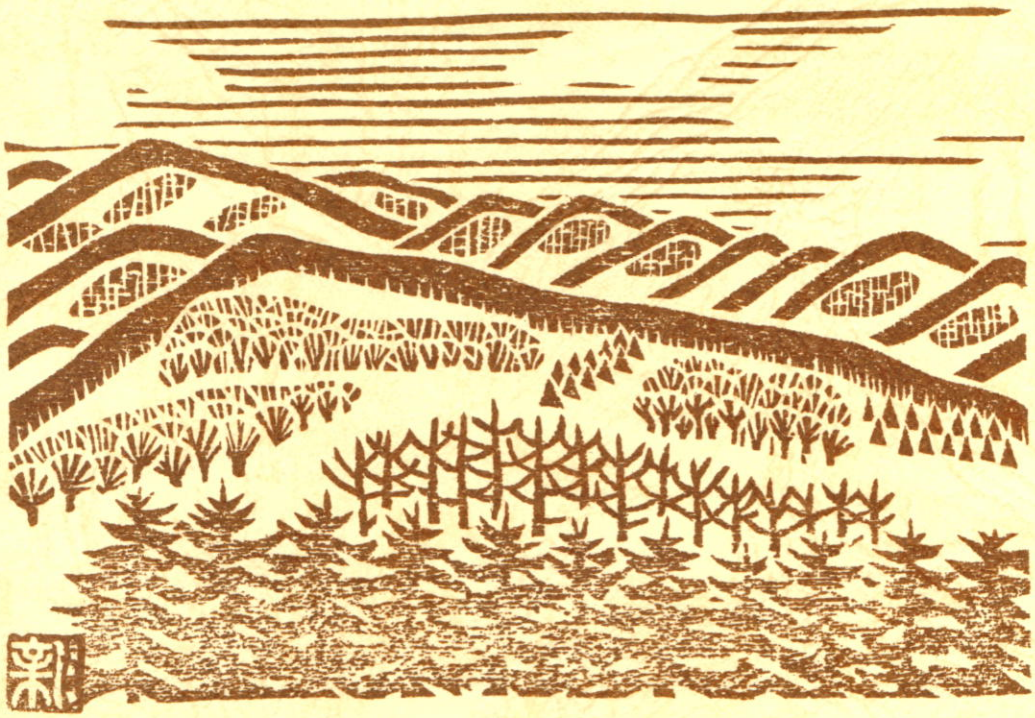
ＩＳＳＮ－1340－7368

㈳日本雪氷学会北海道支部機関誌

北海道の雪氷

第18号



1999年８月

発行　㈳日本雪氷学会北海道支部

目次

巻頭言…… 1
1999年度研究発表会講演要旨…… 2
1998年度事業報告……57
1998年度会計報告……61
1999年度事業計画……63
1999年度会計計画……64
1999年度北海道支部役員名簿……65
日本雪氷学会と道内関係機関のホームページ……66
社団法人日本雪氷学会北海道支部規約……67

（表紙　　画：斉藤新一郎、題字：福沢卓也）

巻頭言

支部幹事長　水野　悠紀子（北大低温科学研究所）

本誌『北海道の雪氷』が支部の機関誌として産声を上げたのが昭和 57 年、当時の支部長は木下誠一先生（現北大名誉教授・流氷科学センター長）でした。発刊の経緯については、本誌 11 号の巻頭言に低温科学研究所の古川義純氏が書かれているように、札幌中心になりがちな支部行事に参加できなかった会員の皆様に、その内容を伝達し、支部活動の発展を促すことが目的でした。それまで、支部の行事として、毎年、総会、講演会、談話会、見学会、講習会が行われていましたが、昭和 56 年から研究発表会を定期的に開催することになったことも、本誌発刊の原動力になったように記憶しています。当時、私も幹事の一人として、第 1 号の発刊にたずさわりましたが、内容や、体裁について、手探りの状態であったことが思い出されます。以来、会員の皆様のご協力と、ご支援、歴代役員の方々のご尽力で今年 18 号の発行をみることができました。

今年は支部設立 40 年にあたります。創立 30 周年記念号（第 8 号）に、当時の支部長の若濱五郎先生（現北大名誉教授）と木下誠一先生が、それぞれ「30 周年迎えた雪氷学会支部」、「日本雪氷学会北海道支部 30 年を顧みて」と題して、支部設立の経緯、雪氷研究の変遷や動向について詳しく述べておられます。設立からの 30 年間が本誌、第 8 号に凝縮されて記録されていることは、支部 40 年の歴史にとって意義深いことと思います。はじめの数号は内容や体裁も異なりますが、昭和 56 年からの支部研究発表会の講演要旨はすべて本誌に収められています。 研究発表会は毎年札幌で開かれることもあり、遠方の会員の参加が難しいこと、また、支部の研究発表会で発表されなかった非常に多くの研究があることは否めませんが、本誌は北海道の雪氷研究の推移を知ることができる貴重な存在ということができるでしょう。

北海道の生活は雪氷や寒冷ときりはなすことはできません。したがって、研究対象も、年々の気象、環境の変化、社会的要請を反映することにもなります。この 10 年の間に、私達はかって経験をしたことのない、恐るべき冬道と日常的につきあうことになりました。いわゆる “つるつる道路” です。きれいな空気の代償の大きさを痛感することになりました。これを含め、雪対策に関するさまざまな研究が行われ、また、利雪の研究が実用化へと大きな進展をとげました。

北海道支部には約 250 名の会員の方がいらっしゃいます。雪氷に対する関心や研究分野はさまざまで、まさに学際的ということになります。しかし、現実には、雪氷学会という大きな枠組みにあって、研究はより専門化、細分化される傾向にあります。このことは研究を極め、効率を高める上で当然のことといえるでしょうが、その結果、自分の専門分野以外への関心が失われがちになることも否めません。さまざまな研究に接し、互いに刺激をうけあう場としての研究発表会が、学会の学際性を実質的に発揮する場になり、ますます本誌が充実したものになるよう、会員の皆様の一層のご協力をお願い致します。

（社）日本雪氷学会北海道支部 1999 年度研究発表会講演要旨

日　時：1999 年 6 月 24 日（木）　13：30～17：45
場　所：北海道大学学術交流会館　第 1 会議室

13：30～14：30　座長：深見浩司（北海道立地下資源調査所）

1　海氷成長における放射特性の変化
　　○滝沢厚詩、石川信敬、白澤邦男、河村俊行、石川正雄、高塚　徹
　　大坊孝春（北大低温研）　…… 3

2　オホーツク海の海氷と冬の大気循環との相互作用
　　山崎孝治（北大院・地球環境）　…… 7

3　流氷観光砕氷船おーろら号による海氷厚観測
　　○酒田千尋、中村和樹、西尾文彦（北海道教育大学・釧路）　…… 11

4　山地積雪水量の多点調査
　　○中村　亮、石井吉之（北大低温研）、野村　睦
　　小澤　恵（北大演習林）　…… 15

14：40～15：40　座長：尾関俊浩（北大院・工・雪氷工学）

5　雪崩発生の監視と予知システムの開発による道路防災対策の研究（I）
　　○西村浩一（北大低温研）、八久保晶弘（北見工大）
　　松澤　勝（開発土木研究所）　…… 19

6　札幌圏ホワイトネット実験プロジェクト
　　－冬期道路管理の情報共有システム－
　　○中村直久、加治屋安彦、松澤　勝（開発土木研究所）　…… 23

7　国道 272 号別海町春別地区における防雪林造成の樹種配置および成長量の
　　予測について
　　斎藤新一郎（専修大学北海道短期大学）　…… 27

8　間伐木による仮設防雪林造りの提案－奈井江町宮村地区の場合
　　斎藤新一郎（専修大学北海道短期大学）　（講演のみ）

15：50～16：50　座長：石井吉之（北大低温研）

9　積雪軌道周辺における可聴音特性に関する一考察
　　○依田英之、尾関俊浩、北川弘光（北大院・工）、近藤篤（JR 北海道）　…… 31

10　サーマルプローブ法による農耕用土壌の熱伝導率測定
　　○佐山惣吾（寒地技研）、緒方敏夫、本間専治、皆川秀紀、原口謙策
　　三浦健一（北工研）、酒井好夫（寒地技研）、長谷川寿保（飼料作物
　　種子協会）　…… 35

11　アイスシェル in トマム
　　粉川　牧（北海道東海大学）　…… 39

12　勾配屋根における屋根上積雪荷重の評価に関する研究
　　○千葉隆弘、苫米地　司（北海道工業大学）　…… 43

17：00～17：45　座長：高橋庸哉（北海道教育大学）

13　キューブアイスを使った教育実験
　　矢作　裕（北海道教育大学・釧路）　…… 47

14　「気圧」の理解を深める生徒実験－利雪水気圧変化計の製作と実験－
　　○宮嶋衛次、永田敏夫（北海道立理科教育センター）　…… 51

15　ペットボトルで雪の結晶をつくる（II）
　　－結晶形の変化など、その後得られた知見－
　　平松和彦（北海道旭川西高等学校）　…… 55

海氷成長における放射特性の変化

滝沢厚詩，石川信敬，白澤邦男，河村俊行，石川正雄，高塚徹，大坊孝春
（北海道大学低温科学研究所）

1.はじめに

冬季の高緯度地域において海洋が海水面から海氷面へと変化すると、海洋からの熱は遮断され、またアルベドが増加することで吸収日射量も減少するなど、大気海洋間の熱交換に影響が現れる。さらに反射率や減衰率も海氷の成長過程において変化することが考えられる。しかし薄氷期での連続的な放射観測の例が少ないため、放射特性の氷厚依存性は明らかにされていない。そこで今回は '99 年冬季に行ったサロマ湖・バルト海、２ヶ所の季節海氷域における野外観測によって、日射の反射・減衰について氷厚値との関係を調査したので、その結果を報告する。

2.観測内容

観測はまず 1999 年２月中旬に北海道サロマ湖の栄浦、次に 1999 年３月中旬にバルト海沿岸のフィンランド・トバルミン（図１）にて行った。両地点とも２月を中心として冬季には数十 cm 厚の一年氷がはり、塩分濃度ではサロマ湖が外海とほぼ同じ 30‰前後なのに対し、バルト海は数‰と薄いため、後者の方が海域内に安定した結氷がみられ、結氷期間も長い。

海氷上では２ｍ×２ｍの開水面（プール）を作成し、このプール上に測器を設置して、全天日射量、反射量、赤外放射量、等を測定した。空中、及びプール内には、日射の減衰を調べるため、小型照度計を設置した。一方、手動によるアルベド・波長別反射率の測定をスペクトロメータ、アルベドメータによりプール面で、及び比較のために周辺の海氷上の積雪面、除雪した裸氷面でも日数回、行った。氷厚値は日一回のサンプル切出しにより調べた。

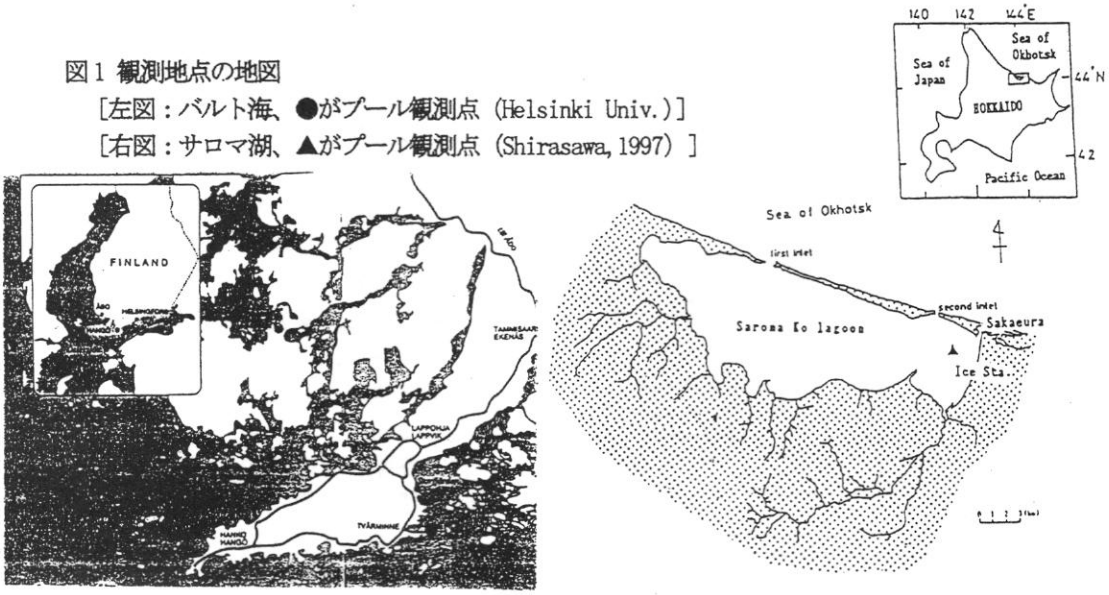


図１ 観測地点の地図
［左図：バルト海、●がプール観測点（Helsinki Univ.）］
［右図：サロマ湖、▲がプール観測点（Shirasawa, 1997）］

3．結果

観測期間中のプールにおける氷厚の時系列変化を図２に示す。ここでは測定から得た氷厚値に加え、積算寒度による推定値を示した。あわせて照度計の設置位置も記す。観測期間はバルト海の方が長いが、氷厚は両地点とも10cm厚程度まで達した。

次にバルト海における表面状態の異なる面でのアルベドの推移を図３に示す（値は南中時の平均値。以後も放射成分に関する結果は日変動を除くために南中時の観測値を基に示す）。ここでは 積雪・裸氷面とも緩やかに減少、又はほとんど変化がみられないのに対し、プール面のみはアルベドが増している。さらに両地点でのプールのアルベドを、各氷厚に対する値の変化として詳しく図４に表わす。同地点での２種類の値は、対象

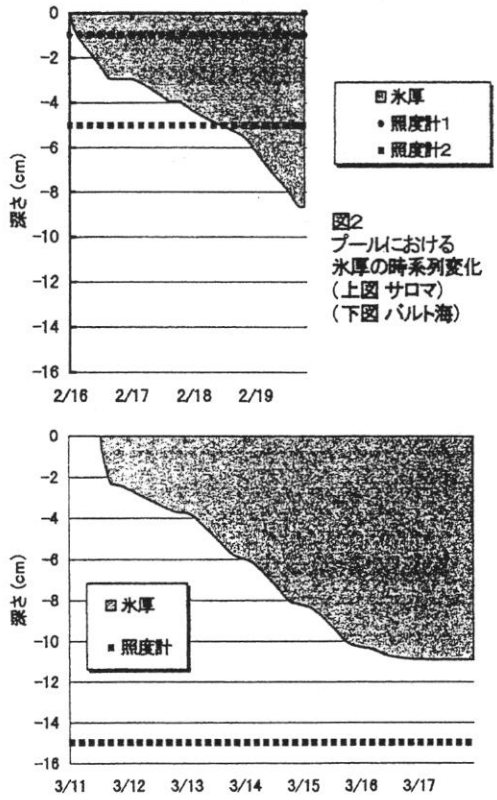


図2
プールにおける
氷厚の時系列変化
（上図 サロマ）
（下図 バルト海）

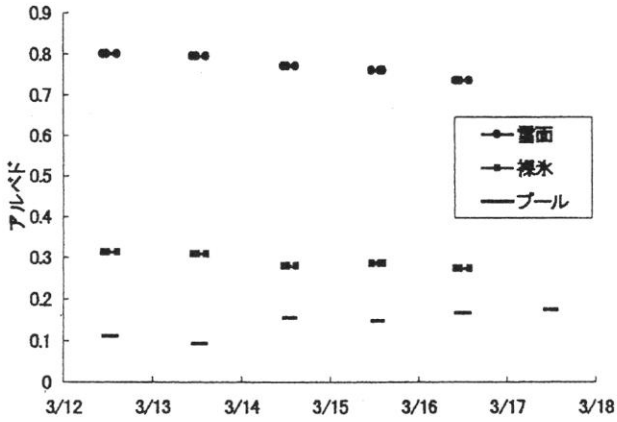


図3 各表面におけるアルベド（バルト海）

波長域の異なる測器による結果である。それぞれのアルベドは氷厚の増加に伴って増しており、両地点を比較すると、サロマ湖の氷厚が 1～6cm 厚の期間において、特に可視域を対象にした値での増加が著しい。この期間、サロマでは降雪がみられ、翌朝の測定時には除雪して観測を再開したが、プール表面には雪ごおりがみられ、アルベドの大きな増加にはその影響が考えられる。一方、バルト海では観測期間の大半で晴天が続き、アルベドの増加もサロマに比べ緩やかなものになっている。

次に波長帯別にみた平均反射率の氷厚に対する推移を図５に示す。400nm-700nm を可視域、700nm-1050nm を近赤外域として大別している。海水面から結氷初期までの段階では両波長帯ともほとんど差はなく、0.03～0.05％と小さい値であった。しかし海氷が成長するにつれ、反射率は増加していき、近赤外に比べ可視域の方がより増加分が大きく、両者の差は氷厚増加とともに大きくなっていった。また、この傾向はサロマ湖の場合で特に顕著であり、前述のアルベドの結果同様に、表面での雪ごおりの影響が考えられる。

次に各照度計の値から求めた薄氷の減衰係数の値を、氷厚に対する変化として図６に示す。まずサロマ湖の場合、0.11～0.12

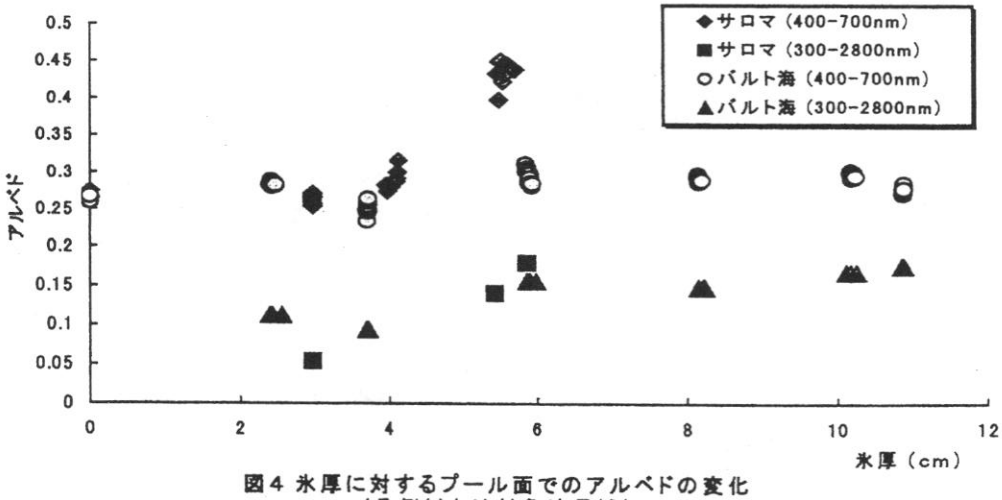


図4 氷厚に対するプール面でのアルベドの変化
（凡例（）内は対象波長域）

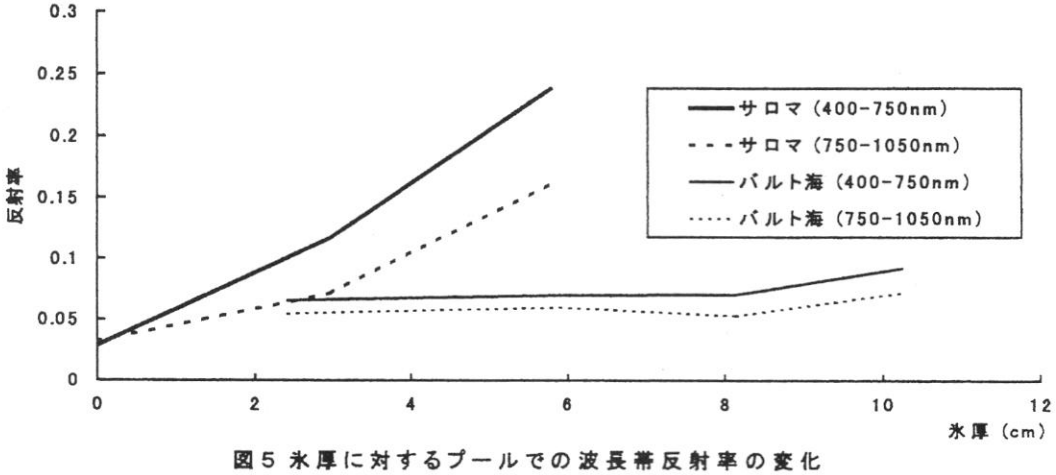


図5 氷厚に対するプールでの波長帯反射率の変化

とほぼ氷厚の変化によらず一定の値を保っている。この減衰係数が 0.1 前後という結果は、過去のサロマ湖における薄氷の観測例（石川ほか(1984), Ishikawa(1998)）とほぼ同じであった。一方、バルト海でも値に変動があるものの氷厚に対する依存性は特に現れていない。また、バルト海の値の方がサロマ湖に比べ低くなっている。今回、減衰に関しては海氷内部での散乱及び吸収成分との分離を行っていない。両地点を比較した場合、減衰係数や反射率においてサロマの結果の方が高い値であった事などの特徴は、散乱と吸収の特性を分離することにより説明がつくと思われる。

図7では観測プール近くのより厚い一年氷（40ｃｍ厚）での測定結果から求めた減衰係数の時系列変化を示した。期間中は薄氷の場合ほど氷厚の変動はなかったと思われる。内部の減衰係数にはばらつきがみられるものの、いずれもプールの値よりは低い。層毎ではそれぞれ異なった値を保っており、何らかの層構造の違いが影響を及ぼしていると考えられる。

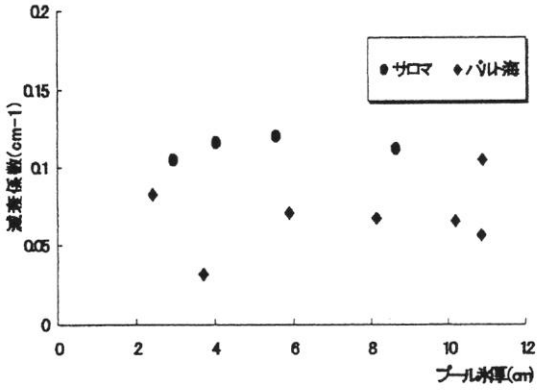


図5 氷厚に対する海氷の減衰係数の変化

4.まとめ

海氷成長に伴う放射特性の変化を明らかにするため、プール観測を行った。氷厚の増加に伴って海氷のアルベドは増加をみせ、その傾向は可視域で顕著であった。また海氷の減衰係数は、氷厚増加に対し、あまり変化をみせなかった。

２地点での海氷は同程度の氷厚であったが、両者の放射特性には違いがみられた。一方、より厚い氷の場合、光の減衰には層毎の違いがみられた。これらより放射特性は氷厚だけでなく、海氷内部の層構造にも大きく依存するものと考えられ、同じ海域内であっても、海氷状態により違った性質をもつと思われる。今後は室内実験の結果も加えながら、より多くのサンプルデータを蓄積し、屋外観測の結果を裏付けていきたい。また特に海氷の層構造について注目し、放射特性に影響を与えるパラメーターを調べていく予定である。

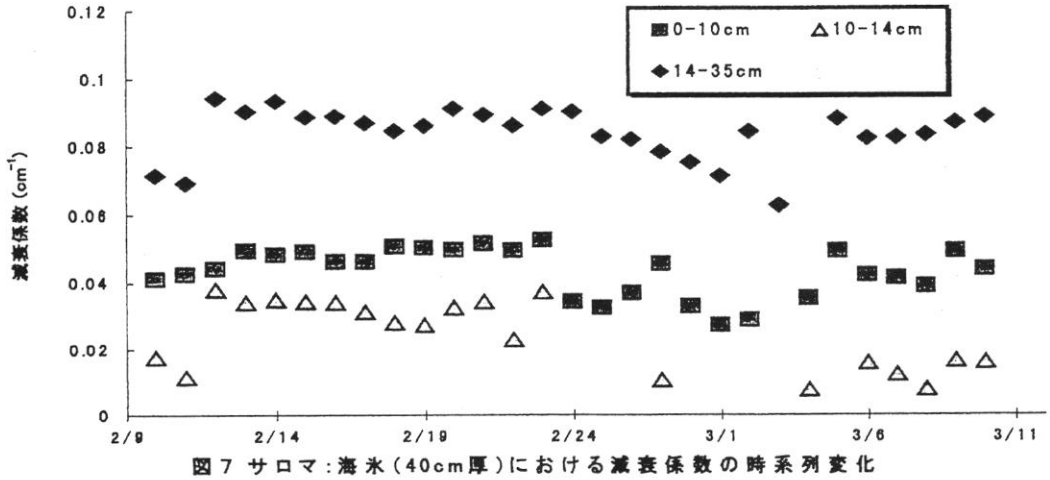


図7 サロマ：海氷（40cm厚）における減衰係数の時系列変化

参考文献

1）石川 信敬ほか（1984）薄い薄氷上における熱収支特性 雪氷，46，109-119.

2）N, Ishikawa. (1998) Changes of the heat and radiation properties with sea ice growth. Proceedings of the 13th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice, Mombetsu, Hokkaido, Japan, pp. 106-111.

オホーツク海の海氷と冬の大気循環との相互作用

山崎 孝治（北海道大学大学院・地球環境科学研究科）

１．はじめに

オホーツク海の海氷面積は年々大きく変動おり，大気循環の変動が海氷の変動をもたらすという観点から多くの研究がなされてきた。逆に海氷変動から大気循環への影響も考えられるが，大気への影響については主にローカルな影響が論じられてきた。本研究では海氷が広範囲の大気循環に与える影響を調べたHondaら(1996)の数値実験の結果を参考にして，1-2月の大気場と海氷面積との間のラグを含む相関解析により海氷と大気循環の関係を調べる。

２．データと解析方法

海氷データは気象庁作成の５日(半旬)毎の緯度・経度0.25度毎の密接度データを使用した。期間は毎冬12月から５月までで，1970年12月から1994年の５月までの24年間である。各格子点の密接度を面積の重みをかけて積分してオホーツク海の全海氷面積を求めた。大気循環のデータはNCEP（米国環境予報センター）の再解析データで1-2月平均の値を用いた。期間は海氷データと同じ24年間である。海氷面積の60日(ほぼ２ヶ月)平均と1-2月の大気循環の間の相関係数を求めることにより大気・海氷相互作用を調べる。1-2月を選んだのは海氷の拡大期であること，海氷が大気に及ぼす効果を考えた場合，大気・海洋との温度差が大きいときにシグナルが現れるので厳冬期がよいことや，Hondaら(1996)との比較にも好都合であることが理由である。海氷面積を半旬づつずらして相関をとることにより大気と海氷のどちらが先行するかを調べた。

３．数値実験の結果

Hondaら(1996)の数値実験について述べる。オホーツク海の海氷を観測の多氷年と少氷年に対応させて12～５月まで月毎に境界条件を設定し，その他の条件は全く同じとし，同じ大気の初期条件でそれぞれランを行った。自然変動の除去と結果の統計的検定のため初期条件を少しずつ変えて，多氷ランと少氷ランを各５例ずつ計算した。用いた大気大循環モデル（AGCM）は気象研／北大スペクトルモデル（T21L30版）である。海氷は厚さ１ｍとし密接度は100%とした。

図１は海面気圧，地上気温に関して海氷のインパクトを示したものである。海氷が多い場合，オホーツク海では海氷が大気との熱・水蒸気の交換を遮断し，大気の加熱を抑制する。一方，千島列島沖では大陸からの寒気があまり変質を受けずに流れ込むので，そこでの大気加熱は増大する。このように海氷面積の変動が大気加熱の変動をもたらし大気循環に影響を与える。図１でわかるとおり，海氷が多いとオホーツク海では高気圧，低温となる。大気加熱の変化により上昇流の変化が励起され，それが大気中層で渦度偏差を生成する。それが下流側にロスビー波列として伝播しアラスカ・北米にも影響が及ぶ。また量的には小さいが東北以南の日本付近は逆に高温になる。これは気圧偏差でわかるように日本付近で南東風偏差となり季節風が弱まることによる移流効果で説明できる。

４．海氷面積と大気循環の間の相関

４．１　北大西洋振動との関係

1-2月平均の海氷面積と大気場との同時相関を図２に示す。海面気圧（図２a）ではハドソン

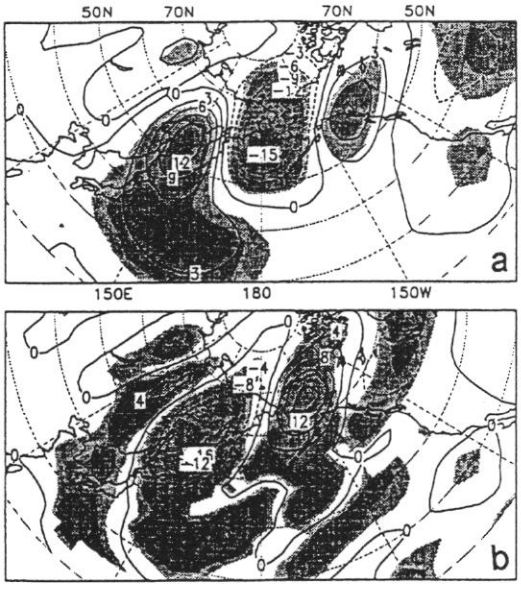


図１　大気大循環モデルによる数値実験により得られたオホーツク海の海氷が多い場合と少ない場合の1-2月平均の大気の気候値の差。負の等値線は点線。影の所は統計的に有意な所。
(a) 海面気圧。等値線間隔は３hPa。
(b) 地上気温。等値線間隔は３K。
[Honda et al.(1996) の Fig.2]

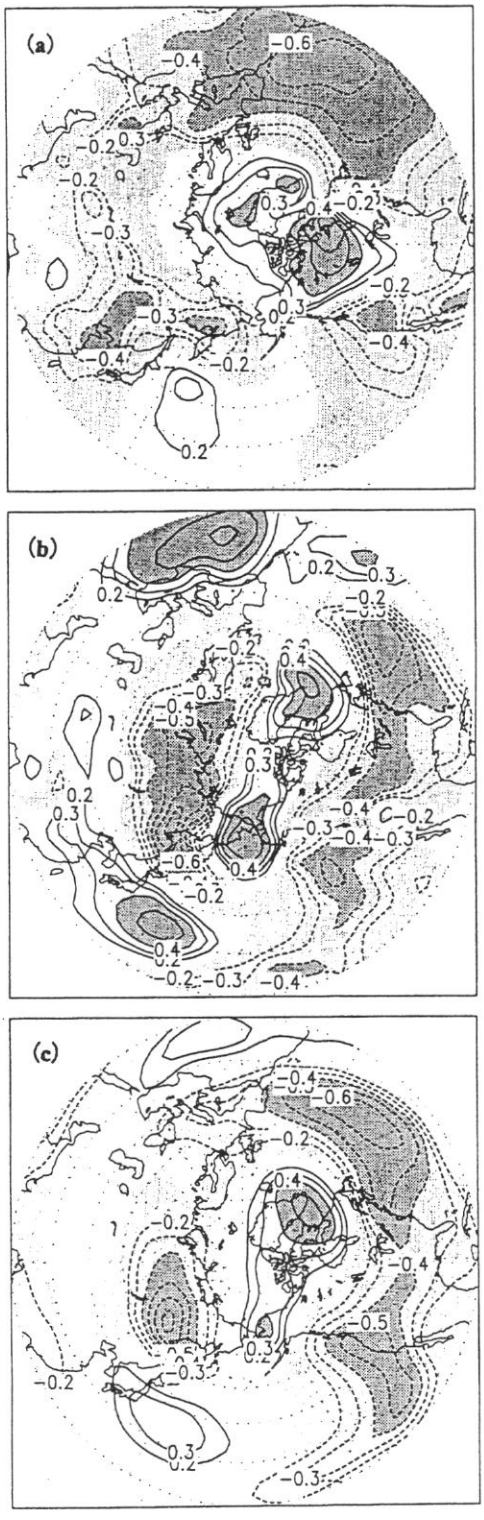


図２ 1-2月平均のオホーツク海の海氷面積と大気の状態との相関係数分布図。等値線間隔は0.1だが、絶対値が0.1以下の線は省略。係数が負の所に淡い影をつけ、係数の絶対値が0.4以上(95%の有意水準で統計的に有意)の所に濃い影。
(a)海面気圧，(b)850hPa気温，(c)500hPa高度。

湾を中心とした北極域の正値と北大西洋の負値が目立つ。北大西洋のアフリカ沖で相関係数は-0.6以下で絶対値として最大の相関である。500hPa(図２c)でも北大西洋域に南北に正負の相関が見られる。オホーツク海から遠く離れた所で高相関が見られるのは興味深い。大まかには海面気圧・500hPaの高度場において中緯度で負の値が環状に北極域の正の値を取り巻いている。北大西洋のこの相関パターンは北大西洋振動（North Atlantic Oscillation:NAO）とよく似ている。NAOはアイスランド低気圧とアゾレス高気圧との間のシーソー的変動である。この結果はオホーツク海の海氷面積はNAOと良い相関があることを示唆している。

北大西洋の循環がオホーツク海の海氷に直接影響を与えるとは考えられない。一方，数値実験の結果からはオホーツク海の海氷は北大西洋の循環にはあまり影響しない。従って NAOと海氷との相関は，大気中でNAOが卓越した変動であり，NAOは北大西洋のみならず北半球の広い範囲に影響を与えるため，オホーツク海の周辺の循環場に影響を与えると解釈される。

４．２　ローカルな循環場・気温場との関係

海氷がどのように大気場によってコントロールされているかをみるためにオホーツク海周辺をみてみる。海面気圧ではカムチャッカ半島の付け根に負の相関，オホーツク海の南東の太平洋上に正の相関があり，オホーツク海の中は等相関係数線が東西に走っている。つまり西よりの地衡風偏差のときに海氷が拡大することを示唆している。図３上に45°N, 150°Eの地点と60°N, 170°Eの地点との海面気圧差と海氷面積の年々変動の様子を示す。ただし海氷の方はほぼ１ヶ月，後ろにずらせた2-3月平均である。相関係数は海氷を後ろにずらせた方が大きい(図３下)。大気が海氷面積をコントロールしているとすれば，この位相のずれは自然である。

オホーツク海の西方のシベリア・中国の気圧とは負相関であり、シベリア高気圧が発達するときは海氷は少ない傾向にあることがわかる。

850hPaの気温との同時相関係数（図２b）をみると、北極海沿岸のシベリアからオホーツク海にかけて大きな負の値が分布している。これはシベリアからオホーツク海にかけて低温であればオホーツク海の海氷が広がることを示しており，冷たい大気がオホーツク海から熱を奪うことによって海氷が生成されることを考えるともっともらしい相関である。オホーツク海北西部の55°N, 140°Eの地点の850hPaの気温と海氷面積の年々変動を図４に示す。気温と面積は逆相関であることがわかる。ここで海氷面積は半月後ろにずらしている。半月後ろにずらすと相関係数の大きさが最大であり-0.72となる。また前にずらすと後ろにずらす場合より相関の落ちが大きい。これは気温が海氷面積を支配している要因であることを示している。

４．３　海氷から大気への影響

北海道，特にオホーツク海岸地域では，沿岸に海氷が広がると低温になる傾向があるが、本州以南では値は小さいが正相関となっており，有意な正相関が本州の東方沖にある。この温暖化は南よりの風の偏差によってもたらされる。(35°N, 140°E)の850hPa気温との相関は同時の場合が最大ではあるが，海氷が先のほうが相関係数の減少が小さい（図省略）。これらの結果は数値実験の結果と合致し，海氷が大気に与える影響と考えられる。

数値実験の結果によるとアラスカから北米にかけてロスビー波的応答がみられる。アラスカ・北米の500hPa高度と海氷面積との相関は海氷が1ヶ月先の場合に大きくなり、海氷が大気に及ぼす影響を示している（図省略）。紙数の都合で詳細は割愛する。

５．まとめ

大気循環が海氷面積の拡大を支配するという観点からは以下の結果が得られた。

・海面気圧と大気下層の気温と海氷面積とのローカルな相関から海氷はオホーツク海で西風であり冷たいときに拡大する。
・海氷面積は広域の大気循環変動である北大西洋振動と良い相関がある。これは大気中に卓越する振動がある位相の時に海氷が拡大しやすいとして解釈した。

海氷から大気への影響についてはHonda et al.(1996)の結果を指針として解析した。
・東北地方以南の日本ではオホーツク海の海氷面積が広いと気温が高くなる。
・オホーツク海の海氷がアラスカ・北米の大気循環に影響を及ぼしている。

参　考　文　献

Honda, M., Yamazaki, K., Tachibana, Y. and Takeuchi, K., 1996: Influence of Okhotsk sea-ice extent on atmospheric circulation. *Geophys. Res. Lett.*, 23, 3595-3598.

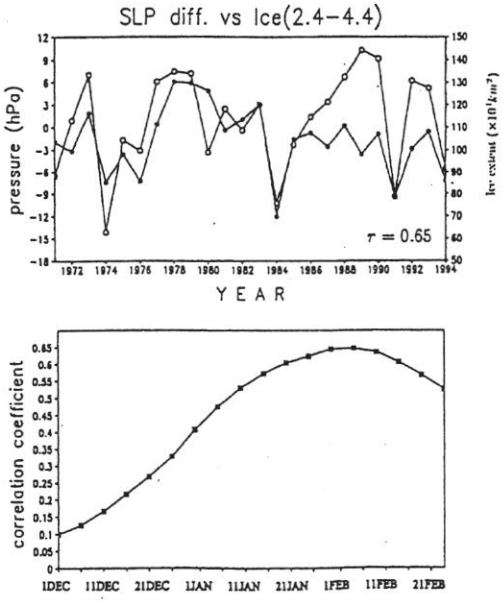


図３　（上）黒丸（●）は2月4日～4月4日（60日）平均のオホーツク海の海氷面積。白丸（○）は（45°N, 150°E）の地点と（60°N, 170°E）の地点の海面気圧の差。海氷面積の目盛りは右側に気圧差の目盛りは左側に示してある。
（下）海氷面積の平均期間の最初の日をずらせた場合の海面気圧差との相関係数の変化。横軸は平均期間の最初の日を示す。1JANは同時相関の場合に相当。これより右は海面気圧差に海氷が遅れる場合で、左は海氷の方が早い場合。

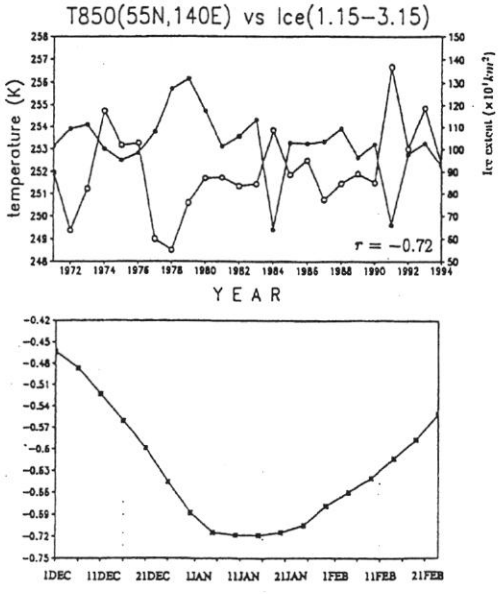


図４　図３と同じ。但し黒丸（●）は1月15日～3月15日（60日）平均のオホーツク海の海氷面積。　白丸（○）は（55°N, 140°E）の地点の850hPa気温。

流氷観光砕氷船おーろら号による海氷厚観測

酒田千尋・中村和樹・西尾文彦
（北海道教育大学）

1.はじめに

オホーツク海は北半球で海氷の発生する南限であることが知られている。また、温暖化の影響を最も顕著に受けると予測されている。オホーツク海の南に位置する北海道北東部の網走沿岸で海氷厚の測定をすることによって、年々の海氷厚の変動を観測することを計画した。

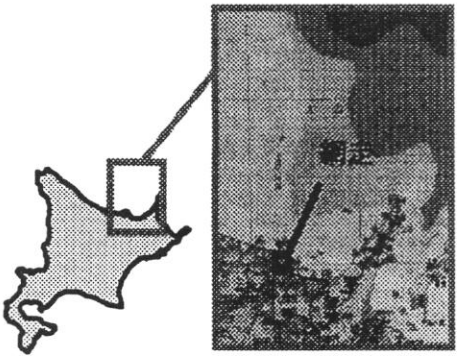


図 1. 網走沿岸の観測領域

2.観測概要

観測は毎年 2 月下旬から 3 月上旬にサロマ湖で行われている海氷実験の期間に網走港から出航する流氷観光砕氷船おーろら号に乗船して行った。海氷は船が進行することにより氷板が割れ、横転して破断面を見せる（図 2)。破断面が映るように船の手すりにビデオカメラと、撮影したビデオ画像内での長さの基準となるレーザーメジャーを設置した（図3)。

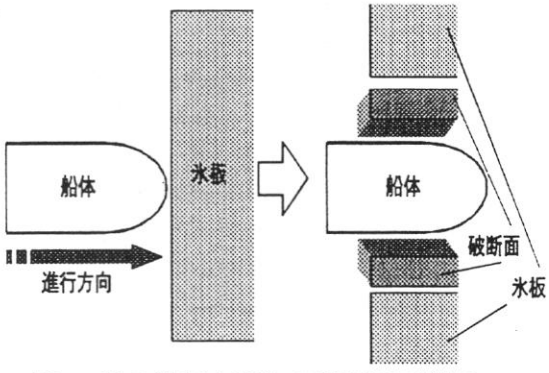


図 2. 船の進行と海氷の破断面の様子

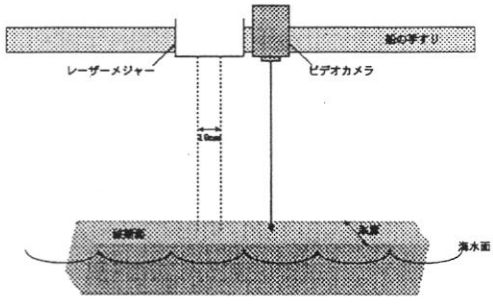


図 3. 観測機器設置図

実際の海氷厚 Hi は撮影したビデオ画像内での海氷厚 Hiv とレーザーメジャー 2 点間 Dv を測り、次の式より算出した。ここで Dr は実際のレーザーメジャーの 2 点間の幅（10cm）を示す。

$$Hi = \frac{Hiv \times Dr}{Dv}$$

海氷厚を観測した 5 年間の各観測日の最大海氷厚を次に示す（表 1)。

表1　観測日と最大海氷厚

観測年	観測日	最大海氷厚（cm）
1995年	3月9日	50
	3月10日	63
1996年	2月16日	42
	2月17日	49
	2月19日	55
1997年	2月23日	108
	2月24日	122
	2月26日	98
1998年	2月20日	35
	2月21日	62
	2月24日	33
	2月26日	49
	2月27日	67
1999年	2月26日	62

3.海氷厚頻度分布

典型的な海氷厚分布を図4に示す。おーろら号による網走沿岸、宇都（1996）による砕氷巡視船そうやでのオホーツク海、Wadhams（1992）によるグリーンランド海の海氷厚の頻度分布を同じ図に示した。各分布の最大頻度を1、また最大海氷厚を1として正規化すると、最大頻度を示す海氷厚から大きくなるのにともない頻度は指数関数的に減少する分布を示す。これが典型的な海氷厚分布となる。

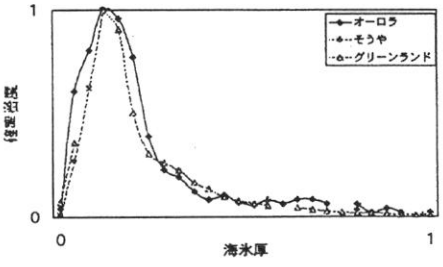


図4. オホーツク海、グリーンランド海での海氷厚分布

図5には網走沿岸の各観測年の海氷厚分布を示す。1997年を除いて、図4に示した典型的な海氷厚分布と類似した分布を示す。1997年は20-25cm、35-40cmに海氷厚の頻度の分布のピークを2つ持ち、120cm以上の厚い氷が観測され、他の年とは異なる分布を示した。これは、観測した網走沿岸では、1997年は他の観測年に比べ、密接した海氷が存在し、また、オホーツク海全体でも海氷が大きくはり出していたためである。観測日前後では、オホーツク海上に低気圧が発達し、オホーツク海の南側に位置する北海道沿岸では強い北風が吹いていた。

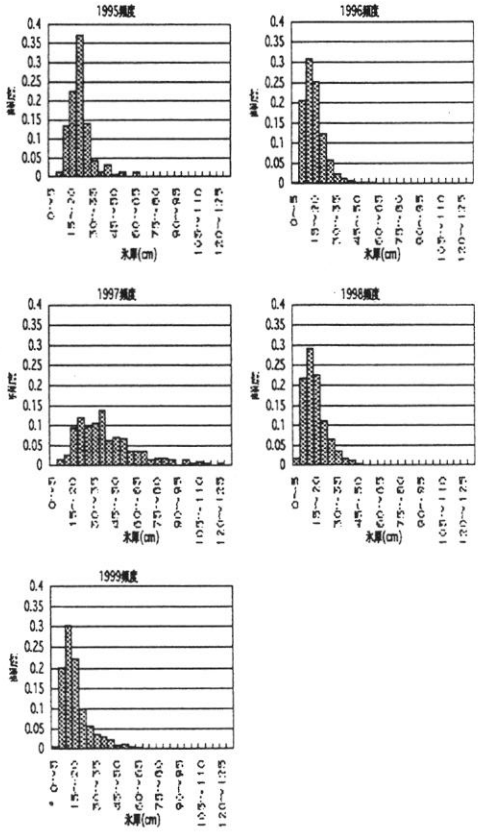


図5. 網走沿岸の海氷厚頻度分布

4.海氷厚頻度分布の指数分布の傾きと平均海氷厚

Wadhams（1992）によると、グリーンランド海における海氷のドラフト厚（海氷の海面よりも下の厚さを示す）からの指数分布の傾きと平均ドラフト厚では負の相関をもつ結果が得られている。また宇都（1996)によると、オホーツク海でも、海氷厚分布の指数関数の傾きと平均海氷厚の間には、負の相関を示す結果を求めている。

これらの２つの観測でみられる海氷厚頻度分布の指数関数の傾きが小さくなると、平均海氷厚は大きくなるという関係が、我々の観測した網走沿岸でも成り立つかどうかの検証を行った。解析を行う際に、網走沿岸で生成された海氷のみ、つまり遠方から流れついた海氷を取り除くために、ステファンの法則を利用して北海道沿岸の海氷の実測から求めた海氷厚の成長値（1）式（福富他、1950）により求めた、各観測年の冬の期間に網走沿岸で成長可能と考えられる海氷厚以上のものを取り除いた。I は海氷厚、ΣT は海氷の結氷温度である-1.8℃以下の気温の絶対値を積算した積算寒度である。今回は2.1～2.7の範囲から、より平均的な海氷厚を求めるため中間値の 2.4 を用いた。また、使用した気温は網走の気象台で観測された日平均気温を用いた。

$$I = (2.1 \sim 2.7)\sqrt{\Sigma T} \qquad (1)$$

指数分布の傾きは、最大頻度を示す海氷厚から積算寒度より求めた観測日までの海氷厚の区間より求めた。他の年とは異なる分布を示した 1997 年を除いた 1995、1996、1998、1999 年の各観測日

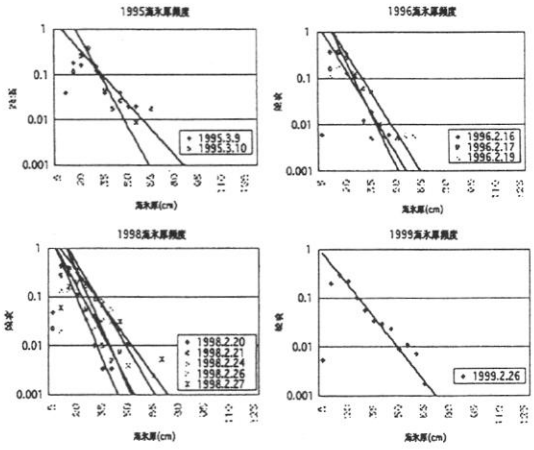


図 6. 観測日毎の海氷厚頻度の指数分布の傾き

の指数分布の傾きを図６に示す。

観測日毎の海氷厚頻度分布の指数分布の傾きと平均海氷厚の相関図を図７に示す。グリーンランド海と、オホーツク海での観測と同様に網走沿岸でも指数分布の傾きと平均海氷厚には同じように負の相関がみられた。図７の最も右に位置するプロットは 1997 年のもので、平均海氷厚が大きかったため、指数分布の傾きを求める際に２つの値より求めたものであり、指数分布の傾きを扱うには適さない値である。

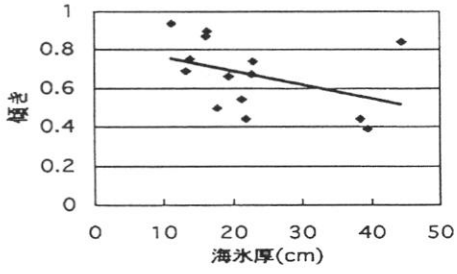


図 7. 指数分布の傾きと平均海氷厚

指数分布の傾きの経年変化を図８に示す。黒色のプロットは傾き、白色のプロ

ットは平均海氷厚を示す。直線は指数分布の傾きの近似直線である。指数分布の傾きをみる際、1997 年は他の年に比べて異なったため、また 1999 年は解析途中であるため取り除いた。これより、海氷厚頻度分布の指数分布の傾きは、年々大きくなっている傾向がみられる。

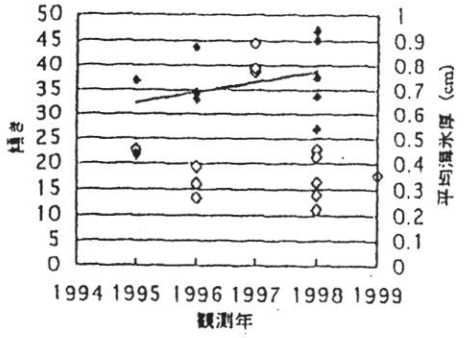


図 8. 海氷厚頻度の指数分布の傾きの経年変化(◆:指数分布の傾き,◇:平均海氷厚)

5.解析結果と考察

1997 年の海氷厚の頻度分布は、典型的な海氷厚分布とは異なる分布を示した。

網走沿岸でも海氷厚の頻度分布の指数分布の傾きが小さくなると平均海氷厚は大きくなるという負の相関がみられた。

網走沿岸における、過去 5 年間の 2 月下旬から 3 月上旬の海氷厚データでは海氷厚の頻度分布の指数分布の傾きは年々大きくなる傾向がみられた。このことは、網走沿岸での平均海氷厚は年々薄くなっていることを意味しており、今年もデータの蓄積をはかっていきたい。

6.今後の課題

1997 年の海氷厚の頻度分布からわかるように、海氷は様々な気象要素の影響を受ける。今後はオホーツク海上の様々な気象要素を考慮した上での海氷厚頻度分布の比較を行う。

海氷厚頻度分布の指数分布の傾きから平均海氷厚を求める。これを用いて海氷量の推定を行う。

参考文献

[1].Wadhams, P. (1994): The polar oceans and their role in shaping the global environment. Geophysical Monograph., 85, 337-361.

[2].宇都正太郎 (1996): 巡視船によるオホーツク海氷況観測結果について. オホーツク海氷ワークショップ報告書.

[3].下田春人、宇都正太郎、田村兼吉、成田秀明 (1996): 船上観測による北海道沿岸オホーツク海域の氷況について －氷厚分布の計測－. 第 11 回オホーツクシンポジウム.

[4].西尾文彦、土田幸子 (1998): オホーツク海の海氷厚の測定と変動. 釧路論集. 第 30 号, 63-86.

山地積雪水量の多点調査

中村 亮 ・ 石井 吉之 （北大低温研） ・ 野村 睦 ・ 小澤 恵 （北大演習林）

1. はじめに

北海道大学農学部付属雨龍地方演習林内の母子里試験流域では，約 15 年にわたって質の良い河川流量のデータの蓄積があり，水収支の経年的な変化を調べることができる．

融雪期水収支を議論するうえで積雪貯留量を正確に見積もることは不可欠である．これまでの研究では，流域内積雪貯留量は流域内の 10 数点での観測値から見積もられているが，流域内積雪水量の詳細な面的分布は明らかになっていない．我々は融雪期直前と融雪最盛期の 2 度にわたり，流域内積雪水量について多点で高密度な調査を行い，積雪水量分布の非一様性を明らかにした．またこの非一様性がどのような地形因子の影響を受けているのかを解析したので，ここにその途中経過を報告する．

2. 観測内容

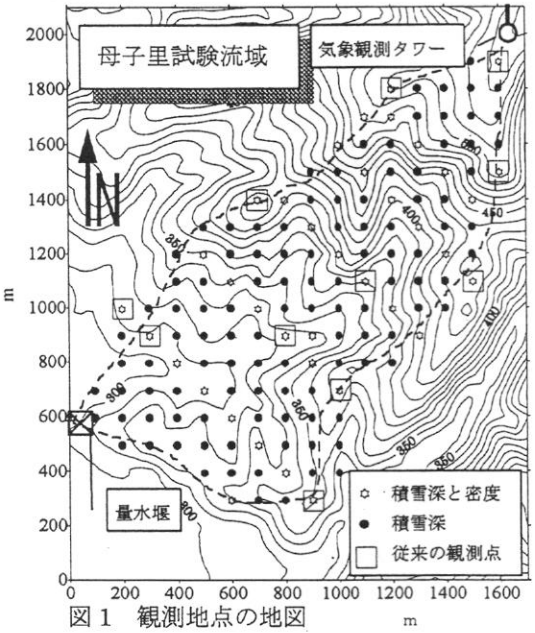


図 1　観測地点の地図

観測は北海道大学雨龍地方演習林内の母子里試験流域（流域面積：1.3km²）（図 1）を対象として，融雪開始直前の'99 3/23-26 及び融雪最盛期の同年 4/28-5/1 の 2 度行った．流域を 100×100m のメッシュに区切り，各地点付近において積雪深を，測深棒を用いて 5—10 回測定しその平均値をその地点の値とした．また，河谷の横断方向 5 測線（合計 37 ヶ所）では，神室型スノーサンプラーを用いて積雪水量および全層密度を測定した．各地点は地形より判断し決定した．

3．観測結果

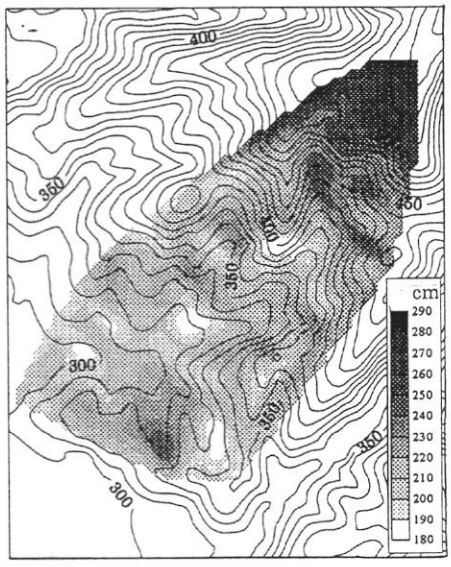


図 2　3/23-26 の積雪深分布

図 2 は 1 度目の観測から得られたデータを基に積雪深の分布を色の濃淡で表したものである．標高 400m 付近を境にして，それより上流では明らかに標高が高くなるにしたがって積雪深も増加傾向にあることがわかる．同様に融雪最盛

期（4/28-5/1）の結果が図３である．またこれら２者の差を取り，雪面低下量の分布を表したものが図４である．

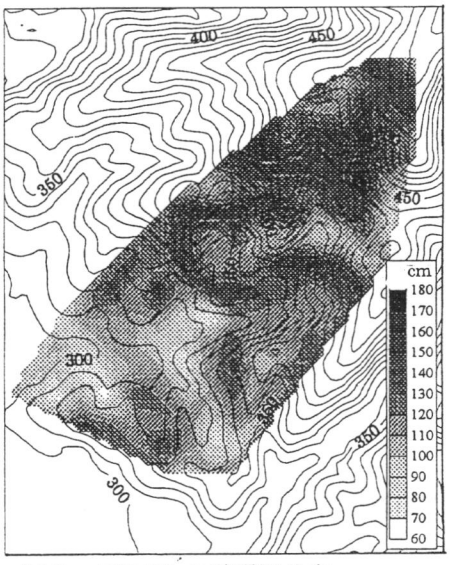


図３　4/28-5/1 の積雪深分布

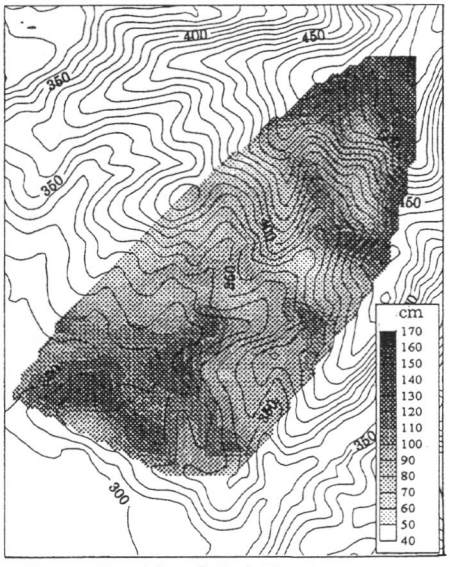


図４　雪面低下量分布図

4. 地形要素と積雪水量分布

積雪全層密度は場所によるばらつきはあまり大きくないので，各期間において流域内一定とし（図 5），これに各地点での積雪深の値を乗ずる事によりその地点の積雪水量とした．

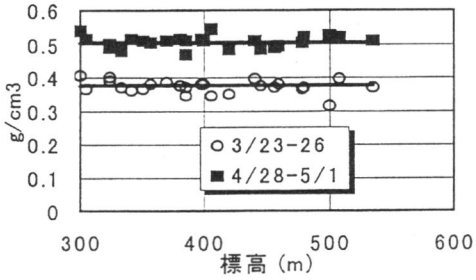


図５　標高と密度の関係

流域内において地形要素（植生，斜面方位，標高）の影響による融雪量の違いについては報告がなされている（石川ら 1994）が，面的に見て地形要素が堆雪，融雪にどのように影響しているかは調べられていない．ここではそれらの影響を検討する．まず融雪開始直前の積雪水量について調べた．標高との関係が図２の分布図からも見られることから，より詳しくその傾向を見た．図６は横軸に標高をとり，各地点において算出された積雪水量をプロットしたものである．明らかに上流に向かうにつれ積雪水量が増加している様子がわかる．

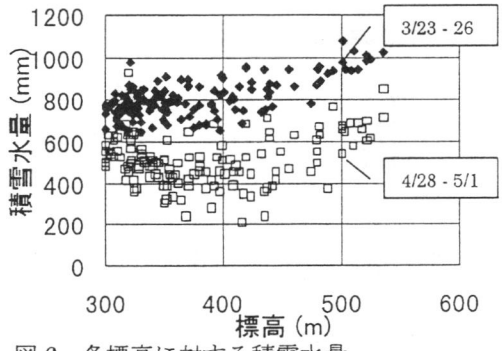


図６　各標高に対する積雪水量

次に植生と積雪水量の関係について調べた．夏期の流域の航空写真判読により 10000m^2 あたりの樹冠密度を百分率で４段階に分類し，標高を５段階に分け，それぞれの密度区分について

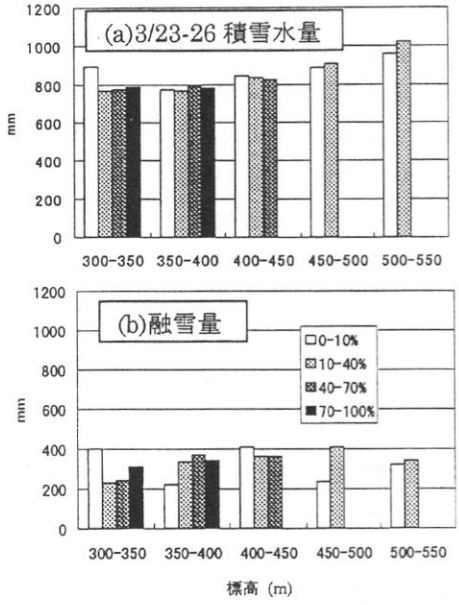


図 7　各樹冠密度の地点における平均積雪水量および平均融雪

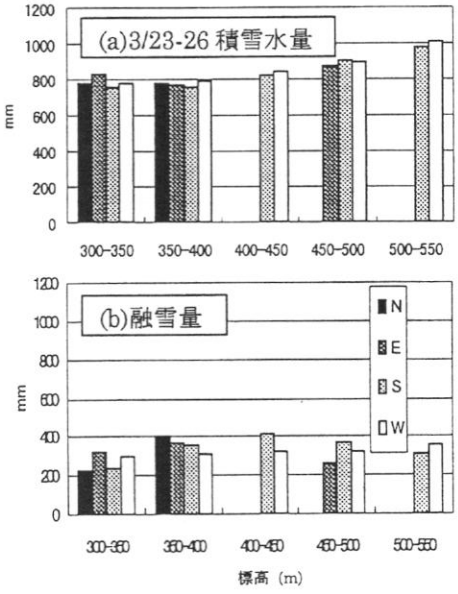


図 8　各斜面方位地点における平均積雪水量及び平均融雪量

積雪水量の平均を取ったものが図 7 である．また斜面方向についても同様の分類を行った結果が図 8 である．両者の解析ともあまり明確な依存性を見出すことはできなかった．

また 2 度目の観測結果に対しても同様の解析を行い，差を取って融雪量とした（図 7,8 の(b)）．これらについても目立った傾向は現れなかった．

5. これまでの流域貯留量の見積もりとの比較

これまでの研究では，流域内 10 数点の定点での積雪水量観測のデータを用いて流域内積雪貯留量が見積もられてきた．ここではそれらの見積もり方が妥当なものであるかを検証した．

これまでの見積もりは次のように行う．年によって異なるがまず尾根筋などの定点（図 1 参照）での観測を行い，各点の値と地点標高との散布図を作る．標高 400m を境として，それより上流では積雪水量は標高に比例するとし，それより低い点では一定とする（図 9）．各標高において算出された積雪水量に標高毎の面積分布（図 10）を百分率に直したものを掛け，それらを加算することにより流域内平均積雪水量とする．

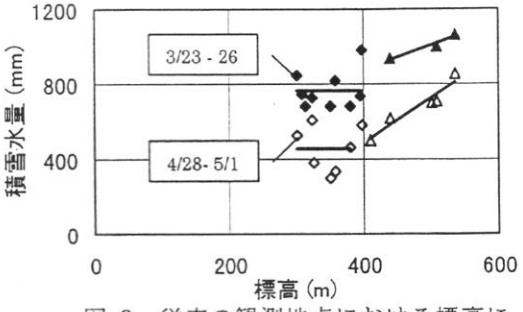


図 9　従来の観測地点における標高に対する積雪水量

今回の観測で得られたデータにおいて，従来の方法で計算した積雪水量と，各期間流域内での全平均積雪深に全平均全層密度を乗じて見積もった流域内平均積雪水量を比較したものが表 1 である．比較のため，従来の定点での積雪水量の平均値と，図 9 において標高 400m で区別

せずに積雪水量は下流から標高に比例するとして直線を引き計算したときの値も示す．

全平均による積雪水量を信頼できるものとすると，従来の方法による見積もりは若干多めではあるが概ね妥当であることがわかった．

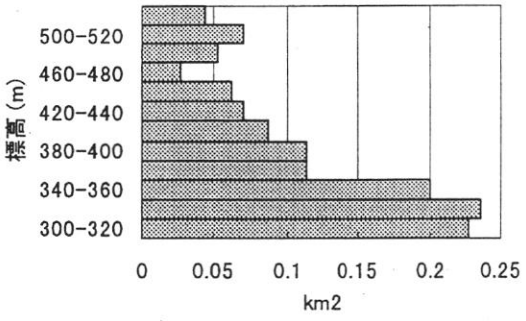


図 10　各標高における面積

mm	3/23-26	4/28-5/1	融雪量
流域全平均	811	510	301
従来の方法	826	514	312
定点の平均	823	548	275
標高に比例	818	513	305

表 1　流域平均積雪深の見積もり（融雪量はそれぞれ 2 値の差）

7．まとめ

融雪期直前の積雪水量を多点で高密度に調査し，その面的な分布を明らかにすることができた．樹冠密度および斜面方位毎に積雪水量の平均値を求めたが，それらが堆雪，融雪に及ぼしている効果はこの解析からは明らかにすることはできなかった．

これまでの研究において行われた流域内積雪貯留量の見積もりは，今回の調査における流域内全平均の積雪水量と比較すると若干多めではあるが，その差は小さく，妥当なものであると言うことがわかった．

積雪水量分布の地形因子に対する依存性は，それらの影響を分離した解析を行っていないので，それぞれの影響が混在しその傾向が現れなかったことも考えられる．またここで挙げた植生，斜面方位の他に斜面の傾斜角についても考慮していかなければならない．

今後はさらに解析を進め，地形因子の積雪及び融雪への影響のパラメータ化を目指し，流域内積雪水量の非一様性がどのような影響を受けて現れるのかを明らかにしていく予定である．

本研究を進めるにあたり，北大低温研の岩倉徹氏，久保田敬二氏，西川大輔氏，山﨑学氏には調査においてご協力を頂いた．北大雨龍地方演習林の教職員の方々には調査を行う上でさまざまな便宜を図って頂いた．また北大低温研の小林大二氏，石川信敬氏，兒玉裕二氏には貴重な助言を頂いた．ここに感謝の意を表します．

参考文献

1) Nomura, M.(1994) Studies on the Delay Mechanism of Runoff to Snowmelt, *Contributions From the Institute of Low Temperature Science.*, Ser A.,39, 1-49

2) 石川信敬，中谷千春，兒玉裕二，小林大二 (1994) 山地小流域における融雪量の熱収支的算出法について，雪氷 56，第 1 号，31-43

雪崩発生の監視と予知システムの開発による道路防災対策の研究（I）

西村浩一（北大低温研）、八久保晶弘（北見工大）、松沢　勝（開土研）

1. はじめに

冬期の道路防災を考えるうえで、「吹雪」による視程障害や吹きだまりとならび、「雪崩」対策もまた重要な項目と言える。ひとくちに雪崩といっても、法面の積雪崩落から峠の沢筋等で発生する比較的規模の大きいものまでその規模はさまざまであるが、車輌や人員が巻き込まれたり道路が閉鎖されるなどの事例は毎冬必ず何件か発生している。本研究では、気象・積雪さらには道路条件を加えた広範な因子を用いた解析を行い、雪崩発生の監視と予知システムの構築に資することを目的とする。

今回はフランスで雪崩予報を目的に開発された１次元積雪層構造モデル（クロッカスモデル（Brun et al., 1989,1992））を道内の国道沿線にある道路気象テレメータ地点に適用した結果を紹介する。

2. クロッカスモデル

本モデルでは、９種類の気象データ（気温・風速・湿度・降水量・雨雪判別・大気放射量・直達日射量・散乱日射量・雲量）を入力すると、
・積雪深、積雪水量、積雪底面での融雪量、・積雪層構造、・積雪の表面温度、・雪面における熱収支の時系列データが出力される。このうち積雪層構造の記述に関しては、各層ごとに、地表面からの高さ・層の厚さ・雪質・粒径・雪温・密度・含水率が出力される。今後検討を要する課題も多いものの、過去２冬季間北大低温研裏庭を対象に行われた検討結果では、モデルの出力と断面観測の値は、積雪深、雪質、密度分布ともに比較的高い精度で一致することが確認されている。

そこで、本研究では道内の国道沿線に設置された道路テレメータから６地点（天北峠、北見峠、三国峠、富和、狩勝峠、霧立峠）を抽出し、気象観測データをモデルに入力することで積雪構造の推移の再現を試みた。ただしテレメータ地点での測定項目は、多くても気温、積雪深、降水量、風向風速であり、モデル入力に必要な上記の９種類の気象データをカバーできない。特に日射量は推定困難であるため、あらたに日射計（英弘精機 ML-020）を設置した。図１に北見峠での測定結果を示す。

3. 計算の方法と結果

ここでは、６地点のうちから北見峠を対象に取りあげ、現地で取得された日射量のデータとクロッカスモデルを用いて当地での積雪状況を推定する試みを行った結果を紹介する。

モデルの入力に必要な気象データのうち、気温、風速、降水量については北見峠の道路気象テレメータのデータを用いた。また、雨雪の判別は気温（+3℃）の値を基準に行った。３種類の放射量と雲量は、近藤（1994）を参考にして以下の方法で算出した。まず近傍のアメダス地点（白滝）の日照時間のデータから、雲の効果を現わす係数Ｃ（快

晴時に1、雲量10程度で0.2235）を求める。

$$C = 0.826A^3 - 1.234A^2 + 1.135A + 0.298 \quad (1)$$

$$A = N / N_0 \quad (2)$$

ここで N は日照時間、N_0 は可照時間である。また、快晴時の大気放射量は、以下の式で近似が可能である。

$$\frac{L\downarrow}{\sigma T^4} = 0.51 + 0.066e^{0.5} \quad (3)$$

T と e は境界層内の代表値として与えられる気温と水蒸気圧であるが、ここでは気温については現地（道路テレメータ）での測定値を、また水蒸気圧はテレメータ、アメダス地点ともに測定が行われていないため、旭川地方気象台での値を代用した。

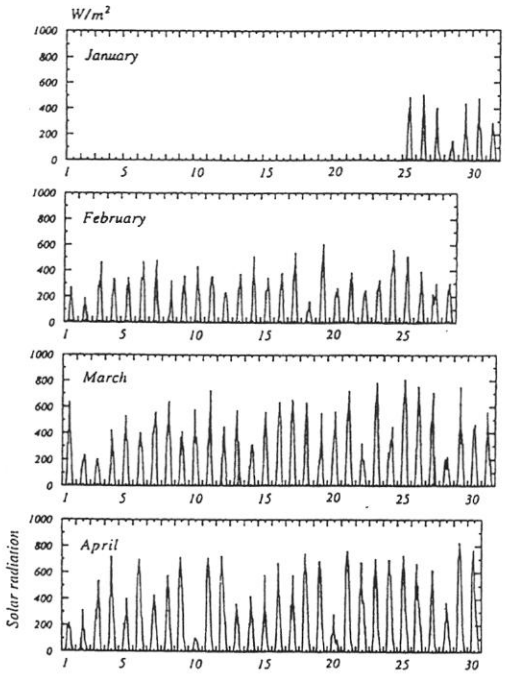


図1.　日射量の測定結果（北見峠）

こうして求めた快晴時の大気放射量 $L\downarrow$ とCを用いると、次式から雲のある場合の大気放射量 Ld を求めることができる。（注：本来は日平均値に対して用いるべき式であり、これを時間平均値にまで拡張することは今後検討を要する）

$$L_d^4 = \sigma T^4 \left[1 - \left(1 - \frac{L\downarrow}{\sigma T^4}\right) C\right] \quad (4)$$

雲量は

$$C = 1 - n\,(1 - 0.2235) \quad (5)$$

から求めた。一方、全天日射量に対する散乱の寄与率は雲量10の場合に1、雲量0の快晴時ではおおよそ0.2程度であることから、現地で測定された全天日射量 S を以下の式にしたがって直達日射量 S_d と散乱日射量 S_s にふりわけた。

$$S_s = S \times (0.8n + 0.2) \quad (6)$$

$$S_d = S - S_s \quad (7)$$

相対湿度は、先に述べたように近傍での実測値がないことから旭川地方気象台の値を

代用した。

計算は、当地に日射計が設置された翌日にあたる1999年1月24日から開始した。初期条件は、積雪深が195cm（道路テレメータによる測定値）、雪温、密度、雪質はいずれも全層均一で、それぞれ−5℃、200kg/m³、しまり雪という内容である。

図2にモデルから出力された積雪構造の変化（2月1日から4月10日）を10日毎にあらわす。当地での積雪断面による実測値がないため結果の妥当性に関する評価は困難であるが、表面付近では新雪がこしまり、しまり雪へとしだいに変化する一般的な傾向は再現されている。また底面付近、とりわけ3月以降はこしもざらめ雪の分布が卓越する結果も示された。これに対して、求められた積雪深の変化を道路テレメータによる測定値と比較したものが図3である。短周期での増減の傾向は両者ともほぼ一致しているものの、実測では期間中の積雪深の増加が50cm程度であるのに対し、計算結果では最大値が370cmに達するなど絶対値に大きな差異が見られた。先に述べたように北大低温研での比較では大きな相違は生じなかったことを考慮すると、主たる原因は、今回実施した大気放射量Ld、直達日射量S_dと散乱日射量S_s、雲量などの推定手法にあり、今後検討の余地があることを示すものと言えよう。

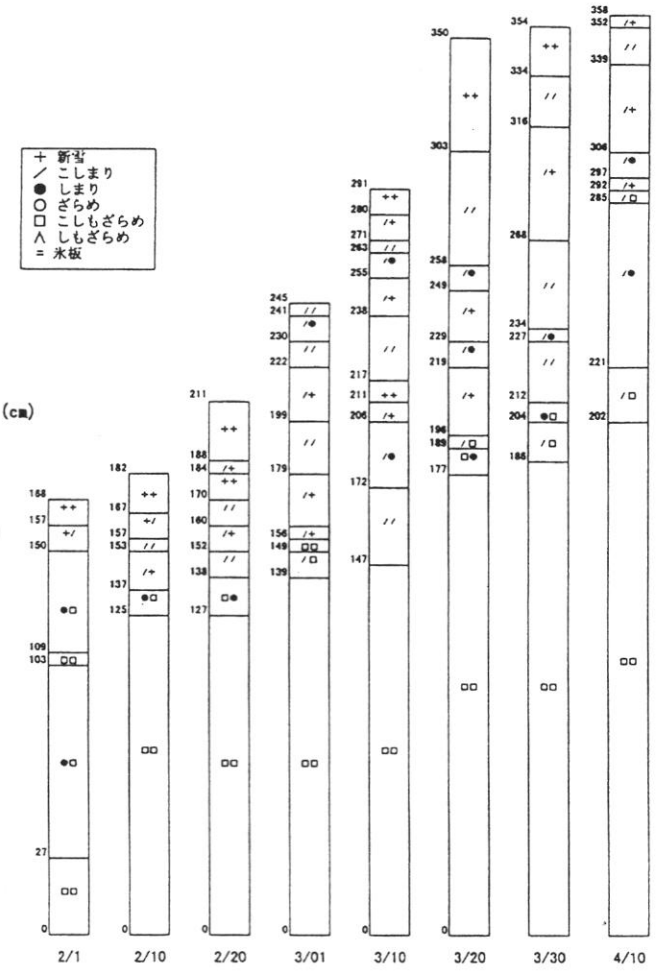


図2.　クロッカスモデルによる積雪構造の計算結果

4.　今後の課題

今年度は北海道内6地点に日射計を設置し、それによる測定結果と道路テレメータ、アメダス等のデータを組み合わせてクロッカスモデルから積雪構造の変化状況を再現する試みを行った。結果は図3に示すように積雪深の絶対値に大きな差異が見られるなど必ずしも満足できるものではなかった。今後は、(1)日射計の計測を無積雪時から開始する、(2)湿度の測定を加える、(3)対象地点で定期的に積雪構造の観測を実施する、(4)雲量、放射量の推定手法を吟味する、(5)道路テレメータ地点における気象データの質的

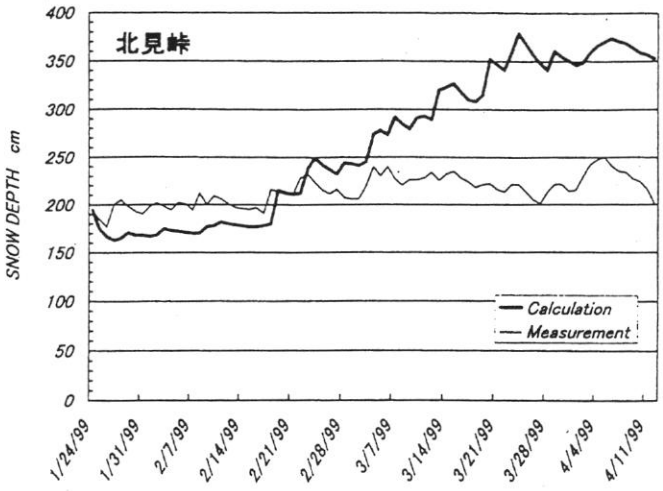


図 3.　道路テレメータでの積雪深の測定値と
クロッカスモデルによる計算結果の比較

検討（設置場所、除雪作業の影響の評価ほか）など、観測の量と質、両面での改善が必要と考えられる。また同時に、モデル内に組み込まれた雪質の変化を予測するサブプロセスについても、これまでの研究成果をもとに逐一検討と修正を重ねて行く予定である。

参考文献

E. Brun et al.: An energy and mass model of snow cover suitable for operational avalanche forecasting, Journal of Glaciology, Vol.35, No.121, 333－342, 1989.
E. Brun et al.: A numerical model to simulate snow-cover stratigraphy for operational avalanche forecasting, Journal of Glaciology, Vol.38, No.128, 13－22, 1992.
近藤純正：水環境の気象学、朝倉書店、pp.350, 1994.

札幌圏ホワイトネット実験プロジェクト
－冬期道路管理の情報共有システム－

中村直久、加治屋安彦、松澤勝（北海道開発局開発土木研究所）

はじめに

札幌圏ではスパイクタイヤの法規制以降、非常に滑りやすい「つるつる路面」の出現が顕著になっており、より高度な路面管理が求められてきている。また、平成８年１月には記録的な豪雪におそわれ交通流がストップ、都市機能が麻痺してしまう事態に陥り、各機関・組織の連携の不備が浮き彫りとなった。

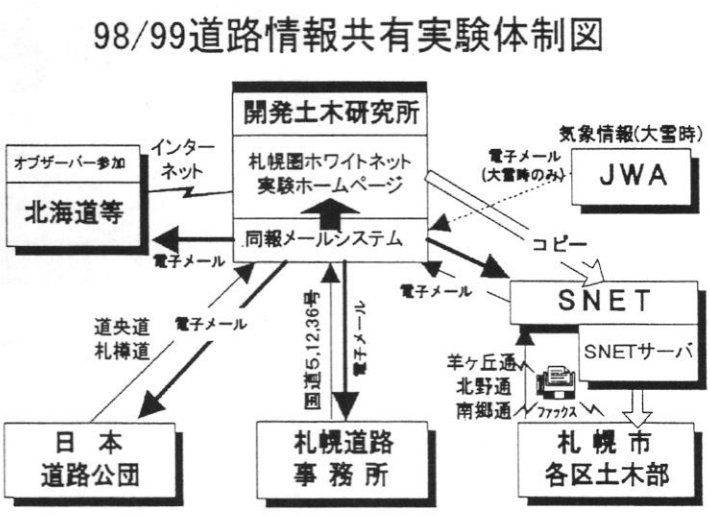
北海道開発局、北海道、札幌市、日本道路公団北海道支社で組織する「北海道冬期路面管理充実計画策定協議会」では、道路管理者間の情報共有などにより各機関の連携を強化することを目的として、平成９年８月に「札幌圏道路情報高度活用連絡会議」を下部機関として設置し、平成９年度から冬期札幌圏道路情報共有実験「札幌圏ホワイトネット実験プロジェクト」を実施している。現在情報共有の手段として、最近急速に普及したインターネットに着目し、その有効性を調査検討しているところである。

本報では２冬期目を数える昨年度の実験について報告する。

実験概要

道路情報共有実験

図－１は98/99冬期における実験体制である。実験対象路線として８路線を選定した。北海道開発局札幌道路事務所、札幌市各区土木部、日本道路公団北海道支社は、該当する路線の情報を発信した。また各情報を収集、処理する部分は当研究所が担当した。



図－１　実験体制図

97/98冬期は、現場管理者側にネットワークが整備されていない箇所もあったので、情報の送受信においてはＦＡＸを用いることとしたが、昨年度には、ほぼ全て電子メール（以後メール）での情報交換が可能となった。そのため、情報をコンピュータ処理することができ、かなりの面で自動化されている。

同報メールシステム

各道路管理者が所持している情報をメールで当研究所のサーバに送信すると、自動的に他の実験参加者全員に配信される同報メールシステムを構築した。このことにより、参加者の人数に関わらず情報発信は一度で済む。ＦＡＸでは人数分だけ送信を繰り返さなくてはならないが、その手間と時間を無くすことができた。

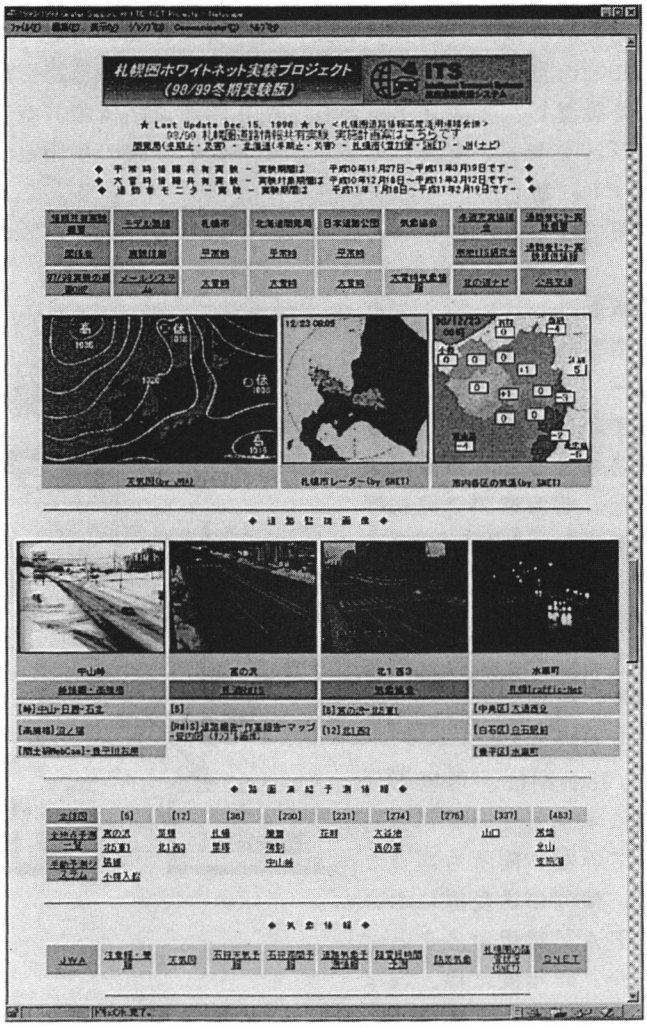
実験ホームページ

図－２は昨年度の札幌圏ホワイトネット実験プロジェクトホームページである。

このページでは、道路監視画像、路面凍結予測情報、気象情報など道路管理上、必要と思われる情報を掲載してある。

また、道路管理者からの情報メールも当ホームページに掲載しているが、この部分に関しては、特定のメールをサーバから自動的に検索し、ホームページに整理して掲載するソフトウェアを使用することにより、迅速な情報更新が可能となった。これもメール導入による効果である。

現在このホームページは実験段階であるので、一般の方々からはアクセスできないようにパスワードを設けている。



図－２　実験ホームページ

実験手順

本実験では平常時実験と大雪時実験の二つの手順で行っている。

平常時実験とは道路管理を効率的に行うための情報で、毎週金曜日の午後５時までに路上工事予定や運搬排雪予定などの情報を発信する。

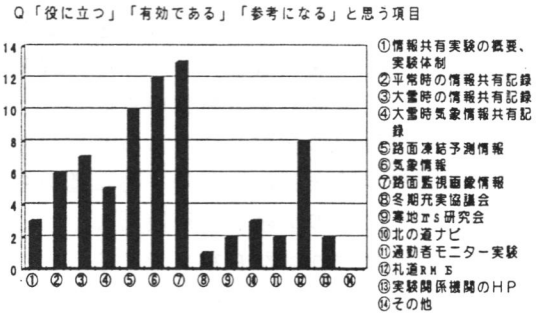
大雪時実験とは大雪時（大雪警報発令時など）の緊急性の高い情報で、定時（０、６、12、18時）および重大事象発

生時には逐次情報発信を行う。通行規制情報、道路管理予定、気象情報などを扱い、大雪警報が解除され現地道路管理者が終了しても良いと判断するまで続ける。

アンケート結果

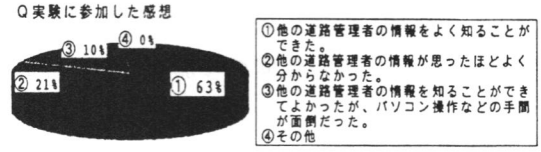
実験終了後、連絡会議メンバーおよび除雪業者を対象にアンケートによる調査を行い、２９名から回答を得た。

今回共有した情報の中で、役に立つ有効である参考になると思う項目として、路面監視画像情報を挙げた人が最も多かった。さらに気象情報、路面凍結予測情報と続くが、道路管理上必要な項目が上位を占めたといえる（図－３）。



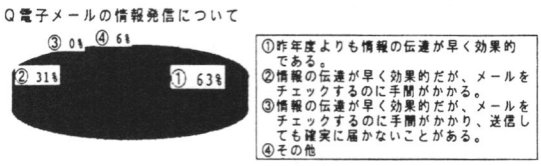
図－３　有効と思われる項目

実験に参加した感想（図－４）であるが、前回より他の管理者の情報をよく知ることができたという意見が63％であった。それはよいものの、パソコンの操作が手間であるとの回答が10％あり、合わせると73％が分かりやすくなったと回答している。



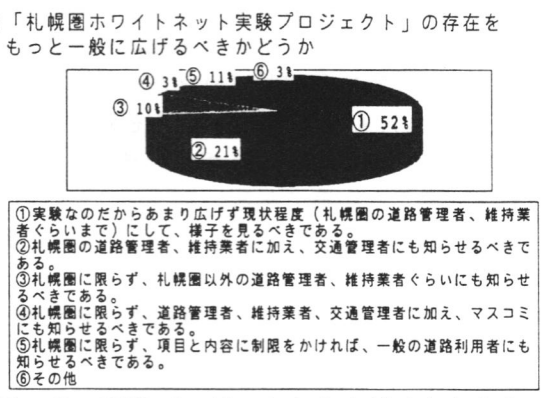
図－４　実験に参加した感想

今回から採用した電子メールの情報発信について（図－５）は、63％が昨年度よりも情報発信が早く効果的であると回答している。受信チェックに手間はかかるが効果的であると答えた31％と合わせると、94％が効果を認めている。



図－５　電子メールによる情報配信について

このようにシステム自体はよい反応が得られたといえるが、どちらのアンケートでも、操作の手間を問題とする解答がある。これはある程度はやむを得ないといえるだろうが、前者であればシステムに慣れることで、また後者であれば常時メールソフトを立ち上げておくなどの工夫で、軽減できるものと思われる。



図－６　実験プロジェクトを広げるかどうか

このことについては、もっと調査を進めていくべきであろう。

「札幌圏ホワイトネット実験プロジェクト」存在をもっと一般に広げるべきかどうかという質問を前回に引き続き行った。今回は実験なのだからあまり広げず現状程度で様子を見るべきであるという意見が半数以上を占めたが（図－６）、前回の調査では、札幌圏に

限らず項目と内容に制限をかければ、一般の道路利用者ににも知らせるべきであるという意見が半数近くであった。前回は現場の道路維持担当者のみを対象として行った調査であるに対し、今回は連絡会議メンバーの行政側の意見も入っており、この結果の差は行政側と現場側の、実験に対する意識の差によるものではないかと思われる。

その他、具体的に記述してもらった意見として、システムの有効性を渋滞がどれほど緩和され、除雪作業をどれほど効率的に進められたかなど、客観的な例で示すべきだという意見があった。この実験を実用段階まで完成し、実際に本格運用するとなれば、多くの機関の協力を得なければならないであろうし、もっと確実な説得力を持つ評価データが必要となってくると思われ、検討すべき課題である。

さらに、もっと扱う情報を増やすべきというものもあったが、実際問題として、待機職員が少ない夜間に大雪に見舞われた場合は、本来の業務処理に追われ、実験向けに情報発信する余裕がないという意見もあり、先ほどのアンケートと合わせても、現状程度で様子を見たいというのが今回の参加者の大多数の意識であると言えそうである。

まとめ

今回実現したものとして、インターネットに基づくシステムの構築と、道路管理者間や気象機関との連絡体制の構築が挙げられる。これにより当初の目的であった情報共有化による各機関の連携は、ハードウェアの面ではほぼ実現し、また実験参加者からも高い評価を得た。しかし、実験の運用において一部不慣れな点があり、決められた情報が正しく提供されない場合もあった。よって今は新技術の導入よりも、実験手順とシステム操作の習熟が優先課題といえる。

実験はまだ２冬期目を数えたばかりであり、ほかに例を見ない本システムの構築に当たっては、これから解決していかなくてはならない多くの問題を抱えている。そして今後も試行錯誤を繰り返し、問題点を洗い出していく必要があると思われる。

最後に本実験に参加していただいた、北海道開発局、北海道、札幌市、日本道路公団北海道支社、（財）北海道道路管理技術センター、（社）北海道開発技術センター、（財）日本気象協会北海道本部、札幌総合情報センター（株）、除雪請負業者等の関係者各位に感謝の意を表する次第である。

参考文献

１）松澤勝、加治屋安彦、中村直久：札幌圏ホワイトネット実験プロジェクト～冬期道路管理の情報共有から札幌ＩＴＳに向けて～、第42回北海道開発局技術研究発表会、1999年２月

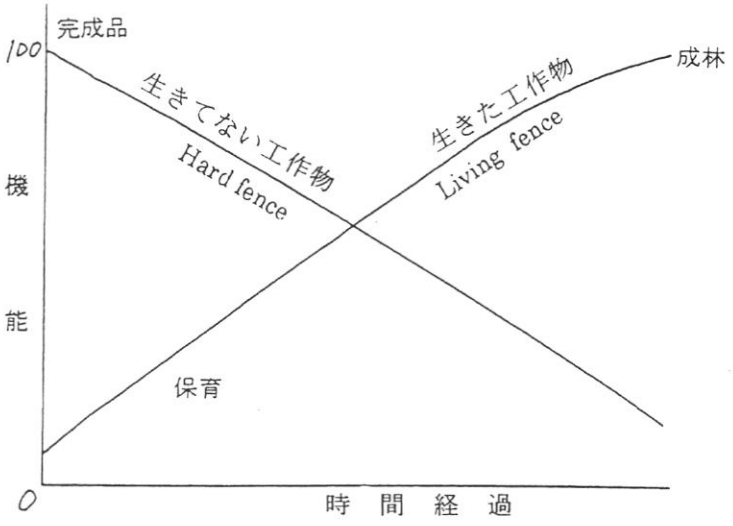
２）中村直久、加治屋安彦、松澤勝：インターネット技術を活用した道路情報システムに関する研究（第３報）－札幌圏ホワイトネット98/99冬期実験における情報共有システム－、土木学会北海道支部論文報告集第55号(B)、1999年２月

国道272号別海町春別地区における防雪林造成の樹種配置および成長量の予測について

専修大学北海道短期大学　斎　藤　新一郎

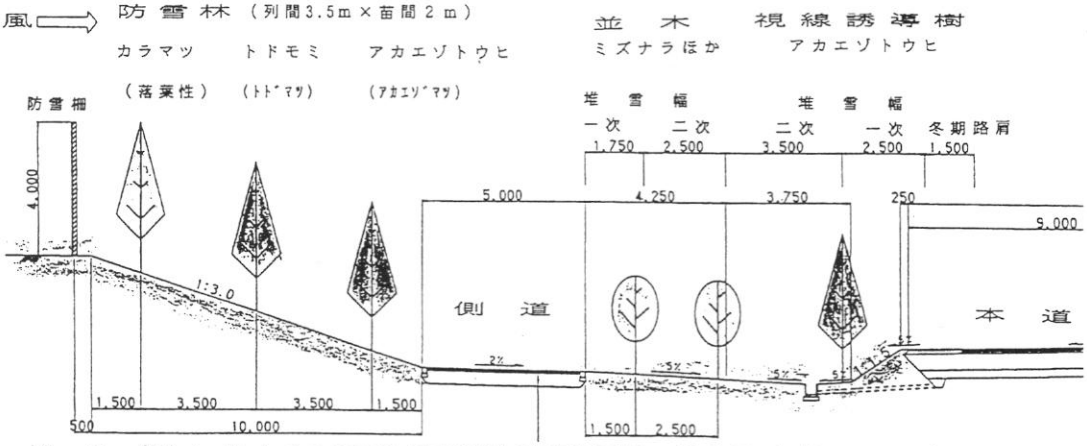
1．まえがき

道路防雪林は，生きた工作物(Living fence)として，本命の防風・防雪・視線誘導などの機能のほかにも，防音・大樹浄化・遮断などの環境林として，さらに景観林としても，きわめて多くの機能を有する．それゆえ，生きてない工作物(hard fence)に比較して，生きた工作物は，デメリットが少なく，いちじるしく多機能であり，時間経過とともに完成度が高まるから(図－1)，地球温暖化防止機能も含めて，可能な限り，積極的に，これを造成してゆくことが期待されている．



図－1　生きた工作物と生きてない工作物の比較

国道 272 号の釧路～中標津間においても，先ず，別海町春別地区において，高規格道路の建設にともない，新しいタイプの防雪林が造成され始めた(図－2)．そして，計画と

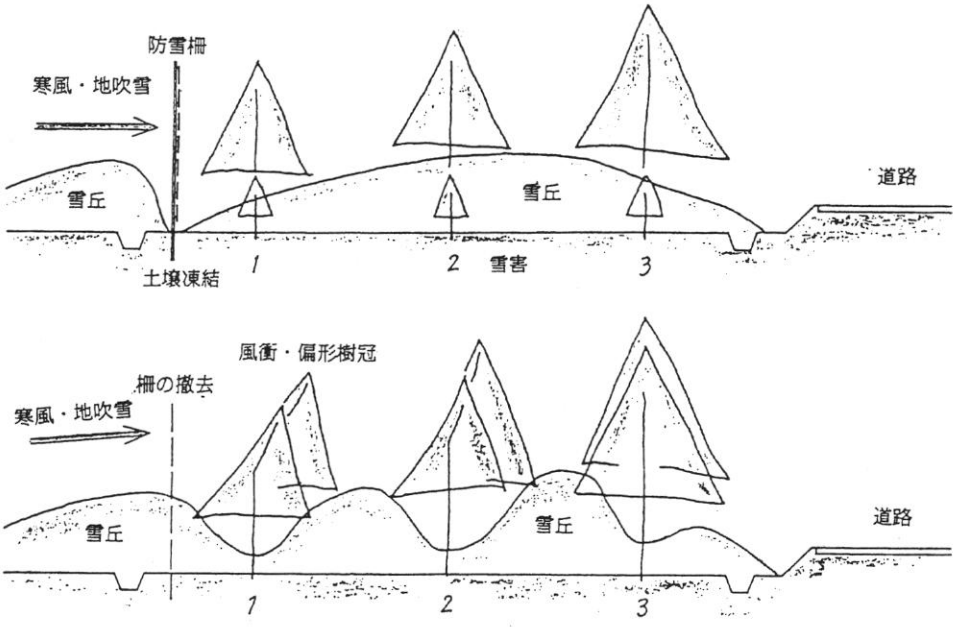


図－2　新しいタイプの R272 号高規格道路防雪林の模式図(斎藤・原・阿部 1996)

施工の違いを含む，ここにおける新たな課題の発生とその解決方法を検討してみた．

2．防雪柵が仮設の場合の樹種配置

一般的に，防雪柵は，仮設的な工作物であり，防雪林の初期成長を保護・促進し，しかも，その間の防雪機能を代替する．そして，柵の高さは４ｍであり，高速道路においては，ほぼ10年後を目途に，防雪林の成長を待って，撤去されることになっている．そして，防雪林は，幅 10mであれば，3 列植えであり，広い列間(3.5m)が特徴であって，この列間に地吹雪が捕捉される(雪丘を形成する)．この模式図が，図－３に示される．



図－３　苗木(1.0m)植えで，10年後に撤去される防雪柵と雪丘形成の模式図

3．防雪柵が永久設置の場合の樹種配置

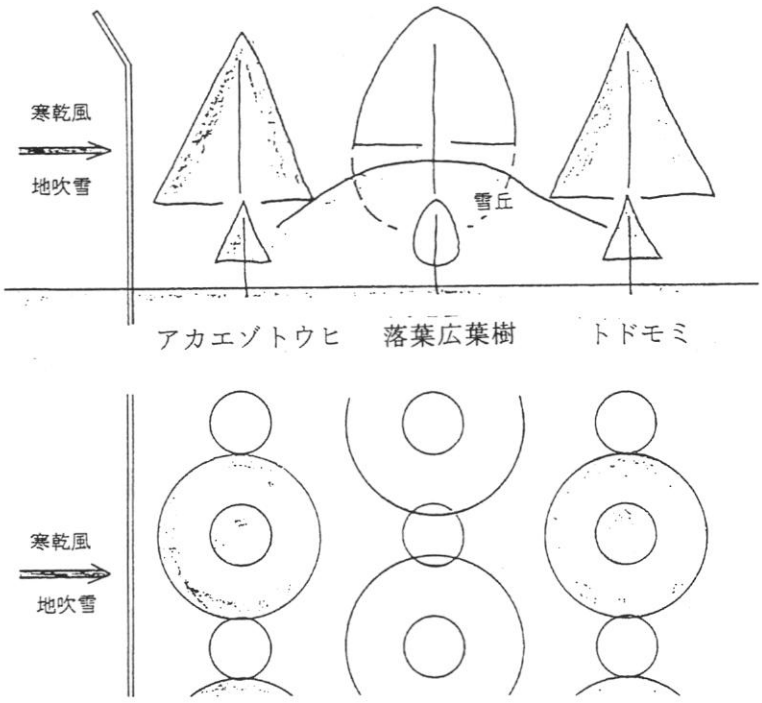
ところが，この R272 号では，高さ５ｍの防雪柵が，撤去されずに，永久に設置されることになった．しかも，設計では地上高 1.0mの大苗植えの筈であったが，実際には，2.0m以上の半成木が，ときには柵高の５ｍよりも高い成木が植栽された．

そうなると，樹種の配置が，再考されなければならない．また，植栽する苗木のサイズも，再検討されなければならない．

先ず，樹種の配置であるが，防雪柵に永久的に風上前線を保護されるのであるから，耐寒乾風性の，落葉性の針葉樹である，カラマツを植える目的が失われる．初期の成長が保証され，樹高が５ｍを越えて，根張り・枝張りが十分になれば，常緑性の針葉樹であるトドモミ(ﾄﾄﾞﾏﾂ)およびアカエゾトウヒ(ｱｶｴｿﾞﾏﾂ)でも，寒乾害に十分に耐えることができる．

そうなれば，3 列植えでも，風上第 1 列のカラマツを外して，アカエゾトウヒに置換する．そして，第 2 列には，生態的な安定さのために，また，雪丘形成の場所としても，落葉広葉樹(ヤチダモ，ミズナラ，ハルニレ，ほか)を植えたい．さらに，第 3 列に，トド

モミを植える．つまり，常緑性のアカエゾトウヒおよびトドモミが防風・防雪機能を発現し，落葉性の広葉樹類が捕雪・生態的安定の機能を発現するのである(図－4)．



図－4　永久柵の場合の樹種の配置(案)

4．既往の植栽成績からみた各樹種の成長量の予測

上春別中学校の校庭林・公宅生垣，旧農家の屋敷林，耕地防風林，防雪林造成地への移植木，路傍の自然侵入木，ほかにおいて，植栽木ないし天然生木の，年々の伸長量が，枝階によって測定された．その結果，苗木段階および植栽直後の年伸長量の小ささを別にすると，アカエゾトウヒでは，年伸長量が 0.3～0.4mであり，トドモミでは0.5～0.6mであって，カラマツでは0.5～1.0mであった(図－5)．

ということは，1.0mの大苗が，根切り無く，確実に植えられれば，10 年後に，アカエゾトウヒは 4.0～5.0mになり，トドモミは 6.0～7.0mになり，カラマツは 6.0～11.0mに成長している筈である．いずれも，５mの柵高に達しているにちがいない．

5．大苗・半成木・成木移植の問題点

1998 年初冬の調査の際に，その年の秋に移植された成木・半成木は，勢いが失われたようには診えなかった．しかし，99 年 2 月の調査では，高さ２m余の半成木まで，勢いが乏しい個体が多く診られ，枯死している固体もかなり多く診られた．

そして，99 年 7 月の観察では，高さ２m余の半成木の大部分が枯死して，補植(枯れ補償)されていた．その原因の第１は，強い根切りにあった――高さ 200 ㎝余の地上部に対して，地下部の直径・深さが 15～20 ㎝しかなかった！　地上部と地下部のバランスからみて，「枯れるように植えた」としか言いようがない．

上述の樹種の成長量からみても，僅か 10 年待てば，柵高を越えるのであり，その間の地吹雪を防雪柵が抑えているのであるから，しかも，永久設置であるから，半成木・成木を植えることは，誤りである，といえる．国道 40 号の防雪林も，美幌峠の防雪林も，全てが苗木植えで成功しつつあることを勘案するなら，ここ R272 号でも，永久防雪柵＋苗木植えの組み合わせが，適正な防雪林の造成方法である，といえる．

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: 32~33.

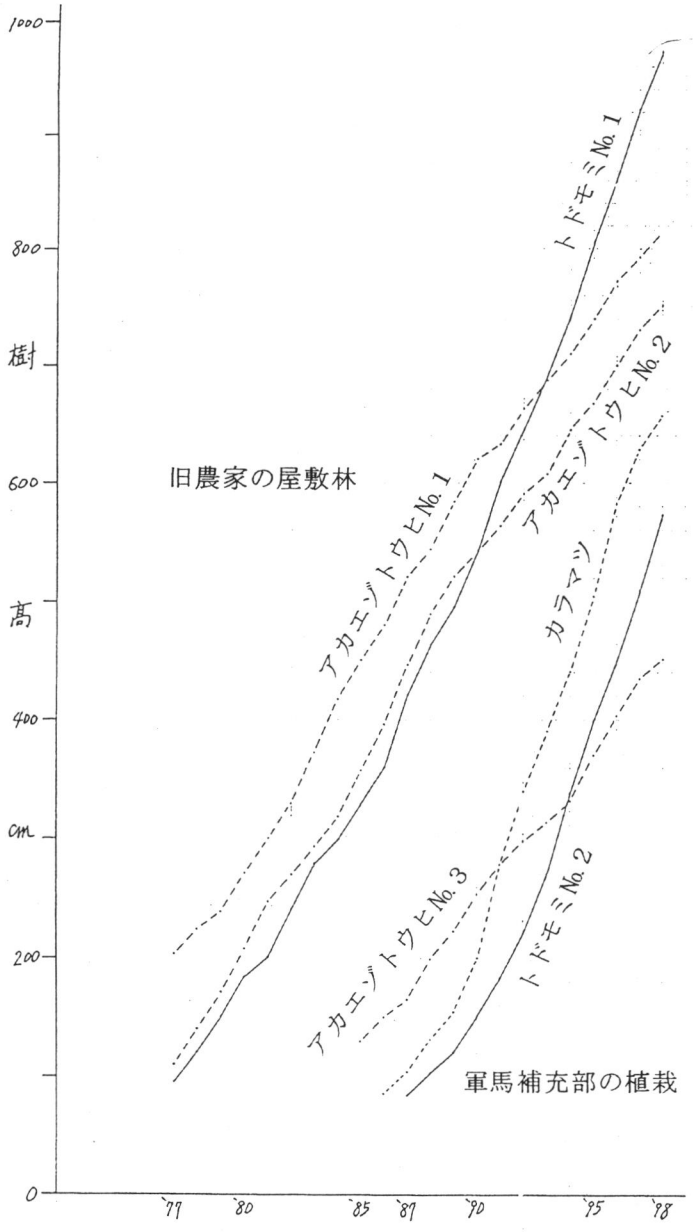
斎藤新一郎，1996．道路防災計画．釧路開発建設部監修「広域道路網検討調査業務――春別道路景観及防災基本計画検討」，p.22~67，北海道開発技術センター．

斎藤新一郎，1997．植栽後 10 余年を経過した道路防雪林の成長経過と今後の保育方法――国道 40 号中川町国府地区における 1 事例．雪氷大会講予稿集，1997: 57+資料 15pp.

斎藤新一郎，1999．釧路中標津道路別海町防雪林施工検討報告書――別海町における国道 272 号高規格道路の防雪林の造成方法について．手記 194 pp.，ダイヤコンサルタント札幌支店への報告書(釧路開発建設部委託).

斎藤新一郎・成田俊司，1991．耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害について(3)――間伐および裾枝打ちが雪丘形成に及ぼす影響について．北海道の雪氷，no.10: 62~64 .

斎藤新一郎・対馬俊之，1994．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．北海道の雪氷，no.13: 7~10.



図－5　3 樹種の植栽木の年成長量

斎藤新一郎・原　文宏・阿部正明，1966．羅臼峠の防雪林の雪丘害について．北海道の雪氷，no.15: 28~31.

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

積雪軌道周辺における可聴音特性に関する一考察

依田英之、尾関俊浩、北川弘光（北大院・工）、近藤 篤（ＪＲ北海道）

1　研究の背景と目的

積雪寒冷地域において、鉄道軌道上及びその周辺の深雪は列車走行の障害となることから、然るべき除雪対策を講ずる必要がある。その際、線路沿いの積雪状況を把握することが極めて重要であるが、運行管理上に必要な積雪情報は数値化された高精度な情報である必要はなく、ビジュアル情報、即ち曖昧情報で十分であると言える。積雪状況を自動計測するシステムとして、超音波やマイクロ波による方式が知られているが、積雪モニタリングを必要とするのは列車の運行時間間隔が長い路線であり、現在の鉄道、特に在来線のおかれている経済的環境から考えると現実的であるとは言い難い。また、ビデオモニターによる監視は夜間や激しい降雪等による視界不良時には利用できない点に問題がある。そこで、経済的に実用可能であり、軌道という線状空間を考慮したモニタリングシステムを考え、可聴域音波が周囲の積雪状態や環境状況に依存することを利用した積雪モニタリングシステムの可能性を探る。

また、線路内での転撤器の除雪作業中に触車死亡事故が発生したことは記憶に新しい。このような惨事を二度と繰り返さないためには、積雪環境下における列車接近警報音の最適化を考える必要がある。警報音の最適化には積雪環境下における音場特性を知る必要があるが、そのような条件下において軌道内音場の研究はほとんど行われていないのが現状である。したがって、基礎的な部分から着手することが必要であり、まずその第一歩として、軌道内及び周辺における積雪状況、特に雪質や積雪深が可聴域音場に及ぼす影響について考察を行うこととした。

2　実験の概要

軌道内及び周辺における音場特性が周囲の環境状況、積雪状態等によりどう影響されるかを把握することを目的として、環境条件の異なる実験地（学園都市線・石狩太美、月ヶ岡）を定め、ＪＲ北海道の了解を得て、実際の軌道内を含めて実験を行った。各実験地の概略は次のとおりであり、写真を図－１から図－４に示す。

（ａ）石狩太美の軌道内(石狩太美駅 23 線踏切付近)

周囲は水田地で、平坦で広々としている。軌道内積雪状態は線間中央付近はほぼざらめ雪であったがレール近傍では氷板で、レール頭部はむき出しの状態であった。

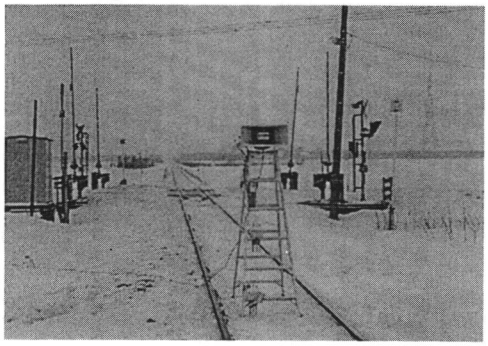
（ｂ）月ヶ岡の軌道内(第４札幌稚内踏切付近)

軌道からおよそ 16mの両側に防雪林がある。軌道内積雪状態は下層がざらめ雪で上層に新雪が堆積した状態であった。バラスト、枕木は完全に雪で覆われており、レールは頭部上面が見える程度であった。また、線路際には側雪があり、約 1mの積雪が層構造を成していた。

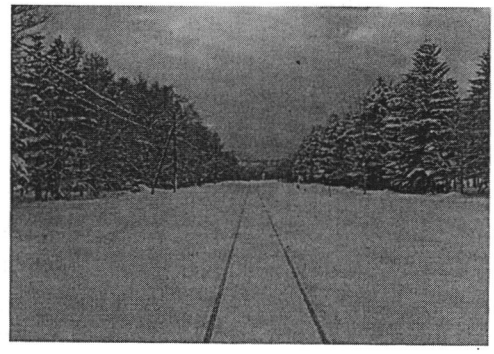
（ｃ）月ヶ岡の水田地

周囲に人家はほとんどなく、平坦な所で、実験中にやや降雪があった。積雪状態は積雪深約 1mで、表層には厚さ約 20 cmの新雪が存在した。

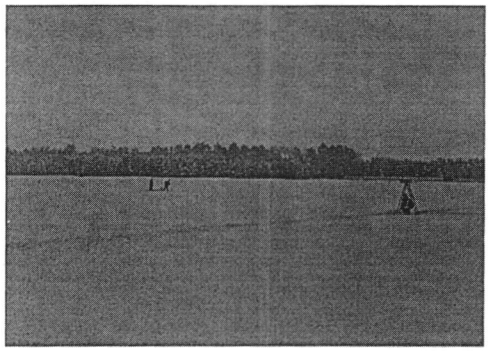
（d）月ヶ岡の無雪軌道内(第４札幌稚内踏切付近)
　風速約 3m/ｓの向かい風で、あまり良い条件ではなかった。



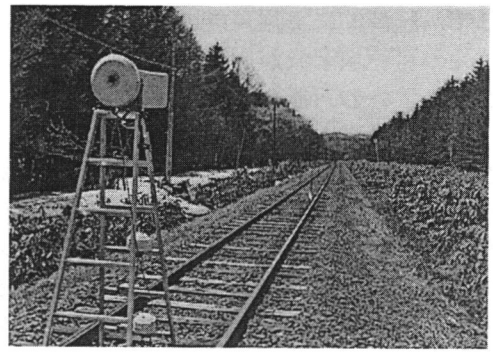
図－１　（a）石狩太美（軌道）



図－２　（b）月ヶ岡（軌道）

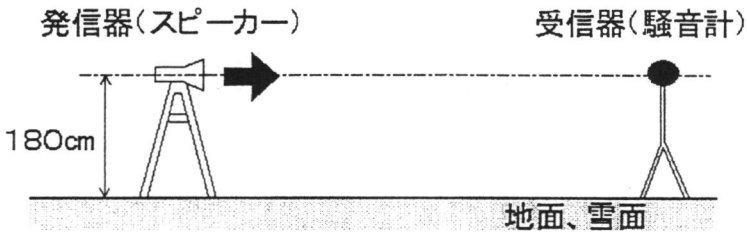


図－３　（c）月ヶ岡（水田地）



図－４　（d）月ヶ岡（無雪軌道）

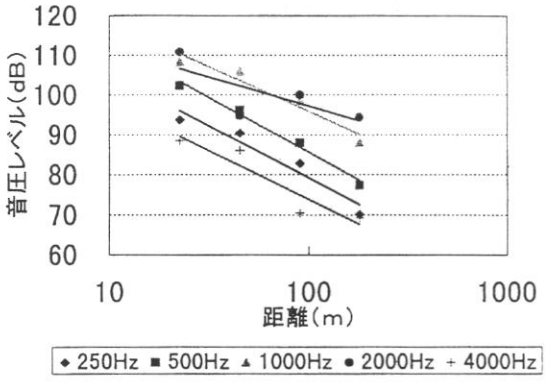
本研究では、特定周波数の音を発信器(スピーカー)より発射し、発信器より適当距離の位置に、受信器(マイクロフォン)を設置して、騒音計の周波数補正特性を Flat 特性にして音圧レベルを読み取った。発信周波数は音波伝搬の減衰特性とスピーカーの周波数特性等を考慮して 250、500、1000、2000、4000Hz とした。発信・受信器間隔は音波の減衰及び技術的、騒音上の問題から自ずと制約があり、周囲の状況を考慮して決定した。発信器の高さは雪面に近いと音の減衰が非常に大きくなり過ぎると考えられ、雪面から 180 cmの位置に音軸を設定し、受信器も雪面から 180 cmの高さに設置した。その概略図を図－５に示す。さらに、軌道内積雪環境下における音場に及ぼす影響を明らかにするために軌道内及び周辺の積雪断面を観測し、成層状況、雪質、密度、硬度等を調査した。



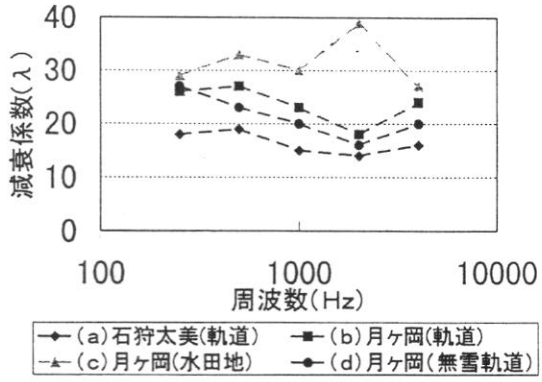
図－５ 実験の概略図

3　実験結果

受信側で騒音計によって測定された音圧レベルと距離の関係の一例として、（b）月ヶ岡（積雪軌道）での結果を図－6に示す。なお、音圧レベルは対象とする音のみを考えることができるように暗騒音を差し引いた値である。また、図の直線は距離を対数軸としてプロットした際の近似直線である。周囲への影響等を考慮して、発信器の音圧レベルは各実験地で異なるため、音圧レベルの値自体の比較は意味がない。本研究では積雪環境によるおよその減衰傾向を知ることを目的として、音圧レベルと対数プロットした距離の近似直線の傾きが音波の距離、空気等の影響をすべて含んだ減衰特性を表すものとして、この値(－λ)、即ち近似直線の傾きの絶対値である減衰係数λをひとつの指標として比較することによって音の減衰特性を評価することとした。減衰係数λの値が大きいほど音の減衰が大きいことを表す。各実験地における周波数と減衰係数λの関係を図－7に示す。



図－6（b）月ヶ岡(積雪軌道)における音圧レベルと距離の関係



図－7　周波数と減衰係数（λ）の関係

図－7のように、減衰係数（λ）は周波数によって異なり、石狩太美及び月ヶ岡の積雪軌道内では2000Hz付近で減衰係数が小さいから、2000Hz程度の音が最も減衰しにくく遠方まで伝わっていると考えられる。石狩太美の軌道内と月ヶ岡の軌道内では、減衰係数の周波数特性は同様の傾向を示し、積雪深がおよそ同じであったことから、減衰係数の大小は積雪の状態に依存していることが分かる。それに対し、月ヶ岡の水田地では2000Hzの減衰係数が他の実験地と比べ大きい値となって、明らかに軌道内での減衰係数と異なる周波数特性であることが分かる。また、雪の無い時の月ヶ岡の軌道内実験では、音の進行方向に対して向かい風が強かったために、無風状態よりも減衰が大きかったと考えられる。

4　積雪中の音の伝播及び吸音率[1)、2)]

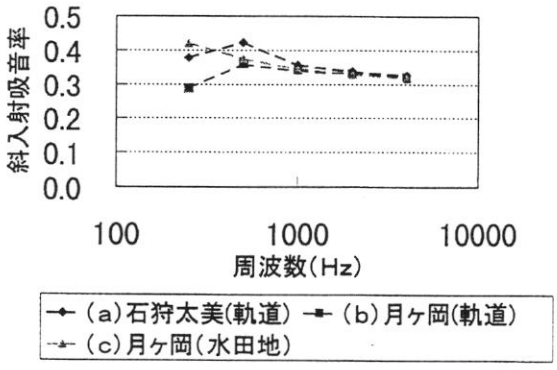
本研究において対象としている積雪状態では、積雪中の音波は主として空孔の部分を縫って伝播すると考えられるため、積雪の吸音率や音響インピーダンスに関係してくるものは積雪の弾性的性質ではなくて、積雪の多孔度、通気抵抗、空孔の形やその分布状態である。また、積雪は密度分布を持った多層構造であり、建築音響分野における多孔質材料と同じような減衰の周波数特性を示すことが知られているから、第一近似として、これらの成果を利用して積雪の吸音率を計算することとした。

雪面に対してある角度をもって入射する音波の吸音率は、斜入射吸音率を考える必要があり、音波が材料表面に入射する角度θによって異なるが、多孔質吸音材料の材料表面におけるインピーダンスをZ_1として、局所作用的な境界条件の仮定を用いると、入射角θの斜入射吸音率α_θは

$$\alpha_\theta = 1 - \left| \frac{Z_1 \cos\theta / \rho c - 1}{Z_1 \cos\theta / \rho c + 1} \right|^2 \qquad (1)$$

と表すことができる。ここで、ρcは空気の特性インピーダンスである。

異なる実験地点での吸音率を比較するために発信器と受信器の距離がおよそ 40 mでの斜入射吸音率の周波数特性を計算し、図－８に示す[3)]。



図－８ 周波数と減衰係数（λ）の関係

図－８より斜入射吸音率は、低周波域では異なった周波数特性を示しているが、高周波域では明確な差は認められず、ほぼ同様の傾向を示している。さらに、石狩太美及び月ヶ岡の軌道では 500Hz 付近に極大値が存在しているが、ほぼ同じ積雪深であったことから雪質の成層構造の違いによって斜入射吸音率に差が出ていると考えられる。しかし、実験地による明確な差はみられず、この斜入射吸音率より音の減衰特性を説明するには不十分であると考えられる。

5　結論

・実際に積雪環境下の軌道内において実験を行った結果、積雪環境によって可聴音の音圧レベルは減衰し、その減衰係数には周波数依存性がある。既知の積雪環境下において音場特性の校正実験を行えば、積雪モニタリングシステムとして実用化可能である。
・受信器に到達する音波は伝播経路により直接音と反射音に分けられ、反射音は雪面の様々な点において反射したものであるから、完全反射面であれば幾何学的に吸音率を求めることが可能だが、実際に斜入射吸音率を求める際には、積雪表面の粗度や音波の散乱を考慮する等、何らかの処理が必要となってくる。
・吸音材料の特性を利用することで、密度分布の異なる様々な積雪状態を透過抵抗等で整理・分類し等価な建築吸音材料を積層にすることでモデル化して典型的な積雪状態を人工的に作ることが可能であれば、意図した積雪状態での再現実験ができる。
・可聴域音波を用いた積雪モニタリングシステムとしては、風や温度勾配による屈折の影響、降雪の有無等による S/N 比を改善する必要があり、気象条件による音場特性の変化も把握しなければならない。

6　参考文献

1）　石田完：“積雪の音響特性”　低温科学 物理編第 22 号、1964
2）　Leo L.Beranek：“Noise and Vibration Control” McGraw-Hill、1971
3）　石田完、清水弘：“積雪の通気抵抗（第Ｉ報）”　低温科学 物理編第 14 号、1955

サーマルプローブ法による農耕用土壌の熱伝導率測定

佐山惣吾（寒地技研）、緒方敏夫、本間専治、皆川秀紀、原口謙策、三浦健一（北工研）
酒井好夫（寒地技研）、長谷川寿保（飼料作物種子協会）

１．緒言

サーマルプローブ法の測定原理は次の通りである。温度一様の試料中にサーマルプルーブ（Ｆｉｇ.１）を挿入しておく。この熱源に一定の熱量Ｑ（Ｗ）を連続的に加える。加熱過程で、時間ｔ₁からｔ₂までの熱源中心点の温度上昇をΔＴ℃とすると、試料の熱伝導率λは次式から求められる[1]。

$$\lambda = \frac{Q}{4\pi} \times \frac{ln\, t_2 - ln\, t_1}{\Delta T} \qquad (1)$$

福田はこの方法により“非定常法による凍土の熱伝導率の測定”を行いその実用性を認めた[2]。その後長野は５種の土壌を試料とし２５℃～－３０℃で“凍結・融解過程における熱伝導率の変化”を求めた[3]。筆者らは本報において２種の土壌及びそれらの２種の粒度につき３０℃～－３０℃において熱伝導率に関し検討を行った。

１．実験試料

土壌試料は札幌近郊の農地で採取した２種で、それらはＡ:黒土質およびＢ:粘土質である。試料料を２.０ｍｍおよび０.５ｍｍでふるい４種の試料をえた。それらの物性をＴａｂｌｅ１に示す。

Table 1　Properties　of　Soils

	A		B	
Perticle Size	-2.0mm	-0.5mm	-2.0mm	-0.5mm
Volumetric Density (g/cm³)	0.93	0.87	1.03	1.00
Void Rasio (%)	43.0	45.6	42.4	44.4

３．実験方法

実験は恒温層（タバイ）を用い３０℃～－３０℃で行った。Ｆｉｇ.２に実験装置を示す。外径５０ｍｍ、高さ１５０ｍｍのポリエチレン製容器に土壌（風乾水分率約５％）を充填し、プローブを試料上部のほぼ中央に垂直に挿入した後、４本の容器にそれぞれ水分率が３０％になるように水を注入後 PE フィルムで上部を密閉した。１０℃において約３日後に水分が土壌中に十分浸透したことを確認し、－３０℃～３０℃まで１０℃間隔でΔＴを測定した。

ヒーターは抵抗１５Ωのコンスタンタン線であり、これに３.７ Ｗ／ｍの電流を通電した。通電時間は９０ sec であり、その間のΔＴを記録した。測定終了時にΔＴ変化曲線より熱伝導率を計算した。次に水分率が４０％となるように水を追加注入し、水分を十分に浸透させた後、今度は３０℃～－３０℃まで１０℃間隔でΔＴを測定した。なお測定温度は、Ａ試料(-1.0mm)を充填した２本の容器（a）風乾、（b）３０％水分 に挿入したＴ熱電対により確認した。

４．実験結果

Ｆｉｇ.３に水分率４０％のΔＴ－ *ln* ｔの関係の一例を示す。なお水分率Ｍｖの定義は次式の通りである。

$$Mv = \frac{\text{水分量（g）}}{\text{乾燥土壌重量（g）}} \times 100\ (\%) \qquad (2)$$

この結果から見ると、多くの場合直線関係が得られなかった。この理由はQが大きすぎたためであろう。したがって、λの代わりに６０ sec 後ΔＴをＦｉｇ.4 (a)、(b)に示した。これによると土壌Ａ(黒土質）はＢ（粘土質）よりλは低く、また粒度面から見るとＡの場合粒子の細かい方がλは高い傾向がある。また０℃を境とし、λが水（０.６ Ｗ／ｍＫ）と氷（２.２ Ｗ／ｍＫ）と変化するためΔＴの変化が大きい、なおこれらの結果から水分率４０％のλは０.４４～０.６６の範囲にあることが分かった。

５．考察

Ａ試料は暗色表層褐色低地土（主要鉱物は一次鉱物として石英・長石類）でＢ試料は暗色表層疑似グライ土（主要鉱物は一次鉱物として石英・長石類のほか、二次鉱物としてカオリン・イライト・モンモリロナイト類が見られる）である。それらのＳＥＭ写真（× 1000）によるとＢ試料の方が空孔が多いようにみられる（構成粒子μオーダー）。すなわち水分は粒子内に浸透しやすいものと考えられる。

黒土質土壌の主要鉱物石英（水晶のλ：軸により５.４～９.３ Ｗ／ｍＫ）[4]の値は非常に大きく、一方一般の土壌（湿）のλは０.６４ Ｗ／ｍＫ、粘土のλは１.２８ Ｗ／ｍＫという値もある[5]。これに従うと粘土の方がλは高く、したがってＢ試料の方が熱伝導率（λ）がＡ試料より高かったものと思われる。また、同時に水分の挙動も考えなければならない。粒度別に見るとＡ試料は細かい(－０.５ｍｍ)方がλは高い。これは粒子が細かい方が水分と馴染み易いからであろう。なおＢ試料は粒度によるλの差は小さかった。

λとＭｖの間には一次の相関があることが一般に知られている。粕淵は“固相と液相がそれぞれ別々に熱伝導を行う、また水分変化による固相率（Ｓ ｖ）が変化しない”と仮定するとλは

$$\lambda = a \cdot Mv + b$$
$$= \lambda_l Mv + \lambda_s Sv \qquad (3)$$

ここでλｓ：固相特有の熱伝導率、λ_l：水の熱伝導率 ０.６ Ｗ／ｍＫ となるはずであると述べた[6]。しかしながらこれ迄の実験結果からはこのようにはならない、実際の勾配ａは０.６より大きく２０℃では一般に０.８１～２.３３である。また切片ｂも一般に０.１２～０.４４である[3,6,7]。この結果より土壌のλは、その構成鉱物粒子水分の作るコンプレックスの物性により決まるものと判断される。なお０℃近傍では不凍水分の影響も考えなければならない[8]、またこれに基づいた伝熱のモデル式がある[3]。

６．結語

（１）２種の土壌試料Ａ黒土質、Ｂ粘土質を用い、またそれらを－２.０ｍｍと－０.５ｍｍに粒度分けした計４試料を用い、－３０℃～３０℃まで１０℃ 間隔で熱伝導率を測定した。土壌水分率は３０％、４０％、風乾約５％とした。なお今後２０％の実験も行う。

（２）試料の物性の特徴は次の通りである。ＡはＢより容積比重は小さい。粒度別にみると－０.５ｍｍは－２.０ｍｍより空隙率は高い。

（３）熱伝導率（λ）はＡよりＢが高く、また－２.０ｍｍより－０.５ｍｍの方が高い傾向がある。

（4）本実験以外に文献より計１８種の土壌の熱伝導率λに関する解析を行い、それとの水分率Ｍｖとの関係式（3）は２０℃において一般的に勾配は０.８１～２.３３、切片は０.１２～０.４４の範囲に大部分の土壌が当てはまることが分かった（Ｆｉｇ．５）。

（5）土壌の水分率（Ｍｖ）と熱伝導率（λ）の関係は直線関係にあるが、それは土壌粒子と水分とが直列および並列に伝熱に関与し、また粒子の物性に決定されるものと考えられる。それらの要素は ①鉱物質 ②嵩密度 ③空隙率 ④粒度分布 ⑤細孔分布 ⑥親水性 などであろう。なお本実験は簡便型土壌水分計を開発することを目的として行われた。したがって対象とする土壌は主として農耕用の土壌に限った。あわせて凍土に関しても測定を試みたものである

参 考 文 献

1) O.T.Farouki：Thermal Properties of soils, Trum Tech Publications (1976)
2) 福田正己：低温科学物理論、第３４輯(1976)
3) 長野克則：博士論文、北海道大学(1995)
4) 理科年表物理
5) 省エネルギー建築、森下出版
6) 粕淵辰昭：日本土壌肥料学雑誌、43巻、12号、(1972) P.437
7) 永井、向井原、鈴木、坂田：農業動植物情報高精度分析診断技術の開発事業成績書：バイオコミュニケーション技術研究組合(1998) P.51
8) D.M.Anderson：Highway Research Recoad, 393 (1972) P.12

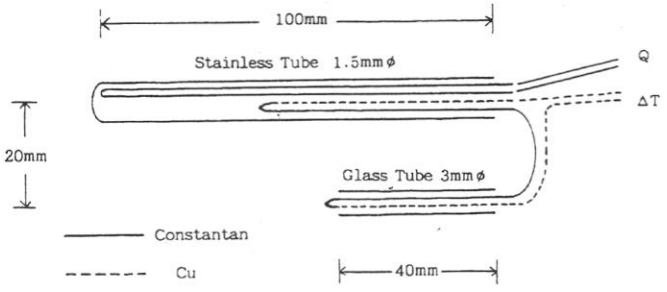


Fig.1 Heat Probe

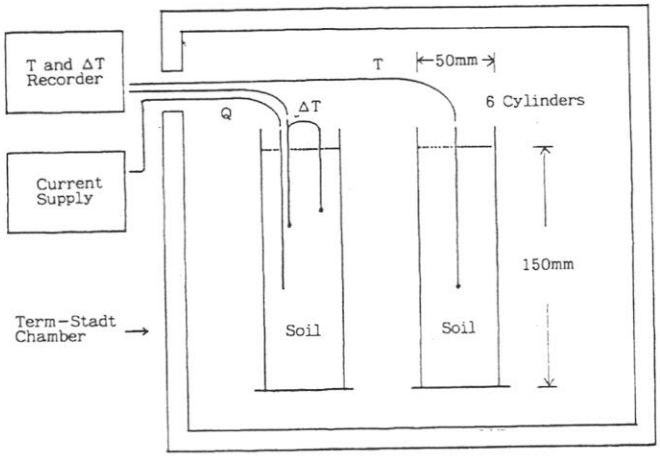


Fig.2 Experimental Apparatus

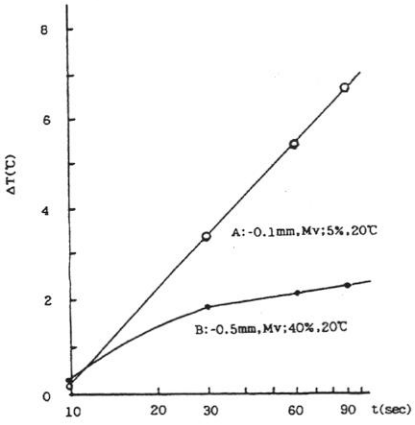


Fig.3 Examples of $ln t - \Delta T$ Relation

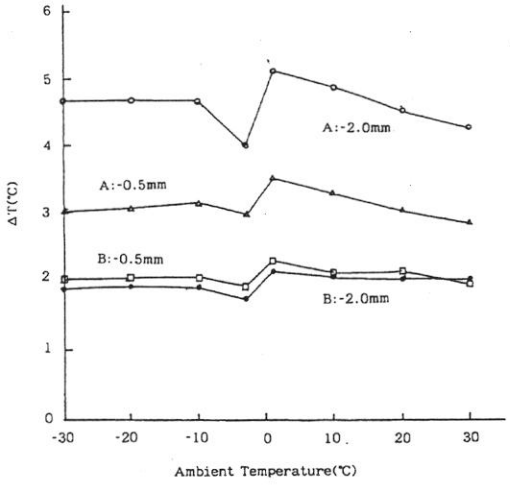


Fig.4(a) ΔT After 90sec(Mv:40%)

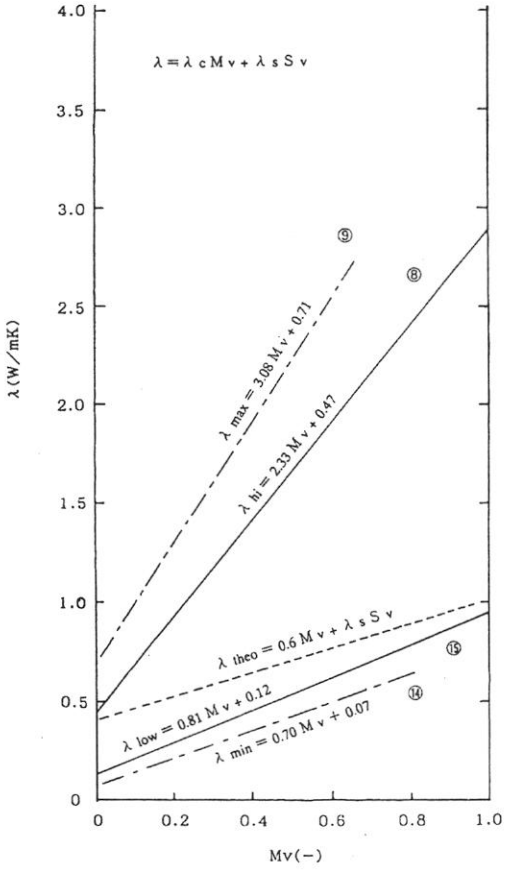


Fig.5 Relation between λ and Mv of Soil

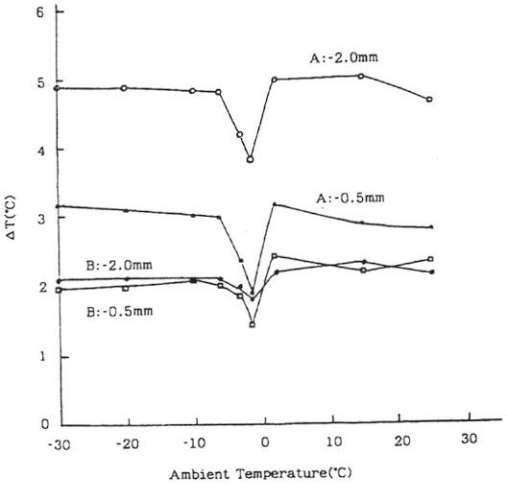


Fig.4(b) ΔT after 90sec(Mv:30%)

アイスシェル　in　トマム

粉川　牧（北海道東海大学）

1. はじめに

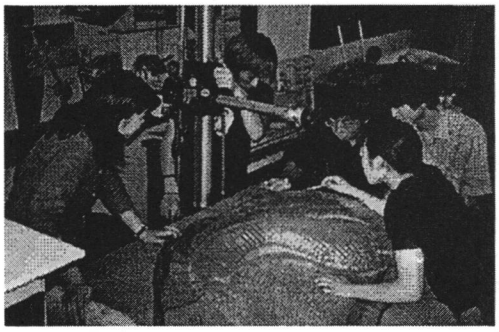
「アイスシェル」とは氷を構造材料とする薄肉の曲面版構造のことで、古典的雪氷建築物として知られる「イグルー」や「かまくら」の現代板と言える。「イグルー」は雪や氷のブロックを組積して、「かまくら」は雪積みの山を掘削して、それぞれ造られるのに対して、「アイスシェル」は施工合理性を満足するように、現代的シェル工法を取り入れて2重平面膜と押さえロープから成る型枠空気膜に雪と水を吹き付けて建設される。この「アイスシェル」はその高い力学的性能によって前述の古典的雪氷建築物に比して遥かに大規模なものが可能となり、さらにその構造形態と氷のもつ半透明性テクスチャーは個性的な空間表現を与えることから、「アイスシェル」は積雪寒冷地の冬期間に於ける独自の環境空間を創出する一建築技術として提案されてきた。

研究当初は、構造工学的見地から迅速にして簡便な建設施工方法と短時間加力及び長期クリープに対する構造安全性に関する実験的且つ理論的検討が進められた[1),2),3),4)]。そして、ある程度その研究成果が得られた段階で、底面直径10mの小規模アイスドームが冬野菜の長期貯蔵としての実験庫、清酒の低温醸造・貯蔵庫、冬まつりのイベント空間、そして南極観測拠点における作業倉庫といった様々な用途に実施使用され、一歩々々本格的建築空間への適用可能性が高められてきた。

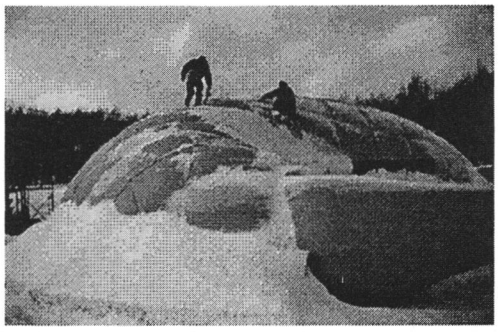
この様な研究経過の状況の中で、一昨年前に長年の課題であった本格的な群建築空間としてのアイスシェルを建設する機会が訪れた。場所は北海道・占冠の（株）ホテル・アルファ・リゾート・トマムの敷地内で、そこでは以来毎冬約3ヶ月間、観光客の為のレジャー施設空間として使用される大小様々な規模のアイスシェルがホテルの従業員の方々によって建設されている。本報告では、ここ2年間に建設された数多くのアイスシェルの内、筆者にとって極めて挑戦的試みであった「異形ドーム」と「底面直径20mドーム」について、その設計・建設施工状況の概要を紹介する。

2.「異形ドーム」

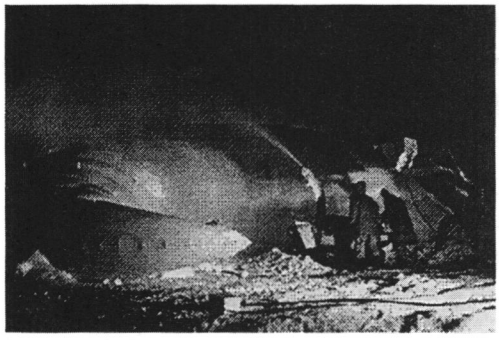
3次元自由曲面型枠は2重平面膜と押さえロープを組み合わせて容易に得られるという本工法の特長を用いれば、造形的自由度の高いフリー・シェイプ・シェルが可能となる。しかも、その曲面はほぼ一様な内圧下で決定される形であるから、完成後のシェルには主に面内圧縮力が生じ、圧縮に強く引張に弱いという氷の材料特性を活かした力学的合理性に富む構造体が自動的に生成されることになる。ここでは、直径15mの円と同一の面積を有する巴形の2重平面膜を用いて初の「異形ドーム」を実現した。図－1は、ビニールと漁網からなる縮尺1／20モデルについて3次元形状測定機を用いて曲面上の各点のx，y，z座標値を測定している状況を示している。このデーターを用いて自重下に於ける弾性有限要素解析を行ったところ、面内圧縮力の最大がほぼ1kg／cm2で充分設計が可能なことを確認した。図－2は現場での型枠空気膜を示す。膜はP．V．C．、ロープは径10mmのポリプロピレン製を平面射影で直交2方向に網んでいる。最大高さ約4．5m。図－3は、型枠空気膜に散雪散水している状況を示す。除雪機で散布された雪は一種の焼結雪で、さらに散水すると－10



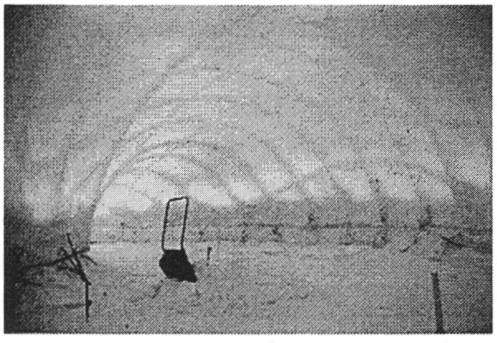
図－1　1／20縮尺モデルの形状測定



図－2　型枠空気膜

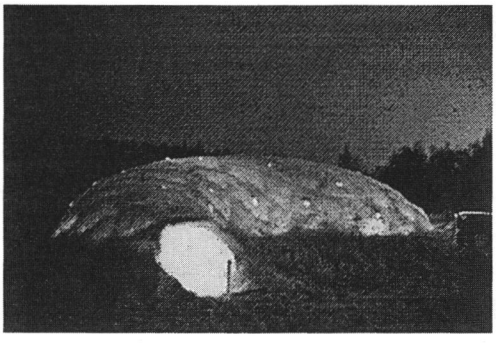


図－3　散雪散水作業



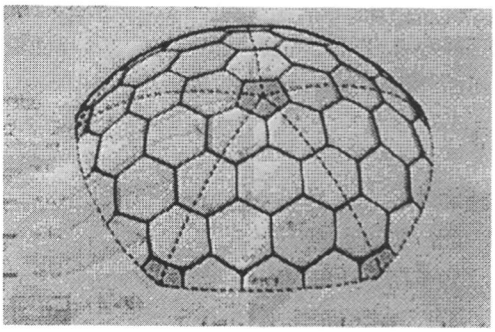
図－4　型枠空気膜除去後の内部空間

図－5　「異形ドーム」は工房として使用



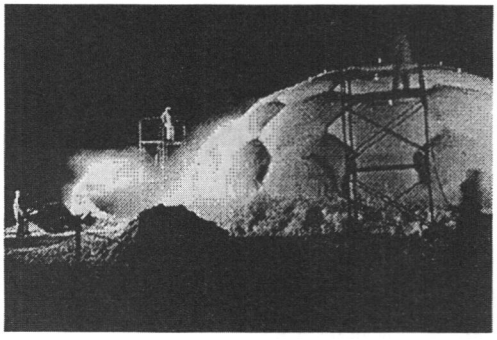
図－6　完成した「異形ドーム」の外観

「異形ドーム」の建設状況

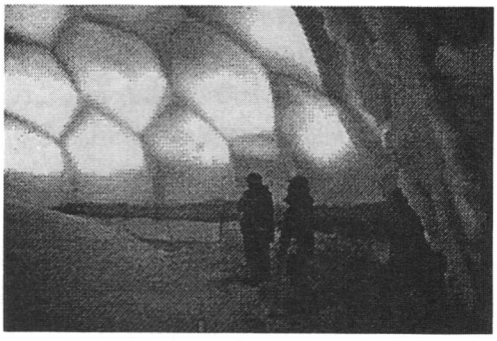


図－7　押さえロープの網目パターン

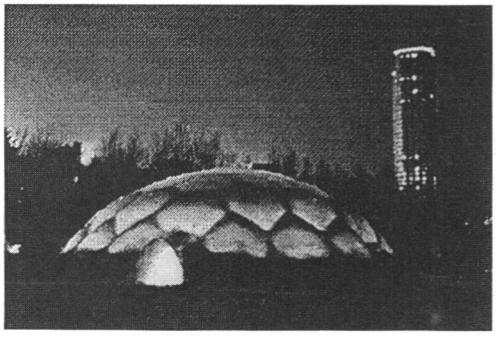
図－8　型枠空気膜ドーム



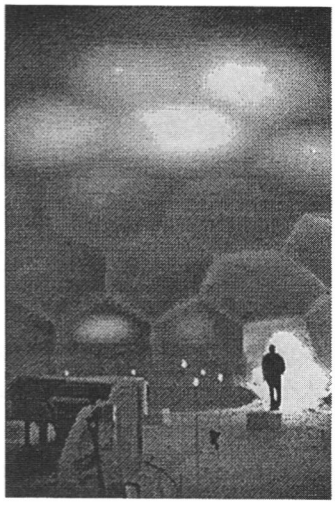
図－9　散雪散水作業



図－10　膜デフレート中の内部



図－11　輝く氷の大殿堂



図－12　完成後の内部

「底面直径20mアイスドーム」

°C以下の外気温の寒気で氷板に変わる。この時、一回当たりの散雪厚はサンドイッチ現象を避けるよう1cm以下とした。板厚が約15cmに達した後、デフレートし膜を除去すると図－4に示すようなリブ補強された氷の薄肉曲面板による半透明性空間が得られる。さらに内装工事を施し、図－5に示すように観光客が氷のグラスを造る工房として使用された。図－6はその時の外観を示す。

3.「底面直径20mドーム」

1985年1～2月、底面直径20mのアイスドーム建設に挑んだが、稚拙な散雪技術が原因で、完成したドームには材料的及び幾何学的形状不整が見られ、構造性能の大幅な低下が認められた[5]。そこで、今回は万全の態勢で、再度建設を試みた。1999年2月初めに雪氷基礎リングの施工を終え、2月6日～8日の夜間、上部構造の建設を行った。図－7は押さえロープの網目パターンを示したもので、ジオデシック・オルタネイト分割3次を基本にパターンを決定した。使用したロープは径14mm（破断強度3t程度）で、節点間距離は全て同一として構成した。図－8は現場における型枠空気膜構造を示す。図－9は膜面への散雪散水作業の状況を示す。ビテ足場を2段組みにしてその上から頂点近傍への散水を行った。板厚が約15cmに達した後、膜をデフレートしている時の状況を図－10に示す。人間のスケールに比して内部空間は途轍もなく大きく迫力あるものに感じられた。図－11はライト・アップした時の外観を示し、これより良質の氷でドームが造られていることが確認された。図－12は完成後の内部状況を示したもので簡易コンサートホールとして使用された。

4. おわりに

本研究はスパン20～30m級のアイスシェル実現に向けて1980年にスタートした。爾来20年、30m級のアイスドーム建設はあと一歩というところまで来た。大規模なアイスシェルが実際に建築空間として使用される為には構造安全性に対する充分な保証が不可欠である。実現の為に、今後もフィールド実験を重ねて大規模アイスシェルに関する施工技術の改良とクリープ崩壊挙動の解明をさらに進めて行くことが肝要と思われる。

主既発表文献

1)「Ice Shell Structure の研究　第1報　短時間加力によるIce Domeの力学的性状、第2報　スパン2mΦ Ice Dome　のクリープ破壊実験、第3報　Ice Dome の軸対称クリープ座屈解析」、北海道東海大学芸術工学部紀要　3．4合併号（1982/1983）、5号（1984）
2)「アイスドームのクリープ崩壊実験」、第33回応用力学連合講演会（1983）
3)「A FIELD STUDY ON ICE SHELL」、IASS（DORTMUNT,1984）
4)「EXPERIMENTAL STUDIES ON ICE SHELL IN ASAHIKAWA」、Cold Regions Science and Technology,11(1985)
5)「スパン20mアイスドーム建設の試み」、雪氷48巻2号（1986）
6)「雪と水でアイスドームを造る」、科学朝日2（1987）
7)「Construction and Creep test of 15-m span ice dome」,IAHR（Sapporo,1988）
8)「Ice Shell-Contemporary "Igloo" or "Kamakura"」,Structural Morphology (Nottingham,1997)

勾配屋根における積雪荷重の評価に関する研究

千葉　隆弘（北海道工業大学大学院生），苫米地　司（北海道工業大学建築工学科）

1．はじめに

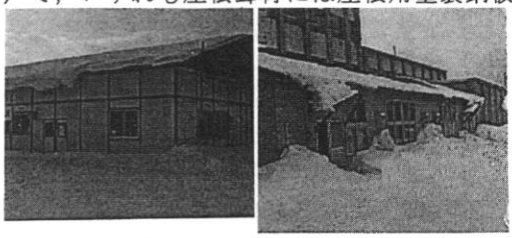
勾配屋根における積雪荷重の評価について日本建築学会建築物荷重指針[1]（以下，荷重指針と示す。）をみると，制御積雪荷重は，十分信頼性のある屋根雪処理が可能な場合にのみ，その処理に応じた期間内に積もり得る積雪深を用いて設定することが可能である。ここで，積雪深に乗じる積雪単位重量をみると，この単位重量は制御を行わない場合と同一の値が用いられている。制御積雪荷重を設定する場合に用いる積雪単位重量は，制御を行わない場合よりも値が小さくなると考える。一方，既往の研究[2]をみると，降水量から算出する積雪荷重の妥当性を検討している。この方法は，積雪荷重評価が積雪深の未観測地点に対応できると同時に，降水量をそのまま積雪荷重とすることができ，適切な荷重評価が可能となる。しかし，いずれの評価方法も一冬期の根雪期間を対象とした場合が多く，滑雪現象が発生するまでの積雪荷重評価は，短期間を対象とした観測資料が少ないため十分な検討が行われていない。

このようなことから本研究では，勾配屋根における屋根上積雪荷重の評価方法を確立することを目的に，勾配屋根を対象とした積雪荷重の屋外観測を行った。この観測結果から，滑雪現象が発生するまでの積雪荷重の評価方法について検討した。

2．研究方法

2.1　積雪荷重の観測

勾配屋根における積雪荷重の観測は，1991～1994年および1998～1999年の冬期間に行った。1991年～1994年の観測は，写真１に示す札幌市手稲区の北海道工業大学内のＳ造建築物２棟である。 屋根勾配は３寸（16.7°）と４寸（21.8°）で，いずれも屋根葺材には屋根用塗装鋼板が用いられている。これらの建築物の用途は，屋根勾配３寸が部室，屋根勾配４寸が実験室として利用され，両者とも平日は常時利用されている。なお，これらの建築物の使用時における室内温度は20℃付近に保たれている。積雪単位重量の観測は屋根上に雪が堆積してから滑雪するまでを確認し屋根雪の滑落直後に積雪重量を観測した。1998～1999年の観測は，前者と同様に写真１に示す勾配屋根２棟，RC造陸屋根およびグラウンド（以下，地上と示す。）である。なお，観測期間は，地上および陸屋根が1998年12月２日～1999年３月10日，勾配屋根が1999年１月12日～1999年３月10日で，原則的に毎日観測を行った。



屋根勾配3寸(16.7°)　　屋根勾配4寸(21.8°)

写真１　観測を行った建築物

これらの積雪荷重の観測方法は，図１に示すように，積雪断面が確認できるように除雪を行い，その断面で積雪深を測定した。積雪単位重量は，積雪上層から下層へ垂直に10cm×10cm×

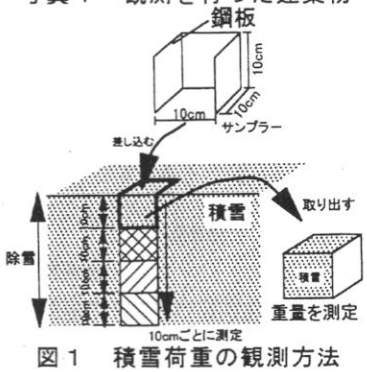


図１　積雪荷重の観測方法

10cmの大きさに雪を採取して重量を測定した。雪の採取には図中に示す鋼板を10cm×10cm×10cmに加工したサンプラーを用い，同一高さで３カ所雪を採取した。積雪単位重量は，これらの平均値とした。陸屋根および勾配屋根においても前者と同様の方法で測定した。

測定した積雪単位重量は，荷重指針に示されている下記の1)，2)式と比較検討した。

$$\rho = 73\sqrt{d} + 237 \cdots 1)$$

ρ：積雪単位重量（kgf/m^3），d：最大積雪深（m）

$$\rho = 2.22\,t + 160 \cdots 2)$$

ρ：積雪単位重量（kgf/m^3），t：根雪期間（日）

2.2　降水量から算出した積雪荷重の検討

前述の方法で観測した地上の積雪荷重と最寄りの手稲山口アメダス観測地点（積雪荷重の観測地点から約800m）の降水量を用いて比較検討を行った。なお，両観測地点の気象条件を比較するため，積雪荷重の観測と同時に観測地点の外気温および風向を測定している。外気温の測定は熱電対を用い，風速や日射の影響を避けるため熱電対の先端を空き缶で覆った。風速の測定は，地上から２mの位置に三杯風速計を設置し行った。測定場所は，積雪荷重の観測場所付近とした。

3．滑雪現象が発生するまでの積雪単位重量

3.1　積雪単位重量の推移

1998～1999年に観測して得られた地上，陸屋根および勾配屋根における積雪単位重量の推移状況を図２に示す。図のように，地上の積雪単位重量は，観測開始後約10日間で約 300kgf/m^3 程度まで急激に増加し，その後は緩やかに増加する。屋根上の積雪単位重量をみると，陸屋根では 250kgf/m^{3}付近で推移する。勾配屋根では，日数の経過に伴い積雪単位重量が増加し，約200～250kgf/m^{3}程度に達した後に滑雪現象が発生している。1991～1994年に観測した勾配屋根における積雪単位重量においても前者と同様の傾向を示す。以上の結果をみると，積雪単位重量は，地上＞陸屋根＞勾配屋根の順となる。勾配屋根で小さい値となる要因として，滑雪現象が発生するため他に比べて根雪期間，すなわち堆積日数が短いためと考える。

3.2　滑雪現象発生時の積雪単位重量

滑雪現象を考慮した制御積雪荷重設定に用いる積雪単位重量は，荷重の制御日数を指標としてこの値を設定する必要がある。ここで，勾配屋根における観測から得られた滑雪現象発生時の積雪深と積雪単位重量との関係をみると図３となる。図のように，両者の関係には，明らかな相関関係がみられない。ここで，観測した積雪単位重量と1)式とを比較すると，1)式は観測値を包括し，観測値に対して安全側の評価となる。

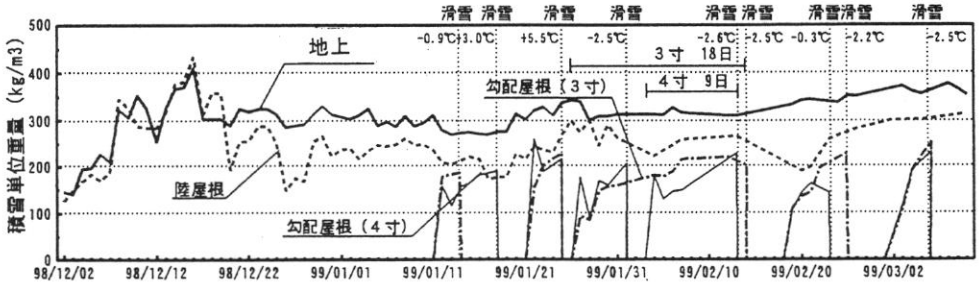


図２　積雪単位重量の推移

次に，勾配屋根における屋根雪の根雪期間と滑雪現象発生時の積雪単位重量との関係を図４に示す。図のように，屋根雪の堆積日数が５日前後まで両者の関係にバラツキがみられるものの，この間に急激に増加する傾向を示す。その後，両者の関係は日数の経過に伴い比例的に積雪単位重量が増加する傾向を示す。これらの関係と2)式とを比較すると，堆積日数５日程度までは2)式が過大評価となるものの，これを越えると両者は近似した傾向を示す。

このように，滑雪現象が発生するまでの積雪単位重量は，根雪期間を指標とした2)式との適合生が最も良く，この式を用いて滑雪現象が発生するまでの日数に対応した積雪単位重量の設定が可能と考える。

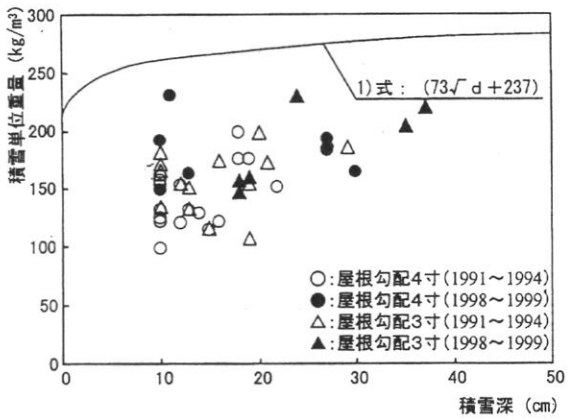


図３　積雪深と積雪単位重量との関係

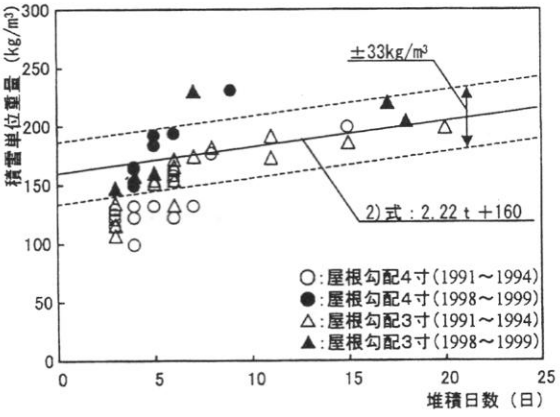


図４　堆積日数と積雪単位重量との関係

４．降水量から算出した積雪荷重の検討

4.1　両観測地点における気象条件の比較

屋外観測地点と手稲山口との日平均気温，日平均風速および積雪深を比較すると以下のようになる。両観測地点の誤差範囲は，日平均気温が±0.67℃，日平均風速が ±0.31m/s，積雪深が ±7.4cmである。以上のように，観測地点と手稲山口との気象条件の差異は小さく，両者の観測資料を用いて比較検討できると考える。

4.2　降水量から算出した積雪荷重の検討

観測した積雪荷重と累積降水量から得られた積雪荷重との関係を図５に示す。図のように，地上における両者の関係はほぼ比例関係を示すものの，積雪荷重値が大きくなるに伴い約半数の観測値が累積降水量から算出した値よりも観測値の方が大きくなり，その差の最大値は最大積雪荷重時で約 60kg/㎡となる。勾配屋根における屋根雪の堆積日数内の積雪荷重についてみると，いずれの屋根勾配においても，約半数の観測値が降水量から算出した値に比べて大きくなり，両者の差は堆積日数の増加とともに大きくなる。

既往の研究をみると，冬期間観測している降水量は実際の降水量よりも小さな値となり，実際の降水量を算出するためには降水量計の捕捉率を考慮する必要があるが指摘されている[3)]。この捕捉率には降水量計周辺の風速が大きく影響し，両者の関係は降水量計の機種ごとに下式で表すことができる。手稲山口観測所で用いられている機種は2)式に対応する。

$$CR = 1/(1+0.17U) \cdots 1)$$
$$CR = 1/(1+0.24U) \cdots 2)$$
$$CR = 1/(1+0.14U) \cdots 3)$$

CR：捕捉率　U：降雪期間中の平均風速（m/s）

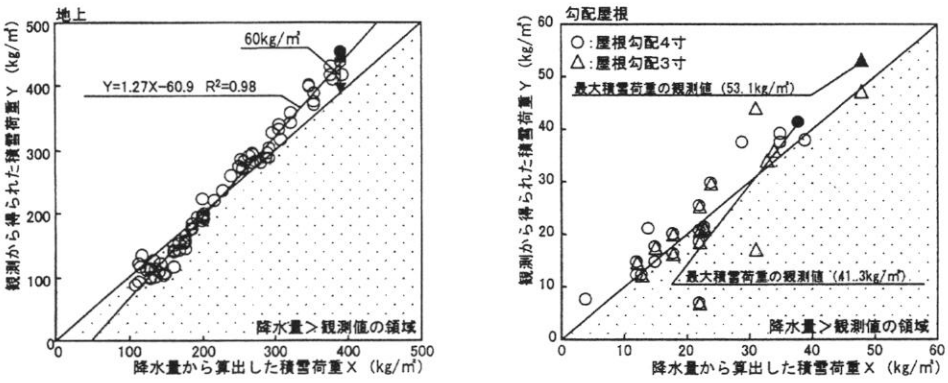


図５　降水量から算出した積雪荷重と観測から得られた積雪荷重との比較

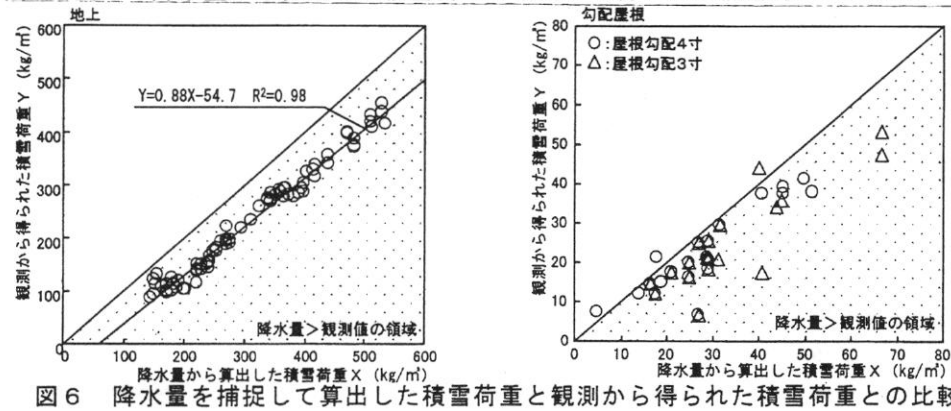


図６　降水量を捕捉して算出した積雪荷重と観測から得られた積雪荷重との比較

この捕捉した累積降水量から算出した積雪荷重値と観測値とを比較すると図６となる。図のように，地上についてみると，両者は比例関係を示すと同時に近似した値となる。さらに，全ての観測値において降水量から算出した積雪荷重値が大きくなる。勾配屋根においても同様の傾向を示し，観測値の93%が降水量から算出した積雪荷重値が大きな値を示す。すなわち，降水量計の捕捉率を考慮することにより，降水量から算出した荷重値が安全側の評価となる。このことから，降水量を用いて積雪荷重を評価する場合には，各観測地点の風速を考慮する必要があると言える。

４．まとめ

本研究では，勾配屋根における積雪荷重の評価方法を確立することを目的に，積雪荷重の屋外観測を行った。その結果，以下の点が明らかとなった。

１）勾配屋根の積雪単位重量は地上よりも小さくなる。この積雪単位重量は，根雪日数に明瞭な相関関係がみられ，荷重指針に示されている式（$\rho = 2.22t + 160$，t：根雪期間）と近似する。このことからこの式を用いて，滑雪現象が発生するまでの積雪荷重を適切に評価できると考える。

２）降水量を用いて積雪荷重を評価する場合は，観測されている降水量が風の影響によって実際の値よりも小さくなるため，降水量計の捕捉率を考慮する必要がある。

【参考文献】
1）日本建築学会編：建築物荷重指針・同解説　第５章　積雪荷重，　pp.169-217，1993
2）桜井修次，城攻：累積降水量に基づく地上積雪深の推定，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.91-92，1995.8
3）大野宏之他５名：北陸地方における降水量計の固体降水捕捉率，日本雪氷学会誌「雪氷」60巻３号，pp.225-231，1998.5

～水や氷を素材とする教育実験～

キューブアイスを使った教育実験

北海道教育大学
矢作　裕

Cube　Ice　Cooler

はじめに

映像ではなく,自然や現象に直接触れる機会が，おとなからも子どもからも遠ざかっていっている．このような無機的な環境の増加のもとでは，学校教育や社会教育の場では強調しすぎると思われるくらい自然や自然現象と直接的な接触がはかられるような内容を準備する必要がある．あらゆる場面で子どもたち自身が五感を通じて体験するような内容が求められているといえよう．この論文の副題を「水を素材とする」ではなく，「水や氷を素材とする」としているのは，寒冷地の特性を意識しその教材化をはかるという特別の意味がこめられている．この種の実験には一般に水の凍結に関連する事象を扱うことが多いので冷熱源が必要となる．この論文では，そのための安全で簡単なクーラーとそれを用いた実験の事例を紹介する．

1：さいころ氷によるマイクロクーラー

図１のように，このかわいらしいクーラーは，まず準備した「さいころ氷」(cube　ice)をトレイに盛ったあら塩（食塩）の上で転がし表面に氷をまぶす．ついで，それをラップで包み，輪ゴムで根元をとめ「てるてるぼうず」のようなかたちにして使用する．準備するものはトレイに盛ったあら塩，さいころ氷1個，氷を包むためのラップ（15cm角ぐらい）,それに輪ゴム1本である．負の温度の必要がなければ食塩は必要ない．小さな氷とその表面に付着するだけの塩の量しか用いないので，低温実験のための最小の実験装置となる．使い終った食塩水は放置しておいて簡単に再利用できる．

この冷熱源は，簡便さと安全，安価，食塩の再利用の点でとくに学校や社会教育施設で多人数が同時に行う教育実験に欠かせないものとなる筈である．

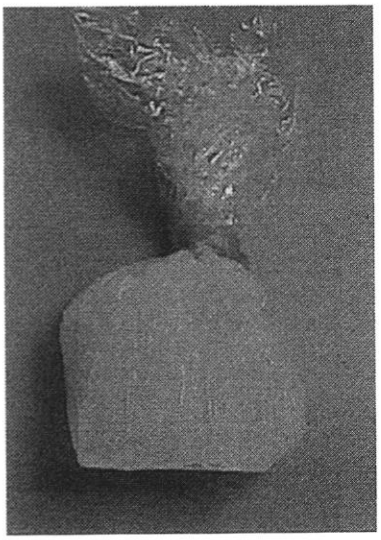


図１　さいころ氷でつくるクーラー

マイクロクーラーの特性

図２は，単に氷をラップで包んだだけのクーラーの時間―温度の経過を示したものである．２０℃の室温下で，クーラーを温度センサー上に直接おいて放置したときの記録である．温度センサー付近の小領域の温度を2～5℃の範囲に約2時間半保持することができる．あら塩を氷にまぶしたものは図３のように，－５℃以下に40分程度保つことができ，水の凍結融解を伴う実験に利用することができる．

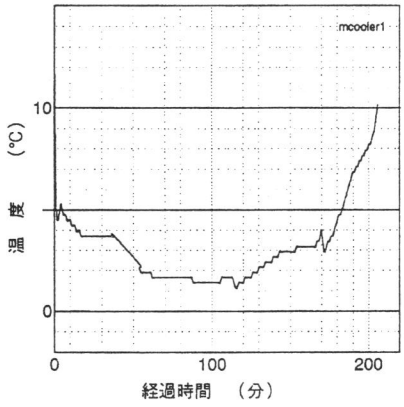


図２　氷だけのクーラーの特性

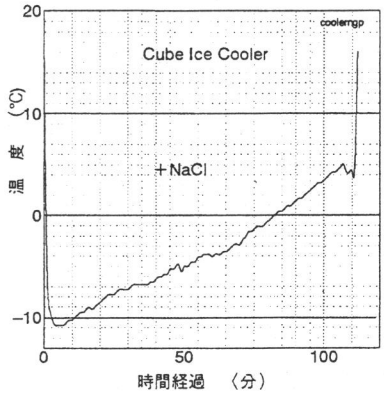


図３　氷とあら塩によるクーラーの特性

2：教育実験の事例

つぎのように，いくつもの教育実験の内容を用意できるが，そのなかから3例を紹介する．いずれも，数十人が同時に実験を，各自のテーブル上で進行させることができる．

①空気の流れをみる
②ストロー内にアイスレンズをつくる
③水と氷ではたらくスイッチ
④金属の熱収縮
⑤サーモモジュールによる温度差発電
⑥水の凍結による体積膨張
⑦水の粘性実験
⑧．．．．．．．．．

(1) 空気の流れをみる

はじめに空気の流れを検知する小さな風車をつくる．空気の動きに鋭敏に反応するので，皮膚の表面の空気の上昇，クーラーによる空気の下降を検出することができる．

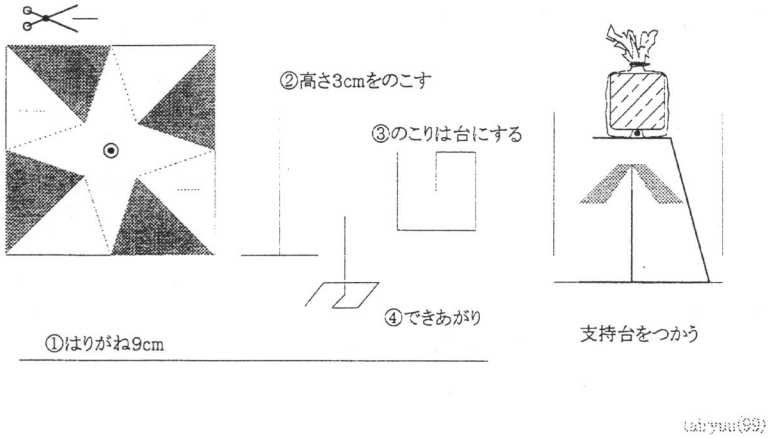


図　４　風車をつくる

風車をつくる（図4，5）．

✧　正方形の図をきりとる．
✧　図の（－）部分を切り取る．
✧　対角線に沿って折る．
✧　はねの先端を下に曲げる（45度くらい）．

上昇気流による回転をみる．

✧　台をひざや手の甲にのせる．
✧　はりがねの台にはねをのせる．
✧　回転しはじめるので，回転方向を確かめる．

下降気流による回転をみる．

✧　テーブルにはりがねの台をおく(図5)．
✧　軸の中央にはねを乗せる．
✧　ラップにつつんだ氷を上の台にのせる．

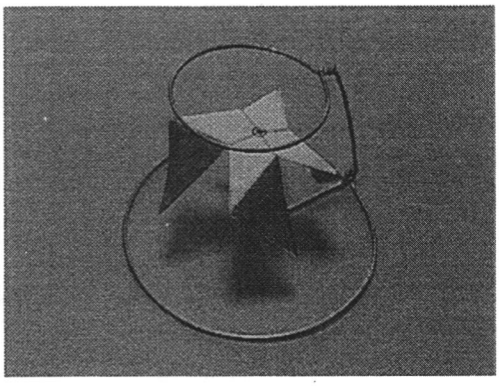


図　5　針金でつくった支持台と風車

(2)ストロー内にアイスレンズをつくる

図6はフィルム状のストローに水と土を入れ，クーラーを使って一方向から凍結させれば，机上でアイスレンズ成長の過程を約5分間で直接的に観察することができる．図7はスライドグラスの間にはさまれた水の凍結の実験（氷のステンドグラス）を行ったときの時間―温度の経過を示している．約10分間凍結が進行しつづける．このように，少量の水を凍結させるようなさまざまな実験を行うことができる．

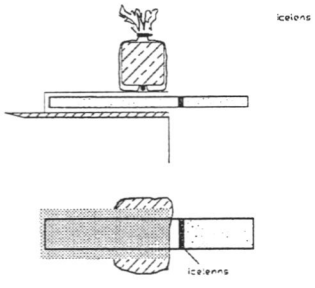


図　6　机上につくるアイスレンズ

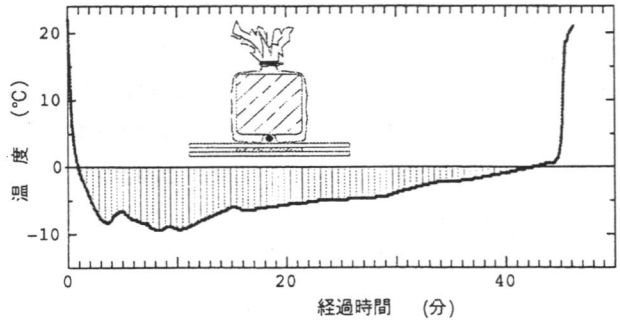


図　7　氷と食塩のクーラーで土を凍らせる．

(3)水と氷のスイッチ

長さ5cmほどのフィルム状にしたストローに水を入れ，細い短冊状アルミ箔片を両端に挿入して折り曲げ，ホッチキスで封じる．これを電子回路の抵抗体として，図8のような回路を構成する．左図の状態で，通常，水の導電性のためにランプが点灯している．このときストローを指で押して水を切ることによって高抵抗とし，ランプ（LED）を一時的に消すことができる．右図のようにストローに食塩を使ったマイクロクーラーを載せると，やがてランプが消え，内部の水の凍結によって導電性が失われたことを示すことができる．

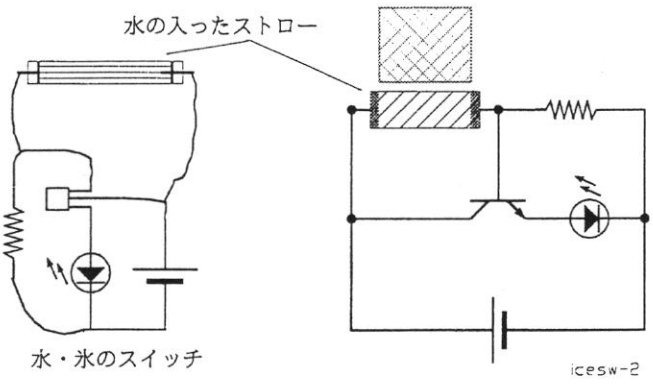


図　8　水/氷スイッチの部品配置と回路図

おわりに

水や氷を素材とする教育実験のテーマは，低温領域の実験が多い．ここに紹介したもの以外に，たくさんの具体的な教育実験を用意することができる．道具が簡単なだけに，その利用のしかたに独創性がもとめられる．このクーラーの特徴は，手軽に費用を気にせずに実験ができるということだけでなく，数十人が同時に行う教育実験のアイデアを誘発することにもある．本年の1月にすでに釧路市の青少年科学館で外気で作成した氷をつかったクーラーを冷熱源として氷をつくる実験が行われた．

関連する文献

1) 平松和彦　北海道新聞記事　「ペットボトルで人工雪」　1996年11月18日朝刊
2) 矢作　裕　寒冷地における自然科学教育　寒地技術シンポジウム　1988講演論文集　vol.7 59-60,1988
3) 矢作　裕　土はどれほど深く凍っているか　寒地技術シンポジウム　1989講演論文集 vol.8 34-43,1989
4) 矢作　裕　水や氷を素材とする教育実験　寒地技術シンポジウム　1992講演論文集　vol.9 460-465,1992
5) 矢作　裕　滴下法による水の粘性係数の測定寒地技術シンポジウム1994講演論文集　vol. 10483-488,1994
6) 矢作　裕　コインの電池は使えるか？　寒地技術シンポジウム　1995　講演論文集　Vol.11 1-6,1995
7) 矢作　裕　"アイスリウム"の利用と微速度撮影の効果" 寒地技術シンポジウム　講演論文集　vol.11 7-14,1995
8) 矢作　裕　釧路と凍土　釧路叢書第31巻（第二版）釧路市　第2版 1996.3
9) 矢作　裕　霜柱を育てる　北海道の雪氷　日本雪氷学会北海道支部　1995.7
10) 矢作　裕　霜柱を育てる 日本雪氷学会講演論文集　1995.10
11) 矢作　裕　土や水の凍結融解過程を素材とする科学教材の構成　北海道大学低温科学研究所共同研究報告　1996.3
12) 矢作　裕　アイスレンズをつくる　北海道の雪氷　日本雪氷学会北海道支部　1996.7
13) 矢作　裕ストローなかの凍上現象　寒地技術シンポジウム　1996.11

9906130雪氷北海道支部

「　気圧」の理解を深める生徒実験
―利雪水気圧変化計の製作と実験―

宮嶋衛次，永田敏夫（道立理科教育センター）

Ⅰ　はじめに

中学校第二分野や高校地学で学ぶ気象要素のうち，気圧は五感で感じることがほとんどできない要素である。また，気圧の測定には原理や構造が解りにくいアネロイド気圧計が用いられている。このため生徒は気圧を感覚的に捉えることができないため，気圧についての理解がしにくい状況がある。ここでは，原理や構造が簡易で長時間にわたって温度一定という条件を得るために雪を利用した利雪水気圧変化計ついて述べ，この教材を用いた気圧の理解を深める生徒実験について紹介する。

Ⅱ　利雪水気圧変化計の製作

1　利雪水気圧変化計の原理

図１は水気圧変化計の模式図であり，温度が一定の場合，これらの数値の間にはおよそ次の関係がある。

$$\Delta P = \left(\frac{P \times S}{V} + 1 \right) \Delta H$$

P，V，Sはほぼ一定と見なすことができるので

$\Delta P = k \Delta H$　（kは定数）

となり，液面の高さの変化は気圧の変化量に比例することがわかる。これにより，液面の高さの変化から気圧の変化を知ることができる。

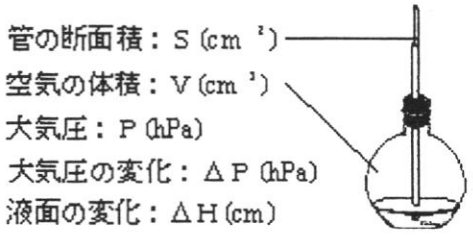


図１　水気圧計の模式図

温度を長時間一定に保つため従来は氷水が用いられることが多かったが，ここではより長時間温度を一定にし携帯性も高めるため，断熱性や保水性に優れた雪を用いた。

2　製作

準備　平底フラスコ（200cm³：上部をカットしたもの），ゴム栓，アクリル管（内径４mm長さ40cm），デジタル温度計，発泡スチロールの箱（一辺約20cm），アルミ蒸着断熱材
ビューレット用ゴム（５cm³），ゴム管（３cm），ゴム管止め，雪またはかき氷

製作手順

(1) 発泡スチロールの箱のふたを開閉式にし，箱の底に排水用のゴム管をつける。
(2) ゴム栓にアクリル管（30cm）とデジタル温度計の検温部を通す。
(3) 上部を切った平底フラスコに水を50cm³入れ，ゴム栓をする。（図２）
(4) 発泡スチロール箱の底から約３cmまで雪を詰めて入れ，その中央に平底フラス

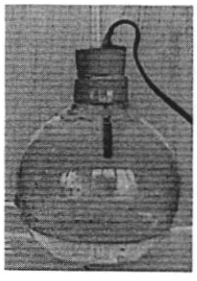


図２　測定部

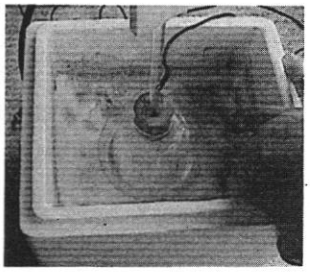


図３　フラスコの置き方

コを置き（図3），さらに箱一杯に雪を詰めて入れふたをする。

(5) 箱のまわりをアルミ蒸着断熱材で囲う。（図４）

(6) しばらく放置しデジタル温度計の値がほぼ一定になったところで，アクリル管の先端にビューレット用ゴムを付け，このゴム押してフラスコ内に空気を送り込み，アクリルの管内の液面が管の中間付近の高さにくるようにする。

(7) 再び，温度一定になったところで，アクリル管に定規をコピーした紙を貼り液面の高さを測定を開始する。

この装置では約12時間ほぼ一定の温度を保つことができる。さらに長時間観測する場合は，溶けた水をゴム管から流し，ふたを開けて雪を補給する。

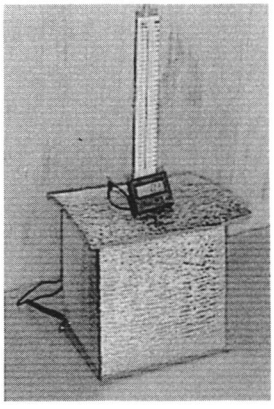


図４　利雪水気圧変化計

３．気圧と液面との関係

1999年１月19日12時～20日19時にかけて水気圧変化計の液面の高さを16回読みとり，自記記録気圧計に記録された値と比較した。（図５）

データは傾きが0.586の直線上にほぼ列び，気圧が１hPa上昇すると液面の高さが0.586cm低下する関係にあることがわかる。

この傾きから図６のような目盛板を作り，アクリル管に取り付けた。左側の目盛は気圧（hPa）の変化を，右側の目盛りは高度（m）の変化を示している。

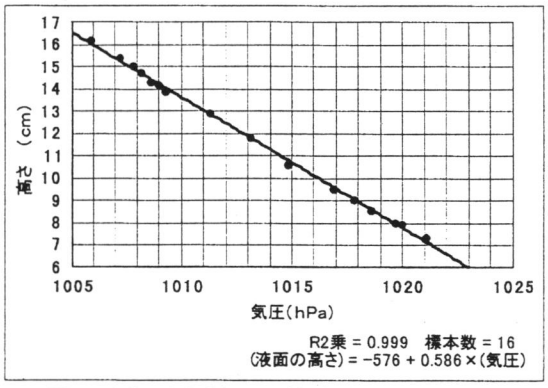


図５　気圧と液面の高さとの関係

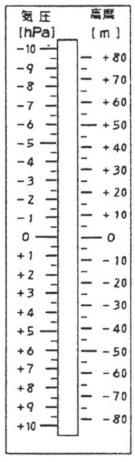


図６　目盛板

４．気圧変化の観測

1999年１月25日11時～26日11時にかけて低気圧の通過に伴う気圧変化を観測した。（図７）

観測開始から12時間後に一度，雪を補給した。観測時間内におけるフラスコ内の温度は0.1～0.3℃であり，これから長時間観測における測定誤差は0.5hPa程度と考えられ，この気圧変化計は低気圧，高気圧の通過による気圧変化を十分捉えることができることがわかった。

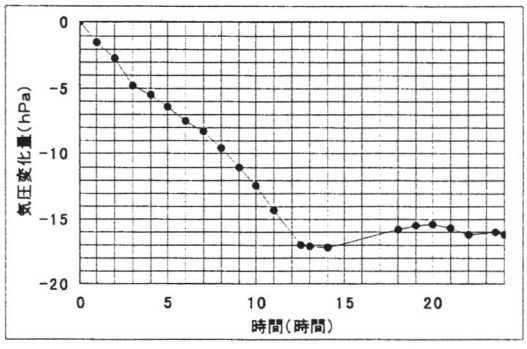


図７　利雪水気圧計による気圧変化の観測

５．普及型利雪水気圧変化計（気圧はかります花）

この利雪水気圧変化計を生徒実験用として普及型にするため小型軽量化し，さらに興味

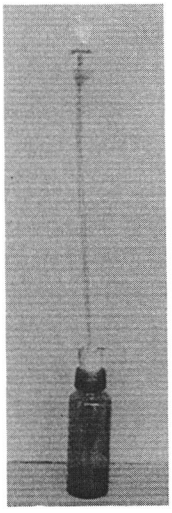


図８　測定部

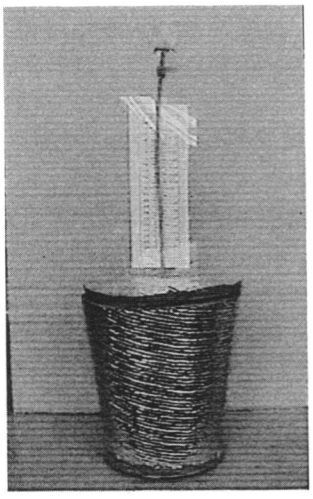


図９　気圧はかります花

づけのためデザインを工夫した。（図8，9）

水を入れる容器にドリンク剤（30ml）の瓶を，発泡スチロールの箱の代わりにサーモカップを，アクリル管の代わりに100円ショップの造花を用い，”気圧はかります花”とネーミングした。また，管の直径が約２mmと細いため，水の代わりに浸潤性に富む車用のウィンドウォッシャー液にインクを混ぜたものを用いた。

この普及型を高度（気圧）の違う場所で液面の変化を調べたところ，気圧差１hPaに対して液面の変化は約0.5cmであることがわかった。また，容器内の温度が0.1～0.3℃の範囲で一定な時間は，降雪直後の雪で約６時間ざらめ雪やかき氷で約４時間であった。

Ⅲ　生徒実験

気圧についての理解を深めることを目的として，札幌市内の道立高校の第２学年で次のような実験を授業で実施していただいた。

１．容器中の気体の体積を変化させてみよう

・普及型の水の容器を手で持ち，容器内の空気を暖めて液面の変化を調べる。

・・・暖めると液面が上昇することから温度と気体の体積との関係を考え，温度変化による液面の変化を調べる。

・普及型を入れたビニル袋を手で押し液面の変化を調べる。（図10）

・・・押すことで液面が下がることから圧力と気体の体積の関係を考え，圧力変化による液面の変化を調べる。

図10　実験の様子（１）

２．高さによる気圧の変化を観測する

・普及型を持ち，階段を上下して気圧差を測定する。（図11）

・・・階段を上がると液面が上がることから高度と気圧の関係を調べる。

１階分の高さ違い（3.5m）で液面が約２mm変化することで，気圧の違いを実感できる。また，この違いが１階分の高さの間の空気の質量によることを理解することができる。

図11　実験の様子（２）

3．水柱でトリチェリの実験

・水が入った透明な耐圧ホースの一端に栓をし，他端を水が入ったバケツの中に入れる。栓をした方を持って階段を上がり，水がどのくらいの高さまで上がるか，また，そのときの水面の様子を調べる。

・・・水が約10mの高さまで上がることから気圧が約1kg/cm²であること，1hPaは水約1cmによる圧力と同じであることがわかる。

水面の下から泡が出てくることから，飽和水蒸気圧についても考えさせることができる。

4．900hPa，1060hPaをつくろう

・ジュースに長さ1mの細いアクリル管を入れ，口を付けてジュースを1m吸い上げ，口の中に900hPaをつくる。

・・・900hPaは発達した台風の中心気圧であり，口の中で何とかつくることができる気圧である。台風の猛威，エネルギー源を考えるきっかけとなる。

・アネロイド気圧計を入れた透明のビニル袋に，口で目一杯空気を吹き込み，気圧計の目盛りを読む。

・・・気圧は30hPa～80hPa増加し，シベリア高気圧の中心程度の気圧を袋の中につくることができる。シベリア高気圧による風雪を考えるきっかけとなる。

5．気圧の時間変化を調べる

・教室内に場所を決めて利雪水気圧変化計を置き，休み時間ごとに気圧の変化を調べる。

・・・低気圧が通過する前後は1時間に2hPa以上気圧が変化することがあり，液面の高さの変化として観測することができる。気圧の変化と天気の変化とを関連づけることもできる。

これらの実験後の生徒の感想をいくつか挙げる。

・普段何気なく周りにある空気を意識することができた。花の形をした気圧計がかわいかった。

・実験セットの感激しました。すごくかわいいです。そのおかげで実験を楽しむことができました。気圧の変化は体では感じられないのに，それらが目で見られるのには感激しました。

・校舎の1階と4階の比較でも差が出るのだから，手稲山との比較ではいったいどれだけの差が出るのか知りたくなった。

Ⅳ　まとめ

水気圧変化計の周囲を雪で囲うことにより，わずかな気圧変化を感知できるようになった。これを用いた高等学校での実験で，生徒は気圧に対して興味関心を持ち，体感することにより気圧の理解を深めることができた。今後は周囲の断熱をさらに工夫し，より長時間観測することができるように改良したい。

Ⅴ．参考文献

森田　明宏（1995）水気圧計の製作と教材化.
全国理科教育センター研究協議会地学部会　研究発表収録66－68

ペットボトルで雪の結晶をつくる（Ⅱ）

・・・結晶形の変化など、その後得られた知見・・・

平松和彦（旭川西高校）

Ⅰ　はじめに

３年前に考案したペットボトルで雪をつくる装置は多くの学校教育や社会教育の場で取り上げられた。本稿では、その後得られた知見と実施状況について紹介する。

Ⅱ　多様な結晶形の観察

筆者の装置では、いったん満たされた水蒸気を追加供給することは基本的にはおこなわないので、結晶の成長にともなって、空気中の水蒸気圧は減少し、過飽和度が下がることになる。したがって、２～３時間放置しておくと、蓋の高さに大きく成長していた樹枝状結晶の先端部に小さな六角板の結晶が生じる。これは中谷および小林の Ta-S ダイヤグラムの－１５℃前後における過飽和度の違いに伴う晶癖の変化と一致している。これは大学の教育学部の教材としても利用された。さらに、釣り糸を移動させることによって温度条件の違いによる結晶形の変化を観察することも試みられた。このほか、斜めに釣り糸を張ることで、温度条件による結晶形の違いをより明瞭に読みとることも可能である。

樹枝状結晶の成長速度を調べるために、あらかじめ釣り糸に５ｍｍおきに印をつけて目測で成長速度を測定するという実験も筆者の勤務校で実施された。このような発展的な実験は平常の授業とは別の「課題研究」などで非常に有効で、生徒たちも熱心に取り組んだ。

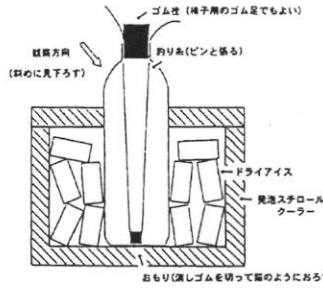


図１　平松式人工雪発生装置

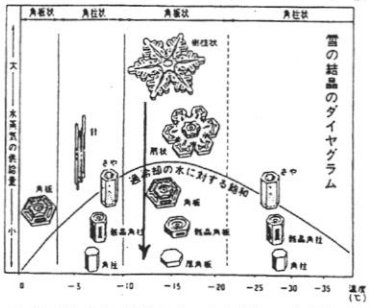


図２　小林ダイヤグラム（小林・古川，1991）

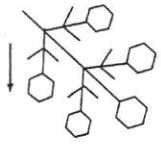


図３　六角板へ変化

Ⅲ　ウサギの毛の「瘤」に関する問題

中谷宇吉郎博士とそのグループによる人工雪実験では、ウサギの腹毛にある瘤が凝結核として有効だったとされている。この問題については 1996 年刊行の「雪氷」誌上の質問箱および雪氷談話室の欄に３回にわたって専門家による意見が載っている。ウサギの毛の表面に粘土鉱物が付着していたものが凝結核として効いたのではないかという問いかけに端を発した議論は、専門外の者にとっても興味がそそられる。もとより、初等・中等教育の学校には走査電子顕微鏡が設置されていないので、最前線にいる研究者が実施するような確認実験は不可能である。しかし筆者が考案した装置（図 1）のペットボトル内にウサギの腹毛を吊すことは容易なので、生徒実験を実施したところ、結果は釣り糸と大差がないというものであった。この場合、中谷博士がおこなったようなウサギの毛の処理もして

いないが、光学顕微鏡下ではお目当ての「瘤」がなかなか見つけられなかったことは事実である。研究者によってホットな議論がかわされている問題にかかわる実験を、高校生自らがおこなうことで、彼らが科学をより身近に感じるということであれば、これは将来の学問への方向付けとしてかなり重要なことと考えられる。

Ⅳ　他の気象実験との組み合わせ

学校教育の場や博物館講座では、雪結晶が成長する時間を利用して気象実験をいくつか演示すると、より変化に富むシナリオをつくることができる。これについて別の機会に詳しく論ずる予定である。なお雲発生実験に関する分類は山下（1988)による。

- 雲①（膨張型）透明アクリルパイプにピストンを入れて断熱膨張をおこし瞬間的に凝結するのを観察する。
- 雲②（対流型）上部を切り落としたペットボトルの底に少量の水を入れて、氷＋食塩またはドライアイスを入れたアルミ缶を寒剤として、ボトルの上にのせる。
- 氷晶①上記の透明アクリルパイプによる雲をドライアイス中でおこない、ライトを当てて氷晶が浮遊するのを観察する。
- 氷晶②平松式人工雪発生装置のボトルの上部を切り落とし、ボトルの周囲に黒い紙を巻く。そこに吐息で水蒸気を供給し、エアーキャップをつぶして氷晶を発生させ、ライトをあてて観察する。
- ティンダル像の観察　ＯＨＰに単結晶氷をのせてスクリーンに投影する。

Ⅴ　各地での実施状況から読みとれること

雪結晶を観察する実験は、北海道内外の小・中学校および高校のほか、大学においても実施された。（信州大、群馬大、北大、京大、東北大）

これは単に、結晶成長をリアルタイムに観察する機会が少ないという理由ばかりではないだろう。メディアの急速な発達により、子どもたちがなかなか第一次情報としての本物の自然現象に触れる機会が少なくなり、かわりに擬似的な映像に囲まれていることにも関係していると思われる。また、多くの実験をすべき時期に、受験勉強に追われる現状を反映しているとも言えよう。

最後に、筆者に寄せられた情報だけから見る限り、興味深いことに雪結晶の実験がおこなわれた地域には地域的な偏りが見られる。反響の大きかったのは、関西地方であった。降雪はあるものの、結晶として観察したことがない北陸地方でも実施数が多かった。逆に東北地方からの反応はあまりなかった。雪はこりごりというイメージがあるのだろうか。

Ⅷ　文献

岩崎博之,1998：私信

小林禎作・古川義純,1991：雪の結晶,雪の美術館刊

熊井　基,1996：中谷ダイヤグラムの過飽和度はどのように決定されたのですか．同図で過飽和度が水飽和より大きい領域に多く示されているのはなぜですか．雪氷,58,256-257

東　晃,1996：中谷ダイヤグラムの過飽和度の決定,雪氷,58

平松和彦,1997：ペットボトルで雪の結晶をつくる,日本雪氷学会（鶴岡市）講演予稿集

山下　晃,1988：雲の誕生,(光田寧編著：気象のはなしⅡ所収）技報堂出版

１９９８年度事業報告

■春の講演会の開催

日　時：　1998年4月28日（火）13：30~15：15
場　所：　北海道大学百年記念会館　大会議室
出席者：　53名
講　演：　①雪、お前が作る新しい時代ー利雪技術の現状と展望ー
　　媚山政良（室蘭工業大学）
　　②宮の森シャンツェにおけるピンポン玉なだれ実験
　　西村浩一（北海道大学低温科学研究所）

■総会の開催

日　時：　1998年4月28日（火）15：30～16：00
場　所：　北海道大学百年記念会館大会議室
議　題：　1. 1997年度事業報告・収支決算
　　2. 1998年度役員選出
　　3. 1998年度事業計画・収支予算案
　　4. その他

■役員会議（第1回理事・幹事会）の開催

日　時：　1998年4月28日（火）16：00～17：00
場　所：　北海道大学百年記念会館大会議室
議　題：　1. 1998年度支部活動について
　　2. その他

■研究発表会の開催

日　時：　1998年6月23日（火）　13：00～18：00
場　所：　北海道大学学術交流会館 小講堂
出席者：　77名
プログラム
座長　伊藤敏幸（北海道工業大学）、西村浩一（北大低温研）
　　深見浩司（北海道立地下資源調査所）
1　着氷風洞を用いた列車着雪に関する基礎実験 1
　　井藤由親・尾関俊浩・北川弘光（北大院・工）

秋庭賢二（ＪＲ北海道）・小杉健二（新庄雪氷防災研）

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

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

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

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

6　国道 38 号狩勝峠の盛土法面における植栽木の 4 年後の成長経過と雪害対策について
斎藤新一郎（専修大学北海道短期大学）・孫田　敏（日本データサービス）・阿部富次（帯広開発建設部）

7　第 10 回国際冬期道路会議概要と第 11 回日本（札幌）開催（2002 年）に向けて
石本敬志（開発土木研究所）

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

9　自然エネルギー利用融雪システムの国内普及状況と将来性
岩本欣也（北大工学部）・佐山惣吾（寒地技術研究所）

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

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

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

13　ニセコ春の滝で発生した雪崩(1998.1.28)調査報告
山田高嗣・八久保晶弘・根本征樹・海原拓哉・James McElwaine
西村浩一（北大低温研）・新谷暁生（ウッドペッカーズ）

14　ニセコアンヌプリの積雪特性
八久保晶弘・山田高嗣・James McElwaine・菅野真人（北大低温研）

新田隆三・原田裕介（信大・農）・和泉　薫・永崎智晴（新大災害研）
川田邦夫（富山大・理）・納口恭明（防災科研）

15　衛星による屈斜路の御神渡りの研究－御神渡りの分布と湖氷厚の推定－
西尾文彦・中村和樹・直木和弘・東海林明雄（北海道教育大学釧路校）

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

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

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

■機関誌「北海道の雪氷」17号の発行

発行日　：1998年8月21日
発行部数：350部

■地域講演会の開催

日　時：　1998年11月12日（木）　15:00～18:00
場　所：　北海道大学学術交流会館
テーマ：　公開講演会「21世紀の北海道の生活と雪」
－雪や寒冷気候を自然エネルギーとして利用した食料の備蓄－
主　催：　日本雪氷学会支部
後　援：　日本気象学会北海道支部、日本農業気象学会北海道支部
日本建築学会北海道支部、北海道経済部資源エネルギー課
札幌市、沼田町、北海道立寒地住宅都市研究所
北海道大学低温科学研究所、北海道新聞社
出席者：　163名
プログラム
主催者挨拶　前野紀一 支部長
第1部
基調講演

新聞記者が見た利雪社会	相原秀起（道新）
夏の雪－あり余る冷熱資源	媚山政良（室工大）
農業に雪を－雪も仲間の農業現場への展望	谷口健雄（道立中央農試）
雪と暮らす－雪と共存した社会への展望	苫米地　司（道工大）

コメント

雪国の貯え－伝統に学ぶ－　　石田秀樹（道東海大）

雪利用型産業の課題　　原　文宏（北海道開発技術センター）

第2部

パネルディスカッション「北海道における雪利用技術の展望について」

モデレーター：石田　哲（北海道総合企画部政策室）

パネルメンバー：相原秀起、媚山政良、谷口健雄、石田秀樹

■第1回幹事会の開催

日　時：　1999年3月10日（水）　13：30～15：00

場　所：　北海道大学低温科学研究所 会議室

議　題：　1.1998年度事業報告・収支決算（見込み）

2.1999年度事業計画・収支予算案

3.その他

■第2回理事・幹事会の開催

日　時：　1999年3月10日（水）　15：00～17：00

場　所：　北海道大学低温科学研究所 会議室

議　題：　1.1998年度事業報告・収支決算（見込み）

2.1999年度事業計画・収支予算案

3.その他

収支計算書

通常会計

1998年4月1日から1999年3月31日まで

（北海道支部）

収入の部　　（単位　円）

科　目	予算額	決算額	差　額	備　考
1.基本財産運用収入	0	0	0	
基本財産利息	0	0	0	
2.本部交付金	652,000	638,493	13,507	
3.事業収入	10,000	18,000	▲ 8,000	
出版物売り上げ	10,000	18,000	▲ 8,000	
広告収入	0	0	0	
4.雑収入(預金利子)	0	2,084	▲ 2,084	
当期収入合計	662,000	658,577	3,423	
前期繰り越し収支差額	2,775,216	2,775,216	0	
収入合計	3,437,216	3,433,793	3,423	

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	725,000	764,632	▲ 39,632	
講演会費	75,000	45,500	29,500	
研究発表会費	30,000	34,020	▲ 4,020	
談話会費	170,000	171,300	▲ 1,300	
機関誌発行費	400,000	438,585	▲ 38,585	
総会費	10,000	12,547	▲ 2,547	
理・幹事会費	40,000	62,680	▲ 22,680	
2.管理費	150,000	103,661	46,339	
事務費	150,000	103,661	46,339	
3.予備費	50,000	0	50,000	
当期支出合計	925,000	868,293	56,707	
当期収支差額	▲ 263,000	▲ 209,716	▲ 53,284	
次期繰越し収支差額	2,512,216	2,565,500	▲ 53,284	

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10年度（1998年04月01日～1999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。

1999年4月8日

社団法人日本雪氷学会北海道支部

監　事　　油　川　英　明　　印

1999年4月9日

社団法人日本雪氷学会北海道支部

監　事　　植　松　孝　彦　　印

１９９９年度事業計画

1.春の講演会の開催	1999年4月28日（水）
2.支部総会	1999年4月28日（水）
3.役員会議	1999年4月28日（水）
4.研究発表会の開催	1999年6月24日（木）
5.機関誌「北海道の雪氷」18号の発行	1999年7月
6.地域講演会の開催	秋、1回
7.理事・幹事会議	2000年3月
8.幹事会	1～2回

会計計画案

1999 年 4 月 1 日から 2000 年 3 月 31 日まで

※（新科目分類）

収入の部　　（単位　円）

科　目	予算額	備　考
1.会費収入	0	
支部会員費	0	
2.事業収入	10,000	
研修会等収入	0	
広告収入	0	
出版収入	10,000	
3.内部移管金収入	647,946	
交付金支部収入	597,946	
事業収支差額収入	0	
広告支部受取金	50,000	
4.雑収入(預金利子)	1,000	
当　期　収　入　合　計	658,946	
前期繰り越し収支差額	2,565,500	
収　入　合　計	3,224,446	

支出の部　　（単位　円）

科　目	予算額	備　考
1.事業支出	670,000	
研修・見学会支出	30,000	研究発表会に相当
講演・談話会支出	240,000	
支部機関誌発行費	400,000	
2.管理費	190,000	
事務費	140,000	
会議費	50,000	
3.内部移管収入勘定	0	
3.予備費	0	
当　期　支　出　合　計	860,000	
当　期　収　支　差　額	▲ 201,054	
次期繰越し収支差額	2,364,446	

※ 当学会の社団法人化にともない、今年度から、各支部における会計計算書は学会本部の公式フォーム（科目分類）に従って提出することになりました。旧科目分類から新科目分類への主な変更ヶ所は以下のとおりです。

	（科目）	（細目）	（科目）	（細目）
収入の部	本部交付金		→ 内部移管金収入	交付金支部収入
			→ 内部移管金収入	広告支部受取金
支出の部	事業支出	研究発表会費	→ 事業支出	研修・見学会支出
		総会費	→ 管理費	会議費
		理・幹事会費	→ 管理費	会議費

（社）日本雪氷学会 1999 年度北海道支部役員（下線：新任）

支部長	前野　紀一	北海道大学低温科学研究所	011-706-5474
副支部長	竹内　政夫	(財)日本気象協会北海道本部	011-622-2230
理　事	石本　敬志	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111-207
	工藤　公健	鹿島建設(株)札幌支店	011-231-7521
	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	011-706-6183
	高橋　修平	北見工業大学土木開発工学科	0157-26-9494
	武市　靖	北海学園大学工学部	011-841-1161
	土谷 富士夫	帯広畜産大学畜産環境科学科	0155-49-5511
	苫米地　司	北海道工業大学建築工学科	011-681-2161-443
	西尾　文彦	北海道教育大学釧路校	0154-44-3341
	原　文宏	北海道開発技術センター	011-271-3028
	福田　正己	北海道大学低温科学研究所	011-706-5492
	矢作　裕	北海道教育大学釧路分校	0154-42-1735
監　事	油川　英明	北海道教育大学岩見沢分校	0126-32-0335
	植松　孝彦	(財)日本気象協会北海道本部	011-622-2239
評議員	青木　孝	札幌管区気象台	011-611-6121-400
	秋田谷 英次	北星学園大学・北の生活館	011-771-7398
	池田　保夫	北海道開発コンサルタント(株)	011-851-9221
	一條　昌幸	北海道旅客鉄道（株）工務部	011-700-5788
	加藤　建郎	交通安全施設研究会	011-261-1855
	川端　隆	札幌市建設局道路維持部	011-211-2682
	郡　義和	北海道開発局長官房開発調整課	011-709-2311
	小山　芳一	(財)河川情報センター札幌センター	011-757-0511
	古道　宣行	北海道電力(株)土木部	011-251-4619
	田原迫 孝一	北海道電力(株)総合研究所	011-251-4299
	東海林 明雄	北海道教育大学釧路校	0154-42-3381-328
	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
	田村　明	北海道総合企画部	011-231-4111
	横須賀 英司	(株)地崎工業北海道本店	011-551-8114
顧　問	木下　誠一	北海道大学名誉教授	011-731-8645
	小島　賢治	北海道大学名誉教授	011-561-6082
	清水　弘	藤女子大学	011-736-0311
	中村　龍一	(株)北海道二十一世紀総合研究所	011-231-3053
	東　晃	北海道大学名誉教授	011-373-1907
	若濱　五郎	北海道大学名誉教授	0123-36-4016
幹事長	水野 悠紀子	北海道大学低温科学研究所	011-706-5472
庶務幹事	海老沼 孝郎	北海道工業技術研究所	011-857-8950
会計幹事	石井　吉之	北海道大学低温科学研究所	011-706-5583
幹　事	阿部　正明	北海道開発技術センター	011-271-3028
	池田　元基	北海道旅客鉄道（株）工務部	011-700-5794
	伊東　敏幸	北海道工業大学建築工学科	011-681-2161-344
	榎本　浩之	北見工業大学土木開発工学科	0157-26-9499
	尾関　俊浩	北海道大学大学院工学研究科	011-706-7247
	川島　由載	北海道開発コンサルタント(株)	011-801-1525
	高橋　庸哉	北海道教育大学附属教育実践研究指導センター	011-778-0293
	中林　宏典	(財)日本気象協会北海道本部	011-622-2239
	中村　雄一	北海道ガス(株)技術開発研究所	011-222-5367
	平松　和彦	北海道立旭川西高等学校	0166-52-1215
	深見　浩司	道立地下資源調査所環境地質部	011-747-2211-423
	藤井　雅晴	札幌総合情報センター(株)	011-232-4848
	松澤　勝	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111-325
	村崎　慎一	日本道路公団北海道支社	011-896-5895
	渡辺　恭吾	北海道電力(株)総合研究所	011-251-1111

日本雪氷学会と道内関係機関のホームページについて

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

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

道内関係機関のホームページ

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

より充実したものにするために、道内関係機関のアドレスを下記までご連絡下さい。

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

社団法人 日本雪氷学会北海道支部規約

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

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

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

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

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

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

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

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

（監事の職務）
第9条　支部監事は、支部の事業、会計を監査する。

（幹事の職務）
第10条　支部幹事は、支部の会務を処理する。

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

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

（役員の任期）
第13条　役員の任期は2年とする。再任を妨げない。

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

（総会）

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

2　総会においては、下記の事項の承認を受けなければならない。

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

（資産および会計）

第16条　本支部の財産は次のとおりとし、支部長がこれを管理する。

1. 本部からの交付金
2. 寄付金
3. その他

2　本支部の会計年度は、毎年4月1日より翌年3月31日までとする。

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

北海道の雪氷　No.18

ISSN-1340-7368

1999年8月16日発行
発行　日本雪氷学会北海道支部
〒060-0819 札幌市北区北19条西8丁目
北海道大学低温科学研究所内