

石川先生

I S S N - 1340 - 7368

(社)日本雪氷学会北海道支部機関誌

北海道の雪氷

第16号



1997年 9 月

発行 (社)日本雪氷学会北海道支部

目次

卷頭言	1
1997年度研究発表会講演要旨	2
1996年度事業報告	60
1996年度会計報告	63
1997年度事業計画	65
1997年度会計計画	66
1997年度北海道支部役員名簿	67
社団法人 日本雪氷学会北海道支部規約	68

(表紙 画：斉藤新一郎、 題字：福沢卓也)

防雪柵の謎

副支部長 竹内 政夫 (日本気象協会北海道本部)

道路が本格的に機械で除雪されるようになって50年程になる。それまでは踏み固められた雪の上を馬そりや徒歩で行き来していただけだったから、冬も車が走れることは人々にとって意識を変える程の驚きであったようだ。初めは終戦後(1945年)の55kmであったが、バス路線そして全路線へと、経済の成長とともに急速に除雪路線が延びていった。その間幾度も大雪に打ちのめされながら、それを逆手に雪災害対策の法令や制度をつくり、研究や技術を進めてきたのが雪対策の歴史である。そして今では、その技術は生活レベルにまで多様化している。

最近、防雪技術の変遷を調べる機会があった。道路で使われて記録に残っている最も古い柵は1963年に設置されたもので、その空隙率は約20%である。ところが、手元を集めた資料の中で、最も古い防雪柵の写真(1960年頃?)には、どう見ても空隙率が50%の柵が写っている。少なくとも、50%の防雪柵がかって試験的にせよ使われたことを示している。北欧を起源とする防雪柵には、150年の歴史があり、欧米では防雪容量が最大になるように50%の柵が主流になっている。技術の多くがそうだったように、始めは欧米の文献から学んで50%柵が立てられただろうということまでは推定できる。しかし、さして組織的な実験がされたとは思えず?短時間に何時、誰が、何を目的や基準に20%を選んだかは謎のままである。20%のほうが50%のものよりも用地を必要としないので、狭い日本には向いていて、この選択は良かったと思うが、それだけにその経緯が気になる。経験工学とはいえ、誰かが直感的に決めたとしたらすごいし、それが30年以上も踏襲されたのは恐ろしい。何事も一旦走り出したら軌道修正するのは難しいものである。それだけ、地道でも基本的な研究が必要であり、共有財産とするために本誌のような学会誌の役割があるのであろう。この謎は、古い「雪氷」をひもとくことによって解ければと思っている。

ちなみに、今では防雪柵は3種類に増え、気象や環境の条件に合った設計法がある。

(社)日本雪氷学会北海道支部 1997 年度研究発表会講演要旨

日時：1997 年 6 月 24 日（火） 13:00～18:05

場所：北海道大学百年記念会館（札幌市北区北 9 条西 6 丁目）

**13:00～14:30 座長：成瀬廉二（北大低温研）

- 1 高性能可視近赤外放射計(ADEOS・AVNIR)による海氷の観測
白崎和行・榎本浩之(北見工業大学) 3
- 2 航空機搭載マイクロ波放射計による新しい海氷情報の取得に向けての研究
館山一孝・榎本浩之・高橋修平・百武欣二(北見工業大学)・西尾文彦(北海道教育大学
釧路校) 5
- 3 アムール川の流量変動がオホーツク海の家氷域に与える影響について
小木雅世・西尾文彦(北海道教育大学釧路校)・立花義裕(東海大学) 8
- 4 樺戸山塊の乾雪全層雪崩(1997 年 3 月 5 日)
佐野愛子(北大・法 4)・品川 誠(北大・農 4)・八久保晶弘・成瀬廉二(北大・低温研) 12
- 5 陸別町周辺における盆地冷却観測
加藤 晋・高橋修平・百武欣二(北見工業大学)・石橋 勉(陸別町しはれ研) 15
- 6 砂を含む氷の一軸圧縮破壊強度の研究
本池真生男・庄子 仁(北見工業大学) 17

**14:40～16:25 座長：高橋修平(北見工業大学)

- 7 豪雪時における新聞報道について
高橋陽子・苔米地司(北海道工業大学) 19
- 8 液体窒素を使った人工雪の観察法
村上俊一・大久保政俊・永田敏夫(北海道立理科教育センター) 21
- 9 ペットボトルで雪結晶をつくるー寒冷環境の教材化の一環としてー
平松和彦(旭川西高等学校) 23
- 10 水や氷を素材とする教育実験ーアイスレンズをつくるⅡー
矢作 裕(北海道教育大学釧路校) 27
- 11 札幌コミュニティドームにおける屋根雪の滑雪特性について
苔米地司・細川和彦・山口英治・伊東敏幸(北海道工業大学) 31
- 12 建築物外装材への着雪性状について
伊東敏幸・苔米地司(北海道工業大学) 33
- 13 札幌ー旭川間における列車着雪の観測
尾関俊浩・北川弘光(北大大学院工学研究科)・香川英司(JR 東日本)・秋庭賢二(JR 北海
道) 37

**16:35～18:05 座長：藤井雅晴(札幌総合情報センター(株))

- 14 防雪柵端部での吹雪による視程の急変とその対策ー数値シミュレーションによる検討ー
福澤義文・加治屋安彦・金子 学(開発土木研究所)・川上俊一・金田安弘(日本気象協会
北海道本部) 41
- 15 樹幹の成長からみた道路防雪林の除伐の適期、除伐方法および今後の植栽方法について
斎藤新一郎(専修大学北海道短期大学)・井上惇夫(日本道路公団北海道支社)・竹内摂雄
(札幌道路エンジニア) 44
- 16 ロードヒーティング用表層材料の水平方向温度分布の特性比較
岩本欣也(北大・工)・佐山惣吾・酒井好夫(寒地技術研究所)・岩淵英樹(株式会社)・山口
宗宏(北海道工業技術研究所) 48
- 17 ロードヒーティング表面の熱収支に関する実験と解析
岩本欣也(北大・工)・佐山惣吾(寒地技術研究所)・山口宗宏(北海道工業技術研究所) 52
- 18 凍結路面の発生メカニズムに関する熱収支的考察
石川信敬・成田英器・須藤正季(北大・低温研)・加治屋安彦(開発土木研究所) 56
- 19 新路面分類に基づく 94/95、95/96 冬期の全道路路面状況
金子 学・加治屋安彦・福澤義文(開発土木研究所)・小林利章(日本気象協会北海道本
部) 58

高性能可視近赤外放射計 (ADEOS・AVNIR) による海氷の観測

白崎和行, 榎本浩之 (北見工業大学)

1. 目的

今回の研究では雪氷域における衛星リモートセンシングの可能性を探ることを目的とし、海氷の観測を行った。衛星による海氷の観測は今までは、分布のみが調べられており、種類や厚さなどについてはほとんど調べられていない。そのため詳細な分類が望まれている。

2. 解析

ADEOS衛星に搭載されている高解像度可視近赤外放射計AVNIRそれとMOS-1衛星に搭載されている可視近赤外放射計MESSRを使用し海氷の観測を行った。AVNIRは、1997年2月3日のオホーツク海沿岸、MESSRは、1993年4月7日の南極域のものを使用した。この衛星データから海氷について可視光と近赤外の波長のデータを取得し解析を行った。

また、衛星データとの比較を行うために可視近赤外スペクトロメータを使用し簡易な観測実験を行った。屋内では水中、水面のフラジリアイスを仮定し、水に雪を少しずつ加えながら実験を行った。屋外では、サロマ湖にて様々な表面状態の氷について観測を行った。

3. 結果

AVNIRで得られた可視光と近赤外データを用いて比を取ると図1(b)のような画像が得られた(図1(a)、(b)は同じ場所)。この画像と可視光だけで表示された画像(図1(a))を比較すると、可視光では一様に海氷が分布しているように思われる。しかし、可視と近赤外の比では近赤外が小さいため表示されない海氷が見られた。



図1(a) ADEOS AVNIRによる海氷域の可視画像
(観測幅 40 km)

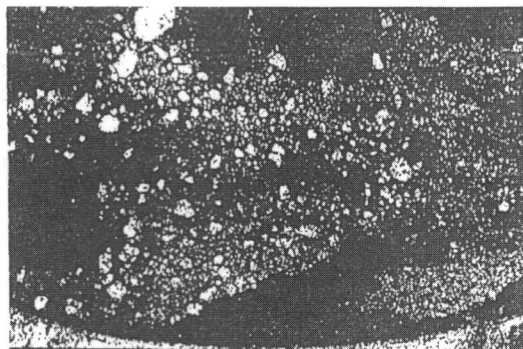


図1(b) (a)と同地域について近赤外と可視の比(ch4/ch2)で示した画像

次に、MESSRで観測された海氷について解析を行った結果、図2のような関係が得られた。ここで示す実線、破線は衛星データから得られた海と冰山(または一番明るい海氷)の各波長帯の値を基準として冰山と海の値の混合によって求めたものである。たとえば、観測範囲内に冰山が50%海面が50%混在しているとすると、その観測範囲の値は冰山と

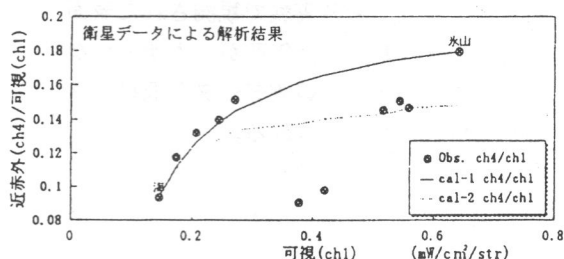


図2 氷期期の海氷を可視と近赤外の関係で示した図
●は解析した点 —は冰山と海の面積配分による線 ---は明るい海氷と海による線

海のそれぞれ波長帯の値の中間を示す。同様に10%, 20%, 30%・・・と計算した結果を線で示した。ほとんどの海氷は、このラインに乗っている。しかし、ラインに乗らない海氷も確認されたが、これは近赤外の値が小さいためである。このことは表面状態の違いを表しているのではないかと思われる。そこでこの近赤外の値が小さい海氷がどのような表面状態のものであるか観測実験を行い検討した。

スペクトロメータを使用して行った屋内実験の結果、図3のような結果が得られた。ここに示した線も、先ほどと同様に、面積配分によって求めたものである。この図から表面が濡れてる、または雪が水没したような状態では近赤外の値が小さくなる。そのためにラインから大きくはずれることが確認された。次に、屋外実験の結果から得られた結果が図4である。この図から積雪があり、粗い表面の海氷は近赤外の値が小さく可視光が大きいという傾向が見られた。これらの結果から衛星データより得られた近赤外の値が小さい氷としては雪面の表面が濡れているまたは、水に覆われている場合、雪が水没したような状態の場合さらには、積雪があり粗い表面であるということがあげられる。

4. まとめ

今回の研究の結果、可視光と近赤外の衛星データから近赤外の値が低い海氷の存在が確認された。海氷と水面の混在する表面からの反射強度は海氷の占める面積により変わるが、これは可視光の強さの違いとして観測される。氷の占める面積だけでなく氷の種類や表面状態の違いを考える場合は可視光に加えて近赤外の変化を調べることで有効であることがわかった。

また、今回の屋外実験で観測された表面の粗い海氷は観測した箇所が一カ所と少ない。そのため多くの観測データを取得しさらなる解析が必要とされる。

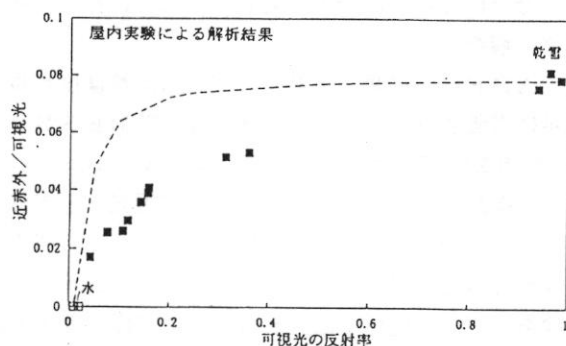


図3 屋内実験から得られた可視近赤外比と反射率の関係
■は観測点 …は乾雪と水の面積配分から求めた線

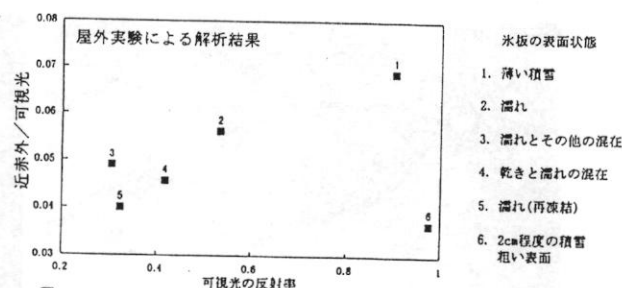


図4 サロマ湖での屋外実験で得られた可視近赤外比と反射率の関係

	明るさ	粗さ	濡れ
1	大	小	小
2	小	小	大
3	—	—	—
4	—	—	—
5	小	小	大
6	大	大	小

航空機搭載マイクロ波放射計による 新しい海氷情報の取得に向けての研究

○館山一孝, 榎本浩之, 高橋修平, 百武欣二 (北見工業大学)
西尾文彦 (北海道教育大学釧路校)

1. はじめに

人工衛星搭載マイクロ波放射計は天候・昼夜を問わず観測できるために海氷モニタリングの主力となっている。

現在, 米国の軍事衛星 DMSP に搭載されているマイクロ波放射計 SSM/I のデータセットが海氷モニタリングに一般的に使用されており, 海氷分類アルゴリズムは NASA が開発したものが主流であるが, これにはいくつかの問題点がある。このアルゴリズムをオホーツク海に適用すると, 存在するはずのない多年氷のシグナルが現れたり, 春から夏にかけて海氷が見られたりする。これはオホーツク海域が海氷の存在する他の極域の海域と違って気温が高く, 水蒸気が多いことや, 薄氷のシグナルが多年氷と分離できていないことが原因と考えられる。

我が国でも 1999 年に高性能マイクロ波放射計 AMSR (Advanced Microwave Scanning Radiometer) を搭載する ADEOS II が打ち上げられる。この AMSR に相当するチャンネル (表 1) を持つ航空機搭載マイクロ波放射計 AMR (Airborne

Microwave Radiometer) の観測および地上検証が 1996 年 2 月にサロマ湖・オホーツク海で行われた。

本研究はこの観測で得られたデータを用いて従来より精度の高い海氷分類を行った。

2. 使用したデータ

- ・ AMR (18GHz, 37GHz, 89GHz), VTR
- ・ 航空機搭載放射温度計, VTR
- ・ SPOT/HRV の可視画像

図 1 に AMR の航跡図を示す。

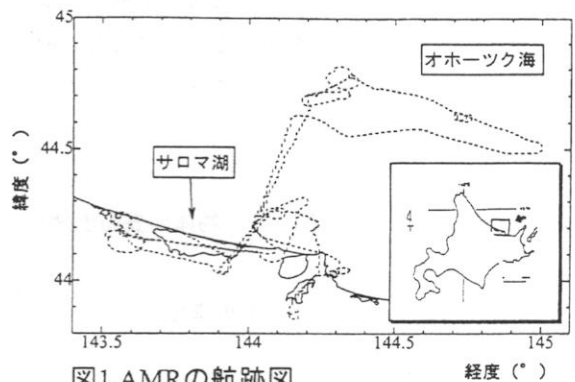


図1.AMRの航跡図

緯度 (°)

経度 (°)

表 1. AMR のチャンネル

周波数 (GHz)		6.9	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0
空間分解能 (高度 500m)	長さ (km)	0.44	0.38	0.32	0.27	0.3	0.3
	幅 (km)	0.16	0.13	0.1	0.08	0.09	0.09
バンド幅 (MHz)		350	100	200	400	1000	3000
偏波		水平および垂直					
入射角		約 55 度					

3. サロマ湖湖氷の観測結果

サロマ湖の湖氷は層構造、塩分プロファイルおよび表面粗度等の点から海水が凍った外洋の1年氷とほぼ同じと考えることができる。また、湖は例年全面結氷して安定であるので、外洋と比べて容易に地上検証データを取得できる。1996年もサロマ湖は全面結氷しており、北西に行くほど氷厚は薄くなっていた。地上検証の結果と比較した結果、放射温度・輝度温度ともに北西に向かうに従い高い値となっていた。

4. サロマ湖湖氷の表面状態の推定

NASA では海氷分類アルゴリズムに 37GHz と 19GHz の差をそれらの和で割った値 GR (Gradient Ratio) と 19GHz の水平と垂直偏波の差をそれらの和で割った値 PR (Polarization Ratio) を使用しているが、薄氷と1年氷、多年氷の分離が完全ではなく、1年氷の表面状態の相違を区別することができないため(榎本, 1996)、新たなパラメーターとして射出率比 ER (Emissivity Ratio) を用いることにした。射出率は物体固有の値であり、チャンネル i における輝度温度 T_{Bi} とは

$$T_{Bi} = \epsilon_i (\text{射出率}) \cdot T (\text{物体の表面温度})$$

の関係で表わされるので、射出率比 ER を

$$ER = \frac{\epsilon_{39GHz}}{\epsilon_{89GHz}} = \frac{T_{B39GHz}}{T_{B89GHz}}$$

と定義した。ER は上式の計算過程で T がキャンセルされるため物体の表面温度に依存しないというメリットがある。ここで 89GHz を使用した

のは、89GHz は赤外領域に近く、海氷分類アルゴリズムではまだ使用されていないチャンネルであり、新たな情報の取得が期待されているためである。実際、他のチャンネルを組み合わせるよりも 37GHz と 89GHz の ER がもっとも有効であることがわかった。

VTR から推定した表面状態の空間分布と ER を比較した結果、

積雪がある湖氷: $ER_{SNOW} > 1$

積雪がない(少ない)湖氷:

$$ER_{ICE} \approx 1 (\pm 0.01)$$

薄氷: $0.95 < ER_{THIN_ICE} < 0.99$

湖水面: $ER_{WATER} < 0.9$

となった。

5. オホーツク海海氷の分類

本研究ではより精度の高い海氷分類を行うためにサロマ湖の表面状態推定から得られた ER を GR の代わりに用いた。

VTR から氷盤、薄氷、ニラス、海面を以下の基準でサンプリングし、縦軸に ER、横軸 PR をとると図2のようになった。比較のために NASA アルゴリズムを図3に示す。

氷盤: 直径 100m 以上, [厚さ 30-200cm]

薄氷: 蓮葉氷など, 直径 5m 以内,
[厚さ 10-30cm]

ニラス: 暗い色の薄氷, [厚さ 5-10cm]

海面: 海氷密度度 0%

図2と図3を比較すると、ER を使用した分類では氷盤 100%と薄氷 100%を $ER=1$ のラインで

分離することができることがわかる。また、氷盤を含む薄氷域と氷盤を含まない薄氷域を $ER=0.96$ のラインで分離できることがわかり、海面は $ER=0.86$ のラインで分離できた。ニラスは $ER=0.9$ のライン付近にあるもののサンプル数が少なく、今回の解析では分類パラメータに加えなかった。

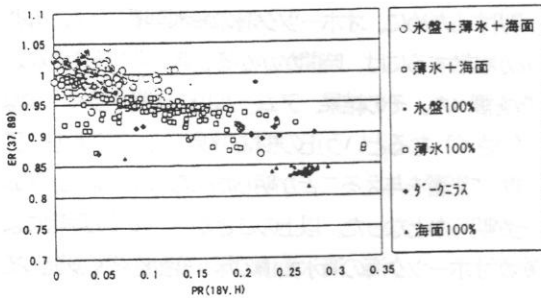


図 2. 分類 [PR (18V, H) - ER (37, 89)]

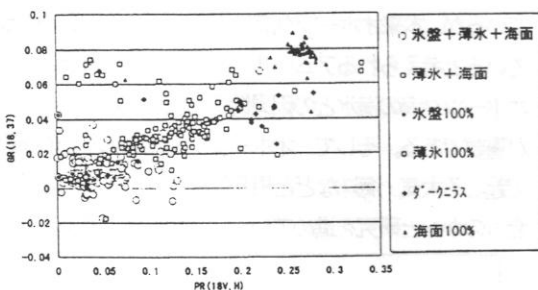


図 3. 分類 [PR (18V, H) - GR (18, 37)]

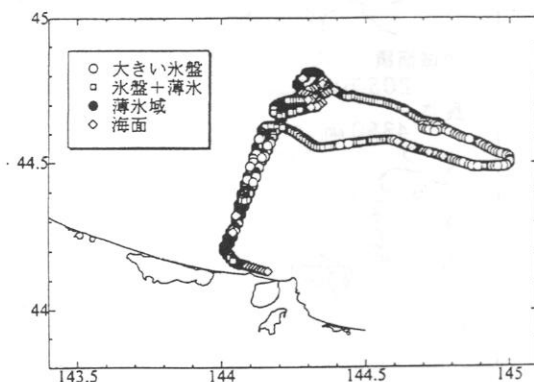


図 4. AMR の航跡上の海水分類図

以上をまとめると以下のようなアルゴリズムになった。

大きい氷盤: $1 < ER_{BIG_FLOE}$

氷盤を含む薄氷域: $0.96 < ER_{FLOE+THIN_ICE} < 1$

薄氷域: $0.86 < ER_{THIN_ICE} < 0.96$

海面: $ER_{WATER} < 0.86$

これを AMR の航跡図にプロットすると図 4 のようになった。図 4 と同じ日の SPOT の可視画像を比較すると、実際の海水分布とほとんど一致することが確認された。

6. まとめ

射出率比 ER を使用することで氷盤と薄氷の分離ができ、従来のアルゴリズムより精度の高い海水分類ができた。

AMR のさらなる観測によって今回の観測では得られなかった他の海水パラメータ（グリースアイス、氷丘、表面が融解した海水等）の取得が期待される。

今後は海水と陸地の分離等の問題をクリアし、SSM/I のデータセットを用いたオホーツク海全域の海水分類図を作り、地球温暖化の海水への影響のモニタリングに役立てたい。

参考文献

榎本浩之 (1996): マイクロ波リモートセンシングによる最近の雪氷研究 - マイクロ波放射計による海水の観測 -, 日本雪氷学会誌, Vol. 58, No. 1, pp. 53-55

アムール川の流量変動が オホーツク海の水氷域に与える影響について

小木雅世・西尾文彦 (北海道教育大学釧路校) 立花義裕 (東海大学)

要旨

オホーツク海の水氷は、北半球で最も南限に存在する。オホーツク海に海水ができる主な原因は、アムール川から淡水が大量に流入するために、低塩分水層が形成され、冬期に海水が冷却されて起こる対流層が浅いため、すぐに結氷温度に達するといわれている。このことが事実であるかを解明するために、オホーツク海の水氷面積とアムール川の流量データを使って解析を行った。オホーツク海全域に淡水が拡散するには、時間がかかると考えられるために、アムール川の流量とオホーツク海の水氷面積とのラグ関数を調べた。その結果、アムール川の流量が多く（少なく）なると、5年後にオホーツク海の水氷面積が大きく（小さく）なるという正の相関が現れた。すなわち、アムール川の流量変動は、オホーツク海の水氷面積に5年程度遅れて影響を与えることが明らかになった。また、アムール川の河口付近の水氷面積にも、より早く影響を受けることが明らかとなった。以上のことから、多くの要因によってオホーツク海の水氷は変動するが、アムール川の流量変動がオホーツク海の水氷面積の年々変動を強く支配しているといえる。

1. はじめに

オホーツク海は、北半球でもっとも低緯度で海水ができる世界でも稀な海域である。なぜ、他の同じ緯度では見られない海水が、このオホーツク海だけに見られるかというと、アムール川から大量に淡水が流入し、海面近くの密度が小さくなるため深く沈降できず、海面上の低塩分水のみで対流が起こり、すぐに結氷温度に達し早く凍るためといわれている。近年、二酸化炭素の増加とともに地球温暖化の影響により、オホーツク海の海水を減少させるのではないかと、気象研究所の大気・海洋結合モデルの結果で予測されるという報告がある（野田 1996）。また、1989年以降、オホーツク海南部（55°N以南）の海水量が減少している。この理由は、大気の10年変動の影響ではないかと指摘しているが、淡水の流量との変動についても検討していくと報告されている（立花 1996）。また、日本付近にやってくる海水は重要な海氷生産域といわれるアムール川河口付近で出来ているのか、あるいは日本に近いところで出来ているのかについてもはっきりされていない（竹内 1996）。このように、オホーツク海の水氷は、大気循環にตอบสนองして変動することが多くの研究者たちによって指摘され

ているが、本来オホーツク海に海水ができる原因を作っていると考えられるアムール川から流入する淡水と、オホーツク海の水氷との因果関係を明らかにすることが重要である。そして、オホーツク海の水氷とその周辺で起こる大気・海洋などと相互作用がどのように影響し合うのかへと研究を進めていくことが必要である。

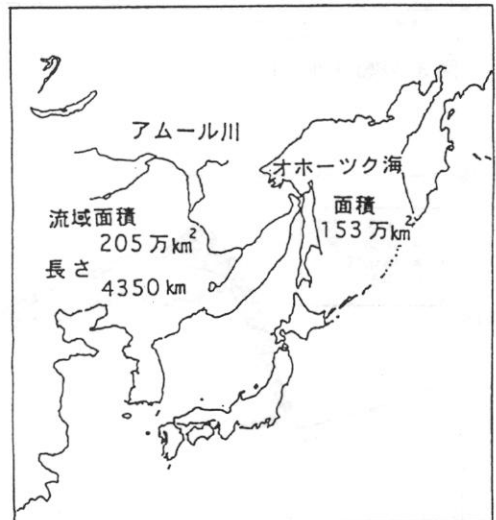


図 1. オホーツク海とアムール川の位置

2. データセット

オホーツク海の水氷面積は、気象庁がまとめた緯度 0.25°、経度 0.25° のグリッドデータを使用した。5 日毎のデータで、1971 年から 1996 年までである。アムール川流量データは、ロシア国、ハバロフスク州 Komsomolsk Na Amure 市 (緯度 50.63° N、経度 137.12° E) で測られたものを使用した。これは、1 ヶ月毎の流量データで、1933 年から 1984 年までである。

3. アムール川流量とアムール川流域の都市の降水量について

アムール川の流量データが 1984 年までしか手元がないために、オホーツク海の水氷面積とアムール川の流量は 1971 年から 1984 年までの 13 年間しか比較できない。そこで、1985 年以降の流量を推定するために、アムール川の流域にある 10 都市の降水量を平均したものを使い、アムール川の流量と比較した。10 都市の降水量のデータは、ロシアの気象データで 1971 年から 1992 年までの 1 ヶ月毎にだされているものを使用した。すると、流量が多い (少ない) と降水量も多い (少ない) という変動が合っていることから、この 10 都市の降水量で推定できることが予想できる。このことから、流量データが 1992 年まで増える。

4. オホーツク海の水氷面積とアムール川流量の解析

図 2 は、オホーツク海の水氷面積とアムール川の流量の変化を示す。オホーツク海の水氷は、アムール川河口付近及びオホーツク海北部で出来始めたものが、その後南下して面積を拡大し、最大水氷面積は 2 月下旬から 3 月上旬に現れる。また、アムール川の流量は、最大水氷面積の 1 年前の 1 月から 12 月までの 1 ヶ月毎の流量を積算したものを使用した。1 年毎の変動を見ると、アムール川の流量が少ない (多い) 時は、最大水氷面積が大きい (小さい) ことが読み取れる。また、1978 年前後の最大水氷面積が大きかったところと比べて、最近の最大水氷面積は減少していることが示されているが、ア

ムール川の流量は逆に多くなっている。しかし、アムール川から流入する淡水が、オホーツク海全域に拡散するには、何年か時間がかかるのではないかと考えられるので、短周期成分を除去し時間スケールの長い変動のみを取り出すために、3 年移動平均及びアムール川流量を先行させるラグ関数のグラフを作った。3 年移動平均のグラフを見ると、逆の変動がより顕著に現れている。また、ラグ関数の同時相関も負の相関係数が強い。これらより、アムール川から流入する淡水が多い (少ない) 時は、オホーツク海の水氷面積が小さい (大きい) という結果を得ることができる。しかし、アムール川から流入する淡水が、オホーツク海全域に拡散する時間を考えると、アムール川の流量が増えて、海水の低塩分水層が広がって、海水の形成が容易になるには、何年か時間の遅れがあることが推測される。そこで、アムール川の流量を 5 年先行させたラグ関数を見ると、正の相関係数が低いものの、5 年にピークがあるのでそのグラフを作った。(図 3) これを見ると、変動及び位相が合っている。

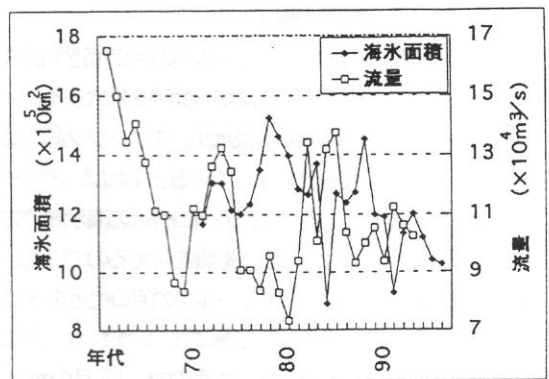


図 2. オホーツク海の水氷面積とアムール川流量の関係

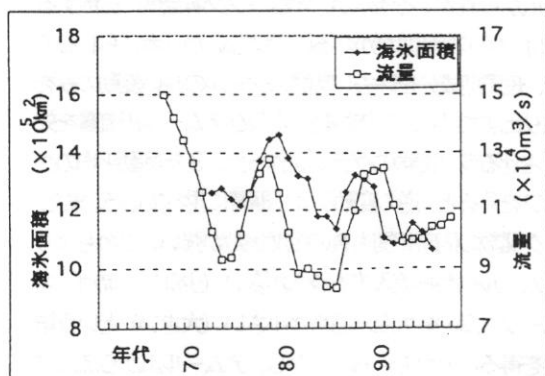


図3. アムール川流量を5年先行させたものとオホーツク海の最大海水面積の関係
(3年移動平均したもの)

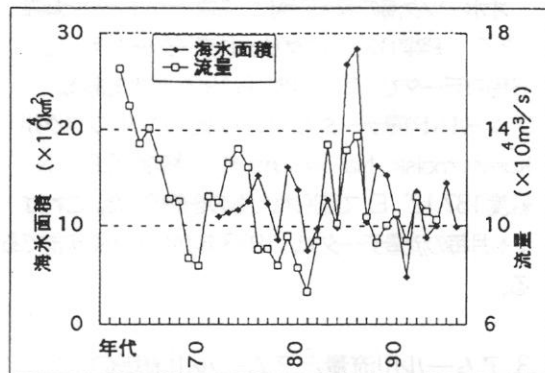


図4. アムール川流量を1年先行させたものと間宮海峡の12月海水面積の関係

5. アムール川河口付近の海水面積と アムール川流量の解析

オホーツク海の海水は、アムール川の河口付近で出来始めた海水が、その後南下しながら面積を拡大する。アムール川から大量に流入する淡水が、オホーツク海の海水を生産する大きな要因になっているとすれば、オホーツク海全域よりも、アムール川の河口付近の海水域の方に、流量変動がより早く、強く影響を与えるのではないかと予測される。そこで、アムール川の河口付近を3つの海水域に分けた。また、この海域は、いずれも1月になるとすべて海水に覆われてしまうので、12月の海水面積を使い、それぞれの海水域と流量を比較した。しかし、河口に一番近い海域では、流量とどのように影響し合っているのか読み取れない。しかし、間宮海峡の海水面積ではアムール川とのラグ関数をとると、1年に正の相関係数が高いことから、アムール川の流量を1年先行させたグラフを作った。(図4) これを見ると、変動が一致している所もあるが、一致していない所もある。

6. 結果と考察

オホーツク海という低緯度でも海水が生産される原因とされる、アムール川から大量に流入する淡水との関係を解明するために、オホーツク海の最大海水面積とアムール川の流量のデータを使って解析を行った。得られた結果として、

(1) オホーツク海の最大海水面積 (2月下旬から3月上旬) とその1年前のアムール川流量とは、最大海水面積が大きい (小さい) 時には、アムール川の流量が少ない (多い) という逆の変動が示された。しかし、アムール川の河口から流入する淡水が、オホーツク海全体に拡散するには時間がかかるかと推測されるので、アムール川の流量を先行させるラグ関数を作った。すると、アムール川の流量を5年先行させた時、正の相関が強いので、そのグラフを見ると、変動及び位相が合っている。つまり、アムール川の流量変動は、5年程度遅れてオホーツク海の最大海水面積に影響を与えることが示された。今後の課題として、アムール川から流入する淡水が、オホーツ

参考文献

ク海全域にどのように拡散し、5年程度の時間的ゆかり、海水面積に影響を与えるのかを研究することは重要である。

(2)アムール川の河口に近い海域では、塩分濃度が低く、早く凍ることが予測される。また、この海域は、1月になるとすべて海水に覆われてしまうので、12月の海水面積を使い、流量と比較した。1番河口付近に近い海域でも、流量とどのように影響し合っているのか読み取ることができない。しかし、間宮海水の海水面積だけは、流量と変動があることが読み取れた。また、間宮海峡の海水面積とアムール川流量のラグ関数より、アムール川の流量を1年先行させた時、正の相関が強いので、そのグラフを作った。しかし、変動が一致している所もあるが、一致していない所もある。このことから、アムール川の流量変動は、河口付近の12月海水面積に影響するかどうかは明らかではない。しかし、間宮海峡の12月海水面積には、1年程度遅れて影響を与えていると考えられる。しかし、オホーツク海の海水は、11月始めに出来始めるために、海水の多い年は、12月ですでに海域がすべて海水に覆われてしまうため、変動が現れていない可能性がある。そのため、今回使ったデータは、12月からしかないので、解析が難しいのではないかと考えられる。

今回の解析結果により、アムール川の流量変動は、数年遅れてオホーツク海の海水面積に影響を与えることは確かなものといえる。しかし、オホーツク海の海水は、大気循環に強く応答して変動することから、

①ユーラシア大陸における気象データ、及び客観解析データ、大気大循環モデルの結果なども用いて、オホーツク海の海水とアムール川流量の関係を解析する。

また、今回は気象庁の海水データのみを使ったので、②衛星マイクロ波によるオホーツク海海水氷接度のデータも用いて、海水分布の精度をあげ、さらにアムール川流量と考察する。

これらのことを研究課題として行っていくことで、オホーツク海の海水とアムール川の流量と大気・海水相互作用の仕組みを確かなものにしていきたい。

大川 隆, (1992): 北海道の動気候
北海道大学図書刊行会

Grabs, W., Couet, T.D. and Pauley, J. (1996): Freshwater fluxes from continents into the world oceans based on data of the global runoff data base. Global Runoff Data Center Report, 10, 228p.

Kano, Y., K. Sato and S. Shirato. (1989): Statistical study on sea ice in the Okhotsk Sea observed by GMS for 10 years. The Oceanographical Magazine, 39, 43-58p.

竹内 謙介. (1996): 海洋・大気・雪氷の相互作用—地球規模気候システムにおける高緯度海洋の役割—. 日本雪氷学会誌, 5, 389-399p.

野田 彰 (1996): Global warming induced by CO₂ and the Okhotsk Sea. J. Remote Sensing Soc. Japan, 16, 2, 33-43p.

Y. Tachibana, M. Honda and K. Takeuchi. (1996): The Abrupt decrease of the sea ice over the southern part of the Sea of Okhotsk in 1989 and its relation to the recent weakening of the Aleutian low. Journal of Meteorological Society of Japan, 74, 617-622p.

樺戸山塊の乾雪全層雪崩(1997年3月5日)

佐野 愛子¹・品川 誠¹・八久保 晶弘²・成瀬 廉二²

(1:北大体育会ワンダーフォーゲル部・2:北大低温研)

1.はじめに

1997年3月5日、増毛山地の樺戸山塊において、北大ワンダーフォーゲル部のパーティ6人が乾雪全層雪崩に遭遇した。本発表では事故の詳細を報告し、また事故前の気象条件や積雪の状態について検討した。従来は山岳関係者の認識の薄かった冬期の乾雪全層雪崩について、筆者らはあらためて注意を喚起したい。

2.事故の詳細

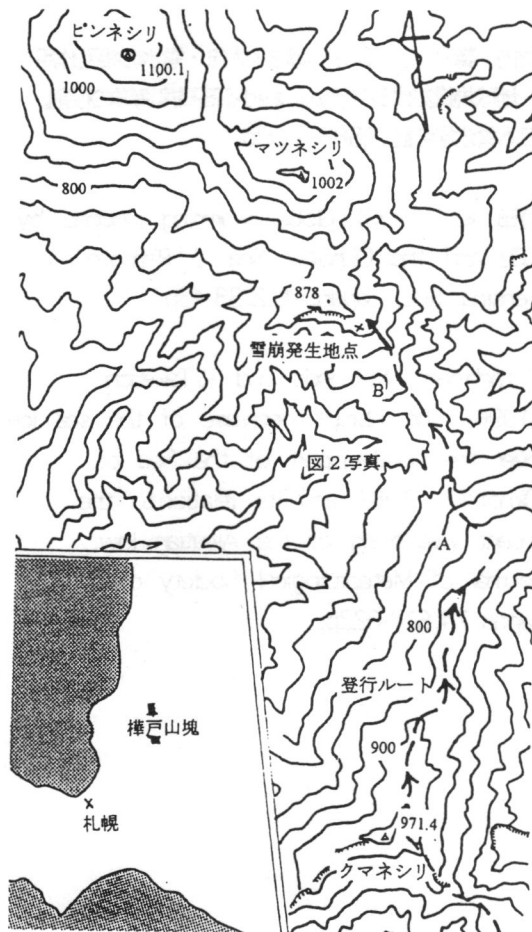


図1 雪崩発生地点付近の地図

樺戸山塊は標高約 1000m の山々からなる(図1)。事故現場はマツネシリ付近の標高約 840m の南東面の尾根上である。パーティ(リーダー:品川、サブリーダー:佐野)は当日、クマネシリの南東側から入り、マツネシリを越えるルートをとる予定だった。途中、クマネシリを越えたところで、パーティはルートとなる尾根上にクラックを発見した(図2、ただしいずれも後述の雪崩発生後の写真)。

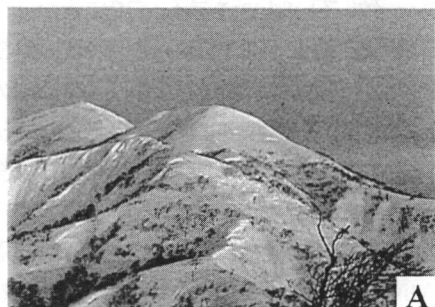


図2 クラックと今回発生した全層雪崩の跡

パーティは表層雪崩に対する警戒を強めていたこともあり、デブリは見あたらなかったが、クラックのように見えたのはおそらく表層雪崩の破断面であると考えた。その後、斜面の手前とクラック付近の斜度の変化する地点で弱層テストが行なわれたが、いずれも積雪は

安定していると判断された。クラック内は笹が部分的に露出しており、表層雪崩の破断面ではなく全層雪崩のクラックであることが確認された(図3)。クラックの長さは約10m、幅2m、深さは1.5m程度だった(図4)。

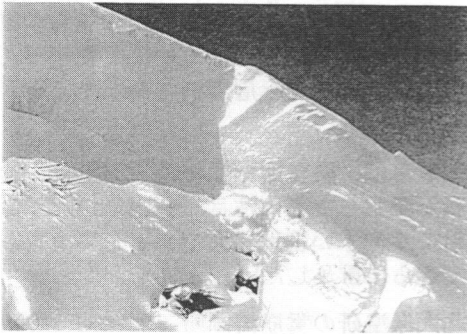


図3 底に笹の見たクラック

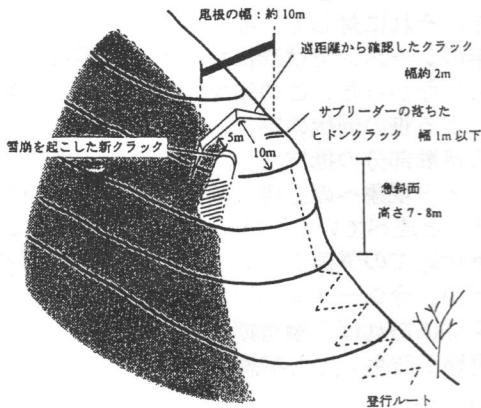


図4 クラック付近の概念図

リーダーはクラックの左側を偵察に行き、サブリーダーはルートを開くためにクラックの右側に回り込んだが、サブリーダーはこのクラックの約3m下方に隠れていた別の小クラックを踏み抜いた。これは足が届かないほど深く、おそらくは全層雪崩のクラックが降雪によって埋没したものと考えられる。小クラックから脱出したサブリーダーは、その後リ

ーダーと協議し引き返そうとした。その瞬間、リーダーの足下から轟音と共に新たなクラックが開き、彼はその中に落下した。このクラックは長さ4m、幅1m、深さ2.5mほどだった(図5)。また、新クラックの下斜面では、大きなブロック状の雪の塊が落下し、雪崩が発生したのを他のメンバーが目撃している。幸いにして、メンバーにけがはなかった。



図5 雪崩発生のかきかけとなった新クラック

3. 考察

まず、樺戸山塊に近い滝川地域気象観測所の気象データを用いて、この雪崩がどのような性質のものだったかを考察する。

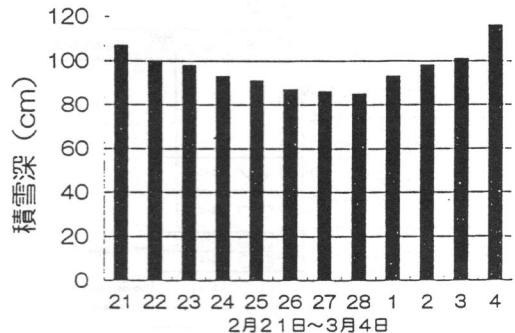


図6 滝川地域気象観測所の積雪深変化グラフ

図6は2月21日からの積雪深の時間変化グラフである。積雪深は3月1日から増加し始め、5日間で約30cmほど新雪層が堆積した。雪崩発生地点は山岳地にあり、これよりも新雪層が厚かった可能性は高い。しかし、開い

たクラックの深さは2m以上であり、また事前の弱層テストで積雪層は安定していると判断されている。このことから、今回の雪崩は新雪層の表層雪崩ではなく全層雪崩であったことが推察される。

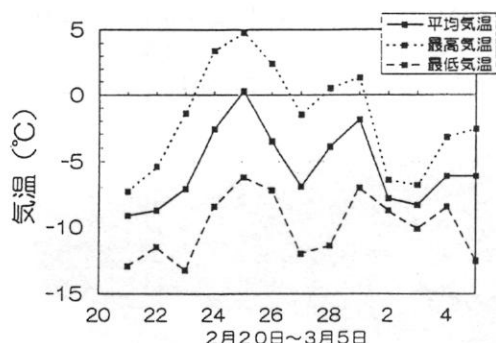
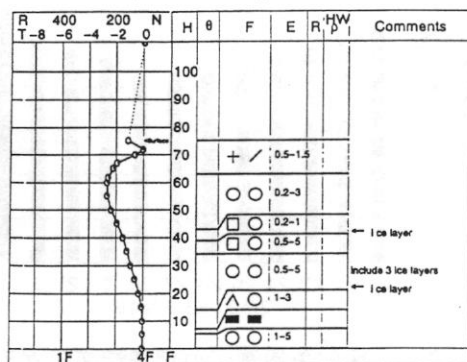


図7 滝川地域気象観測所の気温変化グラフ

図7は雪崩発生日から2週間前までの最高・最低・平均気温の時間変化グラフである。滝川地域気象観測所の標高が48m、雪崩発生日地点が840mとすると標高差は約800mであり、気温減率を考慮すると現場の気温は観測所より約5°C低いと考えられる。図中で最も気温の高かった2月25日において、現場では最高気温がようやく0°C近くに達したと推察されるが、その他の期間は一貫して氷点下の環境にあったことがうかがえる。



+: 新雪 / : こしまり雪 ○ : ざらめ雪
□ : こしもざらめ雪 △ : しもざらめ雪 — : 氷板

図8 北大低温研における積雪断面観測の結果

図8は、雪崩発生日の北大低温研(札幌)

における積雪断面観測の結果のうち、層構造と雪温分布を示している。層構造の大半は融解再凍結を経験したざらめ雪であるが、雪温の大半の部分は氷点下である。雪崩発生日地点では気温・雪温が共に札幌より低いと考えられるので、雪崩発生日の樺戸山塊において湿雪全層雪崩が発生し得るほどの積雪の融解が進んでいたとは考えにくい。したがって、今回の雪崩は乾雪全層雪崩であったことが分かる。

筆者らは、融雪期ではない3月初旬に全層雪崩が発生した点に注目し、現地がグライドの起こりやすい笹地斜面であった事実をふまえてさらに言及したい。

北大低温研の雪崩観測所(問寒別、北海道北部)の南側は笹に覆われた急斜面であり、全層雪崩の常襲地帯である。秋田谷(1977)によれば、1975-76年のシーズン初期の降雪が多量でかつ湿雪のとき、1月末に全層雪崩が観測された。それに対して、乾雪が徐々に堆積した翌年のシーズンでは春になっても全層雪崩は見られなかった。この結果から秋田谷は、積雪による笹の倒伏の割合とそれによる積雪の地表接触部分の抵抗変化がもたらす、積雪のグライド現象への影響が両者の違いの原因である、と述べている。今回の雪崩においては、現場付近での気象データがないので詳細は不明だが、今シーズン初期の積雪が前者のような条件にあれば、融雪期を待たずして乾雪全層雪崩が発生しても不思議ではない。

4.まとめ

これまで、山岳関係者は雪崩研究者の協力の下に、特に表層雪崩に関する理解を深めてきた。しかしながら、全層雪崩については春先の湿雪全層雪崩だけが警戒の対象になっていたことは否めない。したがって、今回の事例のように、融雪期以外の時期においても全層雪崩は発生するという山岳関係者は再認識し、乾雪全層雪崩に対する警戒も怠らないことが必要であると考えられる。

5.参考文献

秋田谷 英次 1977. 積雪の映像化. 雪氷, 39, 4号, 215-221.

陸別町周辺における盆地冷却観測

加藤 晋, 高橋修平, 百武欣二 (北見工業大学), 石橋 勉 (陸別町しばれ研)

1. はじめに

道東に位置する足寄郡陸別町は、幌加内町母子里と並んで北海道の中でもさらに低温域であり、最低気温記録がよく報告される地域である。過去に国鉄の観測で低温記録がよく報告されていた小利別 (陸別町) において、各種気象観測が数年間行われてきている。今回は陸別町周辺域に観測範囲を広げ '95~'96にわたって低温域がどのような条件で起こり、また地理的にはどのような地形でより低温となるのかを調べた。この低温気候出現の研究は、これまで陸別町で行われてきた自動車試験用氷結露作成や極地用氷掘削装置野外実験、および農作物の低温貯蔵など寒冷気候利用の基礎データとなり、さらには南極大陸の斜面下降風発生のメカニズム解明につながるものである。

2. 観測装置・観測地点

使用するデータは、本大学で設置した自動観測装置による気温データ (10分毎記録) と、陸別町しばれ技術開発研究所の各種気象データである。観測地点は、A地点：陸別地区、B地点：関地区、C地点：日宗地区、D地点：陸別町小利別地区丘の上、E地点：同地区丘の下5地点である (図1)。さらにこれらのデータに加えて、国土地理院発行の1/50000地形図を用いて最低気温出現の条件の検討を行った。

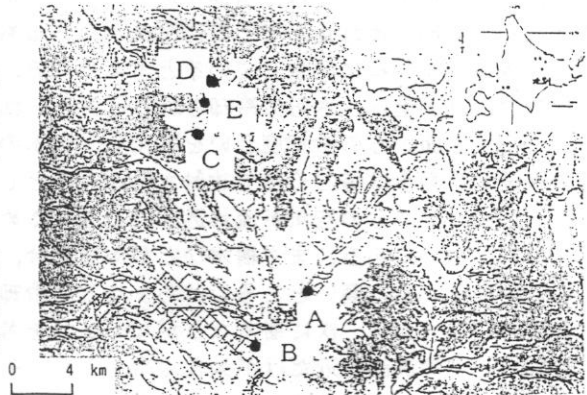


図1. 観測地点全体図

3. 観測結果

表1に1996年の各観測地点における最低気温の記録を示す。最も気温が下がったのは関地区で、 -34.8°C であった。他の観測地点との気温差が 2°C 以上、温位差が 3°C 以上もあったことからより冷たい空気塊が形成されていると考えられる。一般には高度が上がるとそれにつれて気温も低くなるが、この場合は逆であり盆地冷却による気温逆転現象が起きている。

小利別地区丘の上・下において、1996年1月における気温の、時間帯別の月最低値・平均値を図2に示す。日が沈む時間帯から急激に気温が下がり、日が昇る時間帯まで徐々に冷却を増し、その後は日射の影響で気温は上がっていく。さらに最低値・平均値ともに丘の上より丘の下の方が日中は高く、夜間は低く、1日を通しての格差が大きい。

また、1996年1月の陸別地区における朝6時の気温と風速の関係を図3に示す。風速の強弱に関わらず気温はほぼ $0\sim-10^{\circ}\text{C}$ 程度の値となっているが、風速が 2 m/s 以下になると強い低温

表1. 観測地点の最低気温 (1996)

地点名	標高 (m)	最低気温 ($^{\circ}\text{C}$)	温位 (K)	月日	時刻
小利別丘の上	390	-24.3	252.5	01/19	04:30
小利別丘の下	310	-32.1	243.9	01/26	06:00
日宗	310	-32.0	244.0	01/26	05:30
陸別	220	-31.7	243.4	01/26	06:50
関	210	-34.8	240.2	01/26	05:50
北見	84	-23.1	250.7	01/26	
旭川	112	-20.4	253.7	01/26	
札幌	17	-14.4	258.8	02/01	

度となり -30°C を下回ることもあった。放射冷却によって気温が下がるにつれて逆転層が発生すると、冷氣層は地表面付近に安定な状態となった空気塊を形成し、風の侵入が妨げられて大気の擾乱が起きにくくなるのである。

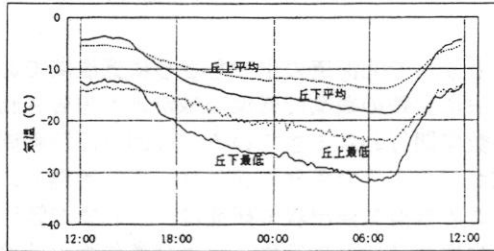


図2. 丘の上・下の時間帯別月最低・平均気温
(1996/01)

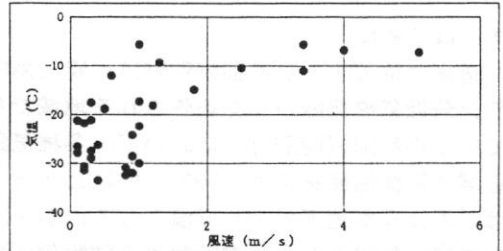


図3. 陸別地区の気温と風速の関係
(1996/01, 06:00)

4. 考察

気温低下の要因としては、雪面付近で放射冷却によりできた冷氣層が、斜面においては下降流となって谷部に流れ込んでそこに冷氣がたまるものと思われ、南極大陸の斜面下降風と同じような現象が小規模に発生していると考えられる。そして、地形的に冷氣層が厚くたまる地域では放射冷却が進み、さらに冷却されると考えられる。

ここで地表面からの冷却度合いを考える。樹木の有無による影響を考えた場合、双方とも上空に移動する熱量は等しく全て放射されるものとし、無風状態であると仮定する。無風状態ということは、他からの空気が流れ込んでこないため大気の擾乱が起こらず地表からの顕熱輸送が行われないのである。まず樹木などがある場合、木の高さまで空気は均等に冷却される傾向にあるが、それより高いところではあまり放射冷却の影響を受けない。よって木の高さまでの冷却度合いが大きい。次に樹木がない場合を考えてみる。この場合、放射は地表面からのみされるので地表面付近だけが大きく冷却され、そこより上空の地点の冷却量はほとんどないために地表近傍がより低温となる。つまり、樹木がない方が地表面付近はより低い温度が出現する。この面が斜面であるとき、より低温な空気層が移動しやすく斜面を下って冷氣湖を形成する効果が大きい。

最低気温が出たのは関地区であり、この地区は流域面積こそ一番小さいが、緩い傾斜の平坦な牧草地帯が広がっている。樹木の割合が大部分を占めるため、他の地点より低温域が出現すると考えられる。

参考文献

- 高橋修平他：小利別（陸別町）における盆地冷却観測，日本雪氷学会北海道支部機関誌「北海道の雪氷」，No. 13 (1994)。
坂本雄三他：熱収支を考慮した斜面下降風の非正常モデル，低温科学 物理編，No. 31，(1973)。
近藤純正：地形と地表面性質が夜間の斜面風・山風・盆地大気の冷却に及ぼす効果（1）天気31，No. 10 (1984)。

砂を含む氷の一軸圧縮破壊強度の研究

本池 真生男, 庄子 仁 (北見工業大学)

1. 研究目的

土が凍って凍土になるとその強さは著しく増加する。このことが、北海道のような寒い地域での土木工事を困難にさせ、一方では、軟弱地盤を一時的に凍らせて掘削を行う地盤凍結工法に利用されている。また、自然状態で存在する氷を機械的に扱う場合も土粒子の存在を無視することはできない。いずれにしても、氷と土の混合固体の凍結状態を知り、その力学的特性を理解することが基本的に重要である。本研究では氷と土による混合固体の力学的特性のうち、特に破壊過程に関する理解を深めるために、砂を含む氷の一軸圧縮破壊実験を行い、その濃度依存性を広範囲にわたって調べた。

2. 実験方法

実験には低温室 (-20°C) 内に設置した一軸圧縮試験機 (ひずみ速度制御式) を使用し、各圧縮試片についての変位と荷重を X-Y レコーダーで記録した。実験条件はひずみ速度を $0.9 \sim 1.2 \times 10^{-4} / \text{s}$, 試験温度を $-10 \sim -14^{\circ}\text{C}$ とし、砂の濃度を $0 \sim 94 \text{ wt\%}$ の範囲で変化させた。

3. 試料

試料は、蒸留水から作った粉末状の種氷と砂とを攪拌して容器の中に入れ、脱気した蒸留水を下から浸透させて凍結させる方法で作成した。この方法は、砂粒子の沈降が抑止され、容器上方へ脱気ができるという利点がある。そこから $25 \times 25 \times 75 \text{ mm}$ の直方体を切り出して圧縮試片とした。この際試片の切り出しはバンドソーまたは手鋸を使用し、表面仕上げは試片の砂濃度によってミクロームかポリネットで行った。

砂は豊浦砂 (密度 2.64 g/cm^3 , 50% 粒径 0.24 mm) を用いた。試料の薄片観察を行ったところ、砂粒子はそのほとんどが氷の結晶粒界に存在していたが、なかには結晶中に取り込まれているものもあった。また、氷の結晶粒径は純氷で約 2 mm であり、砂を混入させると粒径は小さくなった。

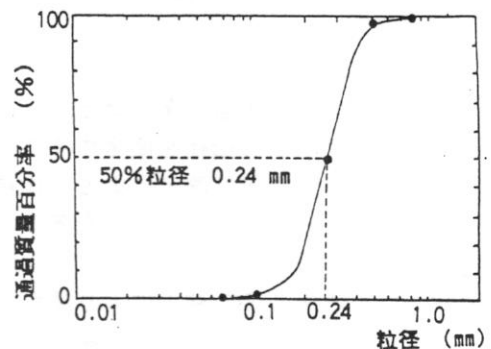


図1. 豊浦砂の粒径加積曲線

4. 実験結果

実験で得られた応力-ひずみ曲線は、機械の弾性特性や圧縮試片の形状の影響などを受けた曲線として立ち上がるが、まもなく弾性領域を表す直線部分へと移行する。この直線の傾きを測って変形係数 E_m とした。直線からはずれて最大荷重を示すときの応力

を一軸圧縮破壊強度 q_u とした。その後の応力降下については、ひずみに関してほぼ指数関数的に低下する。小クラックの大量発生は直線部分の終わりあたりから始まり、各圧縮試験が終わるまで継続した。

純氷において 4~5 MPa である q_u は、 C_w の増加に伴い単調に増加するが、 C_w が約 80 % になると 8~9 MPa で最大となり、それ以上 C_w が増加すると q_u は急激に小さくなる (図 2)。この 2 つの濃度範囲について以下の実験式が得られた。

$$C_w = 0 \sim 80 \% \quad q_u = 3.3 \times 10^{-2} C_w + 3.9$$

$$C_w = 80 \sim 94 \% \quad q_u = -4.2 \times 10^{-1} C_w + 4.2 \times 10$$

各試片の破壊状態の特徴としては、 C_w が小さいほど大きなクラックが生じやすい傾向があり、 C_w が 80 % 以上の試片ではせん断破壊が見られた。

C_w の増加にともなう E_m の変化は、 q_u の C_w 依存性ときわめて類似しており (図 3)、 q_u は E_m の約 10^{-2} 倍の値をとることがわかった ($q_u = 8.6 \times 10^{-3} E_m + 5.9$)。

応力が q_u となるときひずみは、 C_w が約 80 % までの範囲では約 1 % でほとんど一定していたのに対して、それ以上の濃度では 2 % 近くまで増加した。

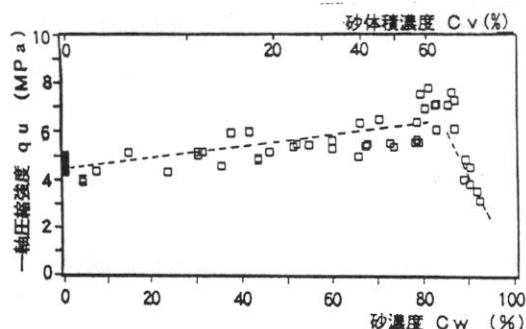


図 2. $q_u - C_w$

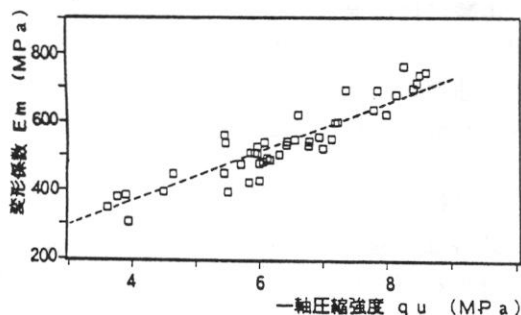


図 3. $E_m - q_u$

5. 考察

圧縮試片の破壊状態の違いなどから、 C_w が約 80 % になるまで q_u が増大するのは、砂粒子がクラックの伝播を阻害するためと思われる。今回の試料作成方法で砂を詰め込むことのできる限界は測定によると体積濃度 $C_v = 60 \%$ で、このときの C_w が約 80 %

であることより、 q_u が最大となるのは砂の充填状態が最密でその間隙が氷について飽和している場合であるといえる。 C_w がそれ以上の値をとっている領域では、砂粒子の間隙を埋める氷の量の減少により見かけ上の C_w が増加しているものと考えられ、砂粒子の接合物質としての氷の量の減少が、 q_u の低下をもたらしているものと思われる。

参考文献

高志 勤 他：砂凍土の一軸圧縮強さに関する実験的研究，土木学会論文報告集，1980

高志 勤 他：砂質凍土の一軸圧縮強度，第13回土質工学会研究発表会講演集，1978

井上 正則 他：凍土の圧縮強度と動的性質，低温科学物理篇，1975

Hook, Dahlin and Kauper: Creep of ice containing dispersed fine sand, Journal of Glaciology, 1972

豪雪時における新聞報道について

○高橋 陽子, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1. はじめに

積雪地域に住む人々の雪害観の形成は、雪害現象の報道のされかたに大きく影響を受けると考えられる。このようなことから、本研究では1996年のほぼ同時期にアメリカ北東部と札幌周辺部で発生した豪雪を対象に、両国における豪雪時および豪雪直後の新聞報道がどのようになっているかを比較検討することを試みた。この比較検討に用いた新聞は表1に示すように、アメリカ北東部についてはUSA TODAY、札幌周辺部については北海道新聞を用いた。

表1 本研究で扱う豪雪

豪雪の発生地域	降雪日 降雪状況	新聞名	対象とした期間
札幌周辺部	1996年1月8日 降雪(53cm)+吹雪	北海道新聞	1996年1月9～11日
アメリカ北東部	1996年1月6日～ 降雪+吹雪	USA TODAY	1996年1月9～11日

2. 研究結果

2.1 報道写真について

1996年1月9～11日の3日間に新聞に掲載された報道写真をみると、USA TODAYでは豪雪により車の通行が不可能になると人々が道路の中央を歩行でき、道路が人々に開放されている様子や子供達が雪で遊んでいる様子等が多く掲載されている。一方、北海道新聞では人身事故現場の状況、人々が満員列車に乗り込む様子、排雪場が不足している中での除排雪作業の状況等が多く掲載されている。このように、両国における新聞に掲載された報道写真は、その内容に大きな差異が見られる。USA TODAYでは、豪雪直後にも関わらず雪害現象を直接的に示す報道写真が見られず、豪雪による生活の変化を示す報道写真が多い。これに対し、日本では雪害現象を直接的に示す報道写真が多い。このような報道写真の差異が、雪害観の形成に大きく影響を与えるとともに雪対策上の施策にも大きく影響を与えるものと考えられる。

2.2 豪雪記事のタイトルおよび内容について

前述のように、アメリカと日本の新聞における報道写真に大きな差異が見られた。報道写真における差異の背景を探ることを目的に、新聞記事のタイトルおよび内容について比較検討した。USA TODAYおよび北海道新聞に掲載された豪雪記事における代表的なタイトルを表2に示す。これらのタイトルおよび記事の内容についてみると、以下ようになる。USA TODAYについてみると、①は豪雪のために列車が不通になり、車は渋滞の状態であるが、雪が積もったためにスキーでの移動が可能となり、交通機関に頼る必要がないというものである。②は豪雪のために飛行機が運休し、旅客がBanger町のホテルに宿泊することを強いられ、ホテルにとっては約\$4000の臨時収入があったという喜びの記事であり、③は豪雪により交通機関が運休し外出が不可能になると、家の中で考え

事をする余裕ができ、そのことから詩が頭に浮かんでくるという内容である。このように、豪雪直後でも雪害状況を全面に報道するのではなく、生活の変化を中心とした「親雪」的な報道が多いことに特徴がある。これに対し、北海道新聞では人身事故をはじめ交通麻痺、通勤や除排雪作業に対しての苛立ちなど、豪雪による被害状況を述べている記事が多く、雪害現象を全面に出した悲壮感の漂う内容が特徴的である。

このように、アメリカでは雪に対して親しみを持てるような報道のされかたであるのに対し、日本では雪に対して逆らう印象を与える報道のされかたをしている。

表2 豪雪記事のタイトル

	USA TODAY	北海道新聞
1996年 1月9日	①ニューヨーク、歩行者にスピード移動 In New York, pedestrians in fast lines ②Banger町はコンコルドの立ち往生を歓迎 Maine town entertains concord's stranded ③雪は力と詩情を見せつける Snow shows off its power and poetry ④暴風はさらに多くの都市に傷跡 Storm slaps more cities ⑤交通機関マヒ状態 By train, plane, car: Not very far	①進まぬ除雪にいらだち ②荒天 交通機関に乱れ ③札幌道、国道が不通 ④JR運休、536本に ⑤ホテルにドカ雪効果
1月10日	⑥4WD威力発揮 4-wheel-drivers strut stuff ⑦立ち往生の旅客、右往左往 Stranded passengers scrambling for way out ⑧危機に直面、経済報告 Economic reports are hoping for a lift ⑨豪雪、東海岸に集中 Rest of nation shrugs off East Coast storm ⑩暴雪、車輛の価値を示す Storm helps justify cost of vehicles	⑥暴風雪、交通網混乱続く ⑦いらだつ札幌通勤者 ⑧悪質な放置車「たまらん」 ⑨除雪車、フル回転 ⑩雪におびえた生活弱者
1月11日	⑪気流のうねりが逆 Jet stream's twists turn the tables ⑫昨年とは全く違う今年の冬 Winter '96 looks nothing like '95 ⑬航空完全復旧近し Airports almost back on top ⑭暴風による損害、増加の一途 Losses from storm continue to mount ⑮通常の郵便配達-まだ数日 Normal mail delivery still days away	⑪札幌、小樽平年の2倍 ⑫交通網、徐々に回復 ⑬融雪槽に落ち死亡 ⑭不安はらむ軟弱路盤 ⑮排雪トラック100台もたりぬ

3. まとめ

本研究では、豪雪時における新聞報道は人々の雪害観の形成に対して影響を与えるものと考え、ほぼ同時期にアメリカ北東部および札幌周辺部で発生した豪雪を対象に、1996年1月9～11の期間にUSA TODAY および北海道新聞に掲載された豪雪記事を用い検討を行った。その結果、アメリカと日本では豪雪時における新聞報道に大きな差異がみられ、それらは新聞に掲載された豪雪に関する報道写真およびタイトルにおいて顕著に現れていた。ここでは、新聞報道の仕方が人々の雪害意識に善くも悪くも影響を与え、それらが雪害観を形成させると考える。今後は両地域の社会的背景や気象条件を考慮し検討を行う必要があると考える。

なお、本研究の新聞収集にあたっては、北海道開発局開発土木研究所道路部長の石本氏にご協力頂きました。記して感謝の意を表します。

液体窒素を使った人工雪の観察法

村上俊一，大久保政俊，永田敏夫（北海道立理科教育センター）

小学校の理科教育では、自然に親しみ、観察や実験などの直接経験を通して科学的な見方、考え方を育むことが大切である。この点から北海道の地域性を生かして、雪や氷に親しむ学習活動はまたとない機会である。ここでは、1996, 7年に北海道立理科教育センターで行われた小学校高学年の児童と親を対象にした「親と子の理科教室」の中から液体窒素を使った人工雪の観察法の概要と児童の学習活動を報告する。

1 はじめに

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

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

以上の小学校理科に関する改善の視点を踏まえ、冬の北海道の自然を生かし氷や雪にかかわる活動ができないものかという課題を掲げ、理科センターで展開可能な講座の実施内容を検討してみた。

2 「親と子の理科教室」の流れから

1994年、秋田谷英次氏らの提唱する雪と親しむ活動についての短期研修講座での講演を皮切りに理科の授業の中で雪や氷に親しみを持たせる実験・観察学習の具体的な指導法に関する講座が始まった。教員を対象とした研修講座のほかに小学校高学年の児童とその親を対象にした「親と子の理科教室」でも冬の素材を使った具体的活動を実施してきた。その中ではイグルーづくりやスノーランタンづくりなどの静的なものづくりから、教材をより動的なものへと視点を変えて広がりを求め、冷たい気流による風車作りを取り入れた。

さらに、冬の北海道には親しみ深い雪について、結晶ができていく過程をあまり時間をかけないで見せることはできないだろうかと考えた。液体窒素を発泡スチロールの立方体に穴を開けて入れることによって、容器が密閉されていなくても、雪の結晶が出来始める温度の位置が変化せず、雪の結晶を作ることが可能となった。

3 液体窒素による人工雪観察法の教材化 実験 人工雪を作ろう

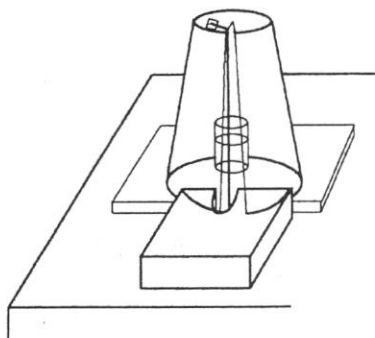
用意するもの

液体窒素（約150CC）、液体窒素を入

れる穴を中央に開けた立方体の発泡スチロール（一辺が15cm）、釣り糸、スチロールコップ、発泡スチロールの板、ゴム栓、フィルムケース、湯

方法

1. スチロールコップに切れ目を入れる。
2. 釣り糸にゴム栓をつけてコップに取り付ける。
3. コップをさかさまにしてうすい発泡スチロールの板の上にのせる。
4. コップの中にお湯の入ったフィルムケースを入れる。
5. あなのあいた発泡スチロールの容器に液体窒素を入れ、その上に4までに準備したものをのせる。
6. 人工雪（小さな氷の結晶）ができはじめるのを観察しよう。



装置の見取り図

考えてみよう

どのへんに人工雪（小さな氷の結晶）ができはじめるだろうか。また、形はどのようなになっているだろうか。

4 学習活動の様子から

この方法では、器具をセットしておよそ1分後から手前に置かれている発泡スチロ

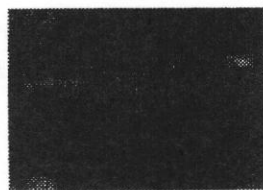
ールとスチロールコップとの境目辺りが白くなり始め、結晶の成長が始まる。

およそ5分後には3mm位まで成長する。肉眼では細かいところまで確認できないが、ルーペを使うことによって針状に伸びていく結晶をはっきりと見ることができる。

5分という短い時間なので、小学生でも集中して結晶の成長を観察することができる。また、子供たちの中には、発泡スチロールの覆いを取ったりもう一度付け直したりして、結晶が解けたり、また出来始めたりという現象に興味を持って取り組んでいる様子も見られた。



<結晶をルーペで
覗く子供>



[人工雪の結晶]

5 おわりに

この方法は、時間をかけずに雪の結晶の観察ができ、わずか150CC程度の液体窒素で1時間以上観察を繰り返すことができるが、結晶があまり大きにならないという欠点があるので今後改善を試みたい。

[参考文献]

- 1) 鎌田武美、佐藤磯男 人工雪をつくる「身近な自然を生かした地学教材の研究」
全国理科教育センター研究協議会編
- 2) 中里、河原、永田 冬の自然の物理的視点からの教材化について 北海道立理科教育センター研究紀要第7号 1995
- 3) 大久保、村上、永田、中里 雪や氷による空気の流れの教材化 北海道立理科教育センター研究紀要第9号 1997

ペットボトルで雪の結晶をつくる

・・・寒冷環境の教材化の一環として・・・

平松和彦（旭川西高等学校）

I はじめに

中谷宇吉郎博士のグループが世界ではじめて人工雪を作成したのは1936年のことで、これは低温室の中においてであった。筆者は常温の室内で雪の結晶の成長過程を観察することができれば、より自然現象の面白さを実感できると思い、ペットボトルの中に人工雪を作成する装置を考案した。本稿ではその装置の作成方法および観察方法などを紹介し、これを理科教育の場で活用することを提案したい。なお、このテーマは筆者が数年来構想し、試行している「寒冷環境の教材化」の一部として位置づけられる。

II 装置の作成方法

材料

- ・ ペットボトル (500ml) (凸凹の少ないものがよい)
- ・ 発泡スチロール製クーラー (他の容器でも代用可能)
- ・ 釣り糸 (03号など細いもの デンタルフロスを裂いたものなどでも代用可能)
- ・ ゴム栓 (椅子のゴム足でも代用可能)
- ・ 消しゴム (サイコロ状に切って使用する)

作成手順

- (1) カッターでペットボトルと同じ直径の穴をクーラーの蓋にあける。
- (2) 釣り糸の端に、消しゴムの断片をホチキスで固定する。
- (3) 糸を持って消しゴムを錨のようにペットボトルの底におろし、口から吐息を数回吹き入れる。
- (4) 釣り糸がピンと張った状態で、ゴム栓をする。
- (5) ペットボトルをクーラーの蓋の穴にはめ込む。
- (6) ドライアイス約1～1.5 kgを砕き、内側に詰めたクーラーにペットボトルと蓋をセットする。

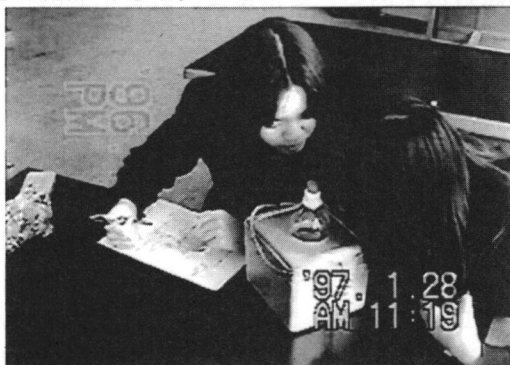
III 背景となる原理

- (1) 上空で雪の結晶が成長するような環境を、ペットボトル内につくりだす。必要な条件は氷点下の低温環境、空気中の塵にかわる凝結核、そして過飽和の水蒸気である。
- (2) 低温環境はペットボトルを冷やすことで作り出す。このとき、ペットボトルの下部の約3分の2をクーラーボックスにうめこみ、上部の半球状の部分を蓋の上に顔をだした形にすることが肝要である。上部は顔を出しているため、室温に近い。

これに対して底部はドライアイスの極低温で冷やされ、ペットボトルの中にはきわめて安定な成層圏が出現する。そこでの温度勾配を利用して結晶の成長するような低温条件を得るのである。ペットボトル内の温度勾配は図にしめすとおりで、クーラーの蓋の高さの前後では1 cmにつき6℃～7℃の温度降下がある。

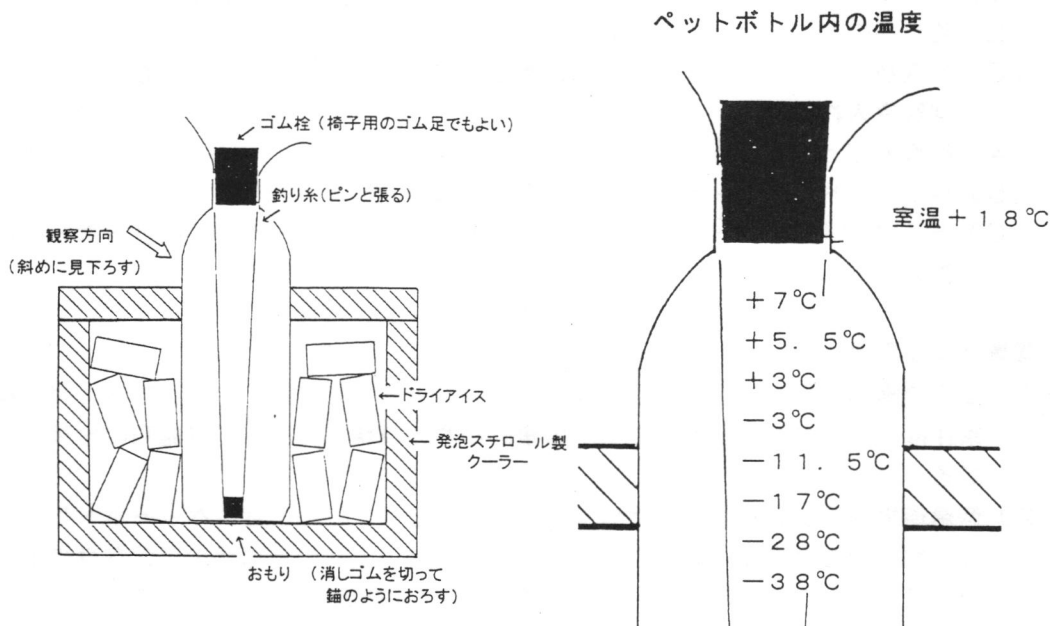
- (3) 空気中に浮遊する塵、つまり凝結核の代替物として細い釣り糸を利用する。釣り糸のかわりにデンタルフロスを裂いて細くしたもの、バイオリンの弓の毛(馬の毛)、ウサギの毛なども使用可能である。その場合は毛の固定に若干の工夫が必要である。人工降雨で核として使われるヨウ化銀の粒子を糸につける方法も考えられるが、ヨウ化銀は重金属で、学校以外では一般に入手しにくい薬品なので、ここでは使用しない。むしろ、単一の凝結核ではなく、釣り糸をおろすことで、あたかも水蒸気が様々な温度条件を選択するようにして、釣り糸上に凝結していくのを観察できるというのがこの装置の利点である。したがって、多様な結晶形(晶癖)を同時に見ることになる。

- (4) 水蒸気については、ペットボトルをセットする前に吐息を口から吹き入れておくことで過飽和状態をつくりだす。また、水道水を入れてすぐ捨てるなど、他の方法と併用するのもよい。



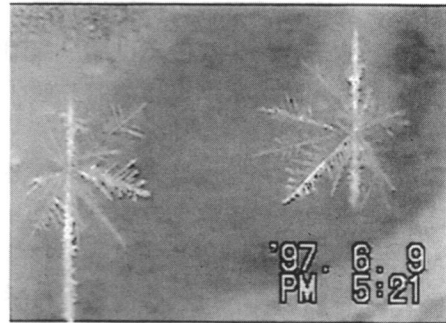
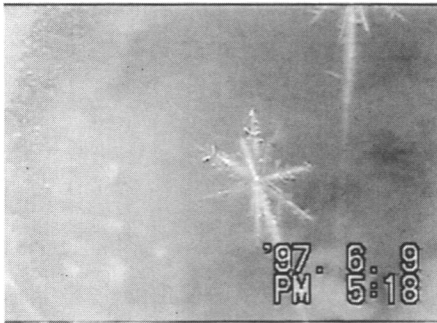
観察している様子(地学の授業風景)

平松式ペットボトル人工雪発生装置



IV 観察

- (1) ペットボトルの内部の温度勾配は図に示すとおりである。蓋の高さがちょうど 0°C 前後となる。したがって、そのすぐ下あたりに -1.5°C 前後の層が存在する。この近くに注目しながら、結晶成長の観察を開始する。ペットボトルをセットした時刻は書き取っておく。数分後には釣り糸の下部から白く霜がついてくる。さらに15分もすると針状の結晶が水平に成長しはじめるのが観察される。
- (2) 観察を続けていくにしたがって、結晶が針状や樹枝状に成長していく様子を見ることができる。30分から1時間程度で8mmほどにも成長する。



(左右の写真はそれぞれ別のペットボトル内に成長した樹枝状結晶)

V 装置の特徴と利点

室内で人工雪を作成する試みは過去なかったわけではない。しかしどの装置も一台を作成するのにかなりの手間と費用がかかっていた。筆者が提案するこの装置は、それらに比べてみてもきわめて作りやすい上に、観察が容易であるところに特徴がある。それは以下挙げる点に要約される。

- (1) 過飽和の水蒸気を封じ込めることに以前は苦労していたが、これを吐息に含まれる水蒸気ですませる。
- (2) 筒状の中に雪の結晶が出来ても、周りに霜がつくので観察がむずかしかったのだが、この装置では曇っていない上部から下部の霜のつく低温部を斜めに見下ろすことになるので、観察が容易である。過去考案された装置では、霜取り液を塗るとか、観察する部分だけヒーターで霜を融かすなどの工夫が必要であった。
- (3) 安価で作成が容易なので、複数準備して、同時に実験をすることができる。それによって、比較実験が可能である。つまり、吐息を入れる量によって、結晶形が微妙に異なるなど、自然現象の多様性を理解させることができる。
- (4) 装置の構造がきわめてシンプルなので、子供たちが材料や方法を自発的に考えていろいろ工夫する余地を与えることができる。釣り糸の表面を加工するとか、吐息のかわりに水蒸気をどう入れるか等々、発想を広げていくことができるのである。つまりこれは「注入主義」に立つ実験装置ではなく、基本形を提案しておいて、子供たち自身がさらに創意工夫していく「参加体験型」の装置なのである。

VI 教育現場での実践事例

新聞紙上およびテレビ局から報道されたことで、全国各地から問い合わせがあった。また授業などで実施された様子の情報を得ることができた。いずれも数台を用意して、同時に実験をおこなうという、この簡便な装置にふさわしい授業形態がとられた。

- ・旭川西高等学校理数科の課題研究
- ・旭川西高等学校普通科（地学ⅠB授業）
- ・士別市、小学生向けのおもしろ「科学教室」
- ・豊富高等学校での地域研究
- ・歌志内小学校における、福岡県山田市の小学生との交流事業
- ・旭川市、旭川市博物館主催「子供博物館」
- ・安城市、かがくのひろば
- ・横浜市、フェリス女子学院高校
- ・広島市、広島インターナショナルスクール
- ・名古屋市、親と子のわくわく科学ひろば
- ・加賀市、中谷宇吉郎雪の科学館 ゴールデンウィーク企画
- ・福岡市、お天気ひろば（日本気象協会）

VII まとめと今後の展開

幸いにも、各地の授業や科学教室などで試みられたので、改良すべき点などもわかってきた。前述のように、すでにヨウ化銀を使用して成長させる試みもある。この物質の結晶構造は氷晶の構造とよく似ているため、六華状の結晶ができやすい。それだけに初期条件として与えるのには躊躇せざるを得ない。また、この物質は一般には入手しにくい上、重金属である。したがって、筆者は釣り糸などの身近な材料に固執したい。簡単に入手できる材料を使うところにも教育的な意義があると考えからである。さらに今後、授業の中で、条件をかえて実験を繰り返して行い、実験方法としてより洗練されたものにしていきたい。また寒冷環境をキーワードにして「雪」にたいしてさまざまなアプローチで教材にとりこんでいきたいと考えている。

急速なメディアの発達により、視聴覚教材をはじめコンピュータの導入を通じて、擬似体験が周囲には満ちあふれている。そのうちすぐれたものを授業中に取り入れることは可能であるし、また効果のあることであろう。しかし自然科学においてはなによりも「本物」を見たり、現象のおこる「過程」を考えるとところにその本質があるはずである。地学におけるフィールドワークの必要性もまさにその点と表裏一体をなしているのである。機械が発達した現在ではますます「本物」の自然現象を見る機会が減っている。これからも野外、室内問わずこのような自然現象の本質を取り扱うような工夫を進めていきたい。

◆文献

藤岡由夫,1971:中谷宇吉郎, 雷鳥社, 239pp.

全国理科教育センター研究協議会編,1985:地学教材の研究,東洋館,235pp.

～水や氷を素材とする教育実験～

アイスレンズをつくるⅡ

北海道教育大学（釧路校）

矢作 裕

要 約

雪氷科学は、水の凍結現象そのものの機構解明という理学的な性格と、災害防止や現象の利用という工学的な性格をもっている。また教育の面からは、水を素材とする科学というきわめて日常的で、“台所の科学”と呼ぶにふさわしい側面をもつ。しかし、これまで個別には物理の教科書にあるような古典的な実験が用意されているものの、教育・普及を目的として組織的に実践的に教育実験の素材としてまとめられたことはなかった。しかしここ2～3年の間に、雪や氷に関する実践的な教育実験が、雪氷科学の研究者や教育の現場のなかから数多くつくりだされ、発表されるようになってきている。凍土に関しては、1996年に室温下でアイスレンズをつくる方法を発表した。それはこのような教材のひとつである。この実験方法によって冬の地中を眺めるように、室内でアイスレンズの生成されるようすを実験し観察できるようになったが、「凍結が上部に向かって進行する」点が教育実験としては難点であった。この論文ではこの点を克服し、自然現象と同様なアイスレンズが確実に生成できるようになり、実験の方法も一層簡略化された。

はじめに

土の凍結をあつかったものは、60年前の自由学園の「霜柱の研究」がある。これにならって、1995年にその現代版といったものを用意し、さらにアイスレンズをビーカー内につくる実験を2種類紹介した。ひとつは湿った土の入ったストローを、冷却した不凍液に浸してアイスレンズを成長させるもの、他のひとつは、スライドガラスを使って試料をフィルム状にして、一層扱いやすいものとした。凍上現象は冬の地中で発生・成長するために、冬期に広範囲に発生しているが、もともと目にふれがたいものである。この地中の現象を観察の対象として、暖かい室内に持ち込みたいと考え、それが実現された。しかし、この方法の教材としての難点は、ビーカー内の不凍液に土の試料を浸す形で凍結させるため、自然に発生するものとは成長方向が上下逆転していることであった。以下に紹介する実験方法によれば、ストロー内で自然とおなじく凍結が下降しながら凍土が生成される。この方法によれば、室温下でストロー内で、凍土とアイスレンズの発生とその消失までを10分程度の時間内に直接観察することができる。

1 : 凍上現象と凍上の条件

(1) 土の凍結の進行

図-1は、地中の凍結の深さがどのように変化していくかを示したものである。同図では冬期間だけ地表から凍結が進行し、暖気とともに凍土が消失するので、凍結の深さは図のように特徴ある曲線を描く。図には融解の深さの推移も描かれている。これは気温の上昇や太陽の直射を受けて地表面から融解が進行するためである。地中からの熱によっても、凍土はとけるが、地表からの融解に比べればごく少ない。また、この実験にもっとも関係のあるアイスレンズの生成によって引き起こされる凍上現象もあわせて描かれている。

(2) 凍上の条件

シルトは、 $0.02 \sim 0.074 \text{ mm}$ の範囲の大きさをもつ土の粒子をいい、これより粗い土粒子を細砂、細かいのは粘土である。粘土より粗い粒子で、それに近い風合いの外観である。グラントの赤土には注意してみると霜柱がよく立つ。その土にはシルトが多く混じっていることによる。このシルトがある適当な速度で凍結するときには、土粒子の間に氷が析出する。地表で空中に氷が析出するものを霜柱、地中に発達するものをアイスレンズとよんでいる。凍上現象の本質は、土粒子による氷の析出である。自然の状態では、上方から凍結が進行し、それより下方の未凍結部分の水によって氷が析出されるために、土全体の膨張は上方に向かう。実験室などで下部が膨張しうる余地があれば零度を若干下まわる温度の下降に伴って、アイスレンズは下方に進行していく。

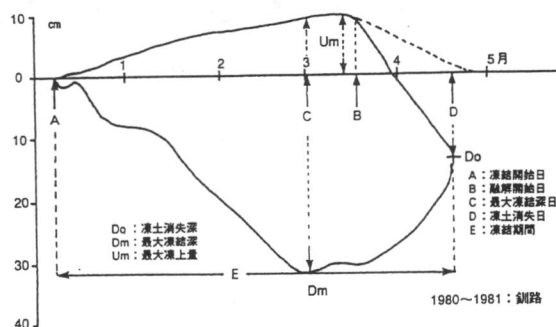


図-1 土の凍結と凍上現象

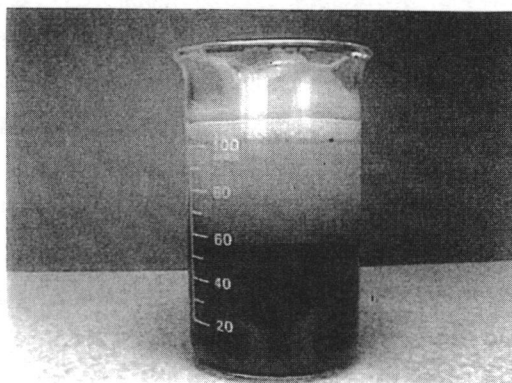


写真 1 土に水を加え攪拌して数時間放置し土の表面を使う。

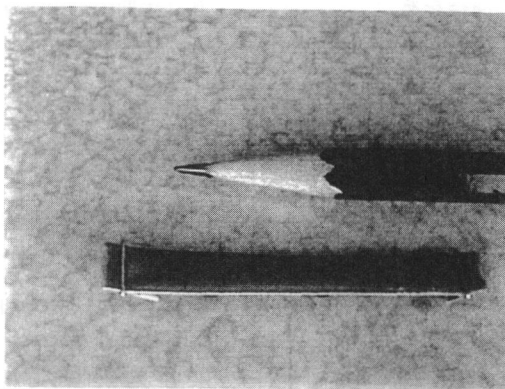


写真 2 ストローに土を入れつぶしてフィルム状にする。

2 : アイスレンズをつくる

(1) フィルム状の土試料をつくる

(a) 材料 : ① ホッチキスと針, ② 輪ゴム (数本), ③ ストロー (透明なまがるストロー, 0.5cm, 18cm), ④ 200cc程度のスチール缶 (ふたは缶切りできりとおとす, 直径5cm, 高さ10.5cm), ⑤ 断熱材 (包装材料につかう柔らかいもので缶にまきつけるくらいの大きさのもの), ⑥ -20°C ぐらいに冷却した不凍液か, 氷と食塩による寒剤)

(b) 土の試料の準備

アイスレンズを実験的につくるさいに, 土の試料の採取と実験用の試料の調整が重要である. 土の採取は, 学校のグラウンドの赤土がよい. 細かくて適当な湿り気を (保水性) を保持する土を敷き詰め, 風で土埃りが立たないような条件は, 粘土質, シルトの土がよい. この条件は霜柱が発生しやすい条件と重なる. 霜柱の発生を確かめるのがよいが, グラウンドの土を一握りほど用意する.

(c) 土を透明な容器にいれ, 十分に水を加えてかきまぜ, 余分な水が透明になるまで数時間放置する (写真1). 土は粒の粗いものから順に沈み, 上澄みのすぐ下は融けたチョコレート状の細かい粒子の集まりとなる. この層を残して上澄み液を捨てる.

(d) ストロー (直径0.5mm, 曲がるようになった透明なものを用意して, 長いほうにチョコレート状の土をスプーンなどで, 長さにして2cmほどの長さに詰める.

(e) ストローの一端を折り曲げホッチキスで封じ, 長さ約5cmになるようにストローを切りおとす.

(f) ストローをつぶしてフィルム状にする (写真2).

(g) 空気が入らないように端を1cmほど折り

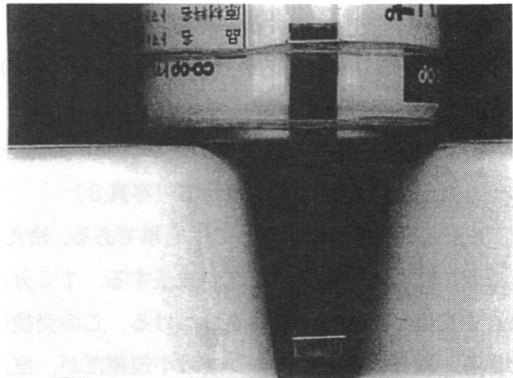


写真 3 土を入れたストローをフィルム状にして缶の底にとりつける.

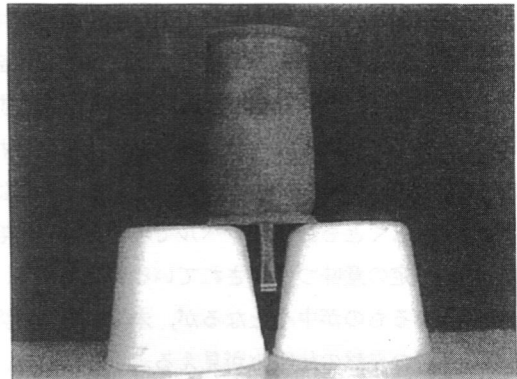


写真 4 断熱材で覆った缶に不凍液を入れて試料の土を冷却する.

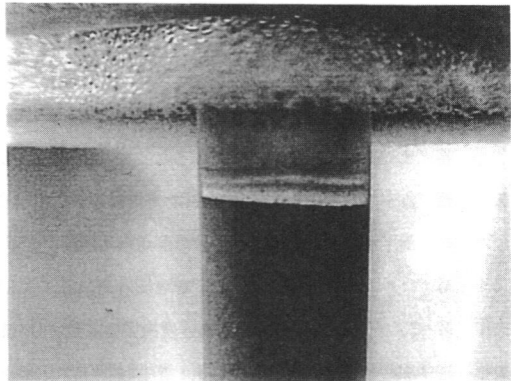


写真 5 缶の底のストロー内に成長したアイスレンズ

曲げて、他方と同じようにホッチキスで閉じる。

(2) アイスレンズの成長を見る

(a) 不凍液を500ccぐらいペットボトルなどに用意して、原液なら同量の水を加えて冷凍庫で冷却しておく。

(b) 200ccぐらいのジュースなどのスチール缶を用意して、ストローの土試料を取り付け、発砲スチロールなどの断熱材の台に載せる(写真3)。

(c) アイスレンズを観察するのは簡単である。冷えた不凍液を缶に注ぐだけでよい。10分前後でフィルム状の試料にアイスレンズが成長する。15分ほどしたら、不凍液の温度が上がってくるので、不凍液を交換してさらに観察をつづける。この交換によって幾層にもアイスレンズの縞をつくることができる。成長するアイスレンズは小規模だが、室温の温度変化に影響されて、細かい層が形成され自然のアイスレンズとほとんど変わらない外観のものができる。

おわりに

以上の現象は、自然には冬の固い凍土の下部で発生するために、研究者が実験室で人工的にアイスレンズの発生装置を使って行うほか観察する機会はなかった。ここに紹介した方法は単純明快なので、教室や科学館で子どもたち大勢が一斉に実験するのに向いている。学校教育のなかでとりあげられる自然科学の実験の内容は、確立され体系化されたもののなかから選別される。したがって、一般に教室などで、いくつかのグループが机上で同時に小規模の実験をおこなうことができるのは、その現象がすくなくとも巨視的レベルで理解が進み、容易に再現できる安定的な技術が確立され、さらに教育的に一定の意味づけがされているときである。教室実験は、運動の法則のようなゆるぎない原理を内容とするものが中心となるが、未知のものを多く含み、草花の成長を見るような目で、無機的な現象に多彩な自然の仕組みが見えるような内容も、前者に劣らず重要である。そのような例となることを目指してビデオ作品も用意されている。また教材として利用できるように、土の凍結現象について簡単な解説を付して、別途、実験の方法を詳しく紹介する予定である。

この研究の費用の一部は北海道大学低温科学研究所の共同利用研究の費用によっている。

参考文献

- (1) 矢作 裕 寒冷地における自然科学教育 寒地技術シンポジウム'88講演論文集 59-60, 1988
- (2) 矢作 裕 土はどれほど深く凍っているか 寒地技術シンポジウム'89講演論文集 34-43, 1989
- (3) 矢作 裕 水や氷を素材とする教育実験 寒地技術シンポジウム'92講演論文集 460-465, 1992
- (4) 矢作 裕 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'94論文・報告集 vol.10, 483-488, 1994
- (5) 矢作 裕 コインの電池は使えるか? 寒地技術シンポジウム'95論文・報告集 vol.11, 1-6, 1995
- (6) 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'95論文・報告集 vol.11, 7-14, 1995
- (7) 矢作 裕 『釧路と凍土』釧路叢書第31巻 (釧路市) 222-226, 1995
- (8) 矢作 裕, 福田正己, 平松和彦 「土の凍結融解現象の教材化に関する研究」北海道大学低温科学研究所 共同研究報告書 1-11, 1997 (=970424 icelenz2=)

札幌コミュニティドームにおける屋根雪の滑雪特性について

○苫米地 司, 細川 和彦, 山口 英治, 伊東 敏幸 (北海道工業大学)

1. はじめに

膜構造建築物に用いられる膜材(四ふっ化エチレン樹脂コーティングガラス繊維布)は、可視光範囲の透過率が高く明るい空間を創り出すことができる。多雪地域の膜構造建築物は、この膜材の特徴を有効に活用するため、膜面裏面に温風を吹き付けるなど熱エネルギーを与えて「融雪と滑雪」とを併用した屋根雪処理(以下、この屋根雪処理方法を「融滑雪」という。)を行い屋根面に雪が残らないような工夫を行っている。しかし、これらの多くは、積極的に屋根雪処理を行わない建築物と同等の荷重評価を行っているのが一般的である。この原因は、これまで多雪地域に膜構造建築物の実績が少なく屋根雪の処理方法に関する有効性が十分に把握されていないためと考える。

本研究では、膜構造建築物の合理的な屋根上積雪荷重の評価を行うことを目的に、札幌市に建設された札幌コミュニティドームを対象に滑雪状況に関する連続的な観測を行った。

2. 札幌コミュニティドームを対象とした滑雪状況の観測方法

札幌コミュニティドームは、二重膜構造で外膜と内膜との間に温風(温風の吹き出し温度約60℃)を送風して屋根雪を融滑雪および融雪処理する計画となっている。滑雪状況の連続観測は、図1に示すようにドームから約50m離れた集合住宅の8階からタイムラプスビデオを用いて行った。観測した屋根面は、図に示すように冬期間の主風向の風下側で南東に位置する部位である。観測期間中の気象条件は、同ドームに隣接する丘珠空港の気象観測資料(1996年12月16日~1997年3月21日)を用いて整理した。この観測期間中の1997年2月14日~27日の間、図中に示す8点の膜面

裏面温度を10分ごとに熱伝対を用いて測定した。なお、観測期間中は、温風が送風されていない状況であった。

3. 札幌コミュニティドームを対象とした滑雪状況の観測結果

タイムラプスビデオによる滑雪状況の観測結果をみると、屋根雪の滑雪現象は95回観測された。これらの滑雪状況を時刻ごとに整理すると、滑雪現象の発生頻度は屋根勾配の差異によりやや異なっている。屋根勾配30°の部位では6時~10時の間に集中し、屋根勾配20°の部位では10時~14時の間に集中し、屋根勾配の大きい部位で早い時刻に滑雪現象が発生している。この状況を外気温の推移に対応させると、外気温の上昇に伴って滑雪現象の発生が多くなっている。この傾向は屋根勾配20°において顕著で日最高気温に達する時刻に発生頻度が最も多い傾向を示し、日最高気温が滑雪現象の発生を示す一つの指標になり得ると考える。

図2に滑雪時の外気温と日降雪深との関係を示す。外気温は1時間毎の観測のため、滑雪現象が発生した時間に最も近い時間の値とした。図のように、両者の関係は大きなバラツキを持っているが、図中に示した実線がそれぞれの屋根勾配における滑雪現象発生の境界値と考えることができる。屋根勾配20°の境界値をみると、外気温が低くなるに伴い日降雪深が大きくなっていることから、滑雪現象の発生は外気温の他に降雪深にも依存していると言える。屋根勾配30°の境界値をみると、-5℃前後の滑雪現象は日降雪深の大小に関わらず発生していることから、滑雪現象の発生は屋根勾配に依存していると言える。

図3に屋根勾配20°の部位における外気温がマイナスの範囲での滑雪時の外気温と膜面

裏面温度との関係を示す。図のように、滑雪時の膜面裏面温度は $0 \sim -1.2^{\circ}\text{C}$ の範囲に分布し、外気温の上昇に伴い膜面裏面温度も比例的に上昇する傾向を示す。これまでの筆者らの室内実験においても、本観測で得られた滑雪時の膜面裏面温度 $0 \sim -1.2^{\circ}\text{C}$ の範囲で分布し、外気温の上昇に伴い膜面裏面温度も比例的に上昇する傾向を示す。これまでの筆者らの室内実験においても、屋根葺き材と屋根雪との界面に発生する滑雪抵抗として最も大きな影響を及ぼす到着現象は本観測で得られた滑雪時の膜面裏面温度と同様の温度範囲で不安定な状況となる結果が得られている¹⁾。また、95回の滑雪現象を滑雪時の外気温(t)別にみると、 $0^{\circ}\text{C} < t$ で29回、 $-2^{\circ}\text{C} < t \leq 0^{\circ}\text{C}$ で30回、 $t \leq -2^{\circ}\text{C}$ で36回発生し、 0°C 以下で全体の69%を占めている。従って、本ドームのように十分な屋根勾配を持っている場合には外気温および膜面裏面温度がマイナスの範囲でも滑雪現象が十分に発生すると言える。

4. まとめ

本研究では、膜構造建築物の屋根上積雪荷重の適正な評価を行ことを目的に、札幌市に建設された札幌コミュニティドームを対象に滑雪状況に関する連続的な観測を行った。

その結果、膜構造建築物は、屋根雪処理が有効に作用しているため、制御積雪荷重を用いることが十分に可能と考える²⁾。融滑雪による制御では、融雪装置の信頼性の関わる作動性能と管理運用計画を十分に検討することで、制御積雪荷重を用いることが可能と考える。自然滑雪による制御では、屋根勾配 20° 以上であれば外気温および膜面裏面温度が 0°C 以下でも自然滑雪が発生していることから、各建設地の日最高気温 0°C 以下の連続日数を基に増分積雪深の再現期待値を制御積雪荷重として設定することが可能と考える。

【参考文献】

- 1) 吉米地司ほか：屋根上積雪荷重に関する基礎的研究，日本雪氷学会誌「雪氷」56巻3号，pp. 215-222, 1994. 9
- 2) (社)日本建築学会編：建築物荷重指針・同解説，pp. 197-200, 1993. 6

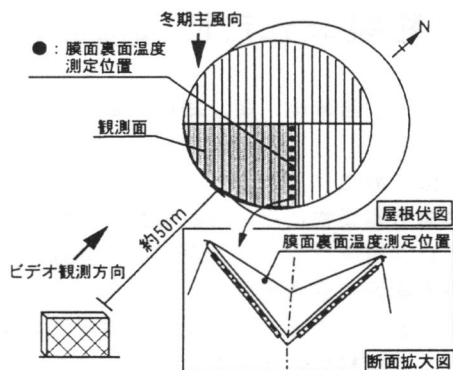


図1 札幌コミュニティドームにおける観測方法の概要

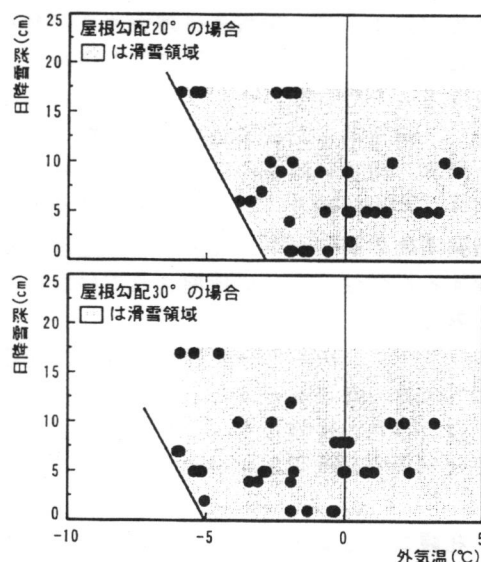


図2 滑雪時の外気温と日降雪深との関係

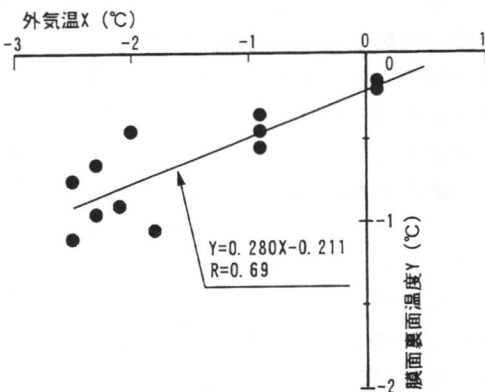


図3 外気温がマイナスの範囲における滑雪時の外気温と膜面裏面温度との関係 (屋根勾配 20° の場合)

建築物外装材への着雪性状について

伊東敏幸, 苫米地司 (北海道工大)

1. はじめに

建築物外装材への着雪はその雪の落下による人身・建物損傷,あるいは融解に伴う凍害の発生要因になることから,積雪地域における建築物に関わる諸問題の一つである。降雪・吹雪下で発生した着雪は,その後の融解によって外装材へ水を供給し,その結果,外装材表面の仕上げ層の劣化要因になることを考えると,着雪現象よりも着雪後の融解水の発生を抑制することによって,外装仕上げの劣化要因を制御できるものと考えられる。すなわち,既往の研究^{1),2)}における着雪防止策は着雪自体を防止することに主眼をおいていたが,建築物外装材の劣化抑制を考える場合は剥落雪を促進させることも有効な手段と言える。

これらのことから,本研究では剥落しやすい外装材の表面特性を定性的に明らかにすることを目的とし,表面性状の異なる材料における剥落雪状況を評価した。人工的に着雪させる装置を作製し,その装置で着雪させた雪の剥離状況を明らかにした。

2. 実験の方法

2-1 着雪風洞装置の作製

各種材料における着雪後の剥落状況を評価するには,同一環境条件で着雪させた後の剥落状況を観る必要があり,自然下における着雪現象では同一条件での再現が困難なことから,人工的に着雪させる着雪風洞装置を作製した。装置は低温室内で稼動でき,安定した風速分布の風洞を作製する必要があることから,図1に示すような風の整流機構を設けて均一な風洞空間を確保した。作製した装置は写真1に示す通りであり,再現できる風洞内風速は約5m/s以下である。

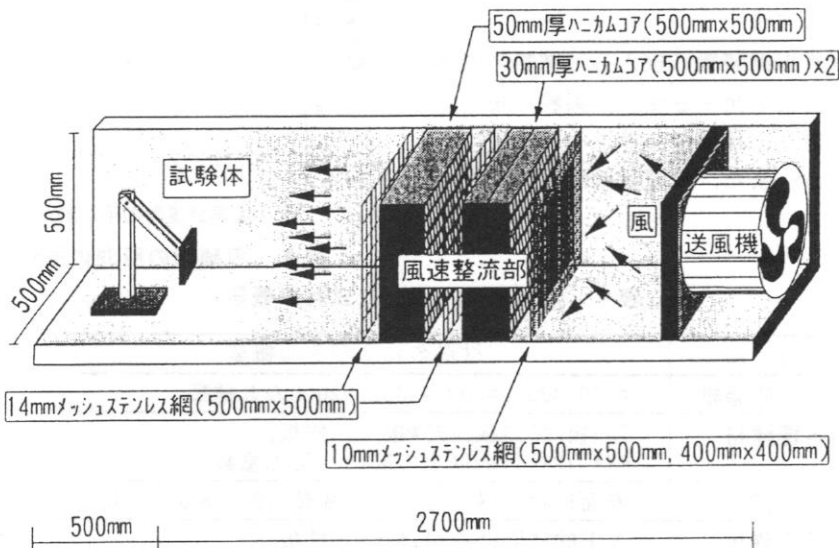


図1 着雪風洞装置内の構造

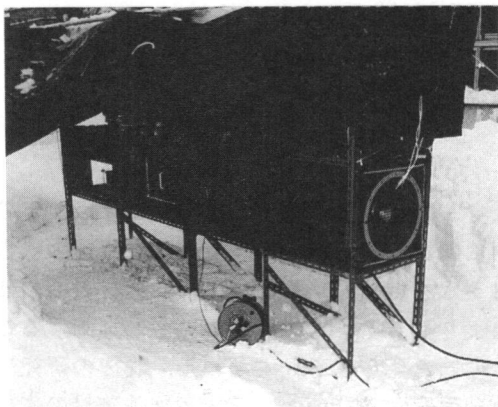


写真1 着雪風洞装置

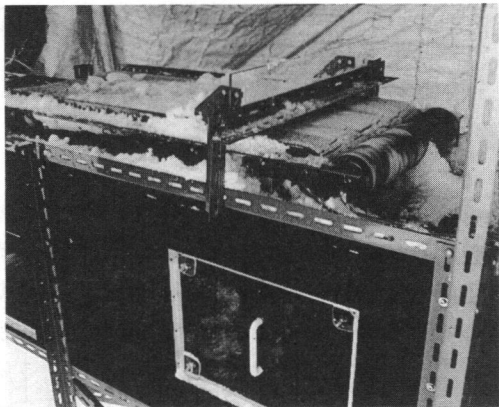


写真2 風洞内への雪供給の方法

風洞内への雪供給は風洞上部から投入するように行った。ベルトコンベアー上に載せた雪を拡散ブラシによって風洞内に吹き込むように供給した。その概要は写真2に示す通りである。なお、コンベアーおよび拡散ブラシはその回転数を変化できるようにした。

2-2 着雪試験に供した材料

着雪後の剥落雪状況进行评估するための試料は、表1に示す通り、表面性状の異なるものとした。耐水研磨紙は雪が滑り難い材料であり、クッションフロアは微細な凹凸の影響を見るため、凹凸鉄板は凸部の影響を見るための試料とした。また、各種材料としてカラー鉄板や窯業系サイディングなどを試料とした。試料の大きさは10×10cmとした。

2-3 着雪実験の方法

自然雪を着雪風洞装置に投入し、試験体表面にコーン状の着雪を発生させた。実験に用いた自然雪は降雪翌日の積雪であり、その密度は約120kg/m³である。また、着雪量は試験体表面に

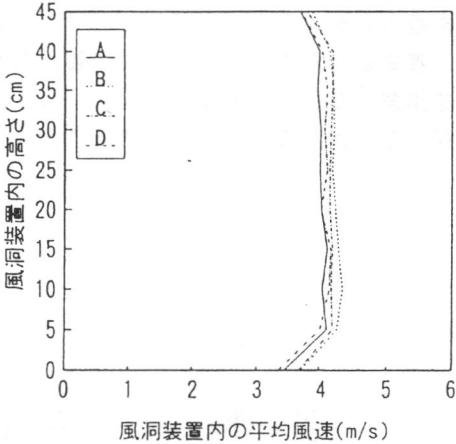


図2 実験時の風洞内風速分布

表1 着雪実験に供した試料の概要

分 類	材料名およびその概要
耐水研磨紙	#150, #320, #500, #1000, #2000の5種類
各種建材	アルミ板, ガラス板, アクリル板, カラー鉄板, サイディング (1mm以上の凹凸, 防水塗装)
クッションフロア	表面形状の異なるもの5種類 (0.5mm以下の凹凸)
凹凸鉄板	人工的に凹凸を付けたカラー鉄板 (径5mmの丸形凹凸を1mm高さで付けたもの)

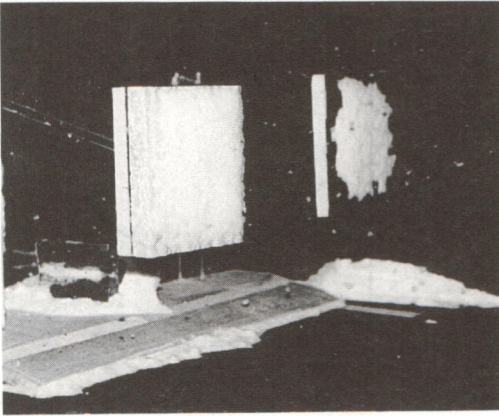


写真3 着雪時の試験体

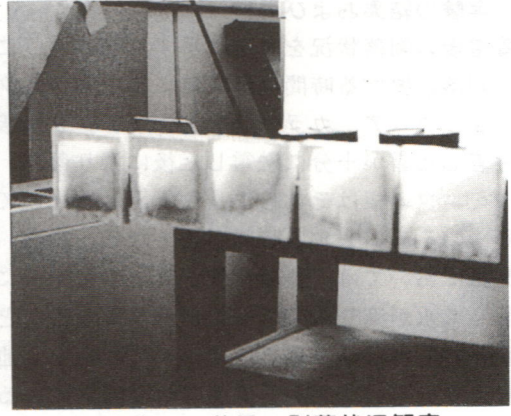


写真4 着雪の剥落状況観察

形成されるコーンの高さを2 cmに統一した。なお、着雪実験時の風洞内風速は雪供給のない状態で5 m/s とし、風洞内の分布は図2に示す通りである（図中のA～Dは幅方向の風速を示す）。着雪開始時の試料は写真3に示すような状況であり、その後にコーン状に着雪する。

2-4 剥落雪状況の観察方法

人工的に付着させた雪の剥落状況は、室温8℃の室内に着雪面を鉛直に設置し、その雪の滑りや剥がれに要する時間を測定した。設置時刻、雪が5cm移動した時刻、全ての雪が落下した時刻を記録し、そのときの雪状態を観察した。

表2 付着させた自然雪の剥落状況

試験体名称	滑落・剥落の時間（1回目）		落雪状況	滑落・剥落の時間（2回目）		落雪状況
	5 cm min.	全て min.		5 cm min.	全て min.	
クッションフロア1	53	54	滑落，水で飽和	73	76	滑落，水で飽和
クッションフロア2	51	52	〃	70	72	〃
クッションフロア3	62	63	〃	84	85	〃
クッションフロア4	57	61	〃	78	81	〃
クッションフロア5	110	—	55分後に水滴下	—	—	水滴下
研磨紙#150	—	—	融雪，水滴下	—	—	融雪・水滴下
研磨紙#320	—	—	〃	—	—	〃
研磨紙#500	—	—	〃	—	—	〃
研磨紙#1000	—	—	〃	—	—	〃
研磨紙#2000	65	65	剥落	—	—	〃
カー鉄板	52	57	滑落，水で飽和	86	104	滑落，水で飽和
凹凸鉄板	47	47	剥落(捲れる)	65	65	剥落(捲れる)
アルミニウム	54	—	59分後に水滴下	86	104	滑落，水で飽和
凹凸サテイング	35	35	剥落(捲れる)	10	10	剥落(捲れる)
アクリル				51	73	滑落，水で飽和
ガラス				16	20	低速で滑落

3. 実験の結果および考察

着雪後の剥落状況を表2に示す。表のように、雪の剥落に要する時間は試料毎に異なるが、クッションフロア、カラー鉄板およびアクリル板は付着した雪が十分に融雪した後に滑り落ち、アルミニウム板はそれらよりも表面が粗いので滑り落ちるのに要する時間が長くなる。また、研磨紙においては、表面粗度が高いので十分に融雪して水が滴り落ちて雪が滑り落ちることは殆どみられない。ガラスについてみると、他試料よりも早い時間から低速で滑り落ち始めた。これらは何れも雪が試料表面を滑り落ちる状態であった。しかし、凹凸鉄板および凹凸サイディングに関しては、それらと異なり、雪が試料表面から捲れて剥がれ落ちる状態であった。すなわち、試料面を滑ることはなく、雪が試料表面の凸部のみに付着する状態を経て、その後雪全体が剥落する。

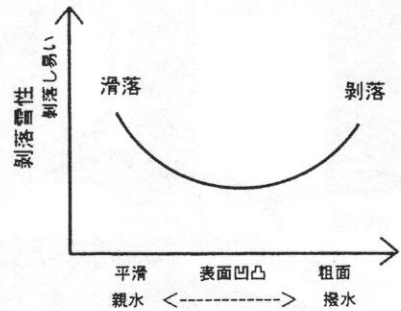


図3 材料表面性状と剥落雪との定性的関係

以上のように、材料の表面特性の違いによって剥落雪状況が異なることから、定性的な表面特性と剥落雪性との関係を考察すると図3になる。図のように、付着後の雪の剥落は表面性状の違いによって次のようになる。ガラス材などのように表面が平滑で親水性に優れる場合は、雪が低速で材料表面上を滑り落ちる。この現象は、付着界面に発生した融雪水がそのまま界面に介在することによって、雪と材料の付着強度が低下することが要因と考える。一方、凹凸サイディングや凹凸鉄板のように1mm以上の表面凹凸があり撥水性に優れる場合は、雪が試料表面から浮いた状態の後に剥がれ落ちる。この現象は、付着界面に発生した融雪水が材料表面の撥水作用によって雪側に吸水される過程で、雪と材料表面との実質的な付着面積が小さくなることによって雪の付着力が低下するためと考えられる。また、これら以外の材料性状の場合は前述した作用が発生しないので雪の付着力が余り低下しないので表面に付着した雪が剥落しない。

4. まとめ

剥落しやすい外装材の表面特性を実験的に明らかにした。人工的に着雪させた雪の剥落性状は材料の表面凹凸および撥水性が関わっている。このことから、材料表面の形状などを変化させることによって、着雪後の剥落雪を促進させることが可能と考える。今後は剥落し易い表面形状を検討する必要がある、付着界面における雪粒子と融雪水の性状が及ぼす影響を考慮した上で剥落雪手法を明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 吉田光則ほか：着雪防止技術に関する研究（第1報）各種材料の着氷力について、北海道立工業試験場報告，No.292，pp.13-22，1993
- 2) 伊東敏幸ほか：建築物外装材に用いられる各種材料と雪氷体の付着性について，寒地技術論文・報告集，Vol.10，pp.489-496，1994.11

札幌－旭川間における列車着雪の観測

尾関俊浩・北川弘光（北海道大学工学研究科）
香川英司（JR 東日本）・秋庭賢二（JR 北海道）

1. はじめに

雪国において雪害による交通障害は冬期間の深刻な問題である。なかでも列車着雪が原因となる鉄道交通の麻痺は、その公共性からぜひとも解決しなければならない課題であると考えられる。鉄道において現在もっとも頻繁に発生する雪氷害は、列車からの落下雪や持込み雪による分岐器の不転換であり、札幌周辺だけでも毎年数百件発生している¹⁾。

列車着雪に関する研究は古くからなされてきたが、特に東海道新幹線関ヶ原付近において雪害が頻繁に発生したことから本格的に取り組まれた。その成果は車両のボディマウント化や散水による軌条積雪の舞上り防止として東北新幹線や上越新幹線などの雪国を走る新線に応用され、効果をあげている。しかし在来線においては、ヒーターによる分岐器の融雪力強化等の取り組みを行なっているが、いまだに抜本的な対策となっていないのが現状である。

列車に着雪する雪の多くは車両の通過時に軌条積雪が舞い上げられて供給される²⁾。軌条積雪は厚さが常にレール面以下に保たれるなど列車による影響を大きく受けるので自然積雪とは大きく異なった雪質であると考えられる。本研究では雪の供給源である軌条積雪を連続的に観測し、近郊の自然積雪と比較することで軌条積雪の特徴を明らかにし、さらに車両から着雪を直接採取することによって、車両着雪の雪質とその分布を調査した。

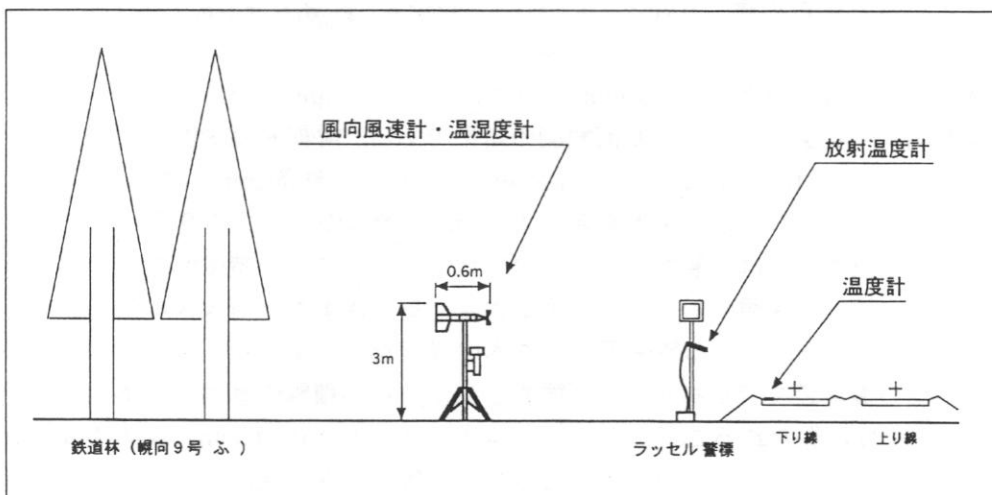


図1：上幌向の観測測器概略図

2. 観測

1) 軌条積雪の観測

観測は岩見沢近郊の函館本線沿線において 1996-97 年の冬期に行なわれた。岩見沢は北海道内において豪雪の影響をしばしば受ける地域であり、かつ観測の行われた上幌向は直線区間のため列車が高速で通過する地点である。観測地点に設置した測器の概要を図 1 に示す。軌条積雪内の温度勾配を把握するため、放射温度計によって雪面温度を、サーミスタ温度計によって枕木温度を連続観測した。また線路と鉄道林の間に気象観測ポールを設けて、温湿度と風向風速を測定した。写真 1 は 1 月 9 日の観測軌条内に堆積した雪の写真である。今期 1 月上旬は 2 日に降水があった後は好天が続いており、4 日には岩見沢周辺で雪えくぼが観察された。1 月 9 日 13:00 に行った断面観測によると積雪深は 9 cm、雪面温度 -6.7°C 、積雪下面温度 -4.7°C であり、雪質はバラストから 5 cm までが粒径 $1\sim 2\text{mm}$ のしもざらめ雪、5 $\sim 9\text{ cm}$ は粒径 $1\sim 2\text{mm}$ のしもざらめ雪とざらめ雪よりなっていた(写真 2)。またプッシュプルゲージ³⁾を使

った積雪表層の貫入硬度は 1.9 kg/cm^2 、平均密度は 0.38g/cm^3 であった。図 2 は同時刻に気象観測ポール脇で行なった断面観測の結果である。雪質 F は国際表記にしたがっており、H、 θ 、E、R、 ρ はそれぞれ積雪深(cm)、層位、粒径(mm)、貫入硬度(kg cm^{-2})密度(kg m^{-3})を表している。自然積雪では 45cm の積雪のうち、約 8 割がしまり雪であったのに対し軌条内では全層がしもざらめ雪化していたことが特徴的である。さらに、軌条内の積雪は自然積雪に対して、密度が大きく貫入硬度も一桁大きな値を示した。

1 月中旬の軌条内における雪面温度と枕木の温度を比較すると、日最大の温度差が約 11°C 、平均の温度差で 7°C あることが観測された。軌条積雪の厚さは列車の排障器によって 10cm 程度に保たれることから、軌条積雪にはおよそ 0.7°C/m と自然積雪の数倍大きな温度勾配であったことが分かる。圧密された雪に大きな温度勾配がかかると積雪が急速硬化する⁴⁾ことから、積雪期初期であっても軌条内に堆積していた密度の大きな雪

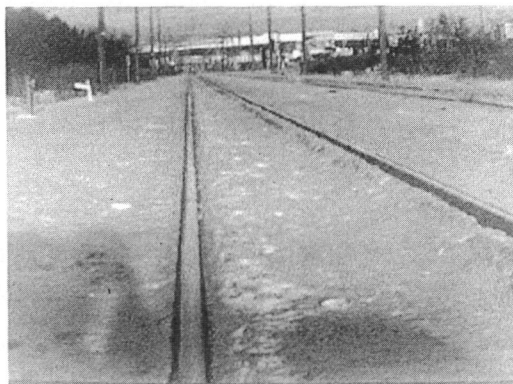


写真 1: 軌条内の積雪 (1997/1/9 撮影)

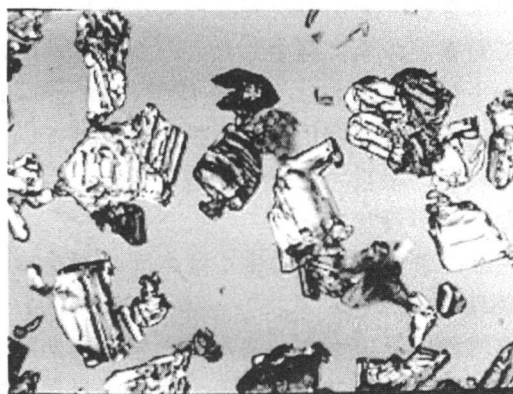


写真 2: 軌道内で採取したしもざらめ雪

が温度勾配によって急速に硬化したものと
考えられる。

気象ポール脇の自然積雪は2月下旬であ
っても積雪深の 8 割がまだ融解水の影響
を受けておらず、積雪深の 7 割がざらめ化
したのは3月中旬であったのに対し、軌道
内の積雪は 1 月下旬には早くも全層ざら
め化した。軌条内のしもざらめ雪やざらめ
雪は密度も硬度も大きいので、これらが雪
面に露出しているときには舞い上がりは
ほとんど見られなかった。この硬く密な雪
は排障器のレベルまで堆積しているので、
降雪などによりこの上に積もった雪は列
車によって直ちに舞い上げられ、着雪をも
たらすと考えられる。

H	θ	F	E	R	ρ
50					
40		△ ○	1-2	0.4	300
30		● ●	0.5-1	0.2 0.6	240
20		○ ○	1-2		
10		● ●	0.2-0.5		320
		○ ○	0.5-2		
		● ●	0.2-1		

図 2：1/9 上幌向における自然積雪断面。
△しもざらめ、○ざらめ、●しまり

2) 列車着雪の採取

列車着雪の採取は札幌手稲区にある札幌運転所において 2 月下旬に行われた。採取の
対象とした車両は同日に札幌―旭川間を 1 往復した 785 系特急列車(最高速 130km h⁻¹)
で、床下および妻面から雪を採取した。列車着雪はその雪質によって乾燥着雪、湿潤着
雪、氷化凍着雪、界面湿潤着雪の 4 種に分けられる²⁾。氷化凍着雪は氷化し凍着力が強
いため最も除去しづらい着雪であるが、本研究では分岐器への落雪を考慮して比較的凍
着力の小さい乾燥着雪と界面湿潤着雪に着目し観察を行なった。

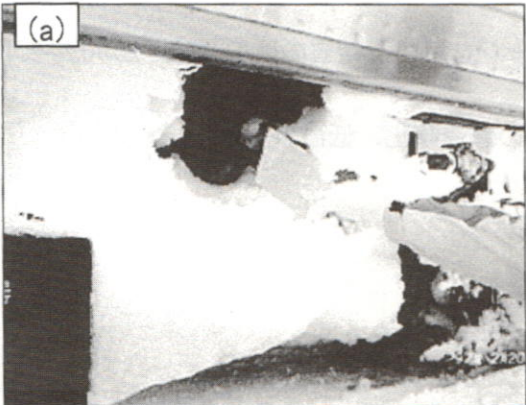


写真 3：列車の床下着雪。

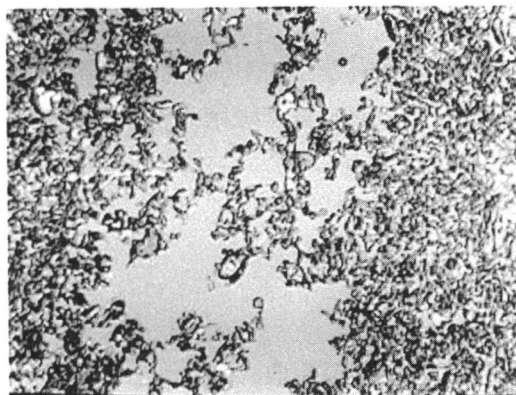
(a) 着雪内部にできた空洞,



(b)列車床部からの落雪。

写真3は床下の着雪の様子である。発熱のある個所では着雪の内部に空洞ができており(写真3a)、自重に耐え切れずに雪塊が落下しているのが見受けられた(写真3b)。発熱をしない中間連結器への着雪を観察すると、中間連結器との界面は湿潤着雪であり雪質はざらめ雪化もしくは氷化しているが、着雪の大部分は乾燥着雪であった。写真4は中間連結器付近から採取した着雪の薄片写真であるが、乾燥着雪部は粗と密な層が交互に重なり合って成長しており、その構造は雪庇や吹きだまり雪に見られるものと同様であった。薄片の雪粒子を比較したところ各層を形成する雪の粒径と雪質に違いは見られなかった。この密度の小さな層はせん断力によって容易に破壊することができ、この層を破壊面として雪塊を剥離することができた。したがって内部に空洞が形成された個所や、弱層が含まれている着雪は分岐器通過時の衝撃で容易に落下するものと思われる。

今後は着雪の強度を調査するとともに分岐器通過時の落雪のメカニズムを明らかにしたいと考えている。調査に協力いただいた JR 北海道技術開発推進室、江別保線管理室、札幌運転所の方々に深く感謝いたします。



1mm

写真4：乾燥着雪の薄片写真

参考文献

- 1) 青池宏樹, 1996. 雪に挑む JR 北海道. 北海道の雪氷 第15号, 20-23.
- 2) 若浜五郎, 1980. 列車着雪の実態について. 第17回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集.
- 3) 竹内由香里・他, 1996. プッシュプルゲージを用いた積雪の硬度測定. 1996年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集.
- 4) 秋田谷英次, 1985. 温度勾配による積雪の急速硬化. 低温科学 44, 27-35.

防雪柵端部での吹雪による視程の急変とその対策

— 数値シミュレーションによる検討 —

福澤義文・加治屋安彦・金子学（北海道開発局 開発土木研究所）

川上俊一・金田安弘

（（財）日本気象協会北海道本部）

1. はじめに

積雪寒冷地における道路の防雪対策は年々その整備が進められているものの、冬期交通事故は依然として増加傾向にある。とくに、北海道では吹雪時の視程障害による交通事故の割合が高い。

最近では、吹雪の視程障害の中でも突発的かつ局所的な視程急変の危険性が強く指摘されており、その一つが、防雪柵端部での端末効果による視程急変である。図 1.1 は、移動気象観測車で計測された視程急変の事例であるが、防雪柵端部周辺で風が収束し飛雪を伴って路上に吹き出すことにより、500m 近くあった視程が柵端部で数十mまで急低下している（福澤、1993）。このような状況に遭遇した場合、一瞬の視界不良に伴う急ハンドルや急ブレーキによる衝突事故などが想定され、冬期間の安全走行を確保する上で緊急的な対策が必要とされている。

以上のような背景から、本調査では防雪柵端部での視程急変の解消を目的に、数値モデルを用いた対策方法の検討を行った。

2. 調査内容

2.1 数値モデル

数値計算には、植松ら（1991）による吹雪の 3 次元数値モデルを用いた。図 2.1 に吹雪の数値モデルの計算フローを示す。気流の計算は、初期条件に風向風速を入力し

たのち流体の運動方程式（レイノルズ方程式）をコントロールボリューム法によって差分近似し SIMPLER のアルゴリズムによって計算される。気流の場を求めた後、飛雪空間濃度について雪粒子の浮遊を拡散方程式、跳躍運動を吹雪輸送量の式を用いて計算する。

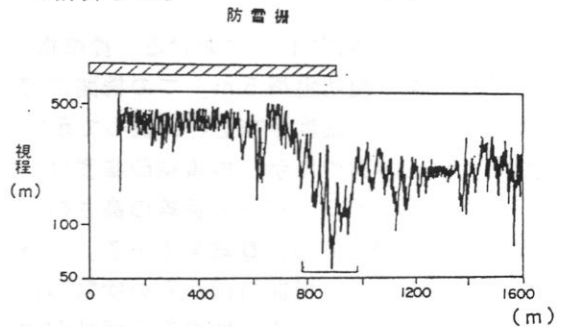


図 1.1 防雪柵端部での視程急変の観測事例
1992 年 2 月 17 日：国道 12 号江別付近

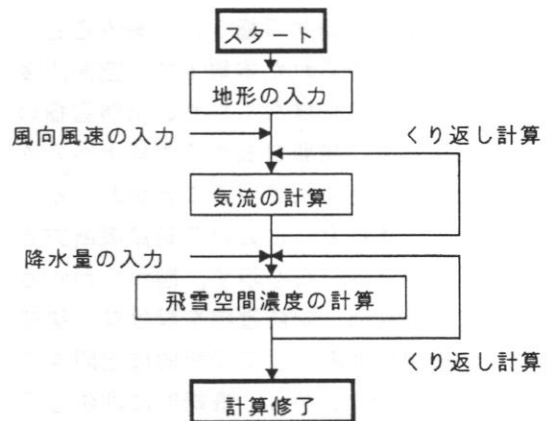


図 2.1 数値モデルの計算フロー

2.2 調査方法

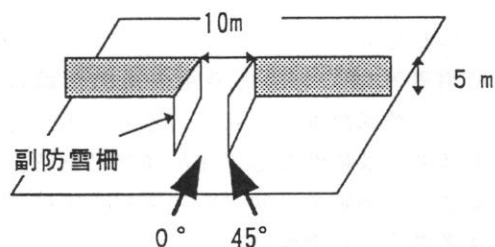
数値計算に用いた初期条件値および計算ケースを、表 2.1 と図 2.2 に示す。風速は、吹雪発生時の強風を想定した一般的な代表風速 10m/s、風向は防雪柵に直角な風向と 45° 傾けた 2 方向を対象とした。計算ケースは、柵端部に対策工を設けない標準タイプと柵端部に直角に防雪柵（以下、副防雪柵という）を設けた 2 タイプの構造を対象とし、副防雪柵の長さは 3、5、10m の 3 段階に変化させた。なお、計算に取り込んだ防雪柵の形状は、柵高 5 m、空隙率 0 % とした。

3. 調査結果

図 3.1 に、風向 45° における「標準柵」と「標準柵 + 副防雪柵 5 m」での柵開口部周辺の飛雪空間濃度分布を、比較して示す。なお、以下の図中に示す飛雪空間濃度は、一般乗用車のドライバーの目線の高さの目安となる 1.25m 高の計算結果である。「標準柵」をみると、柵開口部からの吹雪の流入により、大きな飛雪空間濃度の領域が本線上にのびているが、これは柵開口部付近での局所的な視程障害の発生を意味している。「標準柵 + 副防雪柵 5 m」をみると、「標準柵」でみられた本線上での空間濃度の大きい領域はほぼなくなり、副防雪柵の設置によって、柵開口部から本線上への吹雪の流入が抑えられていることがわかる。図 3.2 に、風向 0° における道路縦断方向の飛雪空間濃度分布を示す。図からわかるように、柵端部に副防雪柵を設けない標準柵は、柵開口部の中心で局所的に空間濃度が大きくなる。しかし、柵端部に副防雪柵を設置すると、柵開口部内の飛雪空間濃度は一様となり、標準柵でみられた局所的な増加はみられない。

表 2.1 数値計算に用いた初期条件値

風速	10 m/s
風向（柵の走行に対して）	0°、45°
降水量	1 mm/h



ケース 1	標準柵（副防雪柵なし）
ケース 2	標準柵 + 副防雪柵 3 m
ケース 3	標準柵 + 副防雪柵 5 m
ケース 4	標準柵 + 副防雪柵 10m

図 2.2 計算ケース

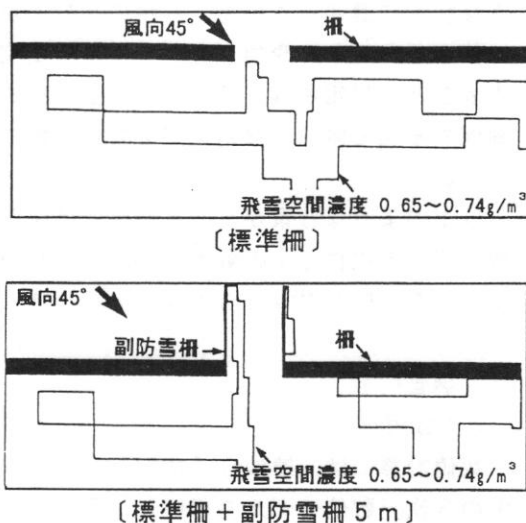


図 3.1 水平方向の飛雪空間濃度分布

次に、風向 0° における道路横断方向の飛雪空間濃度分布を、図 3. 3 に示す。図からわかるように、標準柵では柵から $7 \sim 18\text{m}$ の範囲に大きな空間濃度が広がっているが、副防雪柵を設置することにより全体的に空間濃度は $0.02 \sim 0.05\text{g/m}^3$ 小くなる。

4. 今後の課題

本調査結果から、防雪柵端部での局所的な視程障害は、主防雪柵に直交する副防雪柵を設けることにより解消できることが明らかとなった。

今後は、対策基準（案）の作成へ向け、副防雪柵の設置基準および副防雪柵の形状などについて数値計算を用いた詳細な検討を進める予定である。

〔参考文献〕

福澤義文(1993)：車の雪煙による視程障害と側方散乱式車載型視程計の開発．雪氷 55、29-38.

Uematsu, T., Nakata, T., Takeuchi, K., Arisawa, Y., and Kaneda, Y. (1991): Three-dimensional numerical simulation of snowdrift. Cold Regions Science and Technology, 20(1), 65-73.

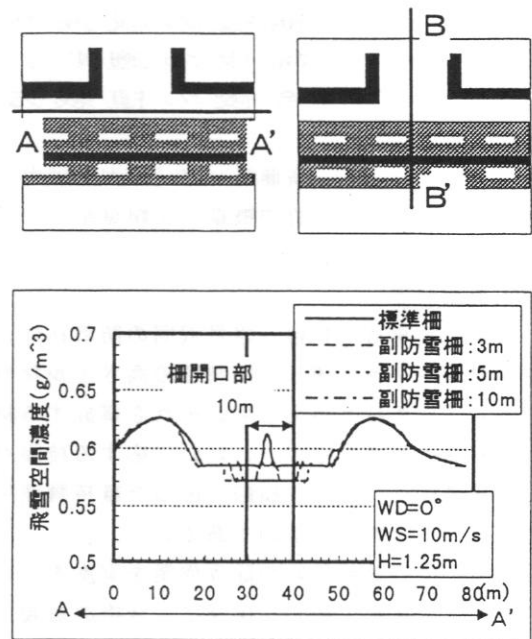


図 3. 2 縦断方向の飛雪空間濃度分布

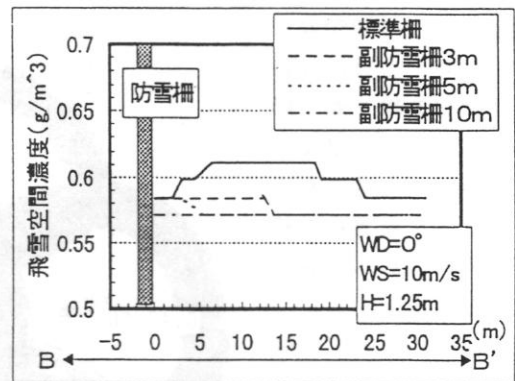


図 3. 3 横断方向の飛雪空間濃度分布

樹冠の成長からみた道路防雪林の 除伐の適期，除伐方法および 今後の植栽方法について

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

1. まえがき

道央自動車道の札幌～岩見沢間の防雪林は，植栽後ほぼ13年を過ぎて，ヨーロッパトウヒの樹高が4～7 mに達し，防雪柵の高さをかなり抜け出し，防風・防雪効果を発現しつつある。しかし，防雪林といえども，それを構成する林木は，樹高の伸びにともない，樹冠を支える幹が太らなければならない，これに対応する枝張りが必要である。つまり，生きた防雪施設としての樹林帯は，サイズや樹齢に応じた維持管理手法——若木段階では，除伐，裾枝打ち，つる切り，ほか——を要するのである。

今回，やや遅れ気味の除伐作業を実施するに当たり，除伐木を解析して，除伐の適期を推測し，除伐方法を工夫し，併せて，今後の植栽方法を検討したので，ここに報告する。

2. 調査地の概要

調査地は，道央自動車道のN25.79地点（岩見沢市双葉町地区）に位置し，幌向川橋に近い。ここでは，北側の盛り土法面＋抑え盛り土に，ヨーロッパトウヒ林分が造成されている。

その植栽は，千鳥植え（三角植え）方式であり，苗間が1.4 mであり，列間が1.2 mであって，植栽密度が約5950本/haである。ちなみに除伐や間伐を繰り返す経済林造成の植栽密度が3500本/ha程度であるから，この防雪林の植栽密度はたいへん高いことになる。

ヨーロッパトウヒは，苗木のサイズが，地上高0.30 m前後であったことから，1984年春に植栽された筈であり，植栽後の樹齢（林齢）は13年生であるにちがいない〔補植もあり，1年遅れの誤差があるかもしれない——1985年春の植栽で，林齢が12年生の場合もある〕。

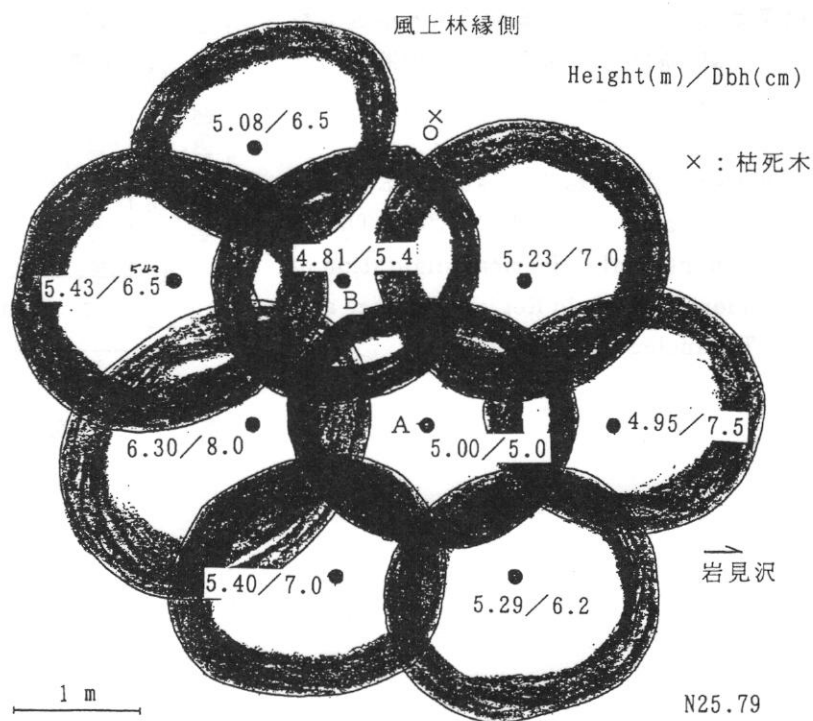


図-1 調査木(A, B)およびそれらの周辺木の位置図

表-1 調査木2本の年々の樹高成長量 (A, Bとも, ヨーロッパトウヒ林分のやや劣勢木)

年	1985	1986	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	胸高直径
林齢	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	(13)
A	0.45	0.66	0.95	1.31	1.54	1.87	2.37	2.75	3.12	3.68	4.48	5.00m	5.0cm
a.l.l.	0.21	0.29	0.36	0.23	0.33	0.50	0.38	0.37	0.56	0.80	0.52m		
B	0.42	0.76	0.85	1.21	1.60	1.96	2.13	2.64	3.05	3.53	4.20	4.81m	5.4
a.l.l.	0.34	0.09	0.36	0.39	0.36	0.17	0.51	0.41	0.48	0.67	0.61m		

註) 胸高直径は樹皮付きの数値 ; a.l.l.(annual leader length)は年伸長量(一年生幹の長さ)

3. 調査結果

現地調査は, 筆者たちにより, 1996年12月14日(根雪の後, 休眠期)に実施された。

調査木A(樹高5.00m/胸高直径5.0cm)およびB(4.81m/5.4cm)は, とともにやや劣勢木であり, 周囲の優勢木・中勢木(4.95~6.30m/6.2~8.0cm)に取り囲まれ, 既に成長を抑制され始めていた。そして, 互いの枝張りがいちじるしく重なり合い, A, Bの2本を除伐しても, 空間がほとんど現われないほどであった(除伐効果が乏しい: 図-1)。

1)樹高成長 年々の樹高成長量は, 各枝階の地上高の測定から, 表-1のようであった。植栽後, 徐々に伸長量が増大してきたが, 1996年の伸長量は前年より減少した。

2)樹冠の成長 A, Bそれぞれの2方向の年々の枝張りが, 枝分れ・芽鱗痕・茎輪をキイとして, 測定された。地上高1.50mまでは既に裾枝打ちがなされていて, それ以上の枝張りは, Aの片側の場合には, 表-2のようであった。高い枝階に着く枝ほど枝が長くなり, 低い枝階の枝は成長が衰えてくる。個体間の距離が1.40mであるから, 枝張りが0.70mになった時点で, 隣接木の枝と触れ合うことになる。つまり, やや劣勢のA個体でさえ, 枝齢が4年生で(林齢が10年生で), 既に枝が触れ合っていたのである。

A, Bの枝張りについて, 同じ年の各枝階の先端を結び合わせると, 図-2のようになる。やや劣勢木のA, Bですら, ほぼ

表-2 調査木Aの樹冠の成長量
(各枝階の1方向の年々の枝張り)

年	林齢	樹高	枝張り
96	13年	5.00m	--cm
95	12	4.48	45
94	11	3.68	30 66
93	10	3.12	34 71 100
92	9	2.75	22 52 86 110
91	8	2.37	19 35 56 78 97
90	7	1.87	23 43 62 86 105 120
89	6	1.56	17 40 59 73 90 102 110
	枝 齢	1	2 3 4 5 6 7年

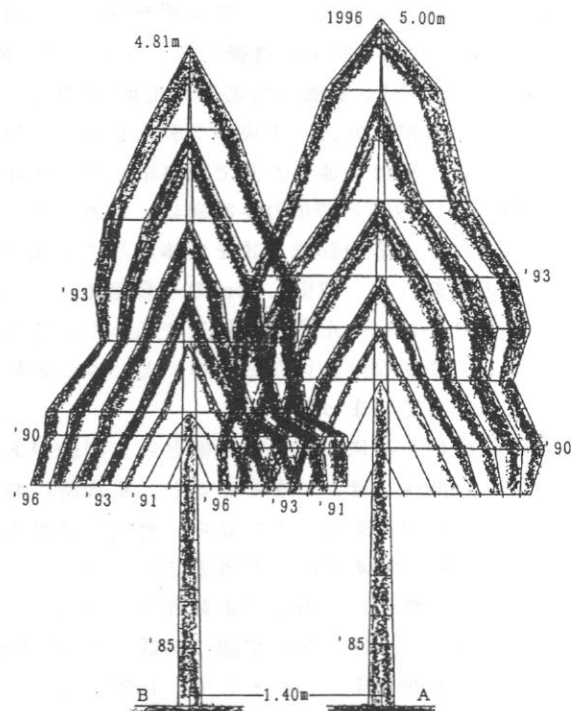


図-2 年々の成長にともなう樹冠の重なり

3年前には枝先が触れ合い始めていた。

4. 考 察

1)除伐の適期 枝張りから検討すると、これらの林分では、隣接木相互の枝張りの重なりが、3年前から生じていて、その部分では下枝の伸びが少なくなり、しかも、枯れ上がり始めて、力枝（最長の枝）が上方へ移行しつつある。しかも、調査木がやや劣勢木であるから、その時点では、優勢木の枝の重なりはかなり生じていたことになる。

下枝が枯れ上がれば、防雪効果が低下するので、保残木（優勢木）の下枝を枯れ上がらないようにするには、下枝における光合成のライヴアルである劣勢木を除伐することが望ましい。それで、初期成長が旺盛で、密植されたヨーロッパトウヒ林分においては、除伐の適期は、樹冠の成長を基準にして、ほぼ3年前（林齢10年生）であった、とすることができよう。

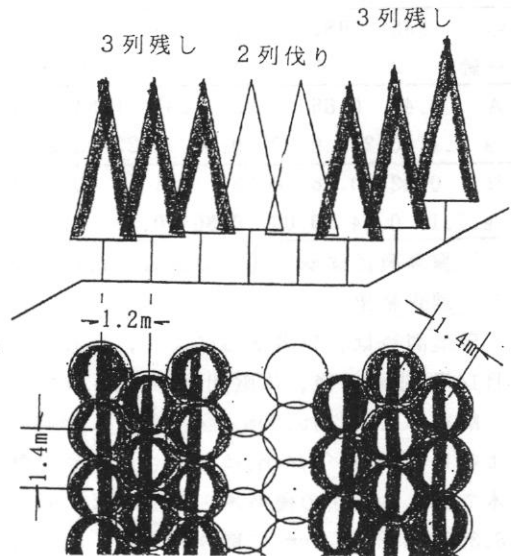


図-3 3列2帯残し方式による除伐

2)除伐方法 苗木が相互距離1.40mの千鳥状に植栽されたので、また、林木間に優劣が生じ、枯死木（ギャップ、風穴）も散在し、さらに、除伐が遅れ気味なので、単純に機械的に除伐する方式では、その実行がかなり困難な状況である。それで、次のような除伐方法が検討された。

- ①ランダム方式：林分全体から除伐し、優勢木と中勢木を残す。
- ②3列2帯残し方式：中央の2列を除伐し、風上側に3列、道路側に3列を残す（図-3）。
- ③列状方式(1)：完全に機械的に、1列おき（隔列）に除伐する。
- ④列状方式(2)：主風（北北東～北東）に対し、千鳥植えを活かして、1列おきに除伐する。
- ⑤2列2帯残し方式：中央の3列を除伐し、風上側に2列、道路側に2列を残す〔可能なら、中央の1列は、凍土方式で掘り取って、移植する〕。

実際には、1996/97年の冬季間に、これらの中で、林木の健全さと防雪機能の両面から、安全を見込んで、②の除伐方式を主体にして、①や⑤の方式も併用された。

3)今後の植栽方法 樹間1.40mの千鳥植え（三角植え；苗間1.4m×列間1.2m）は、約6000本/haであり、たいへん過密な植栽であった。このため、20年間に要して、植栽本数の約70%を除間伐してゆかなければならない、ということになり、多大な労力と経費と時間とを必要とすることになってしまった。

道路法面のために、狭い林帯幅という制約があるにしても、植栽後の維持管理（下刈り、裾枝打ち、除間伐、ほか）を考えると、植栽時において、より広い列間と苗間が望まれる。

林帯造成地の諸条件が許すなら、列間に捕雪することを考慮するなら、列間3.5m×苗間2.0mの植栽（約1430本/ha）が望ましい。つまり、3列植えであり、高規格道路の豊富バイパス、春別道路の案がこれである（斎藤ほか、1996b）。

また、盛り土法面の制約が強ければ、列間2.0m×苗間1.0mの2列林を、風上側と風下側に設置することが望ましい。そして、10年以内に、苗間を2.0mになるように、1本おきに除伐することである（苗間2.0m×列間2.0mの千鳥状となる）。その案が図-4に示される。

5. 要 約

1. 道央自動車道の札幌～岩見沢間の防雪林は、樹間1.40mの千鳥植えであったので、林齢13年生時点では、樹冠の重なりが進み、除伐が急がなければならない状況である。
2. 樹高成長および樹冠の成長を測定した結果、ヨーロッパトウヒ林分の場合には、除伐の適期は、林齢が10年生の時点（今から3年前）である、といえる。
3. 除伐作業は、現況の諸条件から、3列2帯残し方式が望ましい。実際には、安全を見込んで、これにランダム方式（優勢木・中勢木残し）や2列2帯残し方式も併用された。
4. 今後の植栽では、狭い林帯を考慮しつつも、維持管理や防雪機能も検討すると、列間が広めで苗間が狭めの、疎植の3列植え、あるいは2列2帯の列植えが望ましい。

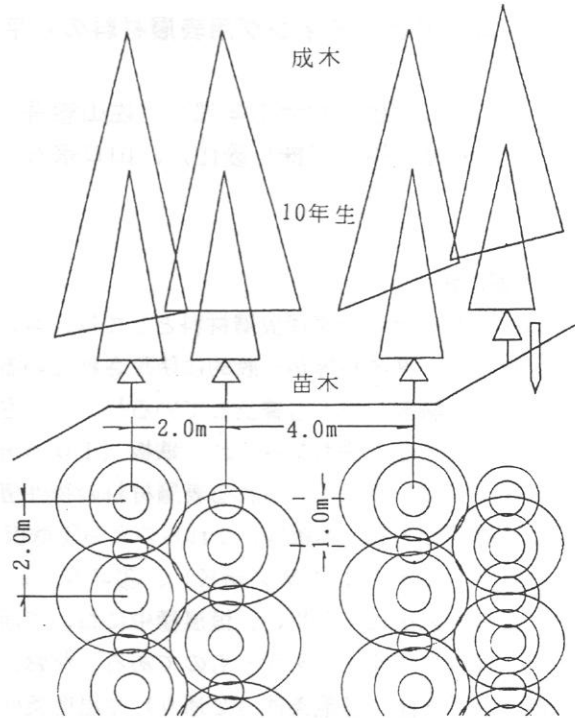


図-4 狭い防雪林造成における2列2帯の列植え植栽(案: 除伐後に千鳥状になる)

参考文献

- 千田 圭, 1997. 道路防雪林の樹幹解析による成長経過からみたヨーロッパトウヒ林分の間伐適期の推測. 卒業研究レポート, 23pp., 専修大学北海道短期大学造園林学科.
- 斎藤新一郎, 1992. 道央自動車道の防雪林の成長経過(2)—— 裾枝打ちおよび除伐について. 26pp., 北海道立林業試験場.
- 斎藤新一郎, 1996. 一般国道272号春別道路防災計画調査報告書(中間報告)—— 地吹雪に対する樹林帯の特性からみた高規格道路の防雪林の設計. 52pp., 北海道開発技術センターへの報告書(釧路開発建設部委託).
- 斎藤新一郎, 1997. 豊浦町高岡地区における植栽木の成長量の調査および海岸林の造成方法に関する提案書. 74pp., 専修大学北海道短期大学造園林学科(北海道農業土木技術指導協同組合委託).
- 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.
- 斎藤新一郎・田口和幸, 1995. 凍土方式による大きな木の越冬期における移植について. 北海道の雪氷, no.14: 3～6.
- 斎藤新一郎・原文宏・阿部正明, 1996a. 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.
- 『シンポジウム, no.12: 367～372.
- 斎藤新一郎・原文宏・阿部正明, 1996b. 雪丘害を考慮した道路防雪林の設計. 寒地技術シ

ロードヒーティング用表層材料の水平方向温度分布の特性比較

岩本欣也（北大工学部），佐山惣吾，酒井好夫（寒地技術研究所）

岩渕英樹（（株）菱住），山口宗宏（北海道工業技術研究所）

1. 緒言

ロードヒーティング用表層材料としては、コンクリート、アスファルト、インターロッキングブロック、タイル等が一般的に使用されているが、ゴムチップ製の融雪パネルやゴム製の融雪マット、融雪シートも普及している^{1)・2)}。さらに表層材料の伝熱特性を改善するために、鉄片を混入する方法も試みられ、鉄板（10 mm厚さ）を用いた報告もある。表1にロードヒーティングに一般に用いられる表層材料の物性値を示した。熱伝導率と熱容量が大きいほど融雪には有利である。本報は、これらのうち①鉄板（熱伝導率 $\lambda = 52.3 \text{ W/mK}$ ）、②コンクリート（ $\lambda = 1.2 \text{ W/mK}$ ）、③ゴム（ $\lambda = 0.41 \text{ W/mK}$ ）、④ゴムチップ（ $\lambda = 0.29 \text{ W/mK}$ ）を用い、恒温槽中において通電加温した実験について、その伝熱特性を解析し、材料の特性比較をするものである。なお、実験に供せられたテストブロックはすべて同一形状とした他、通電条件（2通り）や温度条件（2通り）を分類統一し、各条件に合わせた水平方向温度分布のシミュレーションも行った。

表1 ロードヒーティング用表層材料の物性値

材 料	鉄	コンクリート	ゴム	ゴムチップパネル
熱伝導率	52.3 W/mK	1.2 W/mK	0.41 W/mK	0.29 W/mK
比 熱	0.45 KJ/KgK	0.84 KJ/KgK	1.8 KJ/KgK	1.0 KJ/KgK
密 度	$7.9 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$	$2.5 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$	$0.96 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$	$0.85 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$
熱容量	$7.11 \times 10^4 \text{ KJ/m}^3$	$4.2 \times 10^4 \text{ KJ/m}^3$	$3.5 \times 10^4 \text{ KJ/m}^3$	$1.7 \times 10^4 \text{ KJ/m}^3$

注；室温（20℃）での値とする。熱容量は0℃から20℃まで加温の場合。ゴムチップパネルの空隙率は11.5%である。

2. 実験方法

実験に使用したテストブロックは、30 cm角、厚さ2 cmのもので、発泡ポリステロール断熱材（2 cm厚さ）の中に組みこまれている。またテストブロックの内部のヒーター線については、10 cm間隔3本のもの（18 W通電）と中心に1本もの（5.5 W通電）の2種類の試料を作成した。以上の構造および温度測定箇所を図1に示した。なお、テストブロックの面積が0.09 m²であるので、10 cmピッチ18 Wの通電は200 W/m²に相当し、札幌市内にて一般に行われているロードヒーティングの電力負荷にほぼ等しいと考えて良い。

テストブロックは恒温槽中心の目皿上に置かれ、恒温槽内の温度を-1℃および-5℃に設定した。通電を開始するとブロックの温度が上昇し約4時間後に一定温度に達する。このような定常状態におけるブロックの内部温度と表面温度を測定した。

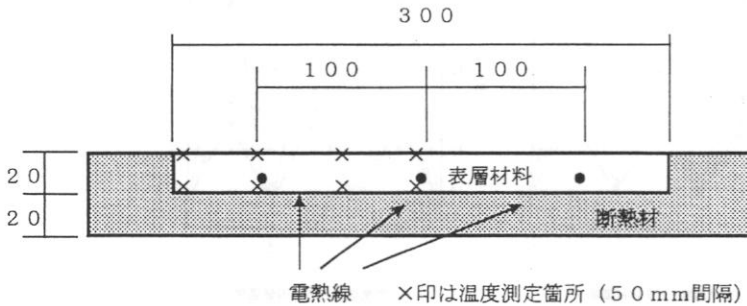


図1 テストブロック構造 (単位mm)

3. 実験結果

図2 (a) ~ (h) にブロック横方向の温度分布を、ブロック内部および表面、恒温槽内空気温度 -1°C および -5°C 、電熱線1本および3本についてそれぞれ示した。この結果より次のことが分かる。

- ①ブロック内部温度は熱伝導率の小さい順に高い。
- ②ブロック表面温度はゴムチップを除いて熱伝導率の小さい順に高い。ゴムチップについては空隙率が大きいので若干低めの値を示した。(ゴム、コンクリート、ゴムチップ、鉄板の順に高い。)
- ③ヒーター部とヒーター中間部の温度偏差(内部温度)は熱伝導率の大きい順に小さい。
- ④鉄板の表面温度はほぼ一定である。

4. 伝熱理論およびシミュレーション

ロードヒーティング構造の鉛直方向の伝熱については、1次元の定常熱伝導と仮定した熱抵抗計算(オームの法則と同じ考え方)が一般に行われているが、本実験のように水平方向の伝熱を解析するためには2次元の定常熱伝導として解析する必要がある。そこで式(1)の2次元熱伝導方程式について①断熱境界 ②空気温度一定 ③ヒーター(質点)から一定の熱流発生 の3つの境界条件をあてはめて、差分法陰解法を用いた数値計算を行った。数値計算を行った計算領域の離散化要素を図3に示した。また、計算結果は図2 (a) ~ (h) に曲線として表示し、各点の実測値と比較した。計算値と実測値がほぼ近似していることがわかる。

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + Q(x, y, t) \quad \dots\dots(1)$$

$$t = \frac{\rho c L^2}{\lambda} t', \quad x = Lx', \quad y = Ly', \quad Q = \frac{\lambda}{L^2} Q'$$

$$\frac{\partial T'}{\partial t} = \frac{\partial^2 T'}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 T'}{\partial y'^2} + Q'$$

ただし、

T : 温度

t : 時刻

Q : 発熱量

ρ : 密度

c : 比熱

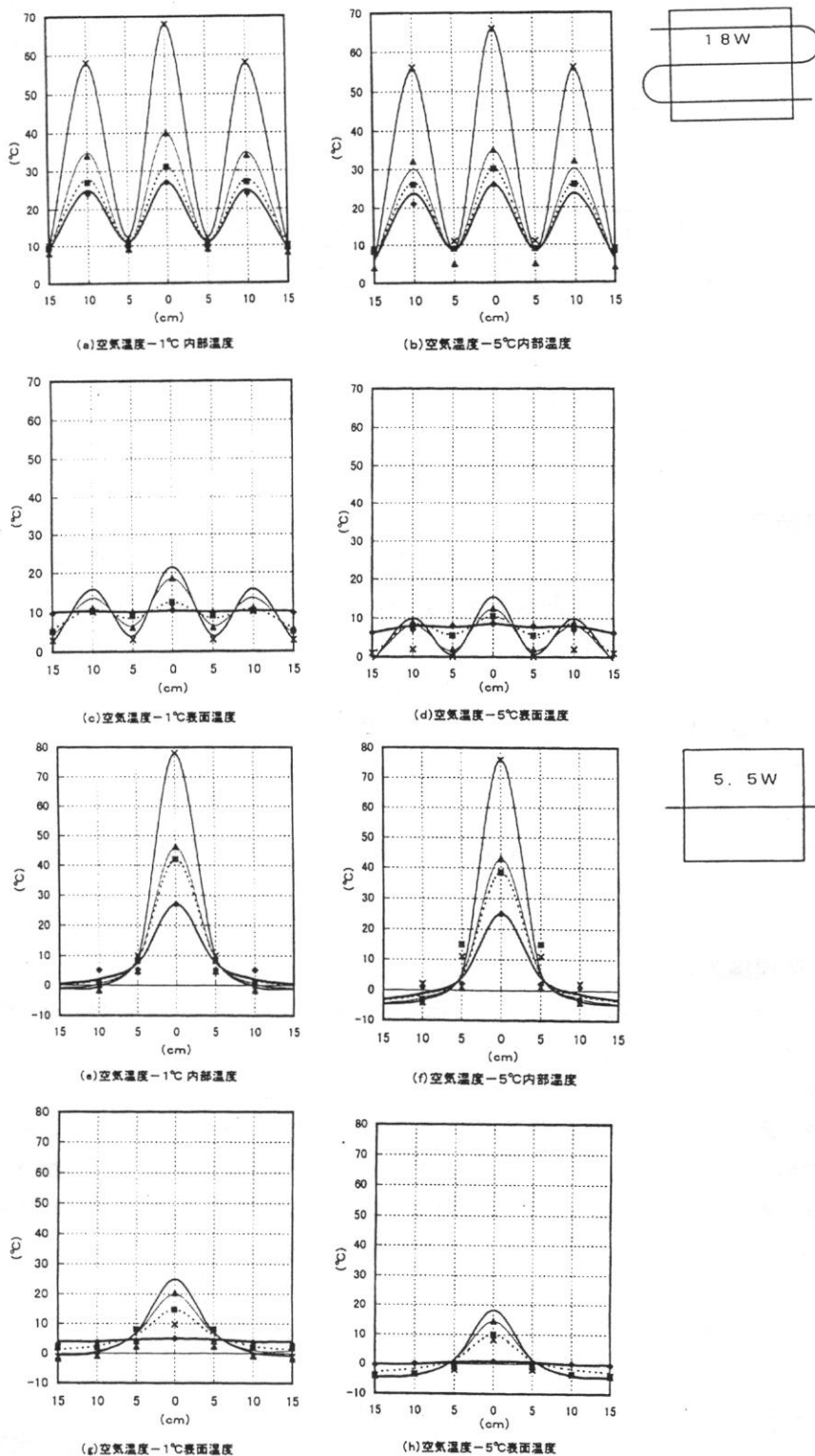
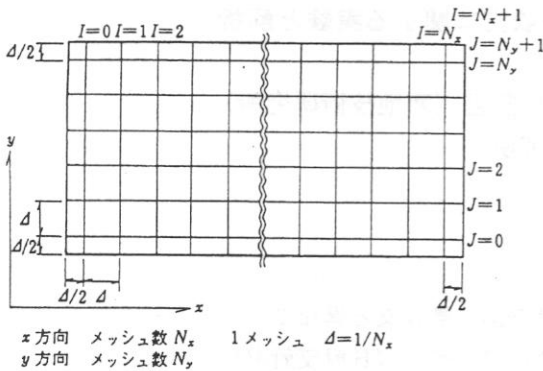


図2 テストブロックの水平方向温度分布
(実測値と計算値)



$$\frac{\Delta^2}{\Delta t} (T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j}^n) = T_{i+1,j}^{n+1} + T_{i-1,j}^{n+1} + T_{i,j+1}^{n+1} + T_{i,j-1}^{n+1} - 4 T_{i,j}^{n+1} + Q \Delta^2$$

n は時刻 t , $n+1$ は時刻 $t + \Delta t$ における値

図3 差分法数値計算の離散化要素

5. 結論

以上の報告で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) ロードヒーティング用表層材料（舗装材料）としては、熱伝導率の大きいものを使用することが有効である。
- (2) 鉄板を用いた場合、表面の温度はほぼ均一となって解けむらを生じることがなくなるが、横方向への熱損失を防ぐ（路面端の断熱）必要がある。
- (3) ゴムを用いた場合は10℃程度、コンクリートを用いた場合は5℃程度の温度偏差を生じ、雪の解けむらを生じやすい。
- (4) ゴムチップ等の空隙を有する材料は、表面で空気や水の流出入による熱伝導低下や熱損失を生じるので、表面を機密にしたり、熱伝導の良い金属板等と組み合わせる等の工夫が必要である。
- (5) 2次元熱伝導方程式の差分法陰解法による数値計算は、ロードヒーティングの水平方向の伝熱解析には有効であった。今回得られた水平方向表面温度分布を用いて材料ごとの解けむらを推定することが可能である。

参考文献

- 1) 佐山惣吾、酒井好夫、西川泰則、山口宗宏、岩本欣也、許オー「ロードヒーティングの道路構造と熱性状」（1996）北海道の雪氷第15号
- 2) 佐藤英隆、平松雅宏、後藤隆司、森訓保、鈴木好美「ラバーマット布設路面による冬期路面のスベリ防止に関する研究」（1992）第8回寒地技術シンポジウム

ロードヒーティング表面の熱収支に関する実験と解析

岩本欣也（北大工学部），佐山惣吾（寒地技術研究所）
山口宗宏（北海道工業技術研究所）

1. 緒言

ロードヒーティング表面の熱収支は、一般地表面の熱収支と異なり、ヒーターからの人為的な加熱が行われる他、表面が舗装面であるためにアルベド（日射反射率）がその色調によって大きく左右される点、水が浸透せずに表面を流れて熱を持ち去る点（アスファルトの場合）等が特徴である。また熱収支の評価は、融雪負荷熱量の設計に際して重要であり、従来より式（1）の所要融雪熱量算定式として用いられてきているが¹⁾、舗装表面のアルベド（日射反射率）の差異による影響までを考慮していない他、各因子間の相互関係についての知見が少なく、簡易で概略的な計算式である。本報は、このようなロードヒーティング表面の熱収支に関して、特に日射の吸収と反射の影響を中心として、温水融雪パネルの放熱量、放射および対流熱伝達、雪の融解熱等、実地の実験結果を踏まえた解析を行うものである²⁾。

$$Q_p = Q_s + Q_m + A_r (Q_s + Q_h) \quad \cdots (1) \quad A_r; \text{自由面積率}$$

Q_p ; 所要融雪熱量 Q_s ; 顕熱 Q_m ; 融解熱 Q_r ; 蒸発熱 Q_h ; 対流および放射熱

2. 実験方法

実験に使用した融雪パネルを図1に示した。このパネルを4つの条件のもとで（表1）4枚直列に設置した。運転期間は1996年2月15日から2月27日までである。実験の測定においては、パネルの中心上60cmの場所に日射計2個を、それぞれ天空と地面に向けて設置し、日射量とパネル表面からの反射量を測定した。日射計の測定波長範囲は0.305～2.80μmであり、これは遠赤外線領域を含まない短波領域である（長波放射量は含まれない）。なお、4枚の融雪パネルは、水道排水熱源（1次側温度8.1～8.9℃）の圧縮式ヒートポンプから供給される温水（2次側温度12.8～15.6℃）によって加熱され、各パネルの銅パイプを流れる温水の流量は5ℓ/minであった。

表1 融雪パネルの設置条件

	パネルA	パネルB	パネルC	パネルD
表面色	黒色	灰色	灰色	灰色
パネル下	断熱材無	ウレタン断熱材 20mm	ゴムチップ断熱材 20mm	断熱材無
温度測定点	表面 パイプ温水	表面 パイプ温水 断熱材下	表面 パイプ温水 断熱材下	表面 パイプ温水

注：表面温度はパイプ間の温度

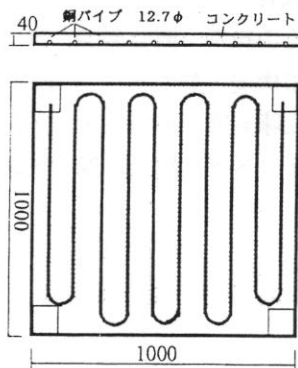


図1 温水式融雪パネルの構造

3. 実験結果

図2に融雪パネルの温水温度変化を示した。また、図3に日射量(反射量)の変化を、図4(a)(灰色表面)および図4(b)(黑色表面)にパネル放熱量と日射吸熱量の変化を示した。図中黑色表面は表1のパネルAに、灰色表面はパネルDに相当する。この期間の日出没時間は2月15日(6:43~17:38)、2月27日(6:31~17:49)であり、日照時間は11時間前後である。図3から1日の日射量と反射量を積算して得られたアルベド(表面反射率)は、黑色で0.05、灰色で0.22であった。また、図4より、昼間は夜間と比べて日射の吸熱量相当分だけパネル放熱量が小さくなる傾向がわかる。

次に実験期間の熱収支のうち、加熱要素のパネル放熱量、日射吸熱量のおよびその合算量の総量について計算した(表2)。日射吸熱量がパネル放熱量の2~3割程度と大きな影響を与えることがわかる。また、黑色表面の方が灰色よりも日射吸熱量比率が大きい反面、加熱合算量としては小さくなる傾向が見られる。

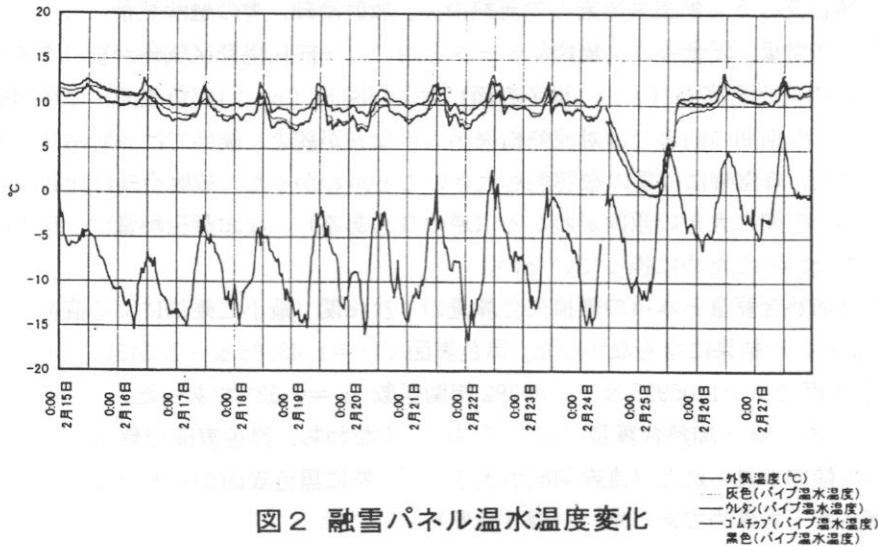


図2 融雪パネル温水温度変化

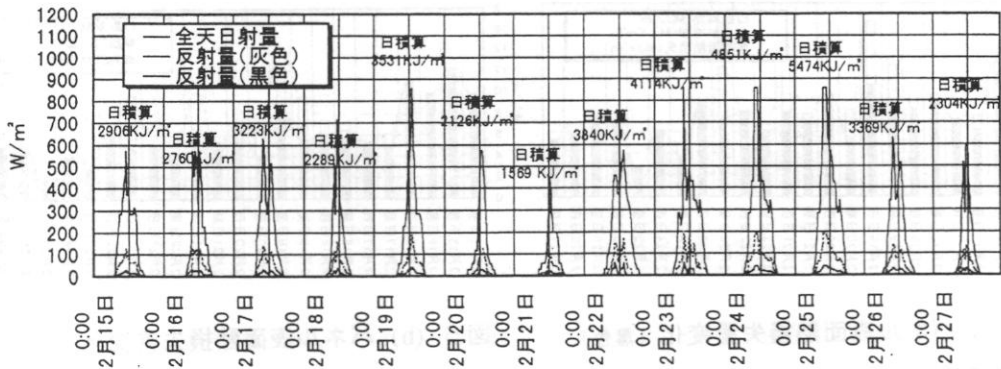


図3 日射量、反射量の変化

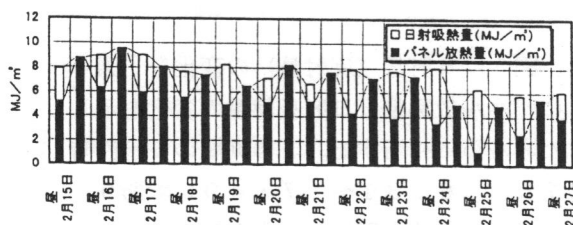


図 4 (a) パネル表面加熱量変化 (黒色)

昼間夜間に分けた日出没時までの積算量

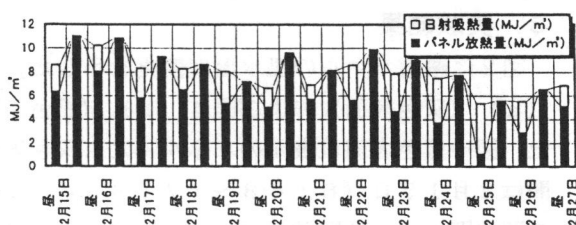


図 4 (b) パネル表面加熱量変化 (灰色)

昼間夜間に分けた日出没時までの積算量

4. 表面からの熱損失量の計算

実験期間の熱収支のうち熱損失要素の対流熱損失、放射冷却、雪の融解熱量については、外気温度、風速、降雪量、雲量等の気象観測データを用い（一部札幌管区气象台統計を参考）、計算した³⁾。その変化を図 5 (a) (黒色表面) および図 5 (b) (灰色表面) に期間総量を表 3 に示した。この期間の前半では対流熱損失が大きな日が続き、後半では放射冷却が大きな日が見れた。また、降雪時には雪の融解熱も大きいことがわかった。放射冷却は比較的小さめの値を示したが、夜間に大きい傾向がわかる（逆の日もある）。なお蒸発熱量は、路面の湿潤状態が把握できなかったために扱っていない。

前項で求めた加熱合算量と本項の熱損失合算量の 1 次相関（最小二乗法による直線近似）を調べたが、あまりいい結果にならなかった。黒色表面で $y = 1.43586x - 1.34517$ 相関係数 $r = 0.519$ 、灰色表面で $y = 1.06925x - 1.89292$ 相関係数 $r = 0.533$ であった。（ y ；熱損失合算量 (MJ/m^2) x ；加熱合算量 (MJ/m^2)）すなわち、黒色表面で熱損失量が加熱量よりおおきめの傾向が見られた（直線勾配が大きい）。特に黒色表面からの対流熱損失が大きく、放射冷却も若干大きめであった。（表 3 参照）

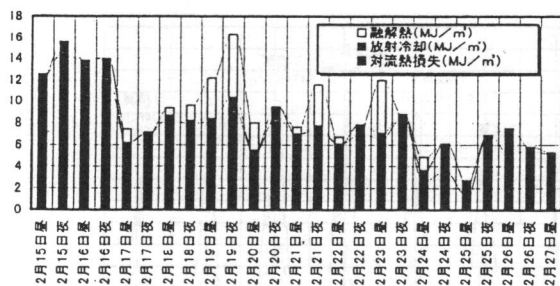


図 5 (a) パネル表面熱損失量変化 (黒色)

昼間夜間に分けた日出没時までの積算量

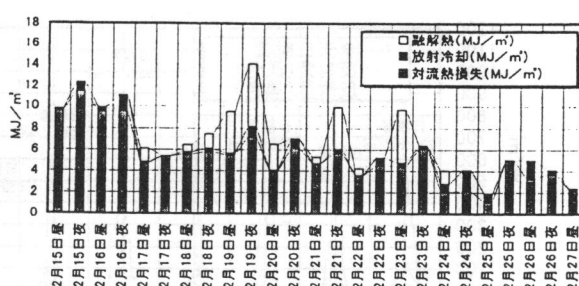


図 5 (b) パネル表面熱損失量変化 (灰色)

昼間夜間に分けた日出没時までの積算量

表2 加熱合算量と日射吸熱量比率

	黒色表面	灰色表面
期間加熱合算量	183.3MJ/m ²	202.7MJ/m ²
パネル放熱量	143.1MJ/m ²	169.7MJ/m ²
日射吸熱量	40.2MJ/m ²	33.0MJ/m ²
日射吸熱量比率	28.0%	19.5%

表3 各熱損失の期間総量

	黒色表面	灰色表面
期間熱損失合算量	229.6MJ/m ²	173.1MJ/m ²
対流熱損失量	186.5MJ/m ²	133.3MJ/m ²
放射冷却量	16.4MJ/m ²	13.1MJ/m ²
融解熱量	26.7MJ/m ²	26.7MJ/m ²

5. 結 論

以上の報告で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 融雪パネル表面では、昼間は夜間と比べて日射吸熱量の相当分だけパネル放熱量が小さくなる傾向がある。
- (2) 日射吸熱量はパネル放熱量の2～3割程度とかなり大きな影響を与え、表面色による違いが無視できないものであると言える。
- (3) 今回のような連続運転の場合、融雪パネル表面からの熱損失として風による対流熱損失が大きく、雪の融解そのものに消費される熱量の5～7倍にもなり、燃費を小さくするために的確な制御が重要であると言える。
- (4) 融雪パネル表面の熱の出入りにおいて、黒色表面のパネルでは熱の出（熱損失）が熱の入り（加熱）より大きい傾向が見られる。特に対流熱損失が大きく、放射冷却も若干大きめとなった。

参考文献

- 1) 空気調和衛生工学便覧 (1987年 第11版) 第6編 空調設備設計
第3章 空調および暖房方式の選択と設計 3.12 融雪方式
- 2) 第12回寒地技術シンポジウム「融雪パネルの温度変化への日射の影響について」 岩本欣也、許才一、山口宗宏、西川泰則、佐山惣吾 (1996)
- 3) 気象研究ノート第136号「融雪機構と熱収支」小島賢治 (1979)

凍結路面の発生メカニズムに関する熱収支的考察

石川信敬・成田英器・須藤正季（北大低温研）、加治屋安彦（開土研）

冬期間、道路上には滑りやすい雪氷路面が存在するが、最近の特徴は極めて薄い氷膜が短時間に出現し路面がミラー（鏡面）化することである。これまでの研究によると氷膜は道路積雪が何らかの方法で融解し再び凍結することによって出来ると指摘されている。そこで本研究では車両からの放射熱を考慮して道路雪氷面の熱収支特性を求めた。

雪氷面における熱収支は通常、放射収支量、顕熱、潜熱、積雪下面の熱伝導及び積雪層の貯熱変化量であらわされる。本研究ではこれら全成分を実測すると同時に、今冬期の平均風速、相対湿度、雲量及び日射量を用いて熱収支各成分を温度だけの関数として表した。図1は晴天日の顕熱量と潜熱量、長波放射2成分を示したものである。顕熱量は氷点下で約 17 W/m^2 となったが、この値はほぼ実測値に等しい。気温が正の時は表面温度を 0°C で一定としたため顕熱は急激に増加している。潜熱量は小さいがこれは気温が表面温度より高くても相対湿度が低いため、大気中の水蒸気量が表面の飽和水蒸気圧にほぼ等しくなったためである。表面からの放射は大気放射より常に大である（平均約 96 W/m^2 ）。なお 0°C 以上の温度範囲では地球放射量は 0°C 面からの放射量とした。このように雪面における熱収支成分の中で放射が最も重要な要因であることが分かる。そこで図2には新雪面（アルベド0.8）と融雪面（アルベド0.5）の放射収支量を示した。 0°C 以下では放射収支量はほぼ一定値をとりアルベドが高い時には常に負になる。温度が正になると放射収支量が急激に増加しているが、これは雪面を 0°C に固定しているため地球放射は変化しないのに大気放射は温度と伴に増大しその結果として長波長収支が正になったためである。

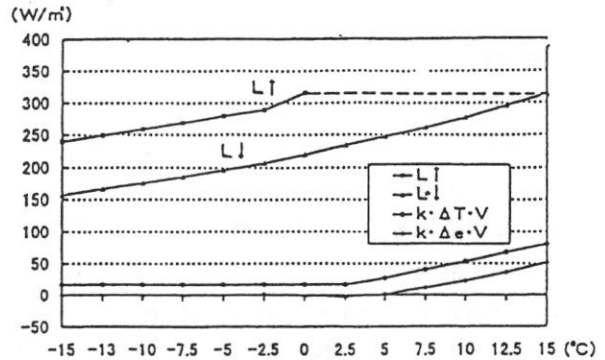


図1. 顕熱、潜熱、長波長放射量と温度

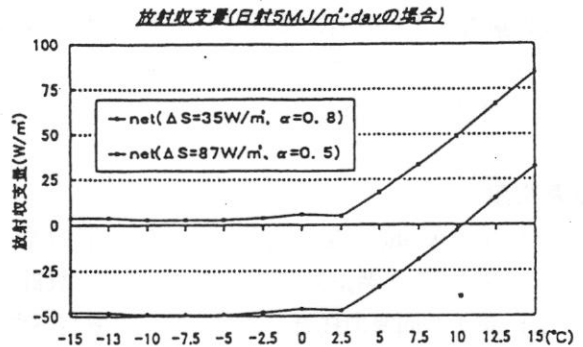


図2. 温度と放射収支量

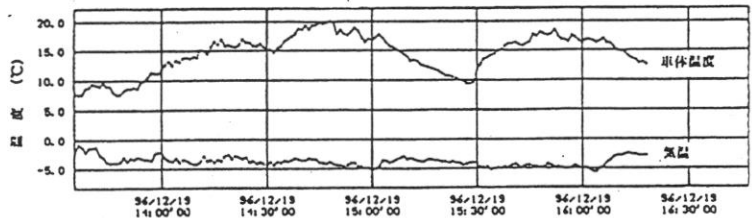


図3. 車体底面温度と気温の時間変化

道路雪氷面が融解するのは気象条件だけによるものではないことは、交通量の多い道路や交差点前で融解再凍結がよく見られることから明らかである。ここが周囲に比べてより融解する要因として車両からの放射熱を考えた。図3は札幌市内を走行した時の車体温度と気温の変化を示したものである。気温は $-0.9 \sim -5.7^{\circ}\text{C}$ であったが車体温度は気温より $5 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 程高くなった。図4は車両底部温度及び後部バンパー温度と気温の関係を表したものである。バラツキは大きいが両者には直線関係が

みられ車体底面の温度は気温より約 10°C 、後部は約 4°C 高くなった。なお相関係数は $0.7 \sim 0.8$ である。晴天日に大気から雪氷面に与えられる長波長放射は気温を黒体放射としたときの約65%に過ぎない。一方、車両底部からの放射は黒体放射として考えて良い。今、路面上の定点を

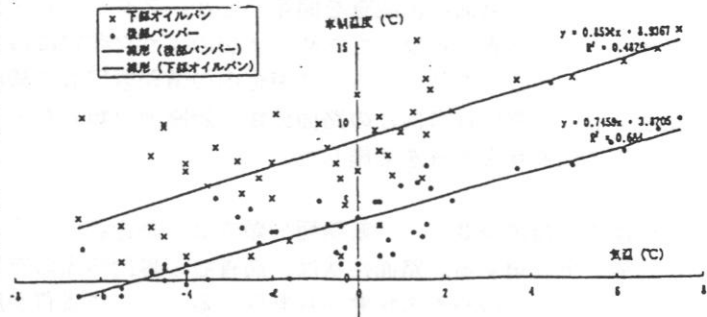


図4. 気温と車両温度の関係

考えると、通過車両は瞬間的に放射で熱を与えて去っていく。路面に与えられる放射量は通過台数が同じであれば速度が遅いほど多くなり、速度が同じであれば台数が増えるほど多くなる。そこで通過台数や速度の代わりに路面上の天空を車両が遮蔽する時間（すなわち車両の累積停車時間）を用いて、路面が受ける放射量を見積もった（図5）。横軸は1時間当たり路面が車両に塞がれる時間であり、この時間中は大気放射が遮られその代わりに車両からの長波長放射を受ける。ここでは気温 -5°C において車体温度が4通りの場合を示した。今、車が1台も通過しなかった時（遮蔽時間0）路面が受ける放射量は大気放射量そのものであるが、遮蔽時間が長くなるほど車両からの長波長放射量の寄与分が増大するため路面が受ける全長波長放射量は増加する。すなわち通過車両がない場合に、路面は1時間当たり 0.7 MJ/m^2 の放射を受けるだけであるが、 15°C の車両に30分遮蔽されると路面が受ける放射量は 1.06 MJ/m^2 、60分では 1.40 MJ/m^2 となり、それぞれ大気放射量が51%、61%増加したことになる。冬期間の長波長放射量は、大気放射量が $150 \sim 200 \text{ W/m}^2$ 、地球放射量が $250 \sim 300 \text{ W/m}^2$ （ $-15 \sim 0^{\circ}\text{C}$ ）であった。この時、車両からの熱で大気放射量が見かけ上50%増加すると $225 \sim 300 \text{ W/m}^2$ となりほぼ地球放射量に匹敵し長波長放射収支は正となる。このため路面雪氷は加熱され融解する。しかし車両の影響がなくなると、路面は常に冷却状態にあるため融解水は再凍結を始める。これが交通量の多い交差点前や駐車車両の下に氷膜が形成される要因のひとつと考えられる。

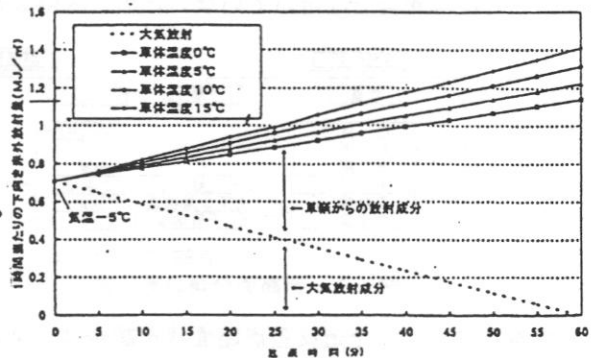


図5. 車両からの長波長放射量と遮蔽時間の関係

ど車両からの長波長放射量の寄与分が増大するため路面が受ける全長波長放射量は増加する。すなわち通過車両がない場合に、路面は1時間当たり 0.7 MJ/m^2 の放射を受けるだけであるが、 15°C の車両に30分遮蔽されると路面が受ける放射量は 1.06 MJ/m^2 、60分では 1.40 MJ/m^2 となり、それぞれ大気放射量が51%、61%増加したことになる。冬期間の長波長放射量は、大気放射量が $150 \sim 200 \text{ W/m}^2$ 、地球放射量が $250 \sim 300 \text{ W/m}^2$ （ $-15 \sim 0^{\circ}\text{C}$ ）であった。この時、車両からの熱で大気放射量が見かけ上50%増加すると $225 \sim 300 \text{ W/m}^2$ となりほぼ地球放射量に匹敵し長波長放射収支は正となる。このため路面雪氷は加熱され融解する。しかし車両の影響がなくなると、路面は常に冷却状態にあるため融解水は再凍結を始める。これが交通量の多い交差点前や駐車車両の下に氷膜が形成される要因のひとつと考えられる。

新路面分類に基づく94/95、95/96冬期の全道路路面状況

金子学・加治屋安彦・福澤義文（開発土木研究所）・小林利章（日本気象協会）

1. はじめに スパイクタイヤ禁止以降に発生した、一般にツルツル路面と呼ばれる非常に滑りやすい凍結路面について明らかにするため、北海道開発局では他の道路管理者と共同で1993年2月から、路面状況調査を開始したが、スタッドレスタイヤの無い時代に決められた路面分類をもとに調査を行なったため、上記のような非常に滑りやすい路面を特定することができなかった。こうしたことから、北海道内の道路管理者で構成する冬道路路面管理充実計画策定協議会では、道路管理者向けの路面分類（新路面分類）をまとめ、94/95冬期、95/96冬期に全道交差点路面状況調査を実施した。

2. 新路面分類の概要 新路面分類では、路面状況を図-1に示すように、路面性状と、路面形態とで表現する。路面性状は、調査者の専門知識の有無にかかわらず判定できるよう、タイヤのトレッド跡や雪の状態から判別する。ここで雪質が圧雪、氷板、氷膜の場合で表面に光沢がある場合には、「非常に滑りやすい」を雪質の前に付け、表面がこな雪やつぶ雪で、その下に滑りやすい層が見られる場合には、雪質の後に「下層氷板」をつけて表現する。以上の要領で判定を行なうと、13分類となるが、以下の検討において煩雑となるため、路面の滑りやすさに着目して5つのクラスに分類し、比較を行なうこととした（表-1）。なお、路面形態については本報告では用いていないため、説明は省略する。

表-1 新路面分類による路面性状と路面評価クラス

路面性状（新路面分類）	路面評価クラス
非常に滑りやすい圧雪 非常に滑りやすい氷板 非常に滑りやすい氷膜	1
氷板 氷膜 こな雪下層氷板 つぶ雪下層氷板	2
圧雪 こな雪 つぶ雪	3
シャーベット 湿潤	4
乾燥	5

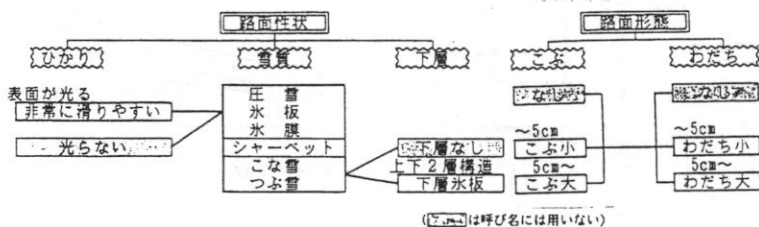


図-1 新路面分類の考え方

3. 調査方法 全道交差点路面状況調査は、全道の道路管理者に調査票を配布し、1994年12月1日から1995年3月31日までと、1995年12月1日から1996年3月31日までの2冬期にわたって行なった。本調査の時間帯は朝8～9時、調査項目は路面状況、前日9時から24時間の降雪量、路面管理状況等となっている。

4. 路面状況 北海道開発局所管の調査地点（41箇所）における調査結果を支庁別に集計し、2冬期を対比して図-2に示す。ここでは、各観測地点の路面評価クラス毎の出現率（出現回数を全観測期間で除したもの）を、支庁別にまとめ、平均した値を用いた。

クラス1～クラス3の路面を雪氷路面とし、94/95冬期の出現率を見ると、宗谷支庁と留萌支庁で高く、比較的降雪の少ない太平洋側の胆振、十勝、釧路支庁では低かった。また、95/96冬期の降雪の多かった道央地方等では増加傾向が見られた。

非常に滑りやすい雪氷路面（クラス1）の94/95冬期の出現率は宗谷、十勝、空知支庁で高

く、後志支庁では非常に少なかった。また、95/96冬期に増加が見られたのは、後志支庁のみであり、多くの支庁で大幅な減少傾向が見られた。

5. 気象状況と路面管理

95/96冬期は前冬期と比べ、稚内、網走等では気温が高く降雪量が減少しており、道央地方では気温には大きな変化は無かったものの、降雪量が大きく増加していた。ここで、除雪の実施状況について見ると、95/96冬期には前冬期と比べて後志支庁と網走支庁で日数、回数とも減少していた。また、凍結防止剤等の散布は全道的に増加しており、特に上川支庁管内での伸びが著しかった。なお、網走支庁では除雪、凍結防止剤等の散布とも減少しており、降雪量の減少が影響したものと考えられる。

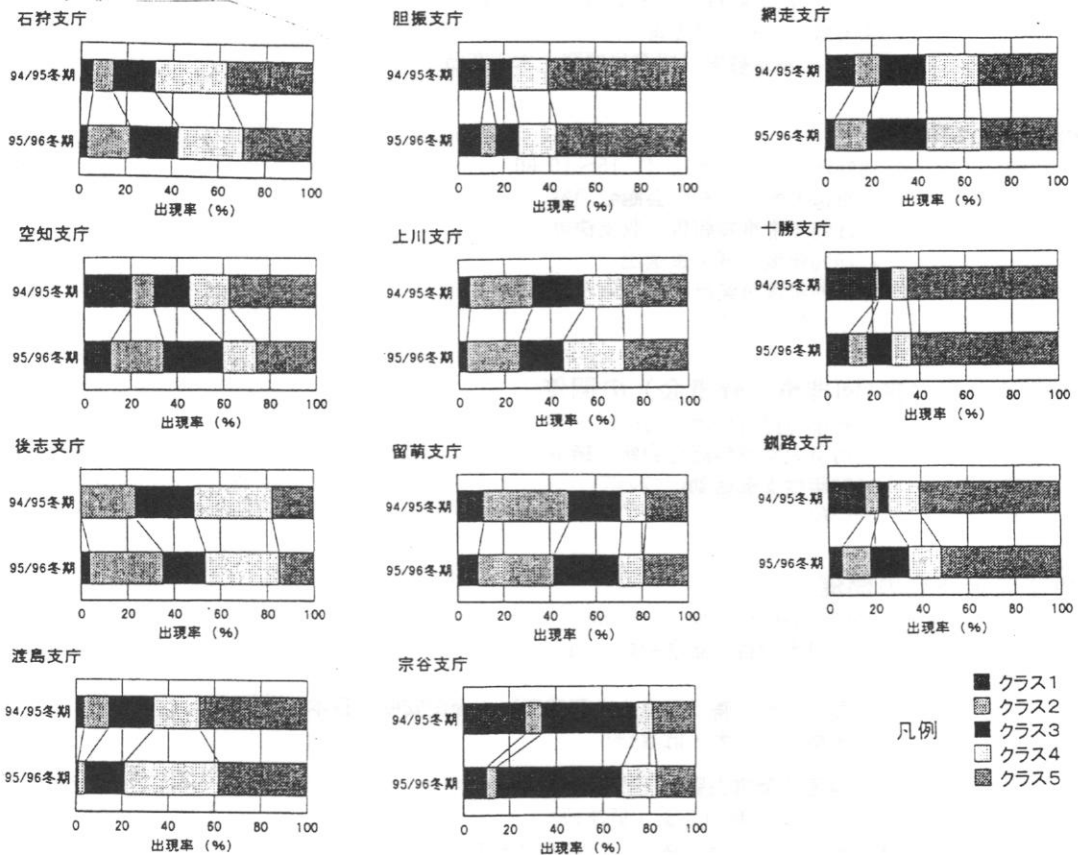


図-2 94/95, 95/96冬期の全道路路面状況

6. まとめ

雪氷路面は宗谷支庁、留萌支庁で比較的多く見られ、95/96冬期の降雪量の多かった道央地方で増加していた。非常に滑りやすい雪氷路面は、94/95冬期では宗谷、十勝、空知支庁で多く生じており、後志支庁では殆ど見られなかった。また、95/96冬期には多くの支庁で減少傾向となっていたが、後志支庁では増加していた。95/96冬期には石狩支庁と同程度のクラス1の出現率となっていたこと、除雪回数が石狩支庁と同程度であったことから、定量的に明らかではないものの、スタッドレス化の進展と関係が深いものと思われる。

全道的な路面管理の傾向として、凍結防止剤等の使用の増加が見られた。クラス1の全道的な減少傾向から見て、凍結防止剤等の散布による路面管理が有効であると思われる。

1996年度事業報告

■講演会の開催

日時: 1996年4月25日(木)、13:30~15:00
場所: 北海道大学百年記念会館会議室
出席者: 49名
テーマ: “1995/96年の大雪”

- ①気象から見た今冬の大雪
山崎道夫 (気象協会北海道本部)
- ②積雪の時間・空間分布から見た今冬の特徴
白岩孝行 (北大低温科学研究所)
- ③大雪による交通障害
石本敬志 (開発局開発土木研究所)

■総会の開催

日時: 1996年4月25日(木)、15:15~16:00
場所: 北海道大学百年記念会館会議室
議題: 1. 1995年度事業報告・収支決算
2. 1996年度支部役員選出
3. 1996年度事業計画・収支予算案
4. その他

■役員会議 (第1回理事・幹事会) の開催

日時: 1996年4月25日(木)、16:00~17:00
場所: 北海道大学百年記念会館会議室
議題: 1996年度支部活動について
その他

■研究発表会の開催

日時: 1996年6月18日(火)、13:00~18:05
場所: 北海道大学百年記念会館会議室
出席者: 89名
プログラム: 座長 松沢 勝 (開発土木研究所)、金田安弘 (日本気象協会)、
兒玉裕二 (北大・低温研)

- 1 1995~96年札幌圏の豪雪災害—その特徴と背景—
秋田谷英次・天見正和 (北大・低温研)
- 2 1996年豪雪における市街地で発生した雪害 (その1)
細川和彦・山形敏明 (北海道工業大学大学院)・苫米地司 (北海道工業大学)
- 3 1996年豪雪における市街地で発生した雪害 (その2)
山形敏明・細川和彦 (北海道工業大学大学院)・苫米地司 (北海道工業大学)
- 4 雪に挑む JR 北海道
青池宏樹 (北海道旅客鉄道㈱)
- 5 吹雪輸送量の粒径別高度分布測定
杉浦幸之助・西村浩一・前野紀一 (北大・低温研)
- 6 羅臼峠の道路防雪林の雪丘害について
斎藤新一郎 (専修大学北海道短期大学)・原文宏 (北大・工)・阿部正明 (北海道開発技術センター)

7 道路防雪林の現状と課題

阿部正明（北海道開発技術センター）・原文宏（北大・工）・斎藤新一郎（専修大学北海道短期大学）

8 ロードヒーティングの道路構造と熱性状

佐山惣吾・酒井好夫（寒地技研）西川泰則・山口宗宏（北工研）・岩本欣也（融雪研）・許オー（北大・工）

9 難着雪デリニューターの開発

湯浅雅也・今津隆二・林直樹（積水樹脂㈱）・苫米地司（北海道工業大学）

10 屋根上積雪形状に関する研究

新井覚（北海道工業大学大学院）・伊東敏幸・苫米地司（北海道工業大学）

11 膜屋根の雪処理に関する屋外実験について

荒島裕重（北海道工業大学大学院）・伊東敏幸・苫米地司（北海道工業大学）

12 屋外工作物に作用する積雪荷重に関する研究

数矢彰（北海道工業大学大学院）・伊東敏幸・苫米地司（北海道工業大学）

13 膜材料の滑雪特性に関する基礎的研究

山口英治（北海道工業大学大学院）・伊東敏幸・苫米地司（北海道工業大学）

14 1996年北海道古平町豊浜付近斜面崩落にかかわる岩石の凍結・融解実験

原田鉦一郎・福田正己（北大・低温研）

15 クッタラ火山灰斜面の凍結深度

河内邦夫・武藤章（室蘭工業大学・工）

16 最終氷期における日高山脈の氷河の質量収支と流動の復元

劉大力・小野有五（北大・地環研）・成瀬廉二（北大・低温研）

17 プレート降雪結晶の弱層のせん断強度変化

八久保晶弘・秋田谷英次（北大・低温研）

18 雪や氷による空気の流れの教材化

大久保政俊・村上俊一・永田敏夫（北海道立理科教育センター）・中里勝平（北海道教育大学付属函館中学校）

19 水や氷を素材とする教育実験「アイスレンズをつくる」

矢作裕（北海道教育大学・釧路校）

■機関誌「北海道の雪氷」15号の発行

発行日： 1996年7月31日

発行部数： 350部

■第1回幹事会の開催

日時： 1996年10月18日（金）、17:00～18:30

場所： 北海道大学低温研会議室

議題： 1. 1996年度談話会および講演会について
2. 支部活動について
3. その他

■談話会の開催

日時： 1997年3月12日（木）、18:00～20:00
場所： 上川町役場大会議室
テーマ： 「雪を利用する」
主催： (社)雪氷学会北海道支部 上川町農業経営改善支援センター
出席者： 24名
内容： 1. 話題提供
秋田谷英次（北海道大学低温科学研究所）
2. 意見交換会

■第2回幹事会の開催

日時： 1997年3月25日（火）、13:30～15:00
場所： 北海道大学低温科学研究所 会議室
議題： 1. 1996度事業報告・収支決算（見込み）
2. 1997度事業計画・収支予算案審議
3. その他

■第2回理事・幹事会の開催

日時： 1997年3月25日（火）、15:00～17:00
場所： 北海道大学低温科学研究所 会議室
議題： 1. 1996度事業報告・収支決算（見込み）
2. 1997度事業計画・収支予算案審議
3. その他

収支計算書

通常会計

1996年4月1日から1997年3月31日まで

(北海道支部)

(収入の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	決 算 額	差 額	備 考
1. 基本財産運用収入 基本財産利息	(0) 0	(0) 0	(0) 0	
2. 本部交付金	683,000	1,028,243	-345,243	
3. 事業収入 出版物売上 広告収入	(10,000) 10,000 0	(32,200) 32,200 0	(-22,200) -22,200 0	
4. 雑収入 (預金利子)	0	1,688	-1,688	
当期収入合計	693,000	1,062,131	-369,131	
前期繰り越し収支差額	2,307,981	2,307,981	0	
収入合計	3,000,981	3,370,112	-369,131	

差額 = 予算額 - 決算額

(支出の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	決 算 額	差 額	備 考
1. 事業支出 講演会費 研究発表会費 談話会費 機関誌発行費 総会費 理・幹事会費	(630,000) 100,000 30,000 150,000 250,000 30,000 70,000	(493,314) 67,300 44,730 49,620 278,100 7,974 45,590	(136,686) 32,700 -14,730 100,380 -28,100 22,026 24,410	 1回 1回 1回 1回 1回 3回
2. 事務管理費	150,000	269,923	-119,923	
3. 予備費	44,514	0	44,514	
当期支出合計	824,514	763,237	61,277	
当期収支差額	-131,514	298,894	-430,408	
次期繰り越し収支差額	2,176,467	2,606,875	-430,408	

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8年度（1996年04月01日から1997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。

1997年 4 月 10 日

社団法人日本雪氷学会北海道支部

監 事 油 川 英 明

油川英明 

監 事 佐 竹 正 治

佐竹正治 

1997年度事業計画

- | | | |
|----------------------|------------|-------------|
| 1. 講演会の開催 | 1997年4月30日 | 13:30-15:15 |
| 2. 支部総会 | 1997年4月30日 | 15:30-16:00 |
| 3. 役員会議（理事・幹事会議） | 1997年4月30日 | 16:00-17:00 |
| 4. 研究発表会の開催 | 1997年6月24日 | |
| 5. 機関誌「北海道の雪氷」16号の発行 | 1997年7月 | |
| 6. 講演会の開催 | 1回 | |
| 7. 談話会の開催 | 1回 | |
| 8. 理事・幹事会議 | 1998年3月 | |
| 9. 幹事会 | 2回 | |

会 計 計 画 (案)
1997年4月1日から1998年3月31日まで

(収入の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	備 考
1.基本財産運用収入 基本財産利息	(0) 0	
2.本部交付金	655,000	
3.事業収入 出版物売上 広告収入	(10,000) 10,000 0	
4.雑収入	0	
当期収入合計	665,000	
前期繰り越し収支差額	2,606,875	
収入合計	3,271,875	

(支出の部)

(単位 円)

科 目	予 算 額	備 考
1.事業支出 講演会費 研究発表会費 談話会費 機関誌発行費 総会費 理・幹事会費	(630,000) 100,000 50,000 150,000 280,000 10,000 40,000	2回 1回 1回 1回 1回 1回 2回
2.管理費 事務費	250,000	
3.予備費	50,000	
当期支出合計	930,000	
当期収支差額	-265,000	
次期繰り越し収支差額	2,378,364	

(社)日本雪氷学会 1997年度北海道支部役員及び関係者

支 部 長 副支部長 理 事	前 野 紀 一	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5474
	竹 内 政 夫	(財)日本気象協会北海道本部	011-622-2230
	石 本 敬 志	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111-207
	斉 藤 新 一 郎	専修大学北海道短期大学	01266-3-0228
	佐 伯 浩	北海道大学工学部	011-716-2111-6183
	佐々木 晴美	北海道開発技術センター	011-271-3028
	高 橋 修 平	北見工業大学	0157-26-9494
	武 市 靖	北海学園大学工学部	011-841-1161
	土 谷 富 士 夫	帯広畜産大学	0155-49-5511
	苫 米 地 司	北海道工業大学	011-681-2161-443or331
監 事	浜 田 進 一	鹿島建設(株)札幌支店	011-231-7521
	福 田 正 己	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5492
	矢 作 裕	北海道教育大学釧路校	0154-42-1735
	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	011-622-2246
	遠 藤 辰 雄	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-6886
	深 見 浩 司	道立地下資源調査所	011-747-2211-423
	尾 関 俊 浩	北海道大学大学院工学研究科	011-716-2111-7247
	石 岡 充 章	北海道電力(株)総合研究所	011-251-4299
	石 橋 善 明	日本道路公団札幌建設局	011-241-9181
幹 事 長 庶務幹事 会計幹事 幹 事	伊 東 敏 幸	北海道工業大学	011-681-2161-344
	榎 本 浩 之	北見工業大学	0157-26-9499
	海老沼 孝郎	北海道工業技術研究所	011-857-8950
	金 森 久	北海道ガス(株)技術開発研究所	011-222-5367
	川 島 由 載	北海道開発コンサルタント(株)	011-801-1500
	高 橋 庸 哉	北海道教育大学附属教育実践研究指導センター	011-778-8811-292
	高 村 鉄 典	J R北海道(株)	011-700-5790
	中 林 宏 典	(財)日本気象協会北海道本部	011-622-2239
	原 文 宏	北海道開発技術センター	011-271-3028
	平 松 和 彦	北海道立旭川西高等学校	0166-52-1215
評 議 員	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
	秋 田 谷 英 次	雪と土に親しむ北の生活館	011-771-7398
	荒 木 正 昭	北海道総合企画部	011-231-4111
	池 田 保 夫	北海道開発コンサルタント(株)	011-851-9221
	大 西 晴 夫	札幌管区気象台	011-611-6121-400
	加 藤 建 郎	交通安全施設研究会	011-261-1855
	金 田 武	紋別市	01582-4-2111
	川 端 隆	札幌市建設局道路維持部	011-211-2662
	合 田 裕 志	北海道ガス(株)技術開発研究所	011-222-5367
顧 問	佐 藤 鐵 磨	日本電信電話(株)北海道支社	011-212-4700
	高 坂 清 和	J R北海道(株)	011-700-5788
	高 橋 喜 一	北海道開発局	011-709-2311
	土 田 征 夫	北海道電力(株)	011-251-1111
	東海林 明雄	北海道教育大学釧路校	0154-42-3381-328
	永 田 一 博	(株)地崎工業土木部	011-511-8114
	南 波 幸 吉	(財)河川情報センター札幌センター	011-757-0511
	林 勝 朗	道立寒地住宅都市研究所	011-621-4211
	広 瀬 武 夫	北海道電力(株)総合研究所	011-251-4299
	藤 野 和 夫	北海道大学名誉教授	011-811-6572
顧 問	堀 内 敦	北海道工業大学名誉教授	011-852-6288
	安 田 郁 夫	北海道住宅都市部	011-231-4111
	山 本 孝	北方圏センター	011-221-7840
	木 下 誠 一	北海道大学名誉教授	011-731-8645
	小 島 賢 治	北海道大学名誉教授	011-561-6082
	清 水 弘	藤女子大学	011-736-0311
	中 村 龍 一	東日本学園大学専務理事	01332-2-1211
	東 晃	北海道大学名誉教授	011-373-1907
		(下線：新任)	

社団法人 日本雪氷学会北海道支部規約

(名称)

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

(目的)

第2条 本支部は、社団法人日本雪氷学会定款第4条の目的を達成するため、下記の事業を行う。

1. 雪氷および寒冷に関する学術調査・研究その他関連事項
2. 雪氷および寒冷に関する研究会、講演会、座談会、見学会等の開催
3. 会員相互の連絡
4. 本部理事会が委嘱又は承認した事項
5. その他必要な事業

(会員)

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

(役員)

第4条 本支部につきの役員を置く。

- | | |
|------|--------------------------|
| 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.16

ISSN-1340-7368

1997 年 9 月 18 日発行

発行 日本雪氷学会北海道支部

〒060 札幌市北区北 19 条西 8 丁目

北海道大学低温科学研究所内