さらに、吹きだまりの中心から試験体の距離は一定の値を示すことが分かる。

3) 高さ (HB) が吹きだまりおよび吹き払い形成位置に及ぼす影響

図6に、奥行きDBおよび幅WBを50mmに固定し、高さHBを25mm～250mmに変化させた場合の吹きだまり範囲SDXおよびSDYと吹き払い範囲BSXおよびBSYの変化を示す。図のようにSDXはHBが25mm～33mmと増加するに伴い緩慢に増加し、その後減少する。SDYはHBが25mm～100mmと増加する

に伴い減少する。BSXはHBが25mm～150mmと増加するに伴い増加し、その後一定の値を示す。

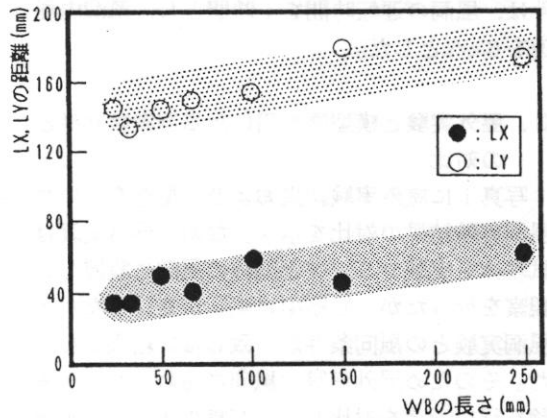


図3 WBの一方方向変化におけるLX, LY

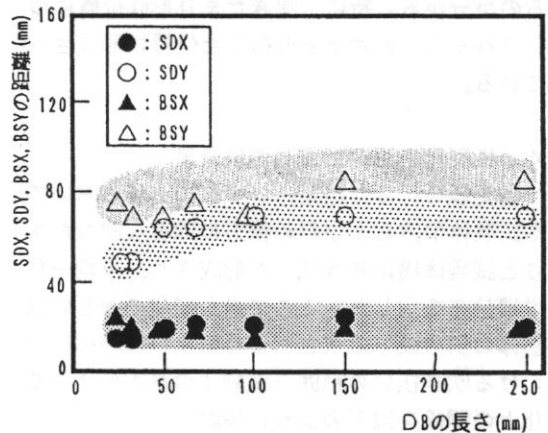


図4 DBの一方方向変化におけるSDX, SDY, BSX, BSY

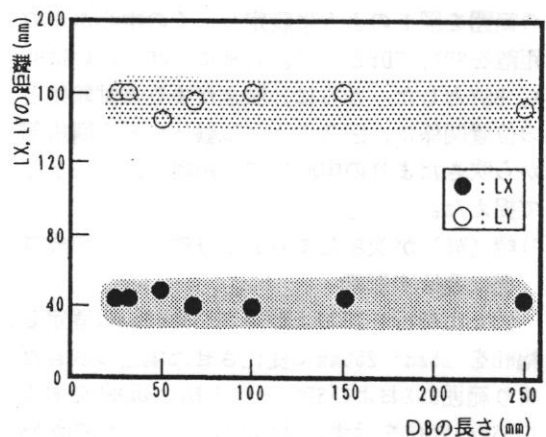


図5 DBの一方方向変化におけるLX, LY

BSYは、HBが25mm～150mmと増加するに伴い急激な増加し、その後緩慢な増加を示す。

次に、図6と同様の実験条件における吹きだまりの中心と試験体との距離LXおよびLYの変化を図7に示す。図のように、LYおよびLXはHBが25mm～100mmと増加するに伴い増加する。

これらのことから、HBが吹きだまりおよび吹き払いに及ぼす影響について考えてみるとHBが増加するに伴い吹きだまり範囲は減少し、吹き払い範囲は増加する傾向を示す。さらに、吹きだまりの中心は風下および試験体横に移動し、試験体から離れて形成されることが分かる。

5. 構造物周辺の風速増加領域と模型雪を用いた風洞実験との対比

構造物の基本形状の変化による風速増加領域と吹雪実験を対比すると以下ようになる⁴⁾。

1) 構造物の幅における変化では、幅が増すことにより構造物の剥離流および吹き降ろしに影響を与えて風速増加領域が大きくなる。さらに、吹き払い範囲は風速増加領域と同様に増加する傾向を示す。

2) 構造物の奥行きにおける変化では、奥行きが増しても風速増加領域、吹きだまり範囲および吹き払い範囲のいずれにおいても大きな変化がみられない。

3) 構造物の高さにおける変化では、高さが増すことにより構造物の剥離流および吹き降ろしに影響を与えて風速増加領域が大きくなる。さらに、吹き払い範囲は風速増加領域と同様に増加する傾向を示す。しかし、吹きだまり範囲は減少する傾向を示す。

このように、風速増加領域は、構造物の基本形状の変化に伴う吹き払い範囲および形成位置と同様の傾向を示す。特に、この傾向は構造物の幅および高さの変化に伴ってみられることから、構造物の吹き降ろしおよび剥離流による影響を大きく受けているためと考える。従って、吹きだまり範囲および吹き払い範囲について考えると、風下周辺に吹きだまりが形成されることから、構造物周辺の風の情報により吹きだまり分布の予測が可能と考える。

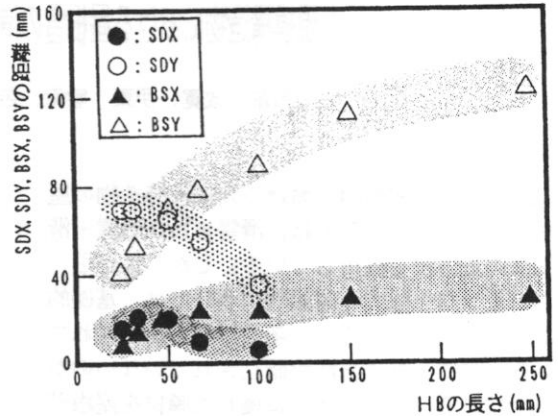


図6 HBの一方方向変化におけるSDX, SDY, BSX, BSY

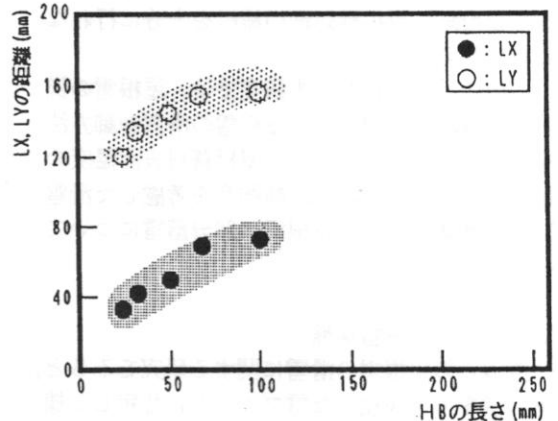


図7 HBの一方方向変化におけるLX, LY

6. まとめ

本結果から、基本形状の変化において構造物周辺の吹きだまり範囲および吹き払い範囲は幅および高さにより大きく変化を示し、奥行きでは変化を示さなかった。このことから、構造物の斜め後方の吹きだまりおよび試験体横の吹き払いの変化は吹き降ろしおよび剥離流による変化の要因が大きいと考える。今後は試験体周辺の風速増加領域、風速鉛直分布等の測定や屋外実験との比較検討が必要と考える。

【参考文献】

- 1) 苫米地 司他: 冬期間の避難施設の現状について, 第十回日本雪工学大会論文報告集, pp239～pp240, 1993. 1
- 2) 苫米地 司: 模型雪を用いた風洞実験による吹きだまりの可視化, 流れの可視化 vol.9 NO.32, pp. 39～44
- 3) 苫米地 司: 風向の違いによる住棟周辺の吹きだまりに関する実験的研究, 北海道工業大学研究紀要第15号pp. 1
- 4) 風工学研究所: 新・ビル風の知識, pp66～69

大規模構造物における屋根雪の滑雪メカニズムに関する一考察

○高倉 政寛, 伊東 敏幸, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1 はじめに

近年の積雪寒冷地における大規模構造物の屋根雪処理方法の大部分は、滑雪または融雪+滑雪による方法を採用している。しかしながら、このような方法での雪処理については、基礎的な研究によって、その一部分が明らかにされている段階で、評価方法が確立されていないのが現状である。特に透過性に優れた膜材を屋根葺材に用いる場合は、冬期間における活用方法を考えると、屋根面に雪がないことが望ましく、設計の段階で屋根雪処理の検討を十分に行わなければならない。

このような背景から本研究では、屋根雪の様々な滑雪状態に対応した屋根雪の滑雪制御方法を確立することを目的に、屋根葺材表面温度の推移状況および雪のせん断強度を考慮した滑雪開始条件式を導き、屋根雪の部分落雪について検討した。

2 屋根雪の滑雪状態

渡辺らの屋根雪の滑雪に関する研究をみると、屋根雪をモデル化した雪ブロックに想定して棟部分で雪が破断する場合の滑雪条件を検討している¹⁾。一方、前田らの研究をみると自然条件下の屋根雪の様々な滑雪状態について観察を行い、外気温や日射等の影響を検討して4通りに大別している²⁾。本研究では、両者の研究を基に屋根雪の滑雪状態の観察を行った。その結果、前田らの研究と同様に写真1に示すような部分落雪が多く屋根に発生していることが明らかとなった。そこで、これらの観察結果を模式化すると図1に示す4通りの傾向に大別できる。

- (1) 外気温が低温で屋根葺材の表面温度が低い場合は、屋根面全体に凍着強度が発生して滑雪しない。
- (2) 外気温が比較的高温であれば、屋根雪は融雪を伴いながら全体的に移動して落雪する。
- (3) 外気温が低温で建物内部の熱が屋根葺材面に伝わる場合は、主に屋根の中心部の凍着強度が低減し、放物線を描く形で部分落雪する。

- (4) (3) と同様の場合で風等の影響によって屋根頂部の雪の堆積が少ない場合や軒から棟までの長さが大きい場合は、けらば等にものみ雪が残る形で部分落雪する。

3 研究方法

3.1 屋根葺材表面温度の測定

屋根葺材表面温度は、図2に示す試験体を用いて北海道工業大学の屋上に設置して実測を行った。試験体に用いた屋根葺材は、着色亜鉛鉄板の一文字葺とした。屋根葺材表面温度は、図に示す部位で1時間おきに測定した。なお試験体は、小屋裏温度を制御するために軒先換気口、妻側換気口および室内天井部に開閉式換気口を



写真1 屋根雪の部分落雪

滑雪状態		主な滑雪抵抗カ
(1) 		凍着強度
(2) 		上部雪の引張カ 静摩擦抵抗カ
(3) 	(4) 	上部雪の引張カ 雪のせん断カ 静摩擦抵抗カ

☐ : SNOW

図1 滑雪状態の模式図

設置し、屋根勾配は、雪が堆積しやすい角度である $0.4(22\text{deg})$ とした³⁾。

3.2 雪の引張強度とせん断強度の実験方法

引張強度およびせん断強度実験は、図3に示す実験装置を用いて降雪によって装置内に堆積した雪を対象に行った。雪の引張強度は、A部に雪が破断するまでの荷重を加えて、破断時の荷重 T をロードセルを介して測定した。さらに、破断後にA部の摩擦抵抗力 R を測定した。雪のせん断強度実験は、C部について引張強度と同様の方法で測定した。これらの値を用いて雪の引張とせん断強度 $\sigma = (T - R) / S$ を求めた。 S は断面積を示す。

3.3 滑雪開始条件の検討

本研究では既往の屋根雪の滑走運動に関する研究に基づき、滑雪時に働く力学的要因を図4のように整理した¹⁾。図中の滑雪力と滑雪抵抗力を関数で表すと、以下ようになる。

$$S = \rho \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot \sin \theta \text{ (gf)}$$

$$F_{sf} = L \cdot h \cdot Z \cdot \rho \cdot \mu \cdot \cos \theta \text{ (gf)}$$

$$F_a = \tau \cdot L \cdot Z \text{ (gf)}$$

$$F_t = h \cdot Z \cdot \sigma_t$$

$$F_s = h \cdot L \cdot \sigma_s$$

ここに、

θ : 屋根角度(deg) ρ : 雪の密度(g/cm^3)

Z : 棟の長さ(cm) h : 雪の厚さ(cm)

μ : 静摩擦係数 L : 棟から軒までの長さ(cm)

σ_t : 雪の引張強度(g/cm^2)

σ_s : 雪のせん断強度(g/cm^2)

τ : 単位面積当たりの凍着強度(g/cm^2)

これらの式を用いて、滑雪開始条件を検討すると次に示すA), B), C), D)となる。

A) 屋根雪が凍着しない場合

(屋根葺材温度 $\geq 0^\circ\text{C}$)

$$S > F_{sf} + F_t$$

$$(\rho \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot \sin \theta) > (L \cdot h \cdot Z \cdot \rho \cdot \mu \cdot \cos \theta) + (h \cdot Z \cdot \sigma_t)$$

B) 凍着強度が発生する場合で屋根雪全体が落雪する場合 (屋根葺材温度 $< 0^\circ\text{C}$)

$$S > F_a + F_{sf} + F_t$$

$$(\rho \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot \sin \theta) > (L \cdot Z \cdot \tau) + (L \cdot h \cdot Z \cdot \rho \cdot \mu \cdot \cos \theta) + (h \cdot Z \cdot \sigma_t)$$

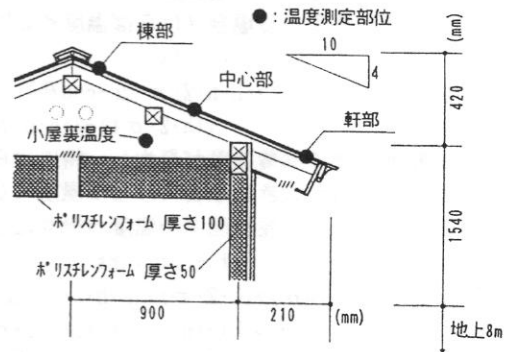


図2 屋根面温度測定用の試験体概要

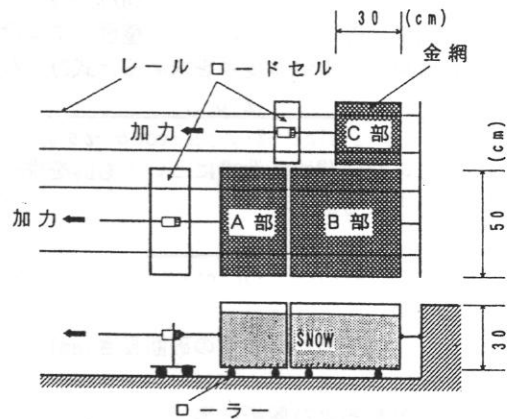


図3 雪の引張およびせん断強度の実験装置概要

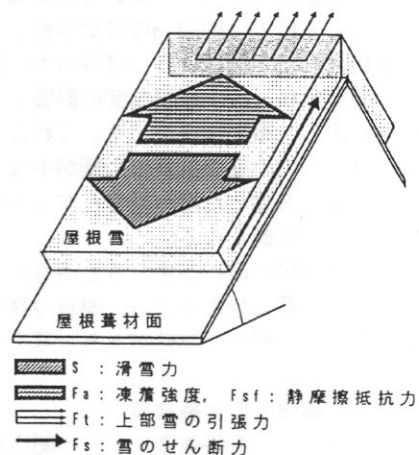


図4 滑雪時に働く力学的要因

- C) けらば付近のみで凍着強度が発生して中央部の雪が落雪する場合 (けらば温度 $< 0^{\circ}\text{C}$)

$$S > F_{sf} + F_t + F_s$$

$$(\rho \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot \sin \theta) > (L \cdot h \cdot Z \cdot \rho \cdot \mu \cdot \cos \theta) + (h \cdot Z \cdot \sigma t) + 2(h \cdot L \cdot \sigma s)$$

- D) 屋根面全体で凍着強度が発生し、特にけらば付近の凍着が大きい場合 (けらば温度 $< 0^{\circ}\text{C}$)
(屋根面中心温度が徐々に上昇)

$$S > F_a + F_{sf} + F_t + F_s$$

$$(\rho \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot \sin \theta) > (L \cdot Z \cdot \tau) + (L \cdot h \cdot Z \cdot \rho \cdot \mu \cdot \cos \theta) + (h \cdot Z \cdot \sigma t) + 2(h \cdot L \cdot \sigma s)$$

ここで、D) の式を屋根中心部の凍着強度 τ について整理すると式1)となる。

$$\tau < (\rho \cdot h \cdot \sin \theta) - (h \cdot \rho \cdot \mu \cdot \cos \theta) - (h/L \cdot \sigma t) - 2(h/Z \cdot \sigma s) \quad \dots 1)$$

同様にC) の式を L について整理して条件を満たす最小の雪氷体長さを求めると式2)となる。

$$L_y = \frac{(Z \cdot \sigma t)}{(\rho \cdot Z \cdot \sin \theta - Z \cdot \rho \cdot \mu \cdot \cos \theta - 2\sigma s)} \quad \dots 2)$$

A) の滑雪開始条件式についても L_y を求めると式3)となる。

$$L_y = \frac{\sigma t}{(\rho \cdot \sin \theta - \rho \cdot \mu \cdot \cos \theta)} \quad \dots 3)$$

ここに、

L_y : 棟からの雪の破断長さ (cm)

4 実験および解析結果

4.1 屋根葺材表面温度の測定結果

1994年2/13~2/14における屋根葺材表面温度の推移状況を図5に示す。なおこの期間は、降雪によって屋根上に約20cmの雪が堆積しているのが観察された。図のように屋根の中心部や棟部分の温度推移は、小屋裏温度の影響によって比較的安定した温度推移を示す。これに対して、屋根の軒先等的小屋裏温度の影響が少ない部分は、外気温に追従した温度推移となり他の部位よりも2~3℃低くなる。このように、各測定部位で温度分布の違いが生じると凍着強度の発生に大きく影響を与えるため、凍着の発生しない部位で部分落雪の可能性があると考えられる。

4.2 雪の引張強度の実験結果

雪の密度と雪の引張強度 σt との関係を図6に示す。図中には本間らの研究によって得られた回帰式を合わせて示してある⁴⁾。図のように、

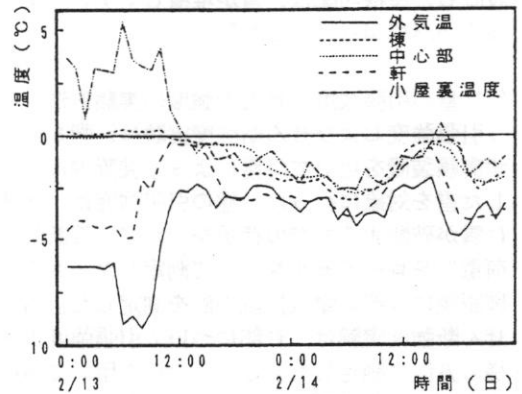


図5 屋根面温度の推移状況

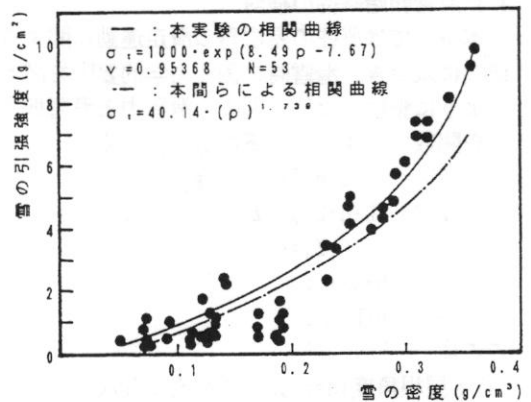


図6 雪の密度と引張強度との関係

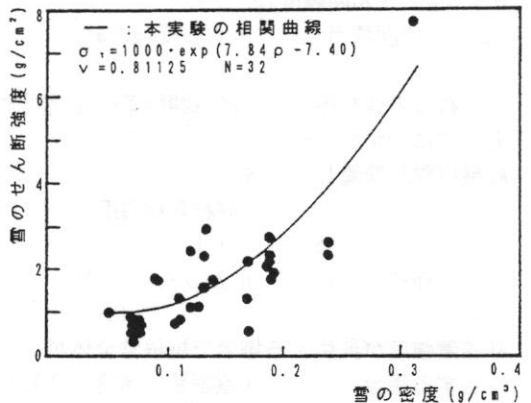


図7 雪の密度とせん断強度との関係

本実験によって得られた回帰式と本間らの回帰式は近似した結果となった。

雪の密度と雪のせん断強度 σ_s との関係を図7に示す。図のように、密度が低い場合は引張強度と同様の傾向を示す。

4.3 滑雪開始条件式による滑雪状態の予測

本研究では、着色亜鉛鉄板(P)と積雪寒冷地で注目されている透明天蓋空間の屋根葺材に用いられる膜材(M)の滑雪状態について検討した。静摩擦係数 μ は、雪ブロックを用いた平板傾斜法による実験値((P) $\mu=0.10$, (M) $\mu=0.20$)とした。雪の密度は $0.2(\text{g}/\text{cm}^3)$ とし、 F_t , F_s の算出は本実験で得られた雪の引張強度、せん断強度の相関式を用いた。式1)の場合について滑雪開始条件を検討すると以下ようになる。なお、屋根葺材表面温度が低温となるけらばは凍着強度が発生している場合、滑雪は開始しないと考えて固定とした⁵⁾。

図8に、P材における屋根の縦横比と滑雪開始角度との関係を示す。図のように、けらば付近に大きな凍着強度が発生していない場合は、比較的緩勾配でも滑雪が開始し、縦横比が増加するに伴い滑雪開始角度が減少する。これは、滑雪力が一定であるのに対し、上部雪の引張力が減少するためである。これに対して、けらば付近に大きな凍着強度が発生している場合は、縦横比の増加に伴い、滑雪開始角度が増加して、滑雪しにくくなる。これは、軒から棟までの長さが増加すると、けらば付近に発生する雪のせん断力増加するためである。なお、M材の場合についても同様の傾向を示し、P材に比べて6 deg 上昇した曲線を描く。

同様に、式2)における雪の破断長さ L_v と棟の長さ L との関係を図9に示す。図のように、部分落雪によってa部のような大きさの雪が棟付近に残った場合、この部分の滑雪は期待できない。この部分の滑雪を促すためには、棟部分の雪の堆積を小さくし、上部雪の引張力を低減すること、屋根葺材表面温度の温度むらが発生しないようにすることが考えられる。

5 まとめ

屋根葺材の表面温度は、外気温や小屋裏温度等の影響によって温度むらが生じることが明か

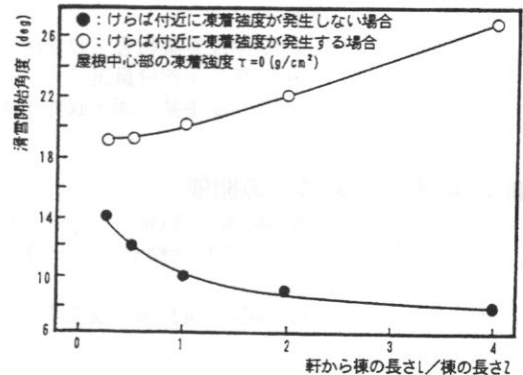


図8 屋根の縦横比 L/Z と滑雪開始角度との関係

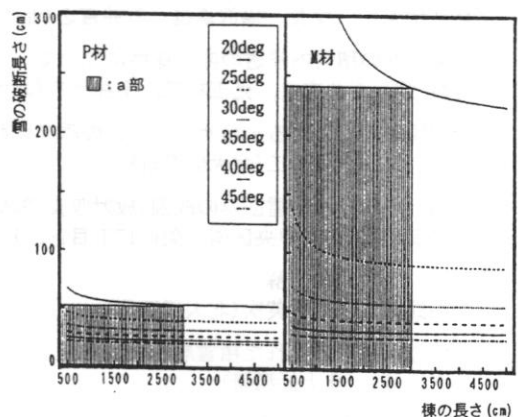


図9 雪の破断長さと棟の長さとの関係

となった。このことから、部分落雪の発生の要因の一つとして、温度むらによる凍着強度の発生状況の違いが考えられる。従って、屋根雪の滑雪処理を良好に行うためには、屋根面の温度分布を均一にすることと同時に、屋根頂部の雪の堆積を低減する方法を考えなければならない。

【参考文献】

- 1) 渡辺 正朋: 屋根葺材の滑雪特性に関する基礎的研究, 東北大学学位論文, pp14~33, 1990. 6
- 2) 前田 博司: 金属屋根における積雪の滑落, 日本雪氷学会誌「雪氷」41巻3号, pp39~44, 1979
- 3) 日本建築学会建築物荷重指針, 同解説, pp207~208, 1993
- 4) 本間 義教他: 膜構造物の雪処理に関する研究, (社)日本膜構造協会, 膜構造研究論文集 90, No. 4, pp55~68, 1990. 6
- 5) 苦米地 司他: 各種屋根葺材と屋根雪との凍着性状について, 第9回日本雪氷学会大会論文報告集, pp119~122, 1993. 1

平成5年度事業報告

■総会の開催

日時： 平成5年6月11日(金)、10:00-10:30
場所： 北海道立道民活動センター かでる 2.7 310号室
出席者： 70名
議題： 1. 平成4年度事業報告・収支決算
2. 平成5年度支部役員選任
3. 平成5年度事業計画・収支予算

■第1回理事・幹事会の開催

日時： 平成5年6月11日(金)、12:10-13:00
場所： 北海道立道民活動センター かでる2.7 310号室
出席者： 40名
議題： 平成5年度事業計画・収支予算

■研究発表会の開催

日時： 平成5年6月11日(金)、10:35-12:10、13:00-15:45
場所： 北海道立道民活動センター かでる2.7 310号室
出席者： 98名
プログラム： 座長 福沢卓也、石井吉之(北大低温研)、松沢 勝(北海道開発局開発土木研)

1. 融雪水の積雪内浸透の非一様性について
野村 睦, 石井吉之, 兒玉裕二, 小林大二(北大低温研)
2. 山腹斜面における土壌サクシヨンの季節変動
石井吉之, 小林大二(北大低温研)
3. 雪尺の周りの融雪凹みの成因(放射収支増試算)
小島賢治(札幌市中央区南9条西17丁目2-25)
4. 氷の三次元粒度解析
西田顕郎, 秋田谷英次(北大低温研)
5. 吹雪時に形成された積雪層構造の観測
八久保晶弘(北大低温研)
6. 降雪粒子の酸性化機構
高橋庸哉(北教大教育実践研究指導セ), 遠藤辰雄(北大低温研), 村本健一郎, 中川千枝(金沢大)
7. 着雪氷防止技術に関する研究(1)-各種材料の着氷力について-
吉田光則, 金野克美(北海道立工業試験場), 山岡 勝(北海道電力(株)総合研究所),
近藤 孝(北海網機(株)), 浅井規夫((株)シオン), 佐竹正治((財)日本気象協会北海道本部),
藤野和夫, 堀口薫, 水野悠紀子(北大低温研)
8. 大雪山「雪壁雪渓」の最近の消長
高橋修平, 亀田貴雄, 榎本浩之, 百武欣二(北見工大)
9. 深層掘削機実験用15m氷柱の製氷
斉藤 健(北海道陸別町しばれ技術開発研), 高橋修平, 亀田貴雄(北見工大)
10. 高速道路における除伐木を用いた視線誘導樹の試み
斉藤新一郎(北海道立林業試験場), 林 敏夫(道路公団札幌建設局)
11. 雪圧防止杭と裾枝打の組合わせによる排雪にともなう防雪林の雪害の軽減について
斉藤新一郎(北海道立林業試験場), 林 敏夫(道路公団札幌建設局)
12. 冬の追突事故と路面のすべり抵抗
加来照俊(北大工学部)
13. 冬期路面状況からみた峠部道路の区間分けについて

高橋勝宏, 加治屋安彦, 松沢 勝(北海道開発局開発土木研)

14. ロードヒーティング制御法

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

15. 蒸気を用いた雪処理について

苫米地司, 伊東敏幸(北海道工業大学)

16. 冬期間の気象条件からみた外装材の修繕状況について

伊東敏幸, 苫米地司(北海道工業大学)

17. 積雪地域における冬期間の防災・消防・医療・福祉の現状について

山形敏明, 苫米地司(北海道工業大学), 高橋章弘(道立寒地住宅都市研究所),
加治屋安彦(北海道開発局開発土木研)

18. 屋根雪荷重の制御について

川上俊一, 伊東敏幸, 苫米地司(北海道工業大学)

19. '93釧路沖地震の地盤変状と予想凍結深分布の関係

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

■シンポジウムへの協賛

日時: 平成5年7月15日(木)、10:00-17:30

場所: 北海道大学低温科学研究所講義室

テーマ: 『氷天体シンポジウム』

主催: 氷天体シンポジウム組織委員会

協賛: 北大低温研/日本惑星科学会/日本雪氷学会北海道支部/
日本気象学会北海道支部

出席者: 72名

プログラム: 座長 香内 晃、荒川政彦(北大低温研)

- | | |
|--|--------------|
| 1. はじめに | 前野紀一(北大低温研) |
| 2. 氷惑星の形成過程 | 水谷 仁(宇宙研) |
| 3. 氷-氷衝突と木星型惑星形成 | 井田 茂(東工大・理) |
| 4. 宇宙における物質循環と分子進化 | 香内 晃(北大低温研) |
| 5. 異分野間の接点をどう開拓するか?
ー惑星科学と雪氷学についての提案ー | 熊沢峰夫(名大・理) |
| 総合討論 | 司会 山本哲生(宇宙研) |

■機関誌「北海道の雪氷」12号の発行

発行日: 平成5年8月31日

発行部数: 200部

■講演会の開催

日時: 平成6年1月21日(金)、14:30~16:30

場所: 北海道大学百年記念会館会議室

テーマ: 『中国およびシベリヤの寒冷地開発』

主催: (社)日本雪氷学会北海道支部

出席者: 58名

講演: 1. 中国黒竜江省の道路事情について

ー環日本海の経済発展を目指した道路づくりー

楽 鵬飛(黒竜江省交通庁)

2. シベリヤ永久凍土圏の開発ーその光と影ー

ー 59 ー 福田正己(北大低温研)

■講演会の開催

日時： 平成6年2月3日(木)、18:00～20:30
場所： 北海道立道民活動センター かでる 2.7 大会議室(410号室)
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
後援： 北海道大学山とスキーの会/北海道自然体験学校NEOS/
北海道山岳ガイド協会
出席者： 185名
講演：

- | | |
|----------------|---------------------|
| 1. 雪崩の発生メカニズム | 福沢卓也(北大低温研) |
| 2. 山岳国スイスの雪崩事情 | 樋口和生(北海道自然体験学校NEOS) |
| 3. 埋没者の捜索法と新装備 | 阿部幹雄(北大山とスキーの会) |
| 4. 埋没者発見後の医療措置 | 下沢英二(北大病院第二外科) |

■談話会の開催

日時： 平成6年2月12日(土)、13:00～17:00
場所： 余市町中央公民館
テーマ： 『雪は友だち』
共 催： (社)日本雪氷学会北海道支部/余市青年会議所/
地域おこしグループ志立波/余市町
後援： 北海道後志支庁
出席者： 120名
内容：

1. 講演

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1. 知的雪遊びのすすめ | 秋田谷英次(北大低温研) |
| 2. 雪国の生活と健康・体力づくり | 須田 力(北大・教育) |

2. パネルディスカッション：

「これからの雪国の暮らし」

コーディネーター：

秋田谷英次(北大低温研)

パネラー：

須田 力(北大・教育)、中村裕之(余市青年会議所)、

佐々木艶子(地域おこしグループ志立波)、石田昭夫(小樽女子短大)

■第2回理事・幹事会の開催

日時： 平成6年4月21日(木)、15:30～17:00
場所： 北海道大学低温科学研究所 講義室
出席者： 26名
議題：

1. 平成5年度事業報告・収支決算
2. 支部規約改正案審議
3. 平成6年度支部役員案審議
4. 平成6年度事業計画・収支予算案審議

平成5年度会計報告

収支計算書

通常会計

1993年4月1日から1993年8月3日まで

(収入の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	決 算 額	差 額	備 考
1. 基本財産運用収入	(0)	(0)	(0)	
基本財産利息	0	0	0	
2. 本部交付金	280,000	0	-280,000	
3. 事業収入	(34,000)	(10,500)	(-23,500)	
出版物売上	0	10,500	10,500	
広告収入	34,000	0	-34,000	
4. 雑収入				
運用基金	0	1,757,066	1,757,066	
当期収入合計	314,000	1,767,566	1,453,566	
前期繰り越し収支差額	451,667	451,667	0	
収入合計	765,667	2,219,233	1,453,566	

(支出の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	決 算 額	差 額	備 考
1. 事業支出	(490,000)	(105,096)	(-384,904)	
講演会費	60,000	0	-60,000	2回
研究発表会費	25,000	27,400	2,400	1回
地方談話会費	120,000	0	-120,000	1回
機関誌発行費	200,000	0	-200,000	1回
总会費	25,000	23,192	-1,808	1回
理・幹事会費	60,000	54,504	-5,496	2回
2. 管理費	(180,000)	(29,859)	(-150,141)	
事務費	180,000	29,859	-150,141	
3. 予備費	95,667	90,110	-5,557	IAHS分担金(運用基金)
当期支出合計	765,667	225,065	-540,602	
当期収支差額	-451,667	1,542,501	1,994,168	
次期繰り越し収支差額	0	1,994,168	1,994,168	

監 査 報 告 書

平成5年9月27日

日本雪水学会北海道支部の平成5年4月1日から平成5年8月3日までの会計報告および各付属明細書表等の決算関係につきまして、平成5年9月27日監査致しましたところ公正妥当に執行されていると認めました。

上記の通り報告いたします。

監 査 土 田 征 夫



監 査 竹 内 政 夫



収支計算書

通常会計

1993年8月4日から1994年3月31日まで

(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	
2. 本部交付金	(280,000)	(627,000)	(347,000)	
交付金	280,000	276,000	-4,000	
広告料*1/3	0	351,000	351,000	
3. 事業収入	(34,000)	(84,500)	(50,500)	
出版物売上	0	77,500	77,500	
広告収入	34,000	7,000	-27,000	
4. 雑収入				
貯金利子	0	3,548	3,548	
当期収入合計	314,000	715,048	401,048	
前期繰り越し収支差額	1,994,168	1,994,168	0	
収入合計	2,308,168	2,709,216	401,048	

(支出の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	決 算 額	差 額	備 考
1. 事業支出	(380,000)	(380,633)	(633)	
講演会費	60,000	75,690	15,690	2回
地方談話会費	120,000	109,243	-10,757	1回
機関誌発行費	200,000	195,700	-4,300	1回
2. 管理費				
事務費	150,000	113,444	-36,556	
3. 予備費	111,212	12,669	-98,543	故早川理事供花代
当期支出合計	641,212	506,746	-134,466	
当期収支差額	-327,212	208,302	535,514	
次期繰り越し収支差額	1,666,956	2,202,470	535,514	

監 査 報 告

社団法人日本雪水学会北海道支部の平成5年度（1993年08月04日から1994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。

1994年 〆月〆〇日

社団法人日本雪水学会北海道支部 監事

土 田 征 夫



監事

竹 内 政 夫



平成6年度事業計画

1. 支部総会	平成6年6月15日
2. 研究発表会の開催	〃
3. 機関誌「北海道の雪氷」13号の発行	平成6年7月
4. 講演会の開催	2回
5. 談話会の開催	1回
6. 役員会議	2回

会計計画

1994年4月1日から1995年3月31日まで

(収入の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	備 考
1. 基本財産運用収入	(0)	
基本財産利息	0	
2. 本部交付金	650,000	
3. 事業収入	(34,000)	
出版物売上	0	
広告収入	34,000	
4. 雑収入	0	
当期収入合計	684,000	
前期繰り越し収支差額	2,202,470	
収入合計	2,886,470	

(支出の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	備 考
1. 事業支出	(560,000)	
講演会費	80,000	2回
研究発表会費	30,000	1回
談話会費	150,000	1回
機関誌発行費	200,000	1回
総会費	30,000	1回
理・幹事会費	70,000	2回
2. 管理費		
事務費	200,000	
3. 予備費	50,000	
当期支出合計	810,000	
当期収支差額	-126,000	
次期繰り越し収支差額	2,076,470	

(社)日本雪氷学会 平成6年度北海道支部役員

支 部 長	秋田谷 英次	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5488
副支部長	竹内 政夫	(財)日本気象協会北海道本部	011-621-2456
	福田 正己	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5492
理 事	石本 敬志	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111-320
	奥野 隆夫	鹿島建設(株)札幌支店	011-231-5181
	斉藤 新一郎	北海道立林業試験場道東支場	01566-4-5434
	佐伯 浩	北海道大学工学部	011-716-2111-6183
	佐々木 晴美	(社)北海道開発技術センター	011-271-3028
	佐山 惣吾	北海道工業技術研究所	011-851-0151
	高橋 修平	北見工業大学	0157-24-1010-231
	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	0155-48-5111-345
	吉米地 司	北海道工業大学	011-681-2161-443
	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校	0154-41-6161-330
	若濱 五郎	北星学園大学	0123-891-2731
監 事	油川 英明	北海道教育大学岩見沢校	0126-22-1470-335
	佐竹 正治	(財)日本気象協会北海道本部	011-621-2456
幹 事 長	石川 信敬	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-6892
会計幹事	福沢 卓也	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5487
庶務幹事	曾根 敏雄	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5491
幹 事	石橋 善明	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
	加藤 秋男	JR北海道(株)	011-251-9139
	金森 久	北海道ガス(株)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	011-621-2456-291
	亀田 貴雄	北見工業大学	0157-24-1010-278,262
	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
	原 文宏	(社)北海道開発技術センター	011-271-3028
	春木 茂夫	北海道開発コンサルタント(株)	011-851-9223
	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(株)	011-232-4848
	松澤 勝	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111-325
評 議 員	阿部 宏侑	北海道立寒地住宅都市研究所	011-621-4211
	石谷 捷二	北海道企画振興部	011-231-4111(2751)
	織田 紀雄	北海道電力(株)	011-251-1111
	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
	工藤 達也	札幌管区气象台	011-611-6121-400
	熊谷 勝弘	北海道開発局	011-709-2311-5471
	合田 裕志	北海道ガス(株)	011-222-5367
	小林 徳宏	JR北海道(株)	011-251-9144-202
	佐藤 隆	北海道開発コンサルタント(株)	011-851-9223
	佐藤 鐵磨	日本電信電話(株)北海道支社	011-212-4500
	霜山 正雄	(財)河川情報センター札幌センター	011-757-0511
	田賀 洋	北海道電力(株)総合研究所	011-251-1111
	東海林 明雄	北海道教育大学釧路校	0154-41-6161-328
	湊谷 宣夫	北海道住宅都市部	011-231-4111
	藤野 和夫	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5482
	藤野 暢一	(株)地崎工業	011-511-8114
	三上 俊幸	札幌市建設局道路維持部	011-211-2662
	山本 孝	(社)北方圏センター	011-221-7840
顧 問	石井 幸男	(財)日本気象協会北海道本部参与	011-621-2456
	遠藤 明久	北海道工業大学名誉教授	011-741-4467
	木下 誠一	北海道大学名誉教授	011-731-8645
	小島 賢治	北海道大学名誉教授	011-561-6082
	清水 弘	藤女子大学	011-736-0311
	中村 龍一	東日本学園 北海道医療大学	01332-3-1211

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 本支部につきの役員を置く。

- | | |
|------|--------------------------|
| 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. 13

平成 6 年 7 月 3 1 日発行

発行 (社団法人) 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

TEL: 011-716-2111

内線: 6892、5491

FAX: 011-706-7142

ISSN-1340-7368