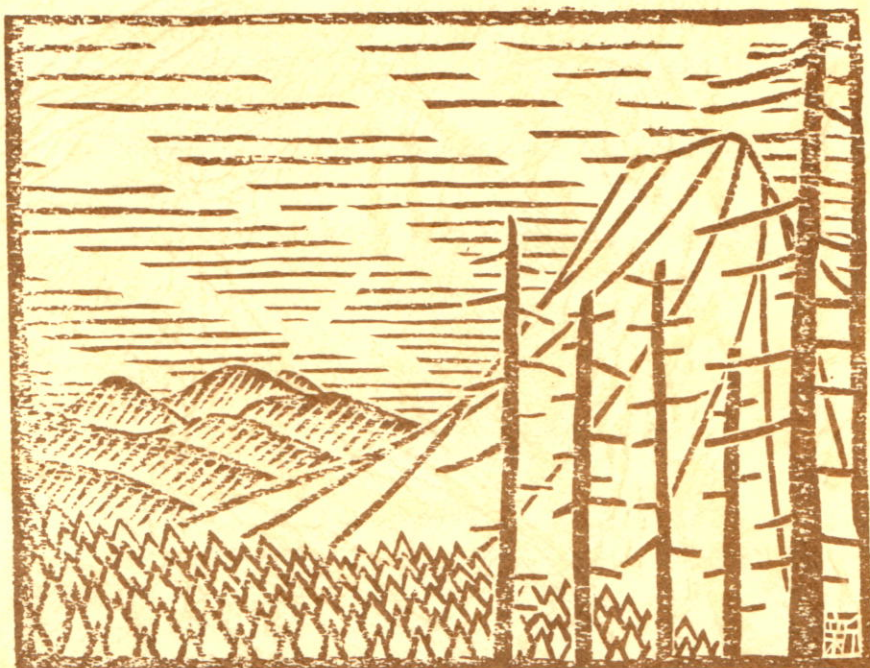


日本雪氷学会北海道支部機関誌

北海道の雪氷

第11号



平成4年7月

発行 日本雪氷学会北海道支部

目 次

巻頭言-----古川義純-----	1
平成4年度研究発表会講演要旨-----	2
平成3年度事業報告-----	60
平成3年度会計報告-----	63
平成4年度事業計画-----	64
平成4年度会計計画-----	65
平成4年度北海道支部役員名簿-----	66

緑の表面積を広げる

地球の緑のピンチ、二酸化炭素の増加と温室効果、酸性雨による森林の被害、等々が、だんだん声高に論じられるようになってきた。そして、林業界へも、とくに林業試験場へも、二酸化炭素の吸収（固定化）装置としての森林を、より機能的にはたらかせるために、林業の構造（植栽～保育～間伐～伐採～利用～再利用）を根本的に変える研究をするように、社会から望まれつつある。

けれども、人類の人口増加からみれば、今後も、不断の開発にともない、森林面積は減りつつける方向にあるから、林地だけで努力しても、林業人だけに期待しても、それほど大きな成果は得られないのではあるまいか。

むしろ、開発する側が、また、開発の恵みを受けている側も、既往の開発地域において、都市においても、農村においても、公園樹、生垣、防風林、鎮守の森、街路樹、海岸林、河畔林などの、各種の樹林帯のより一層の整備・造成を図ることが重要である。さらに、建物の壁、護岸ブロック、石垣、樹木の幹、電柱まで、あらゆる空いている面に、植物（つる類）を貼りつけて、身近な緑の表面積を、可能な限り広げてゆく努力が、切に望まれよう。こうした今の地球人としての努力は、後世への最大の贈り物（あるいは償い）になるにちがいない。

残雪の神々の山天に在り

（表紙と文：斎藤新一郎）

巻頭言

北海道支部幹事長 古川義純(北大低温科学研究所)

本誌「北海道の雪氷」も今号で第11号の発行という新たな出発への一区切りを迎えました。今号からは、表紙もカラー印刷となり、北海道立林業試験所の齋藤新一郎会員による美しい版画で飾ることができました。この「北海道の雪氷」という誌名も変更してはという意見もありましたが、これに変わる良い案もなく当面はこのままでということになりました。会員の皆様からのアイデアをお待ちします。

10年前、ちょうど私は、北海道支部の幹事のひとりとして、創刊号の発行にたずさわりました。当時、本誌の発刊について、支部理事会等で意見が百出し、「雪氷」という学会機関誌があるので必要ないという意見から、ぜひ発行し支部会員へのサービス向上を計るべき、との意見等さまざまであったことが思い出されます。しかし、当時、支部行事は主として札幌を中心として開催される傾向が強かったことと、各々の行事がやりっぱなしで、この活動に参加しなかった会員、または遠方のため出席できなかった会員の皆様にその内容が伝達される手段がありませんでした。このような状況を改善し、支部活動の発展を促進するものとして、最終的には発刊に合意が得られたと記憶しています。その後、中断されることもなく発行が続けられ、さらに発展をとげてきたことに当時発刊にたずさわったひとりとして大変うれしく思います。

しかし、本誌の発行も、このような発展とはうらはらに厳しい局面にも立たされています。まず、この近年の印刷費の高騰のため、本誌の発行費が支部会計を圧迫し始めたことがあります。現在は、何とか事務局の努力で発行のための費用を捻出していますが、近い将来、支部会計が改善されなければページ数の削減などの処置をとらなければならない可能性があります。さらに、近年の雪氷学会総支部化にともない、各地の支部でも同様の会誌発行が企画されていますので、10年の歴史を誇る本誌が、他支部の目標となる様、内容をより充実させることが要求されています。このためには、新しい企画を積極的に取り入れていくことが重要かと考えます。今日では、本誌の発行は、支部活動の根幹をなす事業のひとつとなっています。今後、困難を克服し、さらに本誌が発展できるよう支部会員の皆様のご協力をお願いいたします。

図-1, 図-3から、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- は、家庭暖房や車の排ガスが起原となっているものも含まれるが、降雪を著しく酸性化するものは、日本海を渡ってくるものも多いと推定された。

山地の積雪分布に関する報告は、一時点の調査が多い。山地の積雪は地ふきなどで動くことを考えると、 10^1 km^2 以下の流域の水文調査・造林計画等ではより詳しい情報が必要である。このようなことから、中の峰ルート、パンケルルートで積雪量調査を行っている。

の疎林である。このルートの昨冬と今冬の積雪量をみると、今冬期の方が多いが、その分布状態は異なる。共通しているのは、2つの谷の分水界で小さな尾根となっている④が著しく少ないことである。

パンケルート①～③は谷間であり、④～⑥は宗谷丘陵南部山地の主稜線である。①～③は混交林、④⑤はダケカンバの疎林で、⑥は山頂でハイマツが生えている。山頂では昨冬はアイスバーンで、積雪深は50cm、その下の土壌は凍っていた。今冬は1mの積雪で、東側には厚さ3m以上の雪庇が発達していた。このルートは、高度を増すと積雪量が多くなる傾向を示した。

昨冬より、中の峰ルート④の上部、標高330m付近(図-4のCAD)にカデックの積雪深計2台を設置した。2冬期とも電池ぎれなどのトラブルで完全なデータを得ていないが、一部のデータを図-5に示した。この設置箇所は、山腹の小さな凹部で、ササの大きさから積雪が溜ると推定した場所である。ここでは2月下旬に2~3mの積雪深を記録している。2月18, 19日の大きな増加と減少、2月28, 29日の急速な減少が注目される。前者は、北西の風が強かった時であり、後者は南西の強風の吹いた日である。カデック積雪深計の特性にはまだ不明な点があるが、これは山地の積雪が強風時に大きく動くことを記録したとみてよい。その傍証として中の峰コース④の2月24日と3月5日の積雪量の変化を図-5に示した。

山地積雪の化学成分は、平地と同じような地点もあったが稜線上など風の強く当たる場所で

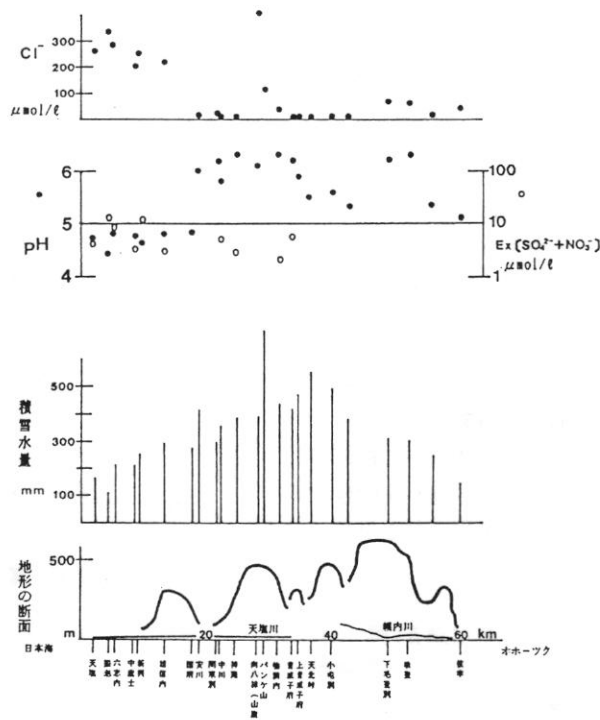


図-3 1992.2.22 の道北の積雪水量
及び表層積雪の化学成分

は Cl^- を大量に含む例があった。

また、今冬は、 Mg^{2+} イオンを大量に含みPHが10前後の強アルカリ性を示す地点があった。試料採取時のミスの可能性もあるが、この地域は蛇紋岩地帯であり、谷壁斜面など無積雪個所より飛んできた可能性も否定できない。次年度の課題としたい。

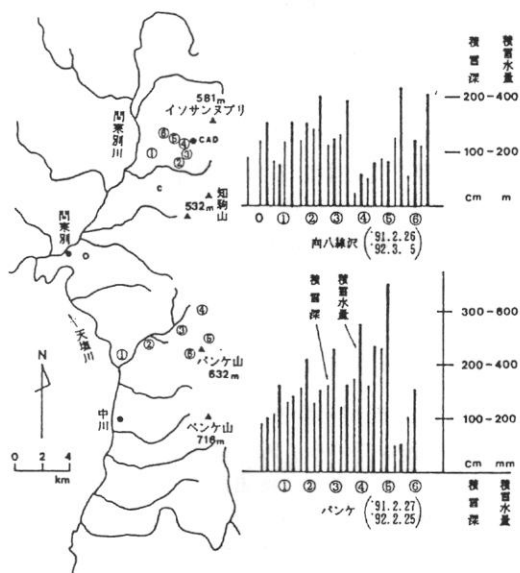


図-4 山地の積雪量

引用文献

- 1) 藤原晃一郎他(1991): 1990~'91年冬期の道北地方の積雪分布と化学成分の変動, 北海道の雪氷, 10
- 2) 佐藤冬樹他(1992): 道北地方における降雪の化学性と小河川の水質(I), 日林論, 103 (印刷中)
- 3) 鶴田治雄(1989): 東アジアの酸性雨, 科学, 59-5
- 4) 気象協会北海道本部(1992): 北海道の気象, 1992-2

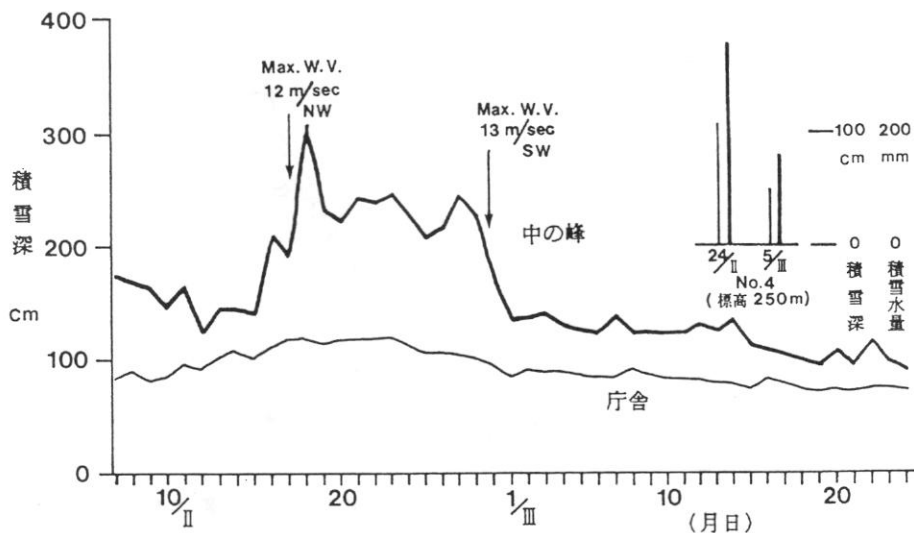


図-5 1992, 天塩演習林中の峰の積雪深計(標高330m)の記録

北海道北部・東部の広域積雪調査

秋田谷英次、° 石井吉之（北大低温研）

1. はじめに

北海道における積雪の地域特性とその年毎の差異を把握する目的で、1991年と1992年の2冬期にわたり、北部と東部を対象に広域積雪調査を実施した。91年は北部の顕著な少雪と、札幌圏や東部の多雪が特徴であった。一方、92年は北部東部ともに平年並からやや少雪傾向であった。

2. 方 法

時期は多くの場所でその冬の最深積雪となる2月下旬とし、石狩、空知、上川、留萌、網走、釧路、十勝、日高、胆振の各地方の国道沿いを調査コースに選んだ。地点数は91年が50点、92年は手稲山や旭岳などの高所を加えた64点である。調査項目は積雪深、積雪水量、ラム硬度のほか、目視による成層構造・雪質・粒度とした。

3. 結 果

(1) 2冬期の積雪の概要

両年の積雪特性図を比較して図1に示す。図では勾配が平均密度を表している。92年は91年に比べ積雪深・水量ともに多く、雪の量と硬さが比例している。91年は雪が少ないにも拘らず異常に硬い雪があり、量と硬さが比例しない。一方、平均密度の増加につれて硬さが増す傾向は両年とも認められる。また、2月下旬の密度は 0.3g/cm^3 以下であると言えよう。

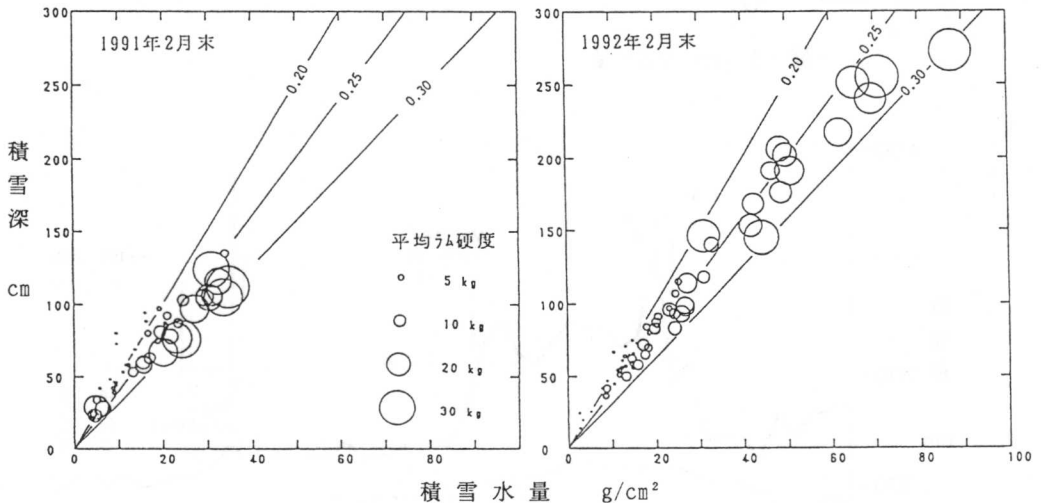


図1 1991年と1992年の積雪の比較

(2) 特徴ある観測事例

①札幌と岩見沢の比較（表1）： 両地点は東西方向約40kmの近距離にあるが、91年と92年では雪の量と硬さが逆になった。すなわち、91年の札幌は多雪暖冬のため、ざらめ層を多く夾む比較的硬い雪となったのに対し、岩見沢は極端な少雪で、こしも～しもざらめ層が顕著で脆い

雪となった。これとは反対に92年は、比較的少雪だった札幌ではこしも層が発達し脆い雪となったが、岩見沢の雪の量は平年並で、ざらめ層とこしも層が混在する比較的硬い雪となった。なお、1月と2月の月平均気温は最寄りのAMeDAS資料を用いた。

表1 札幌と岩見沢の積雪と冬期気温の比較

年		積雪深 cm	積雪水量 g/cm ²	平均密度 g/cm ³	ラム硬度 kg	1月平均気温 ℃	2月平均気温 ℃
札幌	1991	107	31.0	0.29	17.0	-1.2	-2.8
	1992	59	14.5	0.24	4.2	-2.4	-2.5
岩見沢	1991	45	9.5	0.20	2.3	-3.0	-5.0
	1992	95	25.9	0.27	14.4	-4.2	-4.3

②しもざらめ雪の比較(表2)： 千歳・苫小牧地区の駒里やウトナイ湖畔では硬しもざらめ雪が観測された。同じくしもざらめ雪の発達する東部の中足寄に比べ、積雪深や密度はほぼ等しいがラム硬度は5倍以上も大きい。日中の融解と夜間から早朝にかけての急速凍結の繰り返しにより、一度ざらめ化した雪が硬しもざらめ雪に変化すると考えられる。

表2 駒里と中足寄のしもざらめ雪の比較

年		積雪深 cm	積雪水量 g/cm ²	平均密度 g/cm ³	ラム硬度 kg	1月平均気温 ℃	2月平均気温 ℃
駒里	1991	30	4.0	0.16	20.6	-3.6	-6.1
中足寄	1991	27	4.9	0.19	3.6	-5.1	-7.7

③阿寒湖畔の例(表3)： 東部は兩年とも典型的なしもざらめ雪が観測された。特に92年は雪が少ない上に1月の平均気温も低かったので積雪内の温度勾配が大きく、しもざらめ雪の発達が顕著で硬度がより小さくなった。

表3 阿寒湖畔のしもざらめ雪の年差異

年		積雪深 cm	積雪水量 g/cm ²	平均密度 g/cm ³	ラム硬度 kg	1月平均気温 ℃	2月平均気温 ℃
阿寒 湖畔	1991	80	16.7	0.20	5.3	-6.4	-9.5
	1992	65	13.8	0.21	1.4	-11.1	-6.6

④添牛内・音威子府の例(表4)： 北部の多雪地帯ではしまり雪が卓越したが、密度や硬度は雪の少ない91年の方が大きかった。図1左(91年)に示した雪の量が少ないにも拘らず異常に硬い雪は、ほとんどが北部のしまり雪である。

表4 添牛内・音威子府のしまり雪の年差異

年		積雪深 cm	積雪水量 g/cm ²	平均密度 g/cm ³	ラム硬度 kg	1月平均気温 ℃	2月平均気温 ℃
添牛内	1991	112	34.7	0.30	35.8	-5.1	-8.7
	1992	217	62.0	0.28	23.7	-7.4	-7.6
音威子府	1991	76	24.3	0.31	31.6	-5.6	-10.1
	1992	176	48.8	0.27	18.5	-7.3	-7.3

(3) しまり雪の圧密効果の比較

北部の密度・硬度が少雪年の91年に大きかった理由を、しまり雪の圧密効果の点から検討する。圧密の度合は時間・温度・上載荷重に依存する。両年についてそれらを比較し表5に示す。92年は91年に比べ、根雪になってからの期間が7日以上長く、2月の月平均気温は1.1~2.8℃高い。さらに積雪差日計は1.5~2.0倍、積雪水量は1.8~2.0倍も多い。これらは全て92年の圧密効果を大きくさせる要因である。反対に1月の平均気温は91年が1.7~2.3℃高く、この点だけが91年の圧密を大きくさせる要因となっている。

表5 圧密効果および測定値の傾向性

年	時間	温 度		荷重	測定値	
		1月	2月		密度	硬度
1991	短→小	高→大	低→小	少→小	大	大
1992	長→大	低→小	高→大	多→大	小	小

そこで、温度と荷重から両年の圧密程度（歪速度）を定量的に考察する。歪速度 $\dot{\epsilon}$ は荷重 W と圧縮粘性係数 η を用いて $\dot{\epsilon} = W / \eta$ と表される。 η の温度依存性は気温を T とすれば $\eta = \eta_0 e^{-0.15T}$ で表される（小島、1954）。表6に91年の値を1とした場合の92年の値を示すが、1月の気温が2℃低いので粘性が大きく圧密にくい。一方、荷重は2倍なので全体としては1.5倍圧密しやすく、92年の方が密度・硬度が大きくなるはずである。しかし、実測密度は逆に92年が小さく、圧密以外の要因（例えば降雪結晶形や積もり方による初期密度の違いや、変態様式の違い等）により、91年の密度・硬度が大きくなったと判断される。

表6 圧密効果と実測密度の比較

年	T	η	W	$\dot{\epsilon}$	実測密度
1991	-5℃	1	1	1	1
1992	-7	1.35	2	1.5	0.87~0.93

サン・クラストの形成機構

○尾関俊浩, 秋田谷英次 (北大低温科学研究所)

1. はじめに

冬期の日中, サン・クラストと呼ばれる光沢のある薄い氷板が雪面に形成されることがある。サン・クラストはつよい日射のもとで短時間のうちに形成されるが, このような急激な変化は積雪の変態としてはまれである。また, サン・クラストはその下にしもぎらめ雪が成長しやすい構造をもっており, 斜面積雪の安定度に影響を与える。このようにサン・クラストは興味深い雪面であるが, これまでその形成機構はほとんど研究されていない。そこで, 観測と実験からサン・クラストの形成機構を明らかにすることを目的に, 本研究をおこなった。

2. 観測結果

野外観測は1991-1992年の冬期に, 天塩地方演習林と雨竜地方演習林でおこなわれ, サン・クラストは雨竜地方演習林(演習林山頂部)において4月19日の11時30分から13時の間に形成するのが観察された。このときの天候は晴れ, 気温は0℃付近, 風速は4~5m/s, 湿度は小さかった。観測により, サン・クラストの構造が明らかになった。すなわち, サン・クラストは雪粒子が連結してできた氷板であり, サンクラストの直下では内部融解が進んで, 不均一な空洞ができ, 空洞にならなかった部分はサン・クラストを支える支柱の役目をしていた(図1)。

演習林山頂部の積雪表面での熱収支を算定した結果(図2 a), サン・クラストが形成されるとき, 長波放射収支量, 顕熱輸送量, 蒸発の潜熱輸送量は積雪表面を冷却する方向であり, その総和は, 積雪のごく表層(0mm~3mm)で吸収される日射量とほぼ等しい。

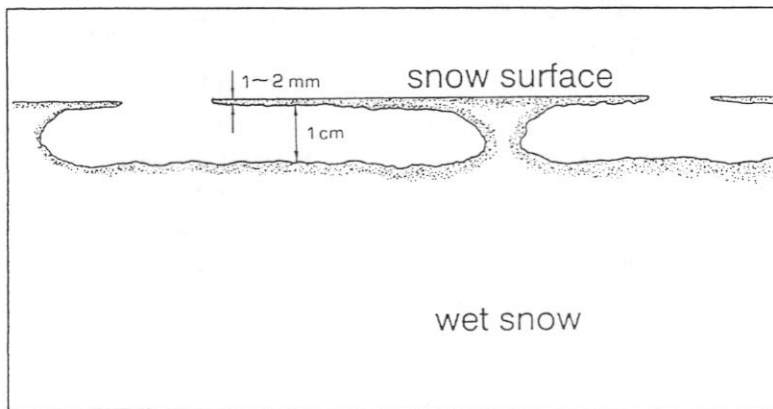


図1 サン・クラストの構造の概念図

しかし、より深い位置では積雪は吸収日射によって内部融解する条件にあった。したがって、積雪のごく表層は融解せず、その直下が融解したことがわかる。これは、図1で示したサン・クラストの構造を作るのに適している。同日、山麓の融雪観測露場ではサン・クラストは形成されなかった。そこで融雪観測露場の積雪表面での熱収支を算定した結果(図2b)、長波放射収支量、顕熱輸送量、蒸発の潜熱輸送量の総和は積雪表面を融解する方向にあった。すなわち、融雪観測露場では積雪表面から融解が起こったためにサン・クラストが形成されなかった。

3. 実験結果

野外観測で得られたサン・クラスト形成のための条件を確かめることと、サン・クラストの形成に必要な雪質を知ることを目的に、室内実験をおこなった。実験には小型の風洞(高さ30cm, 幅58cm, 長さ72cm)を用い、日射の代わりに写真用光源ランプを使った。低温室内で放射冷却を再現するのは困難なので、低温室の気温を $-1\sim-10^{\circ}\text{C}$ の間に保ち、風洞の下面においた積雪に送風機で風を送ることによって、積雪表面を冷却した。図3に実験装置を示す。その結果、サン・クラストは、しまり雪からも、ざらめ雪からも形成され、野外で観測されたサン・クラストと同じ構造であった(図4)。しかし、急激な融解で雪面の形状が凹凸になると、その後に熱収支の条件が満たされてもサン・クラストは形成されなかった。

4. まとめ

野外観測および室内実験より、サン・クラストの構造、雪質、サン・クラストが

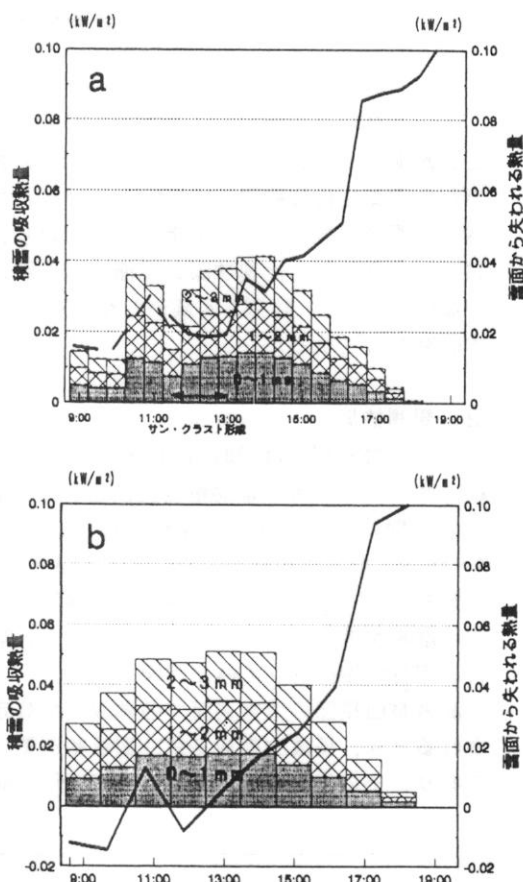


図2 積雪表層の熱収支

aは演習林山頂での熱収支を、bは融雪観測露地での熱収支を示す。各積雪層の吸収熱量は $\blacksquare$ 0~1mm, $\boxtimes$ 1~2mm, ▨ 2~3mm, で示され、雪面から失われる熱量は — 長波放射・顕熱・潜熱の総和, ---- 長波放射, で示される。

形成されるとき気象条件および熱収支特性が得られた。サン・クラストが形成されるとき気象条件は、晴れ、気温 0°C 付近、風速 $4\sim 5\text{m/s}$ で、湿度は小さかった。サン・クラストの構造は雪粒子が連結してできた氷板であり、サンクラストの直下では内部融解が進んで、空洞が形成されていた。空洞は不均一に発達し、空洞にならなかった部分はサン・クラストを支える支柱の役目をしていた。サン・クラストはしまり雪でも、ざらめ雪でも形成されたが、急激な融解により、いったん表面に凹凸が形成されるとサン・クラストはできなかった。気象データの解析より、サン・クラストが形成されるとき熱収支特性が得られた。すなわち、サン・クラストが形成されるとき、積雪表面において、長波放射収支量、顕熱輸送量、潜熱輸送量の総和は放熱量となり、積雪のごく表層で吸収される日射量とつりあう程度の大きさであった。さらに、サン・クラストの直下の積雪は内部融解する条件にあった。

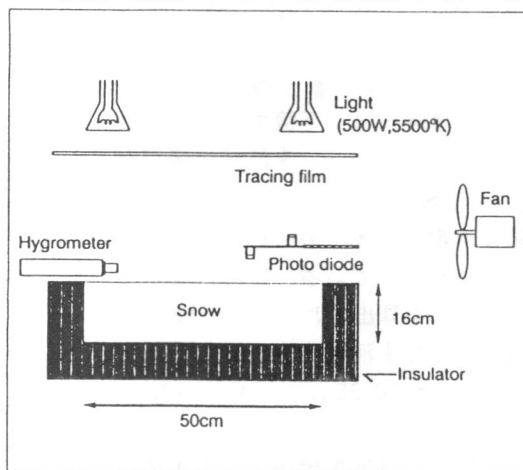


図3 実験装置

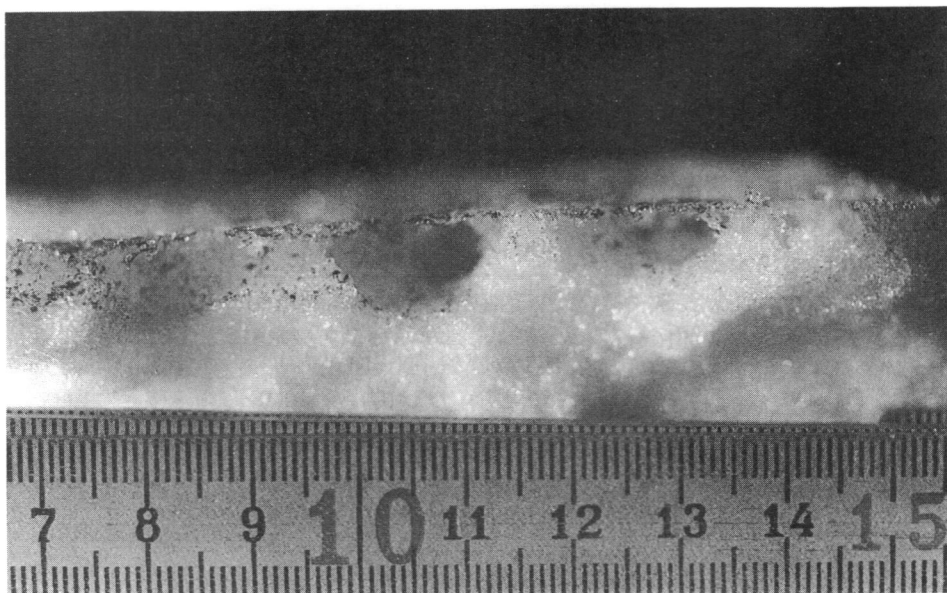


図4 室内実験で形成されたサン・クラスト

ネパール、クンプヒマールの イムジャ氷河湖の発達過程

渡辺 悌二 (北海道大学環境科学研究科)

1. はじめに

ネパールでは、近年、山岳住民や外国人トレッカーの数が急増し、さらにODAによる水力発電の開発が進行している。氷河湖の決壊時には、下流でしばしば大きな災害が生じるが、人間活動がより活発になってきたヒマラヤでは、氷河湖決壊がひきおこす社会的な影響が、大きな問題となっている(Ives, 1986)。

氷河湖の決壊に伴う排水時の最大流量の推定は、多くの研究者によって試みられており、一般に過小評価される傾向にあることがわかっている。このことはヒマラヤにもあてはまると考えられるが、推定値が比較的大きく算出されるCosta(1988)の式を用いて、クンプヒマールで1977年および1985年に発生した氷河湖決壊の際の最大流量を計算してみると、計算された流量は、下流での実測値の20-28%にすぎないことがわかる(表1)。

クンプ地方のイムジャ氷河の表面にある湖は、1970年代後半からすでに危険であるといわれてきた(Ives, 1986; Zimmermann *et al.*, 1986; Hammond, 1988)。しかし、この湖に関しては、Hammond(1988)が写真を用いて発達史の一部の復元を試みたほかは、データがほとんどなかった。表1に

は、1977、85年の決壊時の最大流量の計算と同じ方法でおこなった、イムジャ氷河湖の決壊時の予想最大流量が示されている。湖の水深が不明であるため、表1には、水深が5-50 mの時の湖水量を示し、それぞれの時の最大流量の計算値を示した。水深が10 m以上で、推定流量は、1977、85年の決壊時の計算値をうわまわる。過去2つの氷河湖決壊は、下流部に大きな災害をあたえており(Fushimi *et al.*, 1985; Vuichard and Zimmermann, 1987)、イムジャ氷河湖

表1 過去に発生した氷河湖決壊時の最大流量(Q)とイムジャ氷河湖からのQの推定(推定は、Costa, 1988の式による)

面積 (m ²)	湖水量 (m ³)	平均水深 (m)	Q (m ³ /sec)		標高 (m)
			推定	実測	
1977年決壊 (Mingbo): 複数の湖が決壊					
10 ³ -10 ⁴	4.9x10 ⁶	Max>15	312	1,100	5,160
1985年決壊 (Dig Tsho)					
5x10 ⁵	5x10 ⁶	10-18	317	1,600	4,400
イムジャ氷河湖					
5.4x10 ⁵	2.7x10 ⁶	5	213		
	5.4x10 ⁶	10	333		
	8.4x10 ⁶	15	441	N/A	5,050
	1.6x10 ⁷	30	666		
	2.7x10 ⁷	50	931		

が決壊すれば、災害が発生する可能性は、ひじょうに大きい。そこで、今後の湖決壊防止のための基礎的なデータを提供する意味で、イムジャ氷河湖の発達史と湖の現状を明らかにした。

2. 手法

過去に撮影された写真および地形図を用いて、イムジャ氷河湖の発達過程の復元を試みた。使用した写真および地形図は、氷河調査隊が撮影した地上写真(1971, 1973年)および斜め空中写真(1975, 1978年)、F. Müllerおよび白旗史郎が撮影した地上写真(1956および1980年)、スイスの撮影による空中写真(1984年)、および1955年発行の地形図である。また、1989年には、氷河湖前面のデッドアイスの表面形態の現地観察、測量をおこなった。

3. 結果

判読した写真のなかで、とくに湖の形が著しく変化した年について、湖の形を模式的に示した(図1)。1950年代には、小さな池がいくつか認められるが(図1A)、1971, 73年の地上写真によっても、池は、やはり、大きくは成長していなかったと考えられる。しかし、1975年の写真からは、かなりの大きさに成長していたことがわかる(図1B)。1978年には、中央の半島がかなり縮小し(図1C)、1980年の写真では、半島が完全に消失し、1984年の湖とほぼ同じ大きさにまで成長していた(図1D)。これらの一連の発達史から、イムジャ氷河湖は、とくに、1970年代に急速に成長したと考えられる。

湖の拡大がもっとも急速に進行した1970代のなかで、写真の状態のよい1973年から1984年までの11年間の氷の融解速度を推定してみた。1973年の写真から、デブリに覆われた氷の頂部の標高が、ラテラルモレーンのリッジ

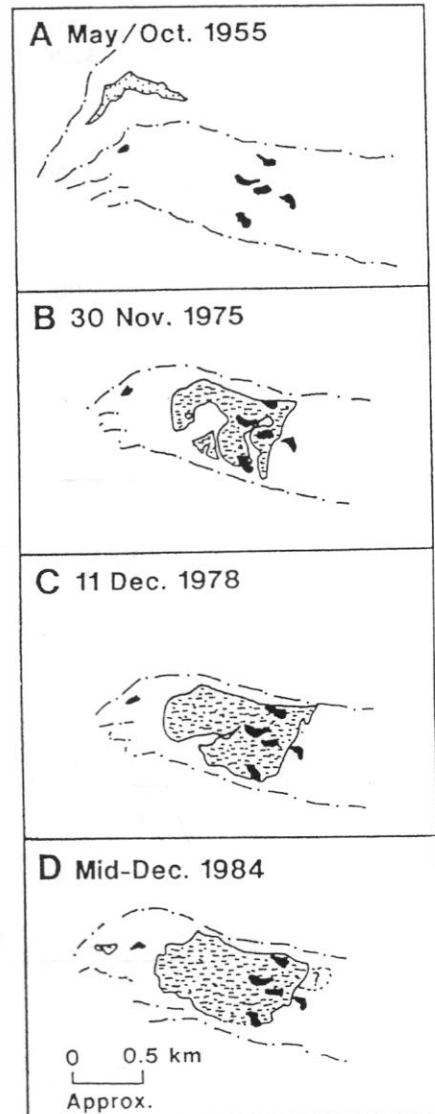


図1 イムジャ氷河湖の発達過程
黒ベタは、1955年の池の位置を示す。
アミをかけた部分が、それぞれの
年の写真から描いた湖のおよその
位置。

の標高とそれほどはかわらなかったことがわかる。これに対して、1984年の空中写真から作られたナショナルジオグラフィック誌の地形図を用いて作成した断面図（図2）から、1984年には湖面とラテラルモレーンのリッジの比高が最高70 mに達していたことがわかる。したがって、もし、1984年当時の氷河湖の水深が40 mであったと仮定すると、この11年間に、この付近では、少なくとも

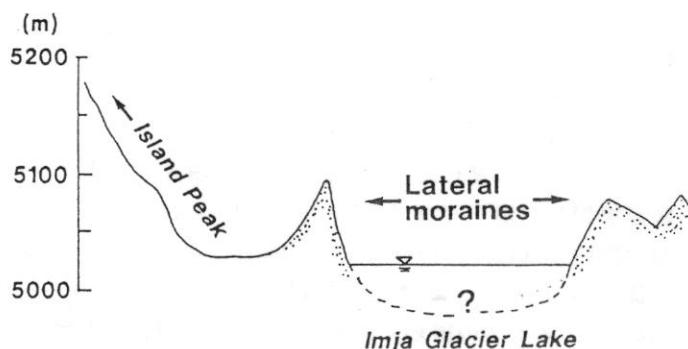


図2 イムジャ氷河湖を横切る断面

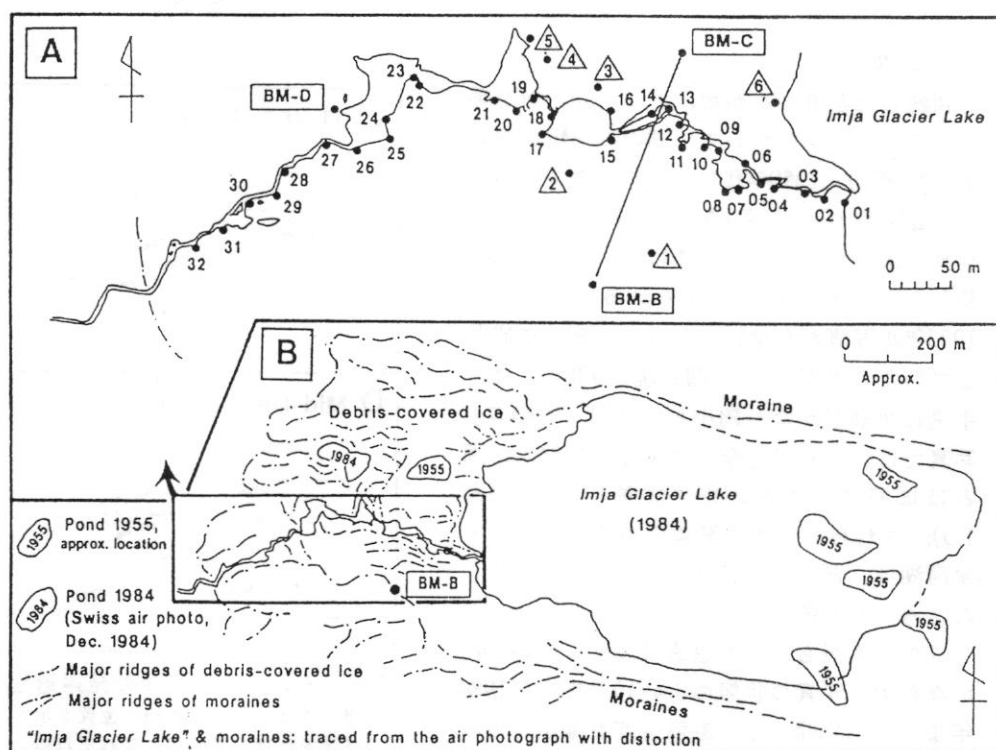


図3 イムジャ氷河湖前面のデッドアイスと湖からの流路
BM-B～D: 測量起点, 01～32および三角マーク付きの1～5: 測量地点

年間10 mずつ氷が融解していったことになる。

4. 現在のイムジャ氷河湖の特徴と湖決壊の防止のための基礎研究

以上のように、イムジャ氷河湖は1970年代に急速に拡大したことが明らかになったが、災害防止のためには、現在、この湖が拡大を続けているのかどうかを明らかにする必要がある。そこで、1989年に、予備的な現地調査をおこなった。

図3に、1989年におこなったデッドアイスの測量結果を示した。デッドアイスの表面には流路が認められるが、氷河湖の前面に、デブリに覆われたデッドアイスや流路があることは、今まで、記載すらされていなかった。断面測量の結果、この流路沿いで、デッドアイスの表面高がとくに低下していることがわかった(図4)。したがって、このままデッドアイスの融解が進行すれば、湖が下流方向に拡大すると考えられ、デッドアイスの今後の低下速度を推定するために、デッドアイス上に測量基点を設けた。

また、湖の南北をふちどるラテラルモレーン(図3)からは、多量のロックフォールが観察された。これらのラテラルモレーンはアイスコアである可能性が高く、ロックフォールが進行することによって、湖水をさささえているラテラルモレーンの強度が急速に低下していることも予想される。

上述のように、イムジャ氷河湖の水深が10 mあれば、1977, 85年の湖決壊時の最大流量をうわまわる(表1)洪水が発生し得るので、今後、湖前面のデッドアイスの融解速度やラテラルモレーンからのロックフォールの量を見積る必要がある。ヒマラヤの自然景観をできるだけ残しながら湖決壊を制御するためには、大規模な工学的処置を優先させるのではなく、氷河水文学的ならびに地形学的な基礎研究をおこなうことの重要性を強調すべきであろう。

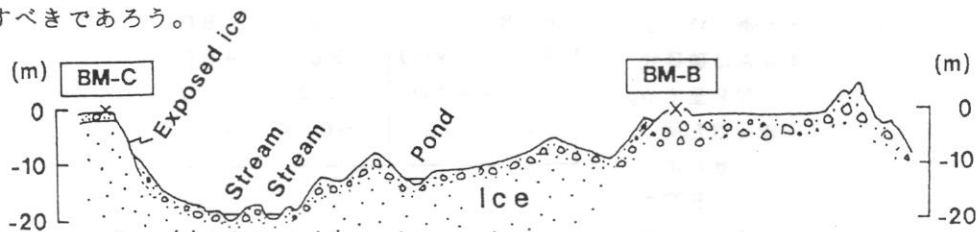


図4 イムジャ氷河湖前面のデッドアイスの断面形

位置は、図3 Aに示されている。

文 献

- Buchroithner, M.F., Jentsch, G. and Wanivenhaus, B. (1982): *Rock Mechanics*, 15, 181-97.
Costa, J.E. (1988): *Flood Geomorphology*, 439-63.
Fushimi, H., Ikegami, K., Higuchi, K. and Shankar, K. (1985): *IAHS Publ.*, 149, 125-30.
Hammond, J.E. (1988): Master Thesis, Univ. of Colorado, 89pp.
Ives, J.D. (1986): *ICIMOD Occasional Paper*, 5, 42pp.
Vuichard, D. and Zimmermann, M. (1987): *Mountain Research and Development*, 7, 91-110.
Zimmermann, M., Bichsel, M. and Kienholz, H. (1986): *Mountain Research and Development*, 6, 29-40

吸水性ポリマーを用いた人工積雪の特性（１） 積雪構造の観察

上林泰二（PAS研究会）・藤野和夫（北大低温研）

１．はじめに

現在屋内人工雪ゲレンデシステムが開発されており、実用化されると一年中スキーを楽しむことができる。これらのシステムには、屋内を氷点下に保って水を噴霧し微細状氷を発生させる方式と、吸水性ポリマーに水を吸わせ床面から冷却して人工積雪を形成させる方式がある。吸水性ポリマーを用いた方式は、造雪が容易で室温で維持できることから、脚光を浴びているが、人工積雪の生成機構や特性については、ほとんど解明されていない。そこで人工積雪の薄片観察により、積雪の構造と生成過程について調べた。

２．吸水性ポリマーを用いた人工雪ゲレンデシステム

図－１に示すように、ポリマーに水を吸わせ凍結すると人工積雪が生成し、更に未凍結部と混合（グルーミング）するとスキーゲレンデに適した自然積雪に類似した積雪構造となる。



図－１ PAS人工雪ゲレンデシステム

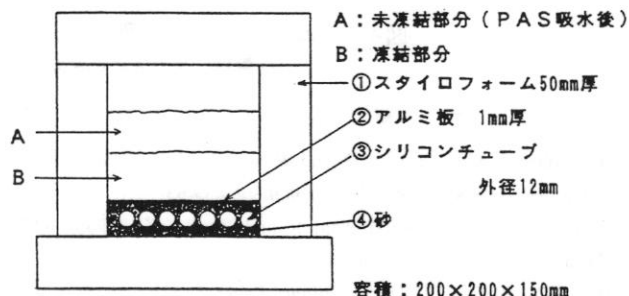
３．実験方法

実験に使用するポリマーの性状を表－１に示す。PASは球状で、吸水してもゲル状にならず流動性にすぐれた微粒状となるが、比較の市販品Aは破砕状で、吸水するとゲル状を呈する。

図－２に示す実験装置を用い、アルミ板の上に吸水させたポリマーを5cm敷設し、－25℃のブライン（シリコンチューブ内）を循環させて冷却し、凍結させる。約20時間後、下層の凍結部分と未凍結部分をグルーミングし、再び冷却する。

表－１ 吸水性ポリマーの性状

	PAS-1	PAS-2	市販品A
・吸水能（倍）	80	80	220
・平均粒径（ μm ）	90	400	700
・50倍吸水後の 粒径（mm）	0.2 ～0.4	1.0 ～2.0	ゲル状



図－２ 実験装置

粒径、性状の異なる3種のポリマーを同一吸水倍率で比較するとともに、同一粒径のポリマーに吸水能以上で吸水させた場合についても行なう。(表-2)

表-2 実験条件

実験No.	吸水性P	吸水倍率	グルーミング時	
			凍結時間	再凍結時間
1	PAS-1	50	19Hr	7Hr
2	PAS-2	50	20	22
3	市販品A	50	18	—
4	PAS-1	83	24	17

4. 実験結果

結果を表-3にまとめた。吸水倍率50倍で行なったところ、PAS-1では新雪状、PAS-2ではあられ状、市販品Aでは板氷状となり、凍結部分の密度がPAS-1<PAS-2<市販品Aの順で高くなった。PAS-1で吸水能以上で吸水させて凍結した場合、下層から板氷状-新雪状-未凍結部分の3層構造となった。グルーミングして再凍結すると、PAS-1、PAS-2ともに密度が0.4前後に上がり、木下式硬度でそれぞれ4kg/cm²以下、7kg/cm²程度とスキーゲレンデに適する条件となった。一方市販品Aでは硬度が20kg/cm²とアイスバーン以上の硬さで、ゲレンデには適さない。

表-3 凍結実験結果

A: 未凍結部分(上層)

B: 凍結部分(下層)

実験No.	凍結前		凍結後	
	厚さ(cm)	密度(g/cc)	厚さ(mm)	密度(g/cc)
1	5.0	0.73	(A) 35~45 (B雪) 35~40	0.73 0.15
2	5.0	0.74	(A) 35~40 (B雪) 35~40	0.74 0.30
3	5.0	0.99	(A) 25~30 (B氷) 25~30	0.99 0.84
4	5.0	0.99	(A) 25~30 (B雪) 25 (B氷) 25	0.76 未測定 0.93

実験No.	グルーミング再凍結後	
	密度(g/cc)	硬度(kg/cm ² 木下式)
1	0.36	2.7~3.8
2	0.43	6.1~7.1
3	—	17~25 (凍結後)

5. 薄片観察及び考察

実験No-1 (PAS-1 吸水倍率50倍)の凍結後断面図を図-3に示す。凍結部分は下層が不定形、上層が垂直方向に霜柱状に氷柱が成長しているのが観察され、その上部に未凍結のポリマー部分が残った。

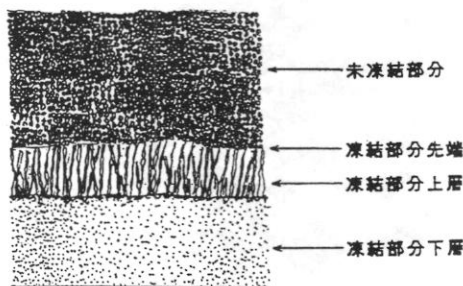


図-3 実験No-1 凍結後断面図

凍結部分を薄片写真で観察した。凍結部の先端付近（図-4）では、細長い霜柱状の氷結晶がポリマー粒子の下部から成長していることが明らかとなった。凍結部分上部では、図-5の薄片写真で明かなように、数mmの細長い霜柱状の氷結晶が垂直方向に密に並んでいる。一方、凍結部分下部では不定方向に短い針状結晶が多数生成しており、自然積雪に似た構造になっている。（図-6）

未凍結部分とグルーミングして再凍結すると図-7のような構造となる。図-6と比較すると全体に針状結晶が密なこと、ポリマーを内部に含む玉状『メダマ』の氷が多数存在していることなどが特に明瞭に観察される。『メダマ』は、未凍結のポリマー粒子が周囲から冷却されて水を外部に吐き出し凍結したもので、その際に核となって周囲の『メダマ』や針状結晶を付着させ、その結果、全体の構造が自然雪と類似した構造になり、人工雪の強度を増加させたと考えられる。

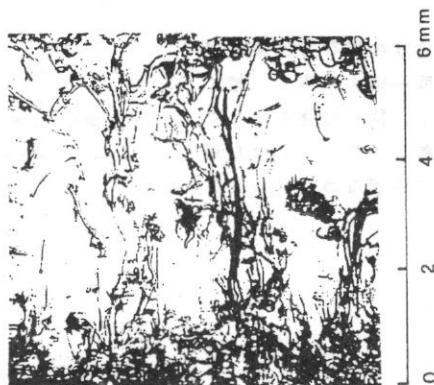


図-4 実験No-1 凍結部分先端部

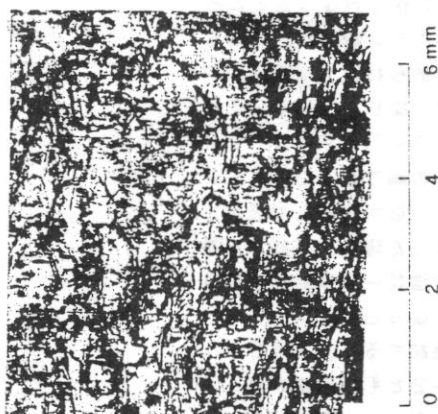


図-5 実験No-1 凍結部分上層

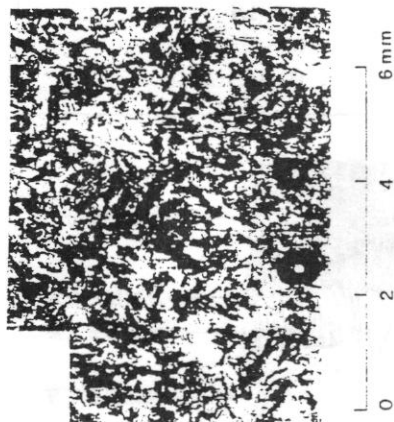


図-6 実験No-1 凍結部分下層

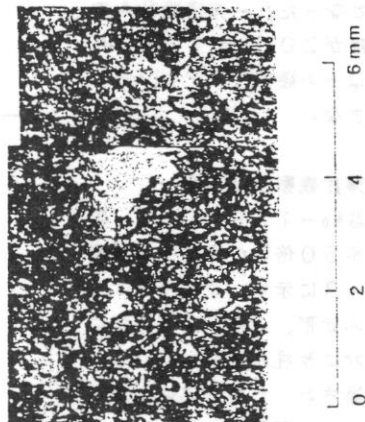


図-7 実験No-1 グルーミング再凍結後

実験No-2 (PAS-2 吸水倍率50倍)では、細長い霜柱状の氷結晶が認められず、図-7の『メダマ』状の氷結晶が成長している。(図-8) これは、PAS-2のポリマー粒径がPAS-1に比較して4倍以上大きく、凍結の際に析出する水量が大きい為、水が粒子下部から氷として成長しづらい、言い換えると、ポリマー粒子を押し上げる霜柱状成長が抑制されていることに起因していると考えられる。



図-8 実験No-2 凍結部分

実験No-3 (市販品A 吸水倍率50倍)では一部空隙を持った板氷状の構造をしている。(図-9) 市販品Aは破碎状のポリマーで、吸水させるとゲル状になるため、吸水したポリマー粒子間の滑りがなく、静止した状態で板氷状に凍結していることが明らかである。

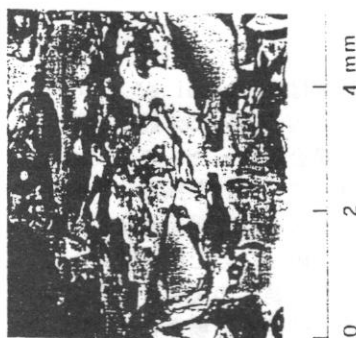


図-9 実験No-3 凍結部分

6. まとめ

1) 人工積雪の生成過程

冷却すると吸水したポリマー粒子から水が析出して、粒子の下部から柱状の氷結晶が発生する。柱状の氷結晶はポリマー粒子から水の補給を連続的に受けて上方へ成長し、ポリマーを押し上げていく。凍上現象に見られる霜氷の成長と同じ生成過程として理解できた。

2) グルーミング後の人工雪構造

凍結部と未凍結部との混合、凍結により、部分的に未凍結ポリマーが凍結して玉状『メダマ』の氷結晶が生成され、それが人工積雪の核となり周辺の氷結晶を付着して、自然雪と類似した構造を作る。

3) 人工積雪が得られる条件

ポリマー種、ポリマー粒径、凍結方法、凍結速度等により、人工積雪の構造は大きく影響を受ける。現在のところ、PAS-1のような球状のポリマーを下面からゆっくりと冷却すると、好結果が得られることが明らかとなった。今後更にそれらの生成条件について、詳しく検討していきたい。

4) 物理常数(摩擦係数等)について

現在摩擦係数を含む各種のパラメーターについて調査しており、それらについて後日発表を予定している。

氷晶の併合と成長—鉛直過冷却雲風洞実験—

高橋庸哉（北教大教実センター）・遠藤辰雄（北大低）・若濱五郎（北大名誉教授）

1. はじめに

雪結晶の併合過程は降水機構の中で極めて重要な役割を担っている。しかし、その形成過程は未解決な点が多い。そこで、2個の氷晶を併合させる実験を鉛直過冷却雲風洞を用いて行い、併合の特徴について調べた。

2. 実験方法

実験に用いた装置はTakahashi *et al.* (1991)と同様である。この装置内に氷晶を供給すると併合を起こす場合があった。ここでは併合したものに着目して、それを採取し、顕微鏡観察等を行った。併合は目視で確認した。氷晶の供給を一回に限ったので成長時間が等しく、併合した2個の結晶の大きさはほぼ等しい。天然でも同一結晶形の場合には二つの結晶の大きさはほぼ等しい(Kajikawa, 1985)。併合はWake Captureと僅かな落下速度差が寄与していると考えられる。併合後に再分裂する場合はなかった。

実験は針・角柱が成長する $-5\sim-7^{\circ}\text{C}$ 及び角板・樹枝が成長する $-12\sim-15^{\circ}\text{C}$ で行った。併合は成長時間0.5~2分程で起きる場合が多かった（樹枝の場合の大きさは0.1~0.3mm程である）。併合の起きる時間が限定されるのは使用した風洞が円錐型をしており、鉛直方向に不安定で、結晶数が時間と共に急激に減少するためである。併合は結晶が大きいくほど起きやすいが、結晶濃度が高ければ初期でも併合は起き得る。天然にも初期に併合を起こしたと思われるものが多くあり（例えば、Nakaya (1954)の巻末写真484, 486, 491, 517, 536など多数）、得られた結果は天然の降

雪現象を知る上で有用と考えられる。

3. 結果と考察

(a) 角板状結晶

図1は併合した角板・樹枝の例である。2つの結晶が平行して付着している場合（平面付着型）と立体的に交差している場合（立体付着型）に分けることができる。立体付着型の割合は樹枝状結晶…17%、角板・扇形…50%であった。後者で割合が高いのは軸比が小さい結晶ほど2個の結晶の相互作用で傾きやすいためと考えられる。Nakaya (1954)の中心から発達した立体型結晶 (Fig. 108, 109など) は立体付着型である可能性がある。

平面付着型の場合にはa軸方向の成長が止

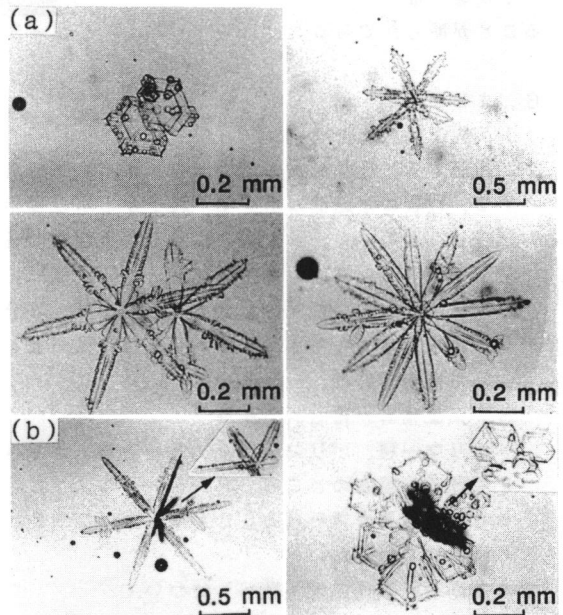


図1 併合した角板状結晶： (a) 平面付着型； (b) 立体付着型。

められ三花などに見えるもの（図2(a)上）と六花を維持して成長するもの（同下）があった。前者はNakaya(1954)が核の付着による奇形としたものにあたる。後者の中には十二花結晶となるものもあった。十二花については双晶説(Kobayashi and Furukawa, 1975)と併合説(Uyeda and Kikichi, 1991)があるが、少なくとも、併合によって十二花が成長し得ることがわかった。

図2は平面付着型の樹枝状結晶について結晶のどの位置で併合しやすいかを示したものである。ここで、 S は次のように定義される：

$$S = l / a,$$

ここで、 l は結晶中心間の距離、 a は結晶の大きさを示す。この値はHiguchi(1960)やKajikawa(1985)が天然雪結晶で用いたものと同

じである。ここでは、2個の結晶の大きさが等しいので、分母は a となる。 a は併合までの時間からTakahashi *et al.* (1991)の実験式から求めた。 $S=0$ であれば2個の結晶が中心で併合し、 $S=1$ なら結晶の端同士が付着していることを示している。図2・図3の斜線は $l < 35\mu\text{m}$ のもので、Uyeda and Kikichi(1991)は十二花と明かな雪片を区別する目安とした。 $S=0$ 及び0.3~0.4で併合する場合が多かった。すなわち、結晶の中心同士及び枝の中心のやや内側で併合した。Kajikawa(1985)のピーク($S=0.2, 0.65$)とはやや異なった。結晶の大きさ即ちReynolds数の違いによるものかもしれない。

図3は平面付着型の樹枝状結晶について隣接した枝のなす角度の頻度を示したものである。15度以下の場合が多かった。即ち、二つ

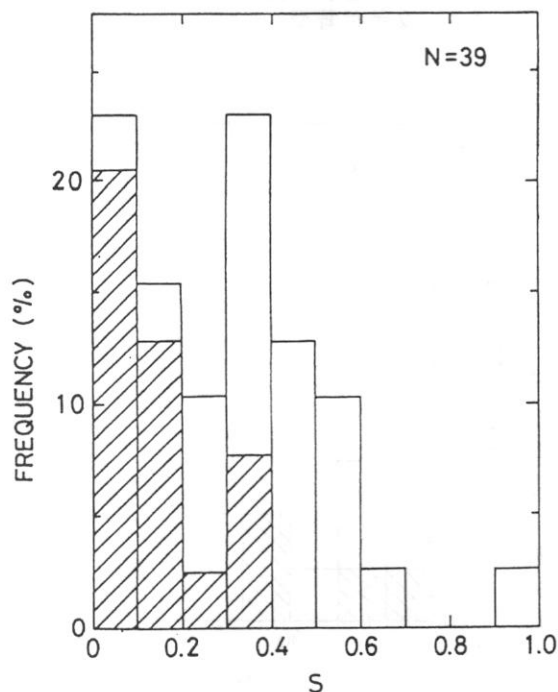


図2 樹枝状結晶（平面付着型）の併合位置の頻度分布。斜線は $l < 35\mu\text{m}$ のもの。

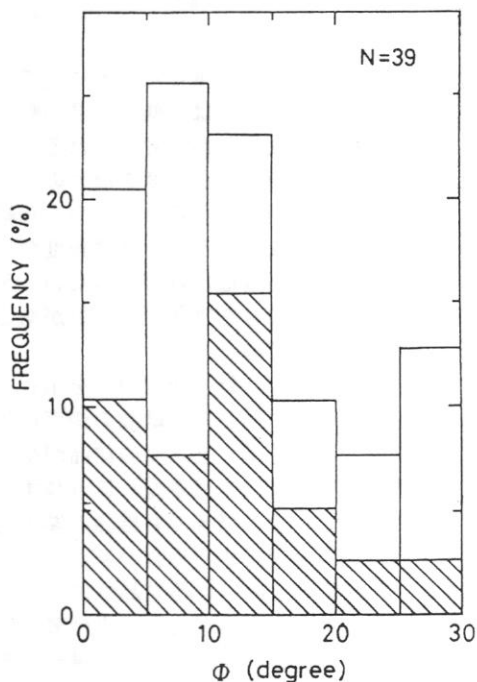


図3 樹枝状結晶（平面付着型）の隣接した枝のなす角度の頻度分布

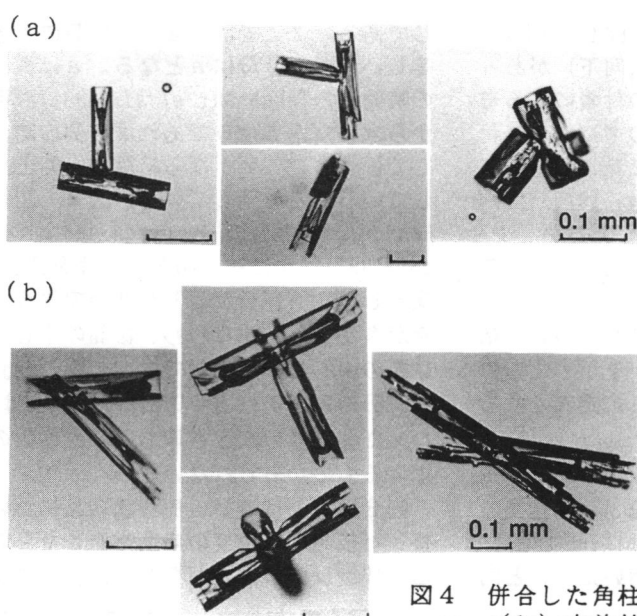


図4 併合した角柱状結晶： (a) 点付着型；
(b) 交差付着型。

の結晶の枝は上下に重なるようにして併合する傾向がある。これは下側の結晶のWakeで加速され捕捉されるためと考えられる。十二花のように枝と枝の間が30度をなすのが流体力学的に特別有利ではない。十二花結晶が併合によって成長するとすれば角度が15度以下のものも相当数なければならない。天然で十二花が降る場合を吟味する必要がある。

(b) 角柱状結晶

図4は併合した針・角柱の例を示したものである。結晶の端が他の結晶の側面に付着したもの（点付着型）と二つの結晶が交差して付着したもの（交差付着型）に分類することができる。後者の場合でも結晶の端が他方の結晶に付着し交差するが多かった。角柱集合・針集合と呼ばれる結晶は併合によってできることが確かめられた。点付着の場合に砲弾集合らしき結晶が成長する場合があった。砲弾集合は双晶説(Kobayashi *et al.*, 1976)で説明されてきたが、併合による場合も有り得る。双晶説だけではc軸間のなす角度分布の広がりの説明するのはむずかしいように思われる。

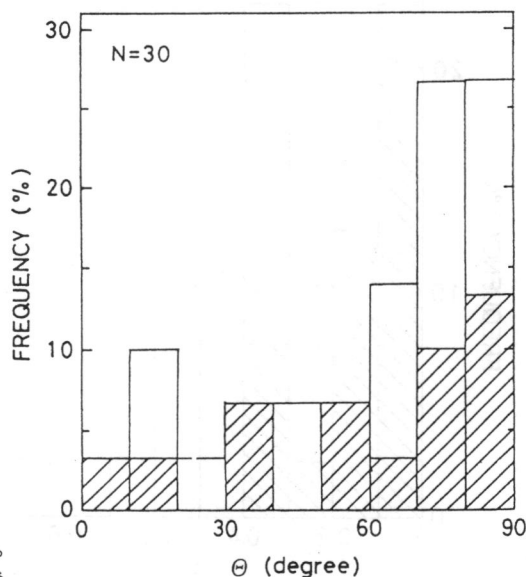


図5 併合した角柱状結晶のなす角度の頻度分布。斜線は点付着型。

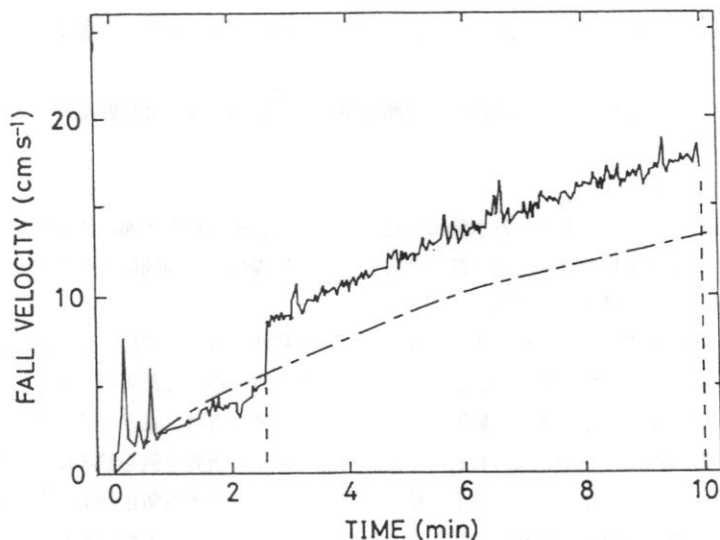


図6 2個の氷晶の併合による落下速度の変化. 風洞内への氷晶供給後2.6分で併合を起こした. 一点鎖線は1個の結晶が成長した場合.

図5は二つの結晶のc軸間のなす角度の頻度を示したものである。点付着型・交差付着型ともに70度から90度の割合が高かった。これは梶川(1990)の針状結晶の観測結果と一致する。また、Jayaweera and Mason(1965)のモデル実験でも二つの同じ大きさの円柱を平行させずに垂直方向に直径の50倍以内離して落下させると直交することが見いだされている。

(c) 落下速度の変化

図6は併合による落下速度の変化を示したものである。図中の一点鎖線は一個の結晶の落下速度の成長による変化を示している (Takahashi *et al.*, 1991)。併合による質量増加のため落下速度は急激に増加する。この落下速度の増加によって次々と併合を起こす可能性がある。

4. まとめ

2個の氷晶の併合に関する実験を鉛直過冷却雲風洞を用いて行った。角板状結晶の場合には平面付着型と立体付着型に分けられ、前

者では結晶の中心付近及び枝の中央よりやや内側で併合する場合が多かった。また、結晶の枝のなす角度は15度以下が多かった。角柱状結晶では点付着型と交差付着型に分けられ、そのなす角度は70~90度が多かった。

【参考文献】

- Jayaweera, K. O. L. F. and B. J. Mason, 1965: *J. Fluid Mech.*, 22, 709-720.
 Kajikawa, K., 1985: *Annals of Glaciology*, 6, 269-271.
 梶川正弘, 1990: 第6回雪氷防災研究発表会講演予稿集, 13-19.
 Kobayashi, T. and Y. Furukawa, 1975: *J. Crystal Growth*, 28, 21-28.
 Kobayashi, T., Y. Furukawa, K. Kikuchi and H. Uyeda, 1975: *ibid.*, 32, 233-249.
 Nakaya, U., 1954: *Snow Crystals*. Harvard Univ. Press, 510pp.
 Takahashi, T., T. Endoh, G. Wakahama and N. Fukuta, 1991: *J. Meteor. Soc. Japan*, 69, 15-30.
 Uyeda, H. and K. Kikuchi, 1990: *ibid.*, 68, 549-556.

山地河川におけるアイスダムの形成と河川水温について

山崎 誠、八巻修一（北海道電力）、[○]杉田 誠（北電興業）

1. はじめに

寒地河川では河川および貯水池に表層氷が発達し、その氷の下面に流氷雪が付着し堆積する。取水えん堤の高さが低く貯水池容量が小さい場合、短期間に流氷雪で池が満杯となり、取水口より導水路へ流入することがある。

仁宇布川発電所(1850kW、大正9年運転開始、昭和26年改造)では、これまでに数回、導水路、鉄管を流氷雪が閉塞し、長期間にわたって発電を停止した事例がある。

流氷雪を防御するための実験的研究および設計の考え方は、主として、アメリカ陸軍の研究機関(CRREL)を中心に行われてきた。今回これらの研究事例を参考に、木製格子による防水フェンスとふとん竈による石積堰の組合せによる流氷雪防止対策工を、上記発電所取水えん堤上流310mの位置に設置した。対策工は図-1に示す天塩川水系ペンケニウップ川本流(流域面積159km²)のほか、に支流(流域面積32km²)にも設置したが、観測は主として本流の対策工で行った。

2. 防水フェンスの構造

モスコマ川におけるPerham¹⁾の研究では、木製格子による防水フェンスをワイヤーにより放物線状に設置し、両端をアンカーブロック、立木により固定する方法を採用した。仁宇布川発電所で筆者らは、図-2に示す長さ90cmの鉄製による支持金物と木製の格子による自立型の対策工を作製し、これを直線状に河川を横断して設置し、両端をふとん竈による石積堰に固定させた。防水フェンス設置箇所の河床勾配は約1/150、河床の材料は玉石および砂利で構成されている。

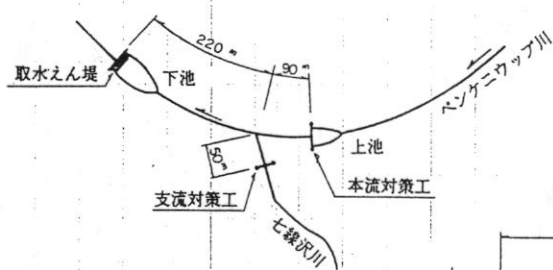


図-1 流氷雪防止対策工設置位置

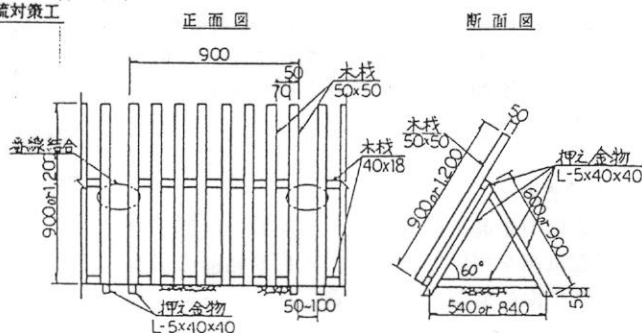


図-2 流氷雪防止対策工(防水フェンス)

3. アイスダムの発達過程

平成3年12月24日に防水フェンスを設置した後、寒暖を繰返し、平成4年1月初旬から本格的に結氷が始まった。対策工上流に形成された小規模な池（以下、上池）と発電所取水えん堤の池（以下、下池）の2カ所について、測線20m毎に全川幅に対する結氷幅の割合（結氷率）を週2回観測した。図-3に上池における結氷面の縦断面図を示す。1月4日に河川水は防水フェンスを透過しており、1月23日に閉塞してダムアップの状態では自由水面を形成した。その後2月27日までの約1ヵ月間河川結氷が発達し続けた。図-4（下図）に上池、下池それぞれ構造物から上流方向に発達した全面結氷の長さを示す。上池が2月上旬にピークを示し、ほぼ下旬まで安定しているのに対し、下池が2月7日をピークに結氷率が縮小する傾向を示す。

4. 気象および水象観測結果

観測期間は平成3年12月18日～平成4年3月25日であり、気温および水温の結果を図-4（上図）に示す。Frazil（昌氷）の成長について、Michel²⁾は2種類の状態、過冷却な条件下で氷が成長する状態をactive、氷点に対しわずかに温度が高い状態をpassiveと定義している。水温計に使用した白金測温抵抗体および記録計の測定分解能は2/100℃であり、河川水温の記録から、3/100℃以下をactiveな状態、それ以上をpassiveな状態と仮定し、それぞれ1日の時間数を過冷却ダイアグラムとして表示したのが図-4（中図）である。

図-4の結果から、次のように考察することができる。

- ① 1月の寒暖の繰返しが河川結氷の成長・融解と上池の氷の発達状況と一致する。
- ② 1月下旬から2月上旬までのactiveな状態が結氷およびフラジルの成長を促進し、2月中旬のpassiveな状態が上池のフラジルスラッシュの減少（図-3に示す結氷面が2月上旬をピークに低下していること）につながっている。河川の全面結氷とともに、河川から大気に放射冷却する熱量が減少した結果、水温がpassiveな状態に長期間保持されるためと考えることができる。
- ③ 3月初めに対策工で形成した上池の結氷が解氷し通常の河川状態に戻り、その後のactiveな状態では上池に新たな河川結氷は発達せず、下池に薄氷が発達する程度であった。

参考文献

- 1) R. E. Perham: Preliminary study of a structure to form an ice cover on river rapids during winter, IAHR Ice Symp., 1986
- 2) B. Michel: Winter regime of rivers and lakes, Cold Regions Science and Engineering Monograph III-B1a, CRREL, 1971

図-3 上池における
結水面の変化

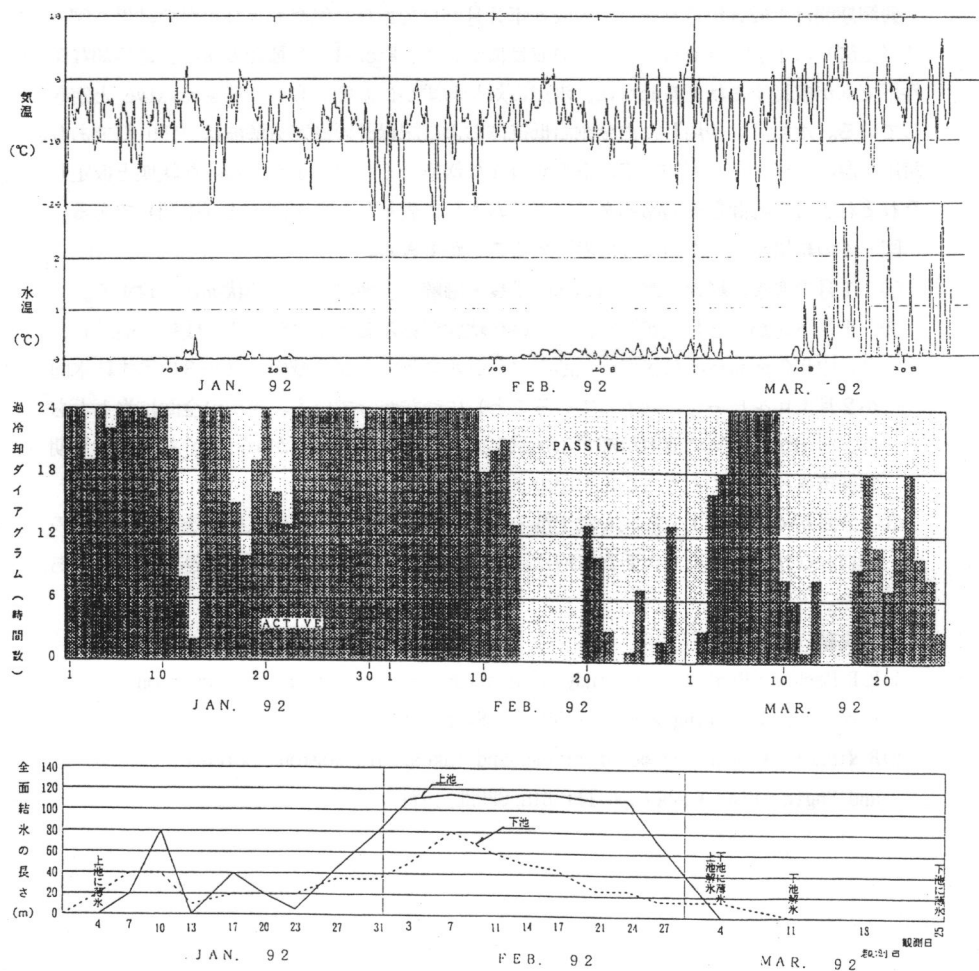
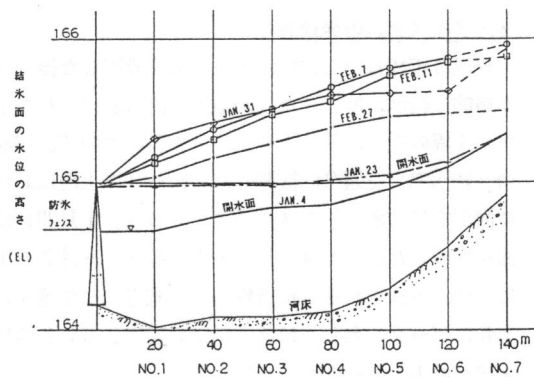


図-4 (上) 気温・水温、(中) 過冷却ダイアグラム、(下) 上池・下池の全面結氷の長さ

トドマツ人工林における降雪の樹冠遮断

○中井裕一郎・北原 曜・坂本知己・斉藤武史・寺嶋智巳
(森林総合研究所 北海道支所 防災研究室)

1. まえがき

森林の樹冠遮断蒸発による降雪の損失は、積雪を重要な水源とする地域において重要な意味を持つ。しかし、森林における降雪の樹冠遮断蒸発量は実測例が少なく、様々な森林の状態、気象条件に対応する降雪の樹冠遮断蒸発量を定量的に評価するための資料は不足している。

本報ではトドマツ人工林を対象として林内降雪量の観測および積雪調査を行い、林内降雪量の空間分布について考察するとともに樹冠における降雪水量の収支から常緑針葉樹林における遮断蒸発量の一推定例を示す。

2. 観測の対象地と方法

観測の対象とした森林は札幌市羊ヶ丘の森林総合研究所実験林内にある樹齢19年、平均樹高7.7m、平均胸高直径12.0cm、平均枝下高3.7m、立木間隔1.5mのトドマツ人工林である。樹冠は十分閉鎖しており、下層植生は乏しい。本森林は傾斜3度以下の北向き斜面に位置し、南北28m東西50mの広さを持ち、その周囲は別仕様のトドマツおよびウダイカンバ人工林に囲まれていて地吹雪の影響は少ない。

トドマツ人工林内の積雪水量は幹に近いほど小さく樹冠投影面の端に近づくにつれて大きくなる分布を示し、樹木1個体の樹冠投影面範囲で大きな変動がある。対象地のように林木の形状が比較的均質な人工林では、互いに隣接する4本の立木に囲まれた格子状の区画(以下、単に区画という)内平均積雪水量の、林内での分布は比較の変動が小さいと思われる。そこで降雪水量についても同様の分布特性があるかどうかを検討し、そのうえで降雪の樹冠遮断蒸発量を推定するために、林内降雪水量の測定を行った。林内の降雪水量は林分内の中央部に設定した5区画それぞれにカップ(上端内径27.4cm、高さ24cm、ポリプロピレン製、以下カップはすべて同規格)

を図-1のように17個ずつ配置し、1~5日の間隔でカップに捕捉された降雪水の重量を測定した。各区画の平均降雪水量の計算方法はカップに捕捉された降雪水量17点をそれぞれ隣接する3点を直線で結んでできる三角形平面の集合する多平面体の体積を求め(図-2)、その底面積で除して算出した。林外降雪水量は観測林分に隣接する裸地にカップを設置し、林内降雪水量と同様に測定した。観測期間は1992年2月19日~3月9日の19日間である。加えて1992年3月9日に積雪調査を行った。積雪は断面積20cm²のスノーサンプラーを用いて林内ならびに隣接する3地点の裸地で採取し積雪深と積雪重量を測定した。林内の積雪は北

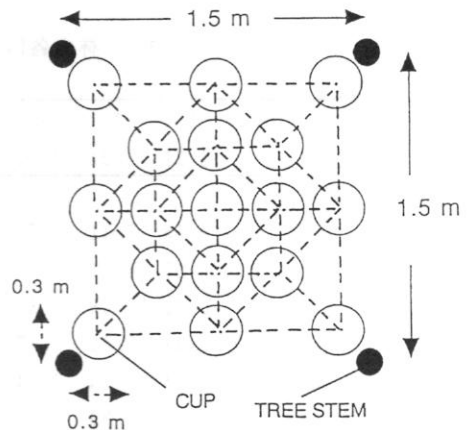


図-1. 林内降雪水量測定用カップの配置

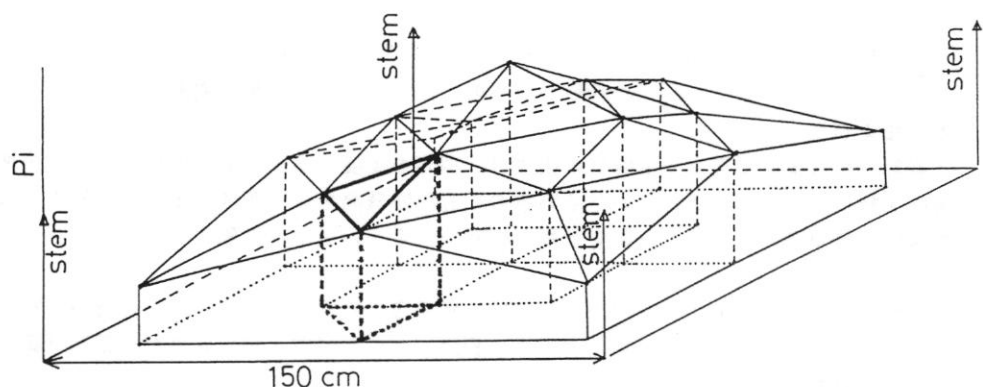


図-2. 林内の区画平均降雪水量の計算において想定される多面体型

原ほか(1)に従い立木間で等間隔に5ないし6点採取し格子内の積雪水量分布が四角錐形に近似するとして平均積雪水量SWEを算出した。

3. 結果と考察

表-1は林内の各区画平均降雪水量を示したものである。まず、林内降雪水量の区画によるばらつきを検討する。5区画平均の林内降雪水量合計は28.4mmであり、区画による変動は変動係数が6%で比較的小さかった。林内降雪水量は期間2と期間5で全観測期間の降雪水量の75%を占めているため、降雪水量の区画による差と区画内の分布型は、期間2と5における観測値によって代表されると考えられる。各測定期間毎にみると林内降雪水量は期間2と5以外の林内降雪水量が小さい期間に区画毎のばらつきが大きかったが、期間2および5では変動係数が10%以下で区画毎のばらつきが小さかった。本対象地における林内降雪水量の代表値として、ある程度以上降雪水量の大きい連続降雪の場合に5区画の平均値を用いることが妥当であると考えられる。

表-1. 林内各区画の平均降雪水量

(単位 mm)

期間No.	1	2	3	4	5	6	7	8	All
測定日	2/21	2/24	2/25	2/27	3/4	3/5	3/7	3/9	Total
区画No.									
No. 1	0.15	7.41	0.75	1.40	15.26	2.24	0.22	2.31	29.74
No. 2	0.09	6.75	0.55	1.61	13.80	1.78	0.15	1.84	26.57
No. 3	0.12	7.06	0.86	1.86	16.61	2.00	0.11	2.05	30.66
No. 4	0.12	5.82	0.77	1.48	13.54	2.05	0.18	3.06	27.02
No. 5	0.14	6.74	0.34	1.81	13.94	1.87	0.10	3.02	27.95
平均(mm)	0.13	6.76	0.65	1.63	14.63	1.99	0.15	2.46	28.39
標準偏差	0.03	0.59	0.21	0.20	1.29	0.18	0.05	0.56	1.76
変動係数	0.21	0.09	0.32	0.12	0.09	0.09	0.34	0.23	0.06

各区画内の降雪水量分布型を全期間合計、期間5 および期間1 について図-3 に示す。
 R はカップ位置の降雪水量/区画平均降雪水量、 X は幹からの距離/(立木間隔 (=150cm) / 2) である。期間5 では区画によるばらつきも少なく区画内の降雪水量分布は幹の近くで区画内平均の0.6倍、区画内中央で同じく1.4~1.5倍程度になる山型を示した。全期間合計の降雪水量の分布型も期間5 におけるのと同様であった。降雪水量が1mm未満で非常に少なかった期間1 の分布型は平坦であった。

林内外の積算降雪水量の経時変化を図-4 に示す。期間中、降雪があったのは14日間、5mm以上の林外降雪量があったのは4日間、露場の観測結果によると真冬日は9日間であった。林内降雪水量 P_i は5区画の平均値である。図の点線は積算林外降雪水量と積算林内降雪水量の差で、その時点での冠雪量と積算の遮断蒸発量との和を意味する。ある期間の樹冠における降雪水量の収支は

$$Pr = Pi + Ip + \Delta S$$

Pr : 樹冠上の降雪水量、 P_i : 林内の降雪水量、

Ip : 遮断蒸発量、 ΔS : 冠雪の増加量

で表される。観測期間を通じた積算林外降雪量は58.1mm、同じく積算林内降雪量は28.4mmであった。冠雪は観測開始時には見られず、また観測期間の最後に残存した冠雪量を落下させて測定したところ1.24mmであった。仮に樹冠上の降雪水量 Pr が林外降雪水量 P_o に等しいとすると Ip は28.5mmで遮断蒸発率は49.0%である。全期間の平均日遮断蒸発量は単純平均で1.49mm/dであるが、19日間の観測期間中、完全に冠雪がないと判断された日が4日間あ

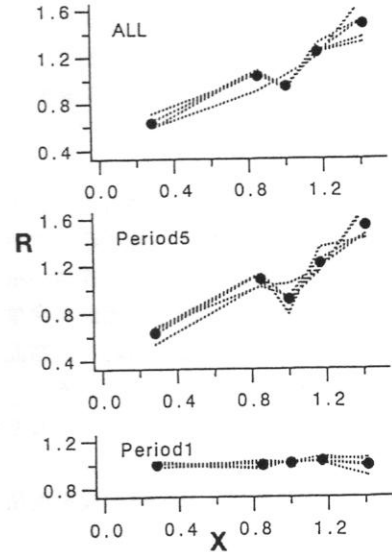


図-3. 林内降雪水量の分布型の例
 (上から全期間合計、期間5、期間1)
 ●は5区画の平均値、点線は各区画の値
 x : 幹からの距離/立木間隔の2分の1
 R : x の位置にあるカップ測定値の平均降雪水量/区画平均降雪水量

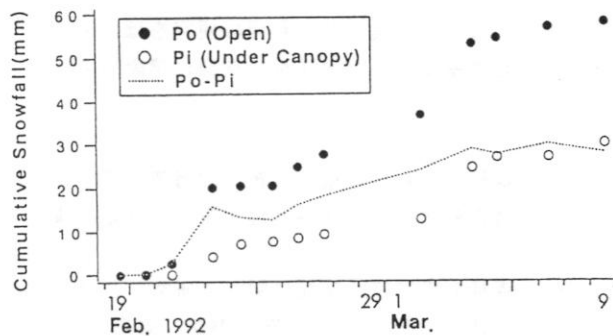


図-4. 林内外の積算降雪水量の経時変化

たので実際には単純平均より大きい日遮断蒸発量が生じていたと考えられる。これは小島ほか(1985)が観測した札幌の裸地における2~3月の無降水日の平均積雪面蒸発量0.34mm/dの4倍以上に相当する。

一方、積雪調査の結果から裸地の積雪水量SWE₀は3地点の平均値を用いて242mm、トドマツ林内の平均積雪水量SWEは136mmであった。このとき、林内降雪水量の観測の場合と同様に、裸地の積雪水量SWE₀が樹冠上の積算降雪水量に近似すると考えて積雪の遮断率Iを

$$I(\%) = (1 - SWE / SWE_0) \times 100$$

とすると、Iは44%であり、林内降雪水量の観測から推定された遮断蒸発率と近い値を示した。トドマツ以外の常緑針葉樹林においても積雪水量調査結果から30~50%の積雪の遮断率が得られている(北原ほか(1991)、中井ほか(1992))。

以上のように、降雪量の観測および積雪水量調査の結果の両者から得られた遮断(蒸発)率は40~50%近い値を示しており、おそらく常緑針葉樹林における降雪の樹冠遮断蒸発の強度はきわめて大きく裸地の積雪面蒸発の4倍以上になる可能性が示唆される。

このように降雪の遮断蒸発量が大きくなる原因は常緑針葉樹林の樹冠内に多くの枝の層が重なっていて降雪時に冠雪面の多層構造を形成し、雪の表面積が非常に大きくなることが重要であると考えられる。そこで実際の常緑針葉樹林では枝葉の投影面積が単位水平面積当たりどれくらいか、すなわち林分平均で枝階層が何層あるかを以下に考えてみる。枝階層の数NLは、 $NL = Ab / La \times LAI$ で求められる。このとき、LAI: 森林の葉面積指数、La: 枝の葉面積、Ab: 枝の投影面積である。トドマツでは、 $Ab/La = 0.5 \sim 0.67$ (中井ほか(1992))、 $LAI = 5 \sim 10$ (依田(1971)) であることから、 $NL = 2.5 \sim 6.7$ となり、単位面積当たりの平均枝階層数NLは2.5~6.7層となる。枝階層は降雪があると冠雪層になるので冠雪の表面積は上面だけを考えても裸地の積雪表面に比べてNL倍になる。

森林による極めて大量の降雪遮断蒸発量は積雪を重要な水源とする地域において植栽樹種の選択や間伐、枝打ち等の森林施業に際して水資源上重要な意味を持つ。今後、様々な条件下での降雪の樹冠遮断蒸発量の観測を行うとともに、冠雪の形成・消失や冠雪表面からの昇華蒸発等の過程に基づいた微気象学的な推定方法を確立することが必要である。

最後に、観測・調査に際し羊ヶ丘実験林の利用に便宜をはかって頂いた森林総合研究所北海道支所実験林室岸田昭雄室長および同職員の皆様に感謝する。

引用文献

- 北原 曜ほか(1991) 森林内における積雪分布、北海道の雪氷10、14~17。
小島賢治ほか(1985) 積雪の蒸発量(札幌と母子里での測定結果)、低温科学物理篇44、49~62。
中井裕一郎ほか(1992) 森林の降雪遮断蒸発に関する研究、日林誌(投稿中)
依田恭二(1971) 森林の生態学、41p、築地書館、東京

耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害について(4) 雪丘害に対する保育方法および更新方法について

斎藤新一郎（北海道立林業試験場）

1 まえがき

北海道東部の根釧地方には、ランドサット写真に写るほどに、幅の広い防風林帯網が、格子状に保残ないし造成されている。これらの林帯幅は、国有防風林で180m(100間)、支庁管轄のそれで40～50mである。そして、この地方では、低温のために、雪質が軽く、積雪が風食されて、1冬に1～3回の地吹雪が発生しやすい。たとえ積雪深が10cmであつても、林帯間隔が500mないしそれ以上もあるので、地吹雪が発生すると、林帯内に深い吹き溜まり（雪丘）ができて、林木に雪害が生じやすく、壊滅に近い被害を受けて、改植を余儀なくされた林帯もある。

筆者は、これまでの4冬（1989.2, 1990.2, 1991.2, & 1992.2:すべてが下旬）、1夏（1988.7）、1初冬（1990.12）の計6回の調査結果から、耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害を、また、雪丘害に対する林木の保育と更新方法を、検討してみた。

4年間にわたる調査をとりまとめるにあたって、筆者は、元北海道立林業試験場の成田俊司専門研究員、釧路支庁林務課森林管理係、標茶町農林課林政係、および標茶町森林組合の関係各位に、たいへんお世話になったことを付記して、感謝の意を表する。

2 調査地の概要および調査方法

調査地は、標茶町虹別原野の開拓地（草地）であり、摩周風（北北西～北風）に対して、幅が約40mのカラマツ防風林帯が、約500mの間隔で、4帯配置されている。各林帯とも、植栽齢が約20(18～23)年生で、樹高が10m未満(7～10m)、胸高直径が6～20cmであり、生育密度が約3000本/haであつて、ほとんど除間伐がなされてこなかった。各林帯にほぼ共通して、風上側林縁の幅10mを残して、林帯中央部～風下林縁の幅30mが雪害でほとんど壊滅し（林帯の3/4が無立木になった）、1989年から、この部分に改植が行われている。

冬には、積雪深、雪丘断面、林木の雪害、ほかが調査され、夏には、林分構造、生育密度、林木の雪害、ほかが調査され、初冬には、間伐試験および裾枝打ち試験が実施された。

3 調査結果および考察

1) 1989年2月21日

第1回の冬の調査では、雪丘は風上林縁から風下側へ約20mの場所に最高点(197cm)があつた。雪丘断面の観察から、7回くらいの小さな地吹雪が発生したらしく、雪質がコシモザラメ状で、比重が0.3～0.4であつた。雪丘の風下側には、林木がなおいくらか生き残り、積雪の沈降圧によって、幹の傾斜、折れ、枝抜けが多発していた。風上林縁の風上側では、ほぼ45mから先が無積雪であつて、牧草が露出していた。また、風下側では、約100m先から無積雪であつた。林帯間500mのうち、無積雪区間が約350mとなった。

2)1990年2月21日

第2回の冬の調査では、雪丘の頂点は風上林縁から約30m (150cm)であった。冬に数回の雨があり、地吹雪の発生が弱くて、コシモザラメ～シモザラメ状の雪質で、全体の平均比重が0.38で、林帯の風上側、風下側とも、無積雪の部分にはなかった。積雪下には、更新植栽(改植)がなされていたが、雪丘を低くしない限り、苗木が雪上木に到達する時点で、雪害を受ける可能性がきわめて高い。

3)1991年2月20日

前年の初冬に、風の透過率を高め、雪丘を低くする目的で、風上林縁帯の間伐(約3000→1500本/ha)および裾枝打ち(地上高が2.0～2.4mまで)を試験的に実施し、対照区と比較することにした。その結果、第3回の冬の調査では、ほぼ1昼夜の地吹雪で(雪質はコシマリユキ状、比重が0.25～0.45)、対照区では、雪丘の高さが260cm(位置は33m風下)にも達したのに、間伐区のそれは170cm(同33mと40m)にすぎなかった。従って、間伐および裾枝打ちは、雪丘の低下に有効で、改植木の雪害軽減にも効果が大きいとみられた。なお、無積雪区間は、風上側ではほぼ50m先から、風下側ではほぼ100m先からであった。つまり、1989年の冬と同様に、林帯間の約350mが、風食を受けて無積雪であった。これから推測して、林帯の防風防雪機能は、樹高が10m近くても、風上側へ樹高の約5倍、風下側へ約10倍であり、少なくとも200m間隔に林帯が必要である。

4)1992年2月26日

第4回の冬の調査では、対照区の雪丘は風上林縁から風下側へ約32mの場所に、140cmという最高点があった。雪丘断面の観察からは、5回くらいの小さい地吹雪があり、雪質がコシマリユキ～コシモザラメ状で、比重が0.27～0.42であった。間伐区の雪丘の高さも同じく140cmであったが、その位置は約42mであって、無間伐区のそれより10mほど風下側であった。改植された樹種では、積雪深が70～80cmの場所で、シラカンバ(樹高170cm)は倒伏し、アカエゾマツ(同0.9m)は直立していた。林帯の風下側、風上側とも、冬の雨の影響で、地吹雪の発生が抑制され、無積雪の部分(牧草類の露出)は見られなかった。

以上の4回の冬の調査から、雪丘の高さと位置を示すと、図-1のようになる。また、強い地吹雪があれば、対照区と間伐区の雪丘のサイズの違いは大きいですが、地吹雪が弱ければ、両区のサイズの違いはあまり大きくなりません、といえる。

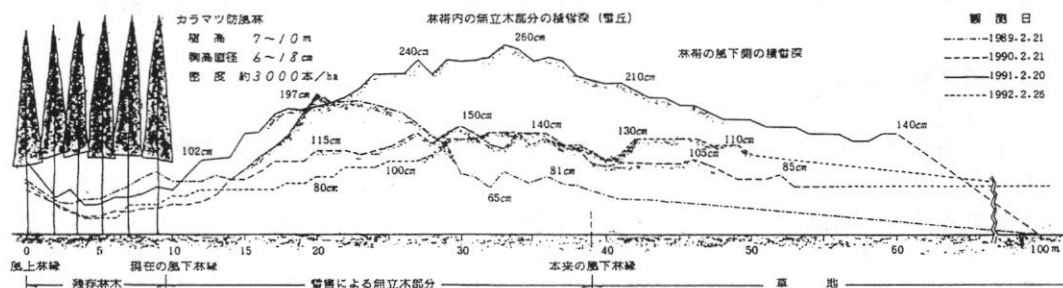


図-1 過去4冬に、林帯の風下側に形成された雪丘のサイズと位置の比較

5)新しい林帯の造成方法

現状の改良は、たいへん重要なことであるが、本来的には、樹高の10～15倍が防風防雪機能の範囲であるから、林帯間隔を現状の約1/2 (200～300m) にして、防風機能を穂と区域の全体に広げ、地吹雪の発生そのものを抑制しなければならない。また、林帯の機能は、防風、防雪、防霧のいずれであつても、樹高さえ確保できれば、幅は10mで十分なのであるから、木材生産を第1義としなければ、40mの林帯幅は不要ということになり、土地利用の上から、10m幅の林帯をより密な格子状に配置することが望ましい。そうすれば、林帯間の中央部分でも、風食で無積雪(土壌凍結)にならず、林帯の風下側にも高すぎる雪丘ができなくなる(図-2)。

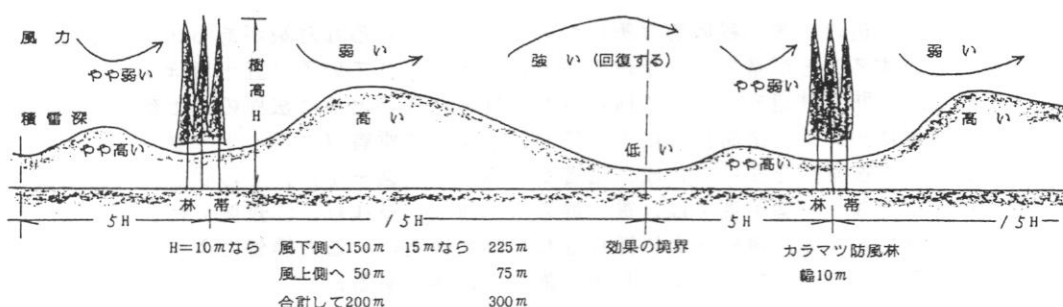


図-2 幅10m, 樹高10～15m, 間隔200～300mの, 2林帯の間の風速変化と積雪深変化

4 結 論

現状を改良しようとすれば、生育密度を低くし(20年生で1500本/ha), 裾枝打ちを行って、健全で透過率が高めの林縁帯に誘導して、雪丘を低くし、より耐雪性の高い種の苗木で改植し、それらが雪上木になるまでは雪害が生じにくくする施業方法が提案される。

また、新しく防風林帯網を構築しようとすれば、林帯間隔を現状の1/2 (200～300m) にして、林帯幅を10mに狭め、地吹雪による雪丘害を軽減するとともに、植栽密度を低くし(3000本/ha), 除間伐および裾枝打ちを徹底して、経済林とは一線を画した、健全な個体の集合体を育成する施業方法が提案される。

参考文献

- 斎藤新一郎・成田俊司, 1989. 耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害について. 北海道の雪氷, no.8: 38～39.
- 斎藤新一郎・成田俊司・長坂 有, 1990. 耕地防風林の地吹雪捕捉機能と林木の雪害について(2). 北海道の雪氷, no.9: 32～34.
- 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・成田俊司, 1992. 標茶町虹別および萩野におけるカラマツ防風林の雪丘による被害とその対策について. 手記 pp., 北海道立林業試験場.

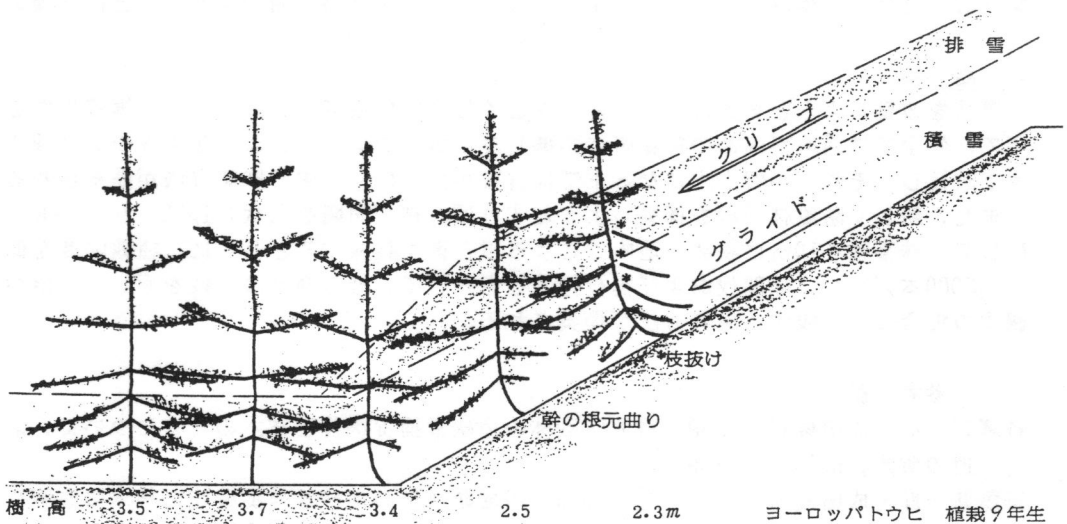
道路防雪林の排雪による林木の雪害とその対策について — 道央自動車道札幌～岩見沢間の事例

○斎藤新一郎（北海道立林業試）・上島 勉（日本道路公団札幌建設局岩見沢管理事務所）

1 まえがき

道央自動車道の冬季視程障害対策については、いろいろな対策があるが、道路沿いに防雪林を造成することが基本的な手段である、と考えられている（五十嵐ほか，1992）。

けれども、防雪林造成のために植栽された林木には、とくに法面の最上部のものには、本来の積雪に加えて、道路排雪によっても、かなりの雪害（グライド・クリープ圧および沈降圧による被害）を受けて、成長阻害がみられる（図－1）。その状態は、①軽度では、軽い幹の根元曲り，②中度では、重い幹の根元曲り，枝抜け，③重度では、根返り（根抜け），幹折れとなる。道路法面に植栽された林木ゆえに、この排雪による雪害は避けて通れないのであるから、なんらかの対策を講じる必要がある。



図－1 路面排雪による道路側の植栽木の成長阻害（模式図）

2 調査地および調査方法

この排雪による雪害の現地調査を、グライド防止杭の有無および裾枝打ちの有無から、江別東～岩見沢間（18.7km，18.8kmおよび19.3km）で、1992年5月20日に実施した。

調査対象は、斜面の最上部の植栽列において、見た目に代表的な5個体である。調査項目は、樹高，年伸長量，胸高直径，根元曲りの程度，枝抜け，などである。

3 調査結果および考察

1) 無対策区 (杭打ちなし+裾枝打ちなし区)

ここにおける法面第1列の、植栽9年生の樹高は、平均/最小~最大が、2.27/1.80~2.55mであった。この個体では、グライドや沈降圧による林木の被害として、いちじるしい幹の根元曲り、山側の枝抜け(谷側にはみられない)がみられた。また、こうした雪害によるストレスに由来したのであろうが、1991年の年伸長量がやや鈍化していた。幹の根元曲りのいちじるしさから推測して、実際の幹の長さは+20~25cmくらいであろう。

2) 裾枝打ち区 (杭打ちなし区)

枝抜けおよび幹の根元曲りの軽減のために、1991年に、一部ではあるが、試験的に、裾枝打ちを実施した。ここでは、同じく、樹高が2.14/1.98~2.38mであった。雪害としての幹の根元曲りはかなりいちじるしいが、古い痕跡を除くと、新しい枝抜けはほとんどみられなかった。そして、枝打ちなし区より樹高が小さいが、これは裾枝打ち後わずか1シーズンしか経ていないためであり、1991年の年伸長量は順調であった。幹の根元曲りから推測して、実際の幹の長さは+20cmくらいであろう。

3) 対策区 (杭打ち+裾枝打ち区)

積雪および排雪の移動(グライドおよびクリープ)による雪害を防止する目的で、一部に、植栽時点で、杭打ち工事が行われていた。杭は、丸太で、規格では、直径が9cm、地上高が0.5m、2列配置で、水平間隔が1.45m、上下間隔が1.2mである。さらに、ここでは、裾枝打ちも実施されていた。ここでは、同じく、樹高がかなり大きく、2.62/2.30~3.20mであった。

この個体の年伸長量は、順調に増大してきていた。また、幹の根元曲りはごく小さかった。枝抜けは、新旧ともに、ほとんどみられなかった。実際の幹の長さは+15cmくらいであろう。杭打ちによる排雪のグライド阻止に効果が大きく、雪害を軽減して、初期成長が促進された、とみられる(図-2)。

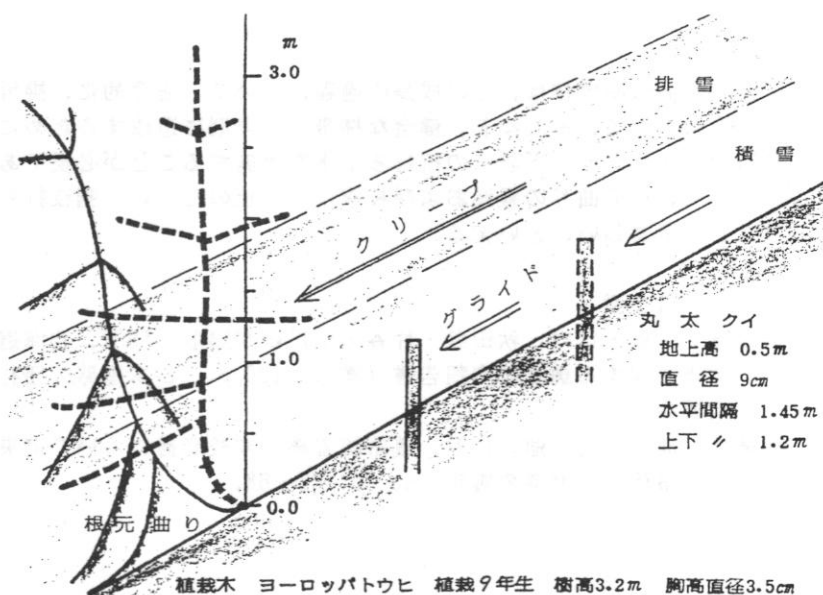


図-2 杭打ち+裾枝打ち区の積雪期間中の状態(予想)

4) 平地との比較

図-1にみられたように、法面の植栽木と平地のそれとの間には、樹高に大きな差異がある。平地の5本の個体の測定値では、平均樹高が3.05mに達していて、最大のものは4mを越えていた。しかも、それらの年伸長量は、法面第1れつの者に比較して、植栽後1年目から既に大きく、毎年の伸長量が積

算されて、9年生では0.4~0.9mの樹高の違いになった。さらに、幹の折れ、曲り、枝抜けなどが軽度であるから、将来的に、材の腐朽などの被害が発生する程度も軽い筈であって、将来の防雪林としての健全木が約束されていることになる。

4 結 論

道路法面の防雪林は、その成長の過程において、宿命的に、排雪による雪害を避けて通れないのである。それゆえ、健全な林帯を、早期に造成するためには、上述のように、植栽時点から、グライド防止の杭打ち工事を実施することが必要である。また、保育の過程において、根元曲りの軽減および枝抜けの防止のために、裾枝打ちを積極的に実施してゆくことが望ましい、といえる。

参考文献

- 五十嵐・斎藤・竹内・秋田谷・片谷・小川ほか編著、1992. 北海道における植栽位置等と雪害に関する調査研究報告書(案). 120pp., 日本道路公団札幌建設局/道路緑化保全協会.
- 斎藤新一郎・上島 勉、1991. 道路防雪林の成長経過について道央自動車道札幌~岩見沢間の事例. 北海道の雪氷, no.10: 65~68.

表-1 ヨーロッパトウヒの位置および施業方法の違いと平均樹高成長量(m, 1983春植え, 植栽9年生, 1992.5.20測定)

No.	位置	樹高	1985	86	87	88	89	90	91年
1	平地		0.44	0.64	0.94	1.39	1.85	2.40	3.05
	年伸長量		0.20	0.30	0.45	0.46	0.55	0.65	
2	法面①		0.30*	0.51	0.75	1.04	1.40	1.99	2.62
	年伸長量		0.21	0.24	0.29	0.36	0.59	0.63	
3	" ②		0.26*	0.39	0.56	0.80	1.04	1.62	2.14
	年伸長量		0.13	0.17	0.24	0.24	0.58	0.52	
4	" ③		0.23*	0.36	0.69	1.10	1.38	1.91	2.27
	年伸長量		0.13	0.33	0.41	0.28	0.53	0.36	

法面①杭打ち+裾枝打ち区, ②杭なし+裾枝打ち区, ③杭なし+裾枝打ちなし区

*地際の幹の根元曲りがいちじるしいから、実際の幹の長さは、①で+15cm, ②で+20cm, ③で+25cmくらいである。

路面圧雪の硬度とすべり指数に関する実験的研究

°天野隆明（北大低温研、現：日本道路㈱）、秋田谷英次、成瀬廉二
（北大低温研）

1. はじめに

スパイクタイヤの使用禁止により、スタッドレスタイヤや各メカニズム等の開発が盛んである。それらの開発試験は主に実際の雪氷路面を使用している。試験路面の種類は、圧雪・氷・圧雪と氷の中間状態の3種類に区分し行っている。ところが、同一条件下で行った同じ種類の路面でも試験結果にばらつきを生じ、解析を複雑にしている。それは、降雪中の柔らかな圧雪と硬くなった圧雪とでは、すべり易さに違いがあるように、同じ種類の路面でもすべり易さに違いがあることを示していると考えられる。本研究は、実際の圧雪路面のすべり指数を現場において簡便に知ることを目的としている。

2. タイヤと圧雪路面のすべり抵抗

タイヤと圧雪路面のすべり抵抗は次の3つの抵抗のトータルとして現れる。3つの抵抗とは、①タイヤ面と圧雪路面間のすべり摩擦抵抗、②タイヤが積雪を破壊するときの抵抗、③積雪が圧縮・排除または運搬されるとき抵抗の3つである。①はすべり摩擦係数に相当するもので、②・③の抵抗の大きさは積雪の硬さに関係する。そこでこれらの抵抗を見かけのすべり摩擦係数とする。①は見かけの接触面積を一定にすることにより一定と考えられ、②・③の大小がすべり指数に影響する。よって、積雪の硬さを調べることで見かけのすべり摩擦係数を推測する。本研究ではそれをすべり指数とする。

3. 硬度測定器とすべり指数測定器

自然積雪・道路の圧雪および氷の硬度測定まで、木下式硬度計が広く用いられているが、本研究では鋼球硬度計を新たに考え、硬度（鋼球硬度）を測定した。鋼球硬度計の原理は木下式硬度計と同様で雪面に衝撃を与え、雪の反抗力から硬度を求めるものである。測定方法は、木下式硬度計が沈下量を測定するのに対して、鋼球硬度計は鋼球を直接雪面に自由落下させ、できたくぼみの直径をノギスで測定する。

すべり指数の測定には、スキッドテスターを用いた。スキッドテスターは、一般の路面（アスファルト・コンクリート路等）のすべり摩擦係数を測定するために考案された振り子式である。原理は、接触距離及び荷重を一定にすることにより、振り子が路面でした仕事と測定前後の振り子の高さの差、即ち損失した位置エネルギーが等しいことから、すべり摩擦係数を知るものである。測定方法は、振り子の振れ上がり側に高さ相当のすべり摩擦係数が示されており、これを読みとる事で計測する。尚、読みとられる数値はすべり摩擦係数に100を掛けた値であり、これをスキッドナンバー（SN）と呼ぶ。本研究におけるすべり指数はSN値で表す。よって、SN値が小さいほどすべり易いことを示す。

4. サンプル作成方法と実験概要

実験を行うに当たり圧雪の作成を行った。作成方法は、 -5°C の低温室において、長さ 22cm *幅 9cm *高さ 4cm の箱に低温室に保存しておいたしまり雪を 1mm の篩を用い、ほぐしながら詰める。その上に内蓋を載せ、静荷重 ($0.23\sim 1.24\text{Kg}/\text{cm}^2$) し、数日から2, 3ヵ月間放置し、様々な密度のサンプルを作成した。このようなサンプルを用い実験を行った。

実験は、①鋼球硬度計の有効性に関する実験と②鋼球硬度とスキッドテスター値 (SN値) の関係についての実験の2つである。①はサンプルの圧雪に木下式硬度計と鋼球硬度計の両硬度計跡をつけ、断面の薄片写真より各硬度計の深さ方向への影響程度を実験したものである。②は現場におけるすべり易さを簡便に知る方法に応用するために、硬度とすべり易さの関係について実験したものである。実験では様々な密度に対して硬度とSN値を測定した。1サンプルについて、SN値を測定した後、硬度測定を行った。SN値は、実験回数が増加するに伴い雪面を削り取るため1~3回までの平均とした。硬度は各サンプル毎に21~30回測定したものの平均とした。尚、全ての実験は -5°C の低温室で行った。

5. 実験結果

①の実験結果について写真1より見ると、圧雪のような硬い雪では鋼球硬度計の方が影響深さが小さい。また、木下式硬度計跡は硬度計の先端部の周りで破壊が起こっている。これは与えたエネルギーがこの破壊に使われたことを示めており、正しい硬度が測定できていない事になる。この他測定するとき木下式硬度計は沈下量を読みとるため誤差を生じ易いこと、沈下量を読みとるとき分解能が低いことなどから、鋼球硬度計の方が圧雪のような硬い雪の測定には適している。

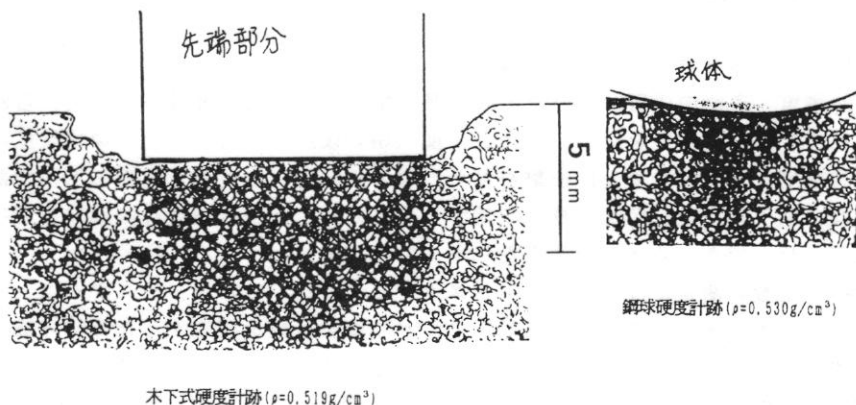


写真1. 硬度計の薄片写真 (断面)

②の実験結果について図1から見る。図1は横軸に鋼球硬度、縦軸にSN値をとっている。尚、参考のために氷(*)について行ったものも示した。SN値は硬度が小さいときに大きく、硬度が大きくなるに従って小さくなる。即ち、雪面が硬くなるほどすべり易くなることを示している。破線から左の領域はスキッドテスターによる破壊(削り取り)がはっきりと実験中観察された領域である。このこと

から雪面が柔らかな時には破壊・圧縮・運搬等の抵抗が大きくなるので見かけのすべり摩擦係数が大きくなった考えられる。逆にこのような破壊が起こらなかった氷のSN値が小さいのは、これらの抵抗が得られないためと考えられる。鋼球硬度とSN値の回帰式は、図中の式で表され、鋼球硬度を測定することでSN値の推測が可能である。

6. まとめ

- 1) 硬くて薄い圧雪に対しては、鋼球硬度計による測定方法が有効である。
- 2) スキッドテスターを用いた圧雪のすべり摩擦係数(SN)は、破壊・圧縮・運搬等を含む見かけのすべり摩擦係数を表すことが明らかとなった。
- 3) SNと鋼球硬度との関係は負に比例しており、関係式は、

$$SN = 69.6 \times H^{-0.17} \quad (d < 1.00\text{mm}, T = -5^\circ\text{C})$$
と表される。

現場において簡便にSN値を推測することは、鋼球硬度の測定により可能である。

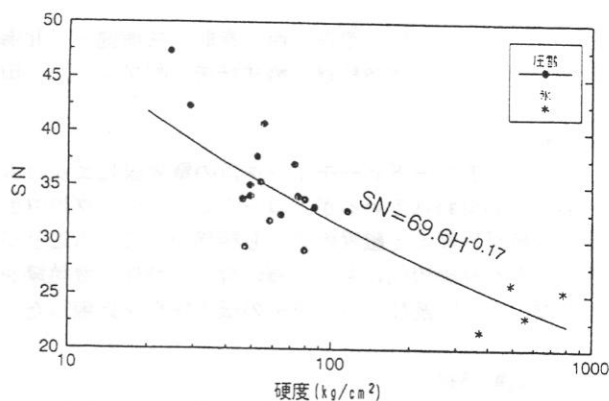


図1 硬度変化によるSNの影響

ロードヒーティング用電熱線の性能試験

佐山惣吾、西川泰則、三浦健一（北海道工業開発試験所）

須藤昌義、酒井好夫（㈱フジイ）、田中邦雄（㈱帝人）

1. 緒言

電力によるロードヒーティング用の電熱線はニクロム線が一般的である。その他カーボン発熱体の一部が使われているが、ロードヒーティング単位面積当りの電力が同一であっても、電熱線の種類が異なると融雪効果にも相異がみられることがユーザーより指摘された。そのため上記2種の電熱線の他にもう1種の合計3種類の電熱線を用いコンクリートブロックに埋め込み、恒温槽中 -1°C 及び -5°C でその伝熱特性を比較した。その結果に基づき理論的解析を行った。

2. 供試電熱線

Joule's Law (1840) により、電熱線の発熱量 (cal) は(1)式により決まる。

$$Q = 0.24 I^2 \cdot R \cdot t = 0.24 (W) \text{ ----- (1)}$$

すなわち電熱線が異なっても W/m^2 が一定ならば、ロードヒーティングの性能に大差は無いといえる。これを確認するために次の3種の電熱線を実験に供した。それらは①ニクロム線： $0.5\text{mm}\phi$ 7本の燃り線（全 $1.5\text{mm}\phi$ ）に 0.7mm と 1.2mm の2重の被覆線（全 $5.3\text{mm}\phi$ ）、②カーボン発熱体：カーボン粉とプラスチックの成形棒（ $6\text{mm}\phi$ ）に 1.5mm の被覆線（全 $9\text{mm}\phi$ ）、③ブレード発熱体： $0.01\text{mm}\phi$ のステンレス線とアラミド繊維を混紡したものを $5\text{mm}\phi$ のプラスチック棒に巻付け 0.5mm の被覆線（全 $6\text{mm}\phi$ ）。

3. 電熱線空中加熱試験

2. で述べた3種の発熱線 1m を空中（室温約 15°C ）に水平に張り、各線とも 12W/m の同一の電力を供給しそれらの表面温度を測定した。なを各電熱線の抵抗値（ Ω/m ）は、ニクロム 0.372 、カーボン 560 、ブレード 858 であった。温度測定は次の2点で行った。それらは①被覆線表面②裸線表面、すなわち被覆を削り取った表面。その結果をTable.1に示す。この結果によると、ニクロム線の被覆による温度差（ ΔT ）は非常に大きい。

4. ΔT のモデル計算

電熱線の半径を裸線 r_2 と被覆線 r_1 とすると、裸線の表面温度 T_1 と被覆線の表面温度 T_2 の差 ΔT と供線電力（ Q ）の関係は(2)式によって示される¹⁾。

$$Q = \frac{2\pi\lambda}{\ln(r_2/r_1)} \cdot \Delta T \text{ ----- (2)}$$

(2)式に一定供給電力 12W/m 一定とし、被覆材の $\lambda = 0.3\text{W/m}\cdot\text{K}$ とした場合の計算で得られた理論値を $\Delta T'$ としてTable.1表中に併せて示した。この結果、実測値と理論値は良く一致していることが分かる。

5. 融雪ブロックの恒温槽試験

ブロックの構造は、コンクリート製30cm角、厚さ5cm、下部2cm発泡ポリスチレン張りの全厚さ7cm。コンクリートの厚さ方向の中心部（表面より深さ方向2.5cm）に各種電熱線を埋め込んだ。すなわち①抵抗値の小さいニクロム線は全長2m、ピッチ5cm、②カーボン線及び③ブレード線は全長1m、ピッチ10cm。なお温度測定は、ブロック中心、ブロック表面及び裏面で行った。恒温槽温度は-1℃及び-5℃とし、通電5h後の温度をTable.2に示した。この場合供給電力は18W/0.09m²（200W/m²）一定とした。この結果表面温度が最も高かったものは③ブレードで、つぎは②カーボン、最も低かったのは①ニクロムで、③と①の温度差は約3℃に達した。

6. 考察と結論

Joule's Law に従えば、同一構造の融雪ブロックに、同一方法で電熱線を埋め込んで通電した場合、Joule 熱は同一であることにより、ブロック表面温度も同一であるということが通念であった。しかしながらこのように電熱線の種類が異なると、同一供給電力がありながらブロック表面温度に約3℃もの相異がみられた。

理論的な検討により次のことが明らかになった。

- ①電熱線の固有抵抗値が低いと、当然裸線径は細くなる。
- ②裸線径が細いと、当然ながら同一電力で裸線の表面温度は高くなる。
- ③裸線の温度が高いほど、被覆厚さも当然厚くなろう。
- ④電熱線の固有抵抗値が高いと、裸線径は太くなる。
- ⑤裸線が太くなると、同一電力で裸線の表面温度は低くなる。
- ⑥裸線の表面温度が低いと、被覆厚さも薄くすることができよう。
- ⑦被覆厚さが薄くなると、被覆材料による温度低下が小さくなる。
- ⑧計算の結果被覆材料の厚さによる電熱線表面温度に与える影響は非常に大きいことが明らかになった。
- ⑨電熱線表面温度が低くなると、ブロック表面温度もほぼ同値で低下する。
- ⑩同一電力を供給する場合、電熱線は太いほど、被覆は薄いほど熱的に有利である。

参考文献 1) 甲藤吉郎：伝熱概論、育賢堂

Table 1 Surface temperature (°C) of heating elements stretched in air.

element	surface temp.		ΔT	
	bared	insulated	measured	calculated
Nichrome	34.7	26.7	8.0	8.1
Carbon	26.2	24.2	2.0	2.5
Blade	21.7	21.2	0.7	1.2

Table 2 Temperature (°C) of concrete blocks heated at a constant current 200W/m² in an isotherm chamber.

element	chamber temp. -1		chamber temp. -5	
	inner	surface	inner	surface
Nichrome	11.5	8.5	9.1	6.6
Carbon	13.8	10.8	11.2	8.9
Blade	17.8	13.0	15.2	10.6

交通障害から見た北海道の雪害発生状況について

○山形敏明, 苫米地司 (北海道工業大学), 加治屋安彦 (北海道開発局土木研)

1. はじめに

自然災害の中で、地震や水害などは一過性の破壊現象を示し、冷害や干ばつなどは被害対象が特定される。これに対して、雪は住民生活のあらゆる局面に関わり、雪害の発生は面的で広域的な性格を帯びていると言われている¹⁾。さらに、雪の多い地域は限定され、毎年のように冬期間にわたりその影響を持続的に及ぼしている。また、雪害の発生状況は、その素因である冬期間の気象条件(降積雪現象・風速・気温)の特性や社会的要因で大きく異なる^{2, 3)}。これらの雪害における広域性・社会性・持続性は、種々の自然災害の中で最も強い部類に入ると考える。

これまでの雪害に関する調査研究は、都市化によって発生してきた住宅地の雪処理に関する研究、交通網を維持するための道路の防雪対策に関する研究および電力供給を維持するための電線着氷雪に関する研究など個別現象を対象に実施されてきた^{4, 5, 6)}。しかし、前述の雪害の特性を考慮すると、個別現象を対象とした調査研究の他に広域性・社会性・持続性という総合的観点からの調査研究が重要と考えられる。これらの観点からの調査研究例をみると、38豪雪や56豪雪などが発生した特定年を対象に実施されているに過ぎず、継続的に取り組まれているのが現状である⁷⁾。

このような背景から、本報告は北海道を対象とした雪害の広域性、持続性について検討したものである。これらの結果をもとに、雪氷防災を考慮した都市計画・地域計画等を検討する基礎資料を得ることを目的としている。

2. 調査方法

雪害の広域性と持続性を検討するために、国道、鉄道、電力、航空、事故、臨時休校の6種の雪害発生状況を調査した。国道については、1971～1990年度まで20年間の北海道開発局開発土木研究所の国道規制に関する資料を用いた。

鉄道については、JR北海道輸送課の1977～1990年度の14年間における運休および遅延時間の資料を用いた。電力については、北海道電力配電部の1971～1990年度の20年間ににおける雪害に関する資料を用いた。

他に新聞の雪害事象記事を整理した。1971～1990年度の20年間の冬期間(12月、1月、2月、3月)を対象に、北海道新聞の縮刷版を用いて見出しの「災害、事件、事故、交通、運輸、情報、通信」の中から雪害事象記事を抽出した。なお、雪を原因とした交通事故は除いた。これらの抽出した記事を前述の6種に分類した。さらにこれらの雪害事象について北海道の気候及び北海道の気象を用い補充した。なお、文中の年度は当該年12月～翌年3月までとした。

3. 調査結果

3.1 雪害の発生状況

災害を伴う異常気象の発生回数を表1に示す。表は北海道の気象に記された「異常気象と災害」を整理したものである。表は記録された回数を示し、表中の地域表現は全道と、道北・道東・道央・道南の各地方、道内14支庁別に記録されたものを示す。表のように、全道的・ほぼ全道

表1 災害を伴う異常気象発生回数

年度	1支庁	2支庁	3支庁	4支庁	1地方	2地方	3地方	全道	合計
1971					1	2	1	2	6
1972	1				1	2		2	6
1973	2				3		2	1	8
1974		1			2	1		2	6
1975	2	1			3	1			7
1976	6	2					1		9
1977		1			1	1		3	8
1978	3				1			3	7
1979	3				1	1		1	6
1980	2	2		1	1		1	1	8
1981	2					1			3
1982	2				1	1			4
1983	4		1					1	6
1984	8	1	1	1		1			12
1985	7	2				1			10
1986	10	1							11
1987			1						1
1988									0
1989	1				1				2
1990	2		1		1				4

*「北海道の気象」による。

地方とは道北・道東・道央・道南を示し、支庁とは道内14支庁を示す。

的に被害を及ぼした回数の多い1970年代と、局部的被害が繰り返された1980年代に大別できる。次に、北海道における1971～1990年度の雪害の発生件数の推移をみると図1となる。なお、件数は国道については北海道開発局、電力については北海道電力の資料の件数を用い、その他については新聞の掲載記事数を件数として用いた。図のように雪害発生状況は1977年度を境に大別できる。1977年度以前の雪害発生総件数は400件を越す年度もあり、比較的に発生件数は多い。これに対し、1978～1986年度では、発生件数が300件以下に減少している。1987年度以降では100件前後まで減少しているが、表1にみられるように1987年度以降は異常気象発生回数は少なく、さらに1986年には鉄道の大規模な路線廃止が行われている。国道において同一日に複数箇所にとわって雪害による通行止めが発生した年度別件数を表3に示す。表のように2～4件では年度によるバラツキがみられるが、5～9件、10件以上のいずれかは1988年度を除く全ての年度で数回発生している。また、5～9件の発生日のほとんどと10件以上の発生日の全ては、前述の「異常気象と災害」に記録されている。雪害発生件数全体では、調査対象の20年間で減少傾向にあるが、国道の複数箇所にとわたる通行止めにみられるように比較的中～大規模な雪害は寡雪年を除き、ほぼ毎年発生している。これらから、異常気象による雪害発生状況は大きく変化していないことが分かる。また、国道の雪害による通行止め状況は、道内雪害の規模を知る上での目安の一部となる。

3.2 雪害の広域性と持続性

雪害の広域性を検討するため、前節で比較規模が大きいとみられる、国道の通行止めが同一日に10件以上発生した状況（以下、通行止め10件以上という。）を表4に示す。表には通行止めの開始年月日、件数、通行止め路線上の市町村数および被害地域（北海道の気象による。）を示す。表のように一日での件数では、1978年3月1日が41件と最も多く他は10～20件となっている。ただし、1880年3月10、11日及び1991年2月16、17日は通行止め10件以上の日が連続

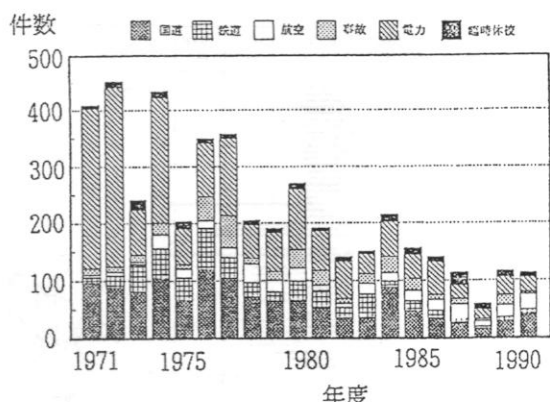


図1 雪害発生件数

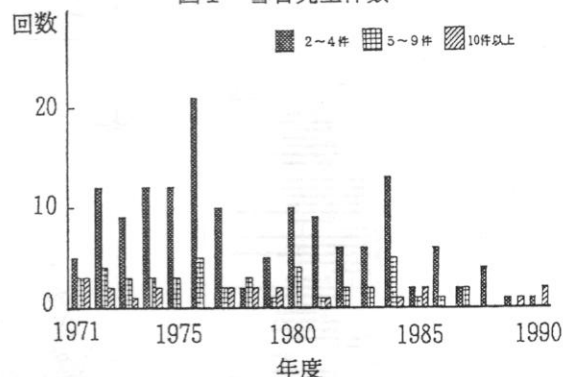
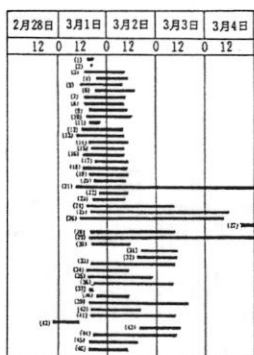


図2 国道の通行止めが同一日に複数箇所にとわたって発生した年度別回数

表2 国道の通行止めが同一日に10件以上発生した状況

年度	開始年月日	件数	通過市町村数	被害地域
1971	72.02.14	13	21	全道
1971	72.02.27	20	36	全道
1971	72.03.02	12	31	道東・道北
1972	73.02.01	11	25	道北・道央
1972	73.02.07	10	24	全道
1973	74.01.25	17	35	全道
1974	75.01.17	16	40	道東・道北
1974	75.03.31	10	18	道北・村々
1977	78.03.01	41	72	全道
1977	78.03.11	10	25	全道
1978	79.02.06	16	17	全道
1978	79.03.31	22	41	全道
1979	80.03.10	18	45	全道
1979	80.03.11	17		
1981	82.01.19	11	20	道東・道北
1984	85.02.15	10	17	道・網・根
1985	86.01.14	15	15	道東・道央
1985	86.01.23	10	10	道・網
1989	90.03.13	20	25	道東
1990	91.02.16	14	35	道東・道南
1990	91.02.17	17		



し、共に両日を合わせると30件を越えている。また、通行止め路線が通過している市町村数をみると件数同様1978年 3月 1日が77市町村と最も多く、他の年度では約10～40市町村となっている。これら通行止め10件以上で件数及び通過市町村数が多かった1978年 2月28日、1880年 3月10、11日、1991年 2月16、17日の状況を図2に示す。

図のように1978年 2月28日からの通行止めは22路線46件(延べ 1331.59時間)であった。当日 1日の開通が4件、翌日 2日の開通は25件、3日以降の開通は11件であった。また、272号線釧路町上別保～中チャンベツ、243号線美幌町古梅～弟子屈町和琴の通行止めは一時開通はあったが6時間後には再び通行止めとなっている。この時の通行止め発生地域は、図に示すように道北・道東地域と道央・道南地域の大きく2つのブロックで発生している。またこの間、鉄道は5線区2210本の列車が運休、航空は釧路、千歳で133便が欠航、臨時休校は、全道の小・中・高校合わせて(以下同じ)350校であった。郵便は130万通、小包2万個が影響を受けた。

3日には札幌の2大学で入試時間が繰り下げられている。4日には北見市で吹雪のため行方不明になっていた老女が凍死で発見されている。また、4日以降全道各地で10件の落雪事故が発生し死者4名、負傷者9名となっている。

次に、1880年 3月10日からの通行止めは、19路線36件(延べ 1091.76時間)であった。当日開通は10日が2件、11日が1件、12日が1件であった。開通が翌日まで至った件数は18件、3日間以上は14件に及んだ。一時開通後、再び通行止めとなったのは273号線滝の上町滝奥～紋別市渚滑区間であった。この時の通行止めは道北・道東地域の海岸線及び内陸部と道央地域で発生している。この間、鉄道の運休は12線区1029本、航空は千歳・丘珠・釧路・稚内で計175便が欠航、臨時休校は1013校となった。郵便40万通、小包7千個に影響を及ぼした。ほかに、吹きだまりによる自動車の立ち往生が3件、漁船被害18隻、建物損壊12件、吹雪による行方不明死者1名、雪崩1件、落雪事故3件負傷者4

名、札幌市東区では交通途絶のため陸の孤島となる等の被害が発生している。

1991年 2月16日からの通行止めは15路線31件(延べ757.25時間)であった。当日開通は16日が1件、17日が4件であり、翌日開通の件数は20区間、3日間以上は6件であった。この時の通行止め発生地域は道東地域に集中している。この間、鉄道130本運休、航空は千歳・丘珠他で計169便が欠航、臨時休校は365校、建物損壊113件、船舶の被害46隻、床上・下浸水44件、雪崩3件負傷者1名、吹雪による行方不明死者1名となっている。

これらのように、雪害の発生は広域的であり、多方面に渡り多大な影響を及ぼす。また、その影響は2～3日以上に及ぶことが明らかとなった。

4. まとめ

近年北海道において重層ネットワーク構造の形成と都市田園複合コミュニティの展開が図られている。これらの計画実施には高度な交通、情報・通信ネットワークが要求される。高次都市機能を全国に展開する方向に伴い、地方中枢・中核都市の重要性和生活行動の広域化に対応した地域環境の整備は通年化への対応が要求される⁸⁾。本結果から、北海道の雪害は広域的に発生し、その影響は継続的に多方面に及ぼしている。また、雪害の発生は、寡雪年を除きほぼ例年、中規模以上の被害を及ぼし発生している。これらは、北海道の都市計画、地域計画においては雪氷防災計画を考慮した見直しが重要であることを示すものである。

参考文献

- 1) 沼野夏生著：近未来技術 雪害 都市と地域の雪対策、森北出版発行、1987年
- 2) 石川信敬他3名：北海道における雪氷寒冷災害の原因、その対策及び利雪(寒)の現状について、日本雪氷学会誌 雪氷47巻3号、pp.111～123、1985年9月
- 3) 沼野夏生：雪と地域社会、地学雑誌Vol.98, No.5 (899)、pp.126～140、1989年
- 4) 大垣直明他3名：北海道における住宅地の雪処理システムに関する研究、昭和63年～平成2年度文部省科学研究費一般研究(B)研究成果報告書、pp.8～9、1991年4月20日
- 5) 石本敬志他3名：道路防雪林による吹雪時の視程障害緩和効果、土木試験所報告、pp.2～16、1980年
- 6) 中野友雄：北海道における電力技術の課題、電気学会誌Vol.97No10、pp.841～848、1977年
- 7) 日本建築学会編：昭和56年雪害被害調査報告、日本建築学会発行、昭和56年12月1日
- 8) 北海道開発庁編：第5期北海道総合開発計画、大蔵省印刷局発行、昭和63年6月

屋根葺き材と雪氷体との凍着力について

○苫米地 司（北海道工業大学），山口 英治（太陽工業（株））

1. はじめに

近年では、青森県や秋田県などの積雪寒冷地域に大スパン膜構造物が建設されている。この場合、屋根材に使用されている膜材はわずかな積雪でも透光性が失われるため、屋根雪の処理方法が大きな問題となる。現状では、融雪させながら滑雪させる方法を採用しているが、膜構造物を対象とした屋根雪処理に関する基礎的な研究例が少ないため、前述の問題への対応は十分とはいえない^{1)・2)・3)・4)}。

このような背景から、本研究では膜材上の雪氷体に作用する力の中で最も大きい凍着力の性状を明らかにし、この凍着力を軽減するための方法を恒温低温室内で検討した⁵⁾。これらの結果をもとに、大スパン膜構造物における屋根雪処理システムを確率することを目的としている。

2. 測定方法

2-1 凍着力実験

(1) 実験装置

図1に凍着力実験装置の概要を示す。図に示すように融雪用のヒーターを取り付けた傾斜台は、ハンディウインチを巻き上げることによって任意に角度を設定できる。ヒーター部分は図2に示すパネルヒーターを使用した。パネルヒーターの仕事率は、変圧機（レギュレーター）で電圧を変化させることにより任意に設定できる。さらに、パネルヒーターの熱損失を抑えるため、図に示すようにパネルヒーター下部に発砲スチロール25mmを取り付けた。なお、温度変化に対して抵抗を一定に保つため、発熱源にマンガニン線を用いた。

(2) 測定方法

凍着状況は、傾斜台を水平な状態にして雪氷モデルを置き、パネルヒーターを設定電圧 30V で発熱させ雪氷モデルと膜の界面に融雪水を発生させ、次に所定の時間経過した後（-10℃：1

1分、-5℃：8分、-2.5℃：7分）にパネルヒーターの発熱を止め、雪氷モデルを3時間凍着させた。その後、滑車を付けミハエリス曲げ試験器の載荷装置を用いて雪氷モデルを引っ張り、剥離させて温度別の凍着力を測定した。

(3) 凍着力の算出

実験の測定結果から凍着力 F_a (kg/m^2) の算出は、下式から求めた。

$$F_a = (G - W) / A$$

G ：剥離を起こしたときの重量 (kg)

W ：自重 (kg) A ：雪氷モデルの接触面積 (m^2)

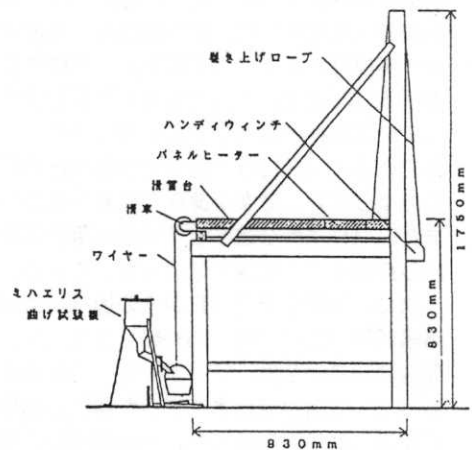


図1 融雪・滑雪，凍着力実験装置

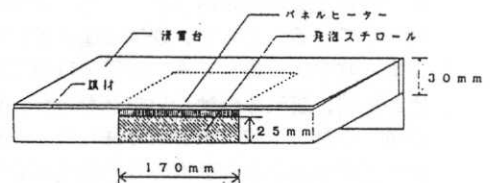


図2 ヒーター部分拡大図

(4) 実験シリーズ

実験シリーズを以下の表1に示す。実験は、表に示す投入電圧、温度条件、積雪重量の条件を変え9種類実施した。

(5) 低温恒温室

冬期間の温度を想定するため、滑雪装置を恒温室に設置した。恒温室は-30~+60℃まで温度変化が可能で、温度調節幅は±0.5℃である。この恒温室を使用することにより安定した温度条件を得ることができる。

(6) 雪氷モデルの選定

一般に屋根葺材に長期間接する旧雪の状態は、変態、融解及び凍結により氷粒状のざらめ雪、クラスト状、氷板状など多結晶で氷にほぼ近い状態にある⁵⁾。従って、本研究では図3に示すように氷モデルで実験を行った。なお、基本的に雪氷モデルは各実験同一のモデルを使用した。

2-2 融雪・滑雪実験

(1) 実験装置

融雪滑雪実験装置は、図1に示すように凍着力実験装置と同様の装置を使用した。

(2) 測定方法

凍着力実験と同様に所定の時間凍着させた後、傾斜台を設定角度までハンディウィンチを巻き上げ、雪氷モデルが滑雪するまでパネルヒーターを発熱させた。同時に、滑走するまでの温度状況、投入熱エネルギーの所定時間を測定した。

(3) 投入エネルギー量の算出

膜面に与えられたエネルギー量 Q_{sn} (kcal) は次式から求めた。なお、本研究では、熱損失量は極微量であるため考慮しないものとする。

$$Q_{sn} = (V^2/R) \cdot t/J$$

V: 電圧 (V) R: 抵抗 (Ω)
t: 時間 (S) J: 4.19 (J/cal)

(4) 実験シリーズ

融雪滑雪実験シリーズを以下の表1に示す。実験は、表に示す温度条件、積雪重量、滑雪角度、投入電圧の条件を変えて、33種類実施した。

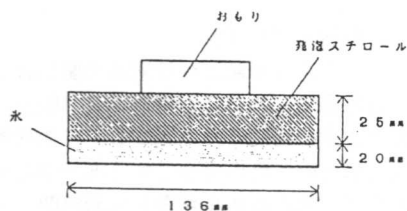


図3 雪氷モデル

電圧 (V)	積雪重量 (Kg/m ²)	角度 (°)	温度(℃)		
			-2.5	-5.0	-10.0
20	20	20	●	●	●
		10	●	●	●
	40	20	○	○	○
		30	●	●	●
		40	●	●	●
		20	○	○	○
	80	20	○	○	○
		120	●	●	●
30	40	160	○	○	○
		20	○	○	○
		30	●	●	●
		40	●	●	●
40	40	20	○	○	○
50		20	○	○	○

注) ●: 融雪滑雪実験 ○: 融雪滑雪実験および、凍着力実験
約3時間凍着させると、室温とほぼ同温となるため凍着時間を3時間とした。

それぞれの電圧を、エネルギー投入速度に置き換えると以下のようになる。

20v: 0.11kcal/m²・s 30v: 0.25kcal/m²・s
40v: 0.45kcal/m²・s 50v: 0.70kcal/m²・s

表1 実験シリーズ

3. 実験結果

3-1 凍着力実験

これまでの研究によれば、滑雪抵抗力は「凍着力+静摩擦力」となるが静摩擦力が極微量であるため、滑雪抵抗力の大部分が凍着力であることが指摘されている⁶⁾。従って、滑雪の有無は凍着性状に大きく影響を受けることになる。これらの凍着性状を温度条件や積雪重量などを変えて検討すると、以下ようになる。図5に凍着力と温度との関係を示す。図のように、凍着力はいずれの積雪重量においても温度の増加に伴い減少する。この減少傾向をみると、設定温度-5℃以下では温度の増加に伴い緩慢な減少傾向を示す。これに対し、-5℃を超えると温度の増加にともない急激な減少傾向を示す。さらに、いずれの温度条件においても積雪重量 40kg/m²の場合と積雪重量160kg/m²の場合との凍着力の差が100kg/m²前後の値となる。これらの結果から判断すると、凍着力は温度と積雪重量に大きく影響を受けている。

3-2 融雪・滑雪実験

投入エネルギー量と積雪重量の関係は、いずれの設定温度においても積雪重量 40kg/m^2 までは積雪重量の増加に伴い減少し、この積雪重量を超えるといずれの場合でもほぼ一定の値を示す。図6に、投入エネルギー量と凍着時間との関係を示す。図のように、投入エネルギー量は凍着時間が長くなるに伴い増加する。この増加傾向をみると、いずれの温度においても凍着時間3時間までは急激な増加を示すが、凍着時間3時間を超えるとほぼ一定の値を示す。各設定温度別に投入エネルギー量をみると、設定温度が低いほど投入エネルギー量を多く必要とする。

図7に、投入エネルギー量と温度との関係を示す。図のように、設定温度の低下に伴い投入エネルギー量が直線的に増加するが、各設定温度ごとの滑雪角度別の投入エネルギー量をみると、ほぼ一定の値を示す。なお、滑雪角度 10° では、融雪水による吸着現象を受け滑雪しない場合もみられた。したがって、融雪滑雪を行う場合には滑雪角度 20° 以上を必要と考える。

図8に投入エネルギー量と 1m^2 当たり1秒間与える熱量（以下「エネルギー投入速度」という）との関係を示す。図のように、 -2.5°C で $0.11\text{kcal/m}^2\cdot\text{s}$ 前後、 -5°C で $0.18\text{kcal/m}^2\cdot\text{s}$ 前後、 -10°C で $0.25\text{kcal/m}^2\cdot\text{s}$ 前後で、投入エネルギー量は最も低い値を示し、この値を超えると投入エネルギー量は増加する。すなわち、この値がエネルギーを与える場合の分岐点になると考える。各温度の分岐点を結ぶと図中の式 $Q_{sn}=520\cdot Q_v$ となる。さらに、各温度ごとの増加傾向を示すと図中の3式になる。したがって、これらの関係を明らかにすることにより、温度変化に対応した効率のよい屋根雪処理のエネルギー投入速度を得ることができる。

4. 本実験からの提案

一般に、外気温がプラスの範囲では、投入エネルギー量は少ない。マイナスの範囲では、投入エネルギー量は多くなり、過剰な融雪水が発生し、氷堤を形成し滑雪しにくくなる危険性がある²⁾。これらを考慮し、エネルギー投入方法を提案する

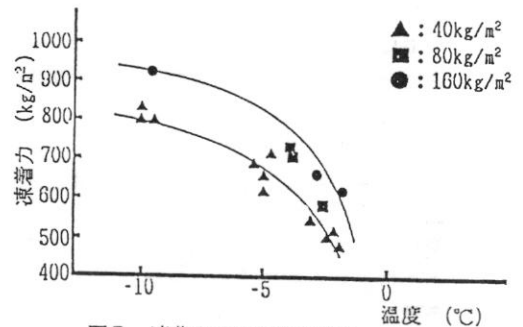


図5 凍着力と温度との関係

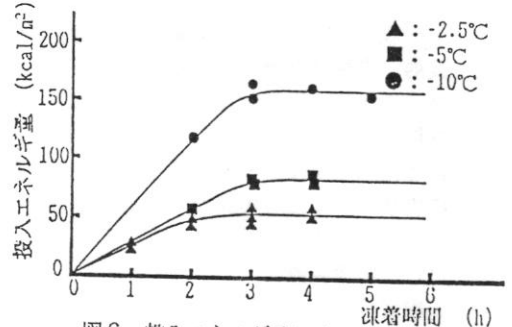


図6 投入エネルギー量と凍着時間との関係

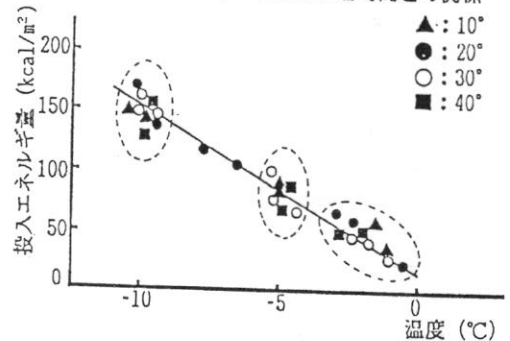


図7 投入エネルギー量と温度との関係

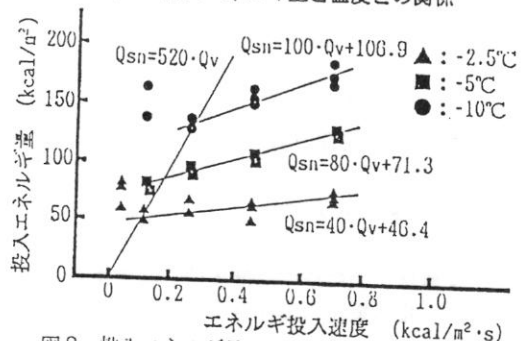


図8 投入エネルギー量とエネルギー投入速度との関係

と以下ようになる。

4-1 エネルギー投入法の推定

図8に示す直線回帰式の係数および定数と温度との関係を見ると図9となる。ここで、直線回帰式の係数をA、定数をBとする。図のように、温度の低下に伴いA及びBは増加傾向を示し、図中の各々の式で近似できる。

前述までの本実験結果と既往の研究より、投入エネルギー量は温度とエネルギー投入速度の影響を大きく受けるが、滑雪角度 20° 、積雪重量 40kg/m^2 以上になると、滑雪角度と積雪重量による影響は少ないことが明らかとなった。これらの要因を考慮し、滑雪角度 20° 、積雪重量 40kg/m^2 の条件で、エネルギー投入法を検討した。

エネルギー投入速度 Q_v は以下に示す式 (1)、(2) の連立方程式により推定可能である。

$$\begin{aligned} Q_{sn} &= 520 \cdot Q_v & (1) \\ Q_{sn} &= A \cdot Q_v + B & (2) \end{aligned}$$

$$\text{ただし, } A = 11.0 \cdot 0.157^{1.36T} \quad (3)$$

$$B = -7.93 \cdot T + 28.6 \quad (4)$$

$$\text{よって, } Q_v = B \cdot (520 - A)^{-1} \quad (5)$$

Q_{sn} : 投入エネルギー量 (kcal/m^2)

T : 温度 ($^\circ\text{C}$)

Q_v : エネルギー投入速度 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{s}$)

A: 図9より求まる係数

B: 図9より求まる定数

前述の推定式から図10に示す、温度による等値線図が得られる。この式を用いて、融雪滑雪に最も有効な温度別のエネルギー投入法の推定が可能と考える。

5. まとめ

融雪滑雪処理方法は、融雪により屋根雪の移動を促して、滑雪処理するため供給熱量の面からみて経済的な屋根雪処理方法である。本研究では、膜構造物の屋根雪の処理方法として融雪滑雪制御システムを提案するため、低温恒温室内で室内モデル実験を実施した。その結果、融雪滑雪システムのエネルギー投入法を検討するう

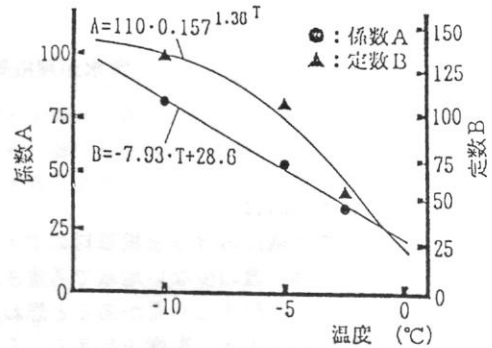


図9 係数A、定数Bと温度との関係

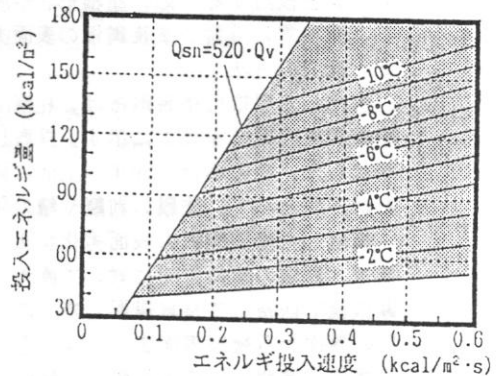


図10 温度における等値線図

えで最も重要となる投入エネルギー量およびエネルギー投入方法に関する資料が得られた。このことにより大スパン膜構造物における屋根雪処理が容易になると考える。従って今後、この融雪滑雪制御システムが確率されることにより、透光性の確保や雪荷重の軽減が可能となり、積雪寒冷地域における膜構造物の建設計画や設計を実施するうえで重要な基礎資料となると考える。

参考文献

- 1) 高橋 博・中村 勉: 雪水防壁 白亜書房 PP213~302 昭和61年12月
- 2) 渡辺 正昭・平井 和樹: 屋根葺材と屋根雪の摩擦に関する研究 (その1) 日本工学会誌 第3号, PP1~11, 昭和62年8月
- 3) 平澤 祐二: 膜構造物の融雪・滑雪性状に関する基礎的研究 北海道工科大学卒業論文 昭和63年3月
- 4) 渡辺 正昭・平井 和樹: 屋根葺材と屋根雪の摩擦に関する研究 (その2) 日本工学会誌 第9号, PP4~15 昭和63年12月
- 5) 横沢 正樹・寺尾 史彦・山口 英治: 屋根雪の滑雪性状に関する基礎的研究 北海道工科大学卒業論文 平成元年3月
- 6) 金田 隆・小山 喜弘: 大スパン膜構造物の滑雪性状に関する基礎的研究 北海道工科大学卒業論文 平成2年3月
- 7) 宮地 司・山口 英治・伊藤 敏幸・星野 政幸: 膜構造物の屋根雪処理に関する基礎的研究 日本建築学会論文報告集第426号 PP95~105 平成3年8月
- 8) 前田 博司: 金属板における積雪の滑落 日本雪水学会誌 第41巻 PP39~44 昭和54年9月

雪氷が屋根葺材の劣化に及ぼす影響について

伊東敏幸[○], 苔米地司, 星野政幸 (北海道工業大学)

1. はじめに

積雪地域における屋根葺材の主流である塗装溶融亜鉛めっき鋼板 (以下、塗装鋼板という) の劣化は、雪の少ない地域で考慮される劣化要因の他に、屋根雪の滑雪による表面劣化の要因を加えて検討する必要があると思われる。また、表面劣化に伴う表面粗さの変化は屋根雪の滑雪特性にも大きな影響を与える。そこで本研究は、屋根雪の滑雪が塗装鋼板の表面劣化に及ぼす影響を検討するため、屋根形状や屋根勾配の異なる住宅の屋根から劣化した塗装鋼板を収集し、屋根雪の滑雪が塗装鋼板の表面劣化にどの程度影響しているのかを評価した。

2. 研究の方法

劣化した屋根用塗装鋼板は、札幌市内で増改築を予定している住宅から採取した。採取した塗装鋼板の概要を表1に示す。採取した塗装鋼板の塗装系は、製造会社への問い合わせで明らかにした。この場合、20年以上前に葺かれているものは製品番号が明記されていないため塗装系は不明として、塗膜の剥離や錆の発生などから著しく劣化した葺材サンプルとした。

採取した塗装鋼板の表面劣化状態は塗膜の厚さと表面の粗さで評価した。塗膜厚さの測定方法は、屋根の傾斜方向に対して直角方向の切断面を耐水ペーパーで研磨仕上げして走査型電子顕微鏡で観察して写真撮影した。このネガフィルムを万能投影器で拡大投影して亜鉛鋼板と塗料の界面から塗膜表面までの深さを6箇所測定し、その平均値を塗膜厚さとした。

次に、塗膜表面の表面粗さを触針式粗さ測定器を用いて測定した。試料に10mm角の基盤目を記入し、任意な5つの柵目内の中心線平均粗さ(Ra)および10点平均粗さ(Rz)を測定した。測定は表面粗さの異方性を確認す

表1 劣化した試料の概要

る目的から、傾斜方向 (Y方向) とその直角方向 (X方向) について各々測定した。

3. 結果と考察

南方向へ傾斜している傾斜屋根における塗膜の厚さおよび測定した6点の標準偏差と経過年数の関係を図1に示す。塗膜の厚さは、劣化していない試料の厚さを1とした厚さ比で表している。図のように、塗膜の厚さ比は年数の経過に伴い徐々に減少し、偏差は逆に増加する傾向となる。また、屋根雪が滑雪し易い勾配45度は他よりも塗膜が薄くなっている。滑雪屋根における塗膜の厚さを部位別にみると図2となる。滑雪の影響を受けな

試料NO	経過年数	屋根形状	勾配(度)	塗装(色)	採取した部位
N-0	0	-	-	PG ^{*1} (青)	非劣化材料(JIS G 3312)
F-3	3	無落雪	6	PG (灰)	半2階建ての北西側1階屋根
G-5	5	切妻	23	PG (青)	2階屋根の南北両面, 上下両部, 棟部
G-8	8	切妻	20	PG (赤)	2階屋根の北西と南東側の中央部
F-8	8	無落雪	6	PG (茶)	半2階建ての北西側1階屋根
F-9	9	無落雪	13	PG (茶)	2階屋根の中央部より採取
FI-9	9	招き	60	PG (茶)	2階屋根の招き部分, 東, 西, 北面
G-9	9	切妻	11	PG (赤)	半2階建ての西側1階屋根, 南北両部, 上下両部
F-13	13	無落雪	9	PG (茶)	2階屋根の中央部
FI-13	13	招き	60	PG (茶)	2階屋根の招き部分, 東, 西, 南面
G-13	13	切妻	10	PG (茶)	半2階建ての南東側1階屋根, 中央部
G-R16A	16	切妻	11	*2 (青)	半2階建ての東側1階屋根, 南北両面, 上下両部
G-R16B	16	片流	12	*2 (青)	2階屋根の上下両部より採取
M-18A	18	腰折れ	15	PG (青)	2階屋根の緩勾配部, 上下両部
M-18B	18	腰折れ	45	PG (青)	2階屋根の急勾配部, 上下両部
G-24	24	切妻	18	不明(青)	2階建ての南側1階屋根, 中央部
G-25A	約25	切妻	45	不明(青)	2階屋根の南北両面, 上下両部, 破風部
G-25B	約25	切妻	23	不明(青)	2階屋根の南北両面, 中央部

*1 PGはポリエチレン樹脂光沢仕上げ。*2 9年前に合成樹脂塗料を再塗装した。

い棟覆いや破風覆いの塗膜は、その影響を多く受ける部位よりも厚い。特に試料 G-25A のような急勾配の場合は滑雪による外力が大きいため塗膜の摩耗が著しい。一方、積雪期間は雪が堆積している無落雪屋根の塗膜は、雪が堆積しない招き部分の塗膜よりも厚い。このように、積雪地域の落雪屋根では屋根雪の滑雪による塗膜の摩耗が塗膜厚さの減少に大きく影響している。

塗装鋼板の経過年数と中心線平均粗さ (Ra) の X 方向と Y 方向の測定平均値の関係を図 3 に示す。Ra は 5 年経過頃までは漸次に増加して初期の 3 倍程度となり、その後 15 年経過頃までは顕著な変化がみられない。さらに、塗膜が部分的に剥離して点錆が発生する経過年数 15 年頃を過ぎると急激に Ra が増加する傾向がみられる。滑雪屋根における部位と傾斜方向からみた表面粗さの特性を図 4 に示す。比較的に滑雪し易い 20 度以上の勾配で使用されていた劣化素材をみると、X 方向の Ra は上部よりも下部が大きく、Y 方向の Ra は上部よりも下部が小さくなる。一方、20 度未満の勾配であった劣化素材にはこの傾向がみられない。下部の X 方向が粗くなる要因は、屋根雪の滑雪に伴い塗膜面に付着していた砂塵が移動して微細な傷を発生させること、および氷板状となった屋根雪が劣化した塗膜に筋状の摩耗を生じさせることによると考えられる。下部の Y 方向が比較的平坦になる要因は、滑雪により塗膜表面の突出部が削り取られるためと考えられる。

なお、本研究は文部省の平成 3 年度科学研究費補助 (奨励研究 A) により行ったものである。

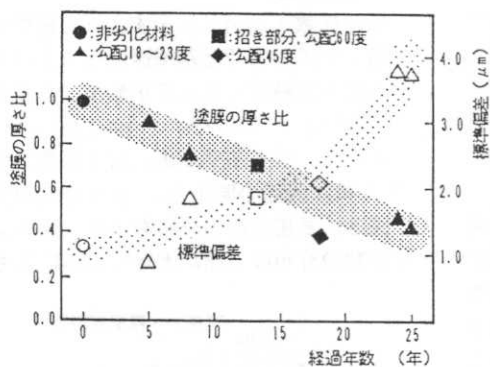


図 1 塗膜厚さの経年変化

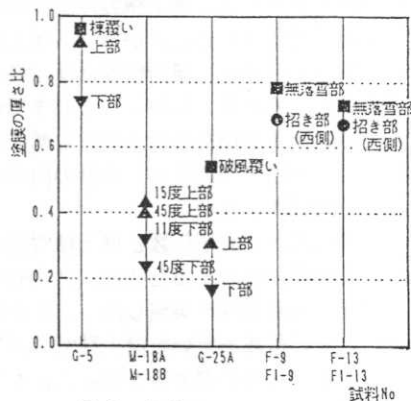


図 2 部位別にみた塗膜厚さ

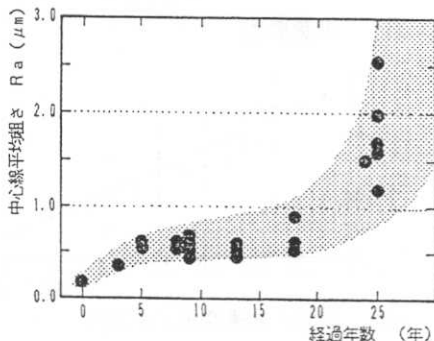


図 3 表面粗さの経年変化

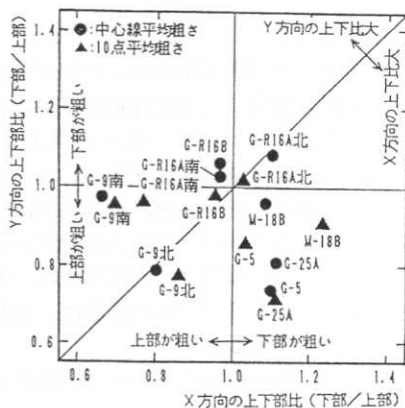


図 4 部位別にみた表面粗さ

風の諸性状と屋上積雪性状の関係について

○橋本 茂樹, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1. はじめに

近年, 北海道, 青森, 秋田県などの積雪寒冷地域に大規模な屋根を持つ構造物が建設されている。このような構造物を積雪地域に建設する場合, 屋上積雪荷重の評価が大きな問題となるが, その基礎資料は著しく不足している状況にある。

一方, 大規模屋根に作用する風荷重は, 風圧係数として風洞実験から求められている。さらに, 建物周辺の風の流れに関する研究の蓄積も多く, 建物に作用する風に関する風洞実験も多く行われている¹⁾。屋根の積雪形状に関する既往の研究をみると, 屋上積雪は風の影響を大きく受けて形成されることから²⁾, 屋上の積雪状況と風圧係数などの風の情報には密接な関係があると考えられる。しかし, これまでの研究では, 風に関する研究と屋上積雪に関する研究はそれぞれ単独で実施され, 両者の関係を詳細に検討した例が少ない。

本研究では, 風圧係数と屋上積雪性状との関係を実験的に検討するために, 2次元矩型模型を用いた屋外実験を実施した。これらの結果を基に, 風の情報を用いた屋上積雪の評価方法を検討するための基礎資料を得ることを目的としている。

2. 実験方法

実験は, 北海道工業大学3号館屋上で実施した。実験に使用した2次元矩型模型は, 図1に示すようにスパン/高さ比 L/H を3として(幅1800mm, 長さ900mm, 高さ300mm)コーティングパネルで作製した。風速および風向は模型上部の風上側に取り付けた3杯型風速計および風向計で測定した。模型は, 恒風方向に一致するように屋上床面から750mmの位置に, 水準器を使用して水平に設置した。

模型上の積雪深は模型上の中央線上を50mm間

隔に1mm単位で測定した。模型上の積雪分布は積もり係数 R (模型上の積雪深/地上積雪深)で検討した。積もり係数を算出する際の地上積雪深は模型の風上側に500×300×200mmの木製の箱を置き, その中の積雪深の平均値とした。風圧力は, 内径3.5mmの風圧測定用チューブを模型上の中央線上の端より15mmの位置から30mm間隔に取り付けて, 屋内の風圧計に接続して測定した。なお, 風圧力を算出する際の基準圧は屋内に設置した基準ボックス内の圧力とした。

3. 結果及び考察

3.1 風圧係数

風圧係数 C は図2に示すように模型上の点で測定した風圧力 P と基準速度圧 q との関係から得られる回帰式によって求めた。ただし,

$$P = C \cdot q \quad P = P_1 - P_s \quad q = (1/2) \rho V^2$$

ここに, V : 基準風速, P_s : 基準静圧,

P_1 : 模型表面の風圧力, ρ : 空気密度

図3に風圧係数の分布を示す。図のように風圧係数の分布は X/H が大きくなるにともない圧

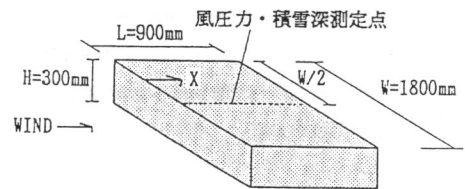


図1 実験模型

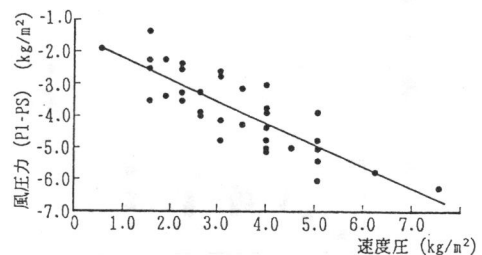


図2 風圧力と速度圧との関係

力が回復する傾向を示す。実験時の風の乱れなどによるバラツキはみられるが、各風速条件における風圧係数の推移状況は近似している。

3.2 積もり係数

模型上の積もり係数の分布と降雪時の平均風速との関係を見ると、図4となる。なお、平均風速は降雪時に10分間隔にサンプリングした風速を平均した値とした。図のように、風速1.4, 2.8, 3.8m/sの積もり係数の分布は $X/H=0.7$ 付近でやや吹き払い現象がみられ、この領域を過ぎると緩やかな増加傾向となり、 $X/H=2$ 付近を過ぎると徐々に減少する。風速6.6m/sでは風が強いために吹き払われ、測定点の多くは積もり係数0となる。このように、積もり係数の値や分布状況は風速に大きく依存しており、風速が大きくなるほど積もり係数の値は小さくなり、その分布状況も変化する。なお、実験中の外気温は $-0.8 \sim -10.5^{\circ}\text{C}$ と雪粒子が付着しづらく、移動しやすい状況にあった³⁾。

3.3 積もり係数と風圧係数との関係

風圧係数と積もり係数との関係を見ると、図5となる。なお、図の値は積もり係数のバラツキが大きい模型の風上側、風下側の両端部を除いた $X/H=0.5 \sim 2.5$ の区間において相関をとっている。図を見ると、積もり係数は風圧力が回復するのに伴い増加する傾向を示す。しかし、これらは風速別に対応しているに過ぎず、一元的な対応とはなっていない。この要因として風圧係数は風の強弱に関わらず一定の分布となるのに対し、積もり係数は風速の強弱によって、その全体的な値や分布状況が大きく異なるためと考えられる。すなわち、風圧係数の分布から積もり係数の定性的な推定は可能であるが、定量的な推定までは困難である。定量的な推定をするためには、雪の移動が風速に大きく依存していることから、風圧係数のほかに模型表面上の風速分布を考慮することが必要と考える。

4. まとめ

本実験結果から、風圧係数と積雪深分布との関係はほぼ対応していると考えられる。しかし、両者は一元的な対応とはなっておらず、模型の

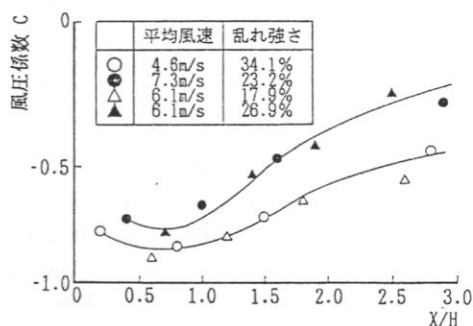


図3 風圧係数の分布

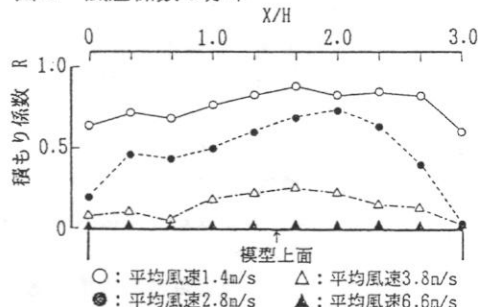


図4 積もり係数の分布と降雪時の平均風速との関係

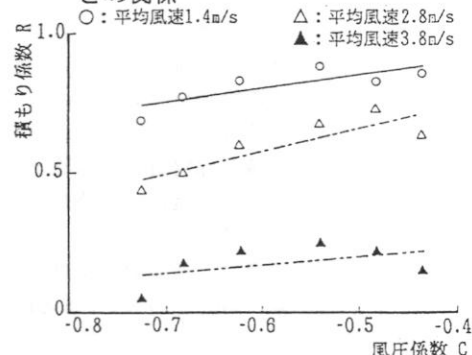


図5 風圧係数と積もり係数との関係

風上側、風下側ではそれらの分布状況は対応しているとはいえない。今後、これらのことを踏まえながら、模型上の表面風速などの検討を加えていくことが必要と考えられる。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説、付録4. 風洞実験、pp. 266-280.
- 2) 苔米地 司 他：屋上積雪評価方法に関する基礎的研究、構造工学論文集Vol. 328, pp. 49-62 (1986年3月).
- 3) 社団法人日本建設機械化協会：新編防雪工学ハンドブック.

除雪苦労度に影響を与える要因の分析

大垣直明、○小原優明（道工大）

1. 研究の目的と方法

本研究では、年々深刻になっている寒冷積雪地の住宅地に発生する雪処理問題に着目し、シミュレーションにより対象住宅地の除雪総量および除雪箇所別除雪量を算出し、住宅地内で発生する雪処理量を把握し、除雪量の大小および住民の除雪苦労度に影響を与える要因について分析することを目的としました。研究方法は次の通りである。

- (1)1987年に札幌市手稲地区で実施したアンケート調査¹⁾の対象5地区における個々の住宅129軒について除雪量をシミュレーションによって算出し、除雪量の大小に影響を与える要因について分析する。
- (2)1987年に実施した除雪苦労度に関する住民アンケート結果と(1)のシミュレーション結果とクロスさせ、おもに除雪の苦労度に影響を与える要因について分析する。

2. 除雪量の計算方法

(1)除雪時の積雪深の検討

今回、除雪すると仮定した積雪深は平均最大積雪深の1.2mである。これは最大積雪深以降、積雪深は減少し続けることから、これを除雪して積み上げたものと人力による除雪圧密0.7と考えたとき、降雪毎の除雪量を総和したものと体積で等しくなる。このことから除雪時の積雪深の値として札幌市手稲地区における過去10年の平均最大積雪深である1.2mを採した。

(2)除雪箇所の設定

除雪には大きく分けて個人が人力で行う除雪と機械による道路除雪とがある。その時の雪の圧密はそれぞれの除雪量が1.0(人力除雪)、0.6、0.7(道路・歩道)に圧密されると仮定した。また除雪部位の設定については、1987年に行ったモニター調査によって実際に行われている除雪行為・箇所等から設定した。除雪部位は以下の通りである。(図-1)

①アプローチ確保除雪量は、道路面から玄関までの距離×幅1m×1.2m

②駐車スペース除雪量は、道路から車庫までの距離×幅3m×1.2m

③敷地外除雪量は、通路幅および車庫幅×((道路幅-4m)÷2)×1.2mと通路・車庫幅×2m×1.2m×0.6を加えたものとした。(おもに機械除雪によって道路端にかき分けられた雪)

④落雪により窓に雪がかかる場合の採光確保除雪は、外壁から幅1m×窓幅で除雪する。

⑤④のための通路確保除雪量は、除雪が必要な窓までの距離×幅1m

⑥自然積雪により窓にかかる場合の採光確保除雪は、外壁から幅1m×窓幅で除雪する。

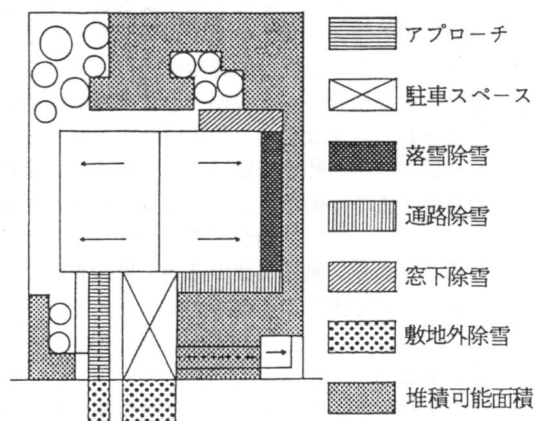


図-1 除雪部位の設定

(3) 落雪屋根の落雪量の計算方法

落雪屋根の落雪形状は中村式²⁾を修正し計算した。修正の主な理由は、気象条件の違いから雪質が違う。屋根に積もった雪の40%が吹き飛ばされるなどが他の研究結果から明らかになっていることなどを考慮して修正した。

(4) 堆積可能面積の設定

堆積可能面積の設定は外壁から1m以上離しG Lから2m(自然滑落屋根の落雪部分も含む)までを最大堆積量とする。植栽などがある場合にも原則として1mの幅があればその部分も堆積可能面積に含める。

1) アンケート調査の概要は以下の文献参照。

大垣直明、苫米地司「札幌圏における除雪行動の構造に関する研究 その1. アンケート調査による除雪行動の分析」(第5回雪工学シンポジウム論文報告集)

2) 落雪形状を示す中村式は以下の文献参照

中村秀臣「落雪した屋根雪の堆積形状」(日本雪氷学会機関誌「雪氷」、40巻1号)1987

この式は山形県新庄市における形状式であるために、札幌市手稲区の状況に合わないので修正した。詳細は以下の文献参照。

大垣直明、苫米地司「札幌圏における除雪構造に関する研究 その3. 除雪シミュレーション」第8回日本雪工学大会大会論文報告集、1992.1

2. 除雪量の大小に影響を与える要因の分析

除雪量の大小は道路位置・道路幅員・敷地面積・建ぺい率・車庫形態・アプローチの長さなどの住戸計画の要因によって影響を受けると考えられる。そこで除雪箇所ごとに上記の要因別の除雪量の平均偏差を求め、その傾向を分析する(表-1)。分析結果の概要は次の通りである。

- ・アプローチ除雪量は全体的にみると各要因とも偏差が小さいが、道路位置・アプローチ長さに影響を受けている。これは道路位置によってアプローチ長さが大きく変化するためである。
- ・駐車スペース除雪量に影響を与える要因として、車庫形式が最も重要である。これは車の有無および車庫の有無が大きく関係している。また道路位置でみると道路の北側では車庫を敷地境界に設けられるが、南側では車庫組み込みになる場合が多いため敷地より1m以上後退するため除雪量が増大する。
- ・敷地外除雪量は駐車スペース・アプローチ確保のための道路上の除雪であるため、道路幅員が大きな影響を与えている。
- ・落雪除雪量は屋根形態で偏差が大きい。これは無落雪屋根と落雪屋根の落雪除雪量の差が極めて大きいためである。しかし、平均除雪量は7.2㎡であり、除雪総量の15.8%である。一般的に多量に発生すると考えられている屋根雪の処理量よりも、日常的な除雪量の方が比率が高い。

表-1 除雪箇所別除雪量と要因との関係

除雪箇所 要因	日常除雪			非日常除雪	
	アプローチ	駐車スペース	敷地外除雪	落雪除雪	窓下除雪
道路位置	△	○	△	○	△
道路幅員	×	×	△	×	×
敷地面積	×	△	△	○	△
車庫形式	△	◎	△	△	△
アプローチ長さ	△	△	×	○	△
屋根形態	×	△	○	◎	△
建ぺい率	×	×	△	△	×
平均除雪量	6.8㎡	10.0㎡	15.9㎡	7.2㎡	5.8㎡

×…平均偏差 2.0未満

△…平均偏差 2.0～5.0

○…平均偏差 5.0～8.0未満

◎…平均偏差 8.0以上

・窓下除雪量は全体的に各要因ごとの偏差が小さい。これは住宅地全体で平均的に除雪量があるためである。今回のデータには含まれていないが窓の位置・高さが大きな影響を与える。

3. 除雪苦労度に影響を与える要因の分析

除雪苦労度に影響を与える要因として、除雪量・除雪箇所・排雪場所の有無、距離などの物理的要因と、年齢・家族構成などの属性要因があげられる。

先に実施したアンケート結果と今回計算した対象地区の除雪量のデータから、除雪苦労度に影響を与える要因の分析した。

(1) 除雪総量

- ・グループⅡ、Ⅲを除けば、総じて除雪総量と除雪苦労度は比例関係にある。また除雪量が30㎡以下の場合「我慢できる」、60㎡以上の場合「非常に苦労」と感じる比率が高くなる。

(2) 世帯主年齢

- ・グループⅡは、除雪量が30㎡以下比較的少ないが、除雪苦労度は「非常に苦労」と感じている。これは年齢層が高齢であるため、除雪量が少量でも苦労と感じる比率が高い。
- ・グループⅢは、除雪量が60㎡と多いが、17人中12人が40代以下の年齢層のため苦労と感じる比率が低くなっていると考えられる。

(3) 雪捨て場までの距離

- ・グループⅢは除雪量が60㎡以上と多いが、総じて年齢が若いことに加えて、排雪場所までの距離が近いため「非常に苦労する」と感じる比率が低くなっていると考えられる。

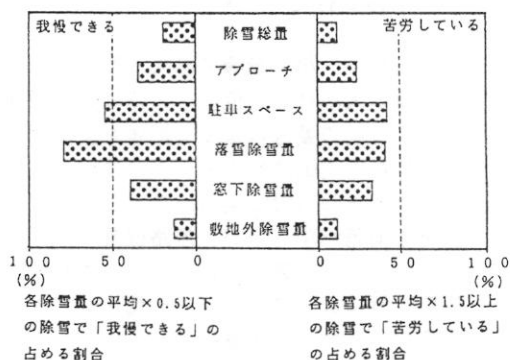


図-3 除雪箇所別の除雪労力評価

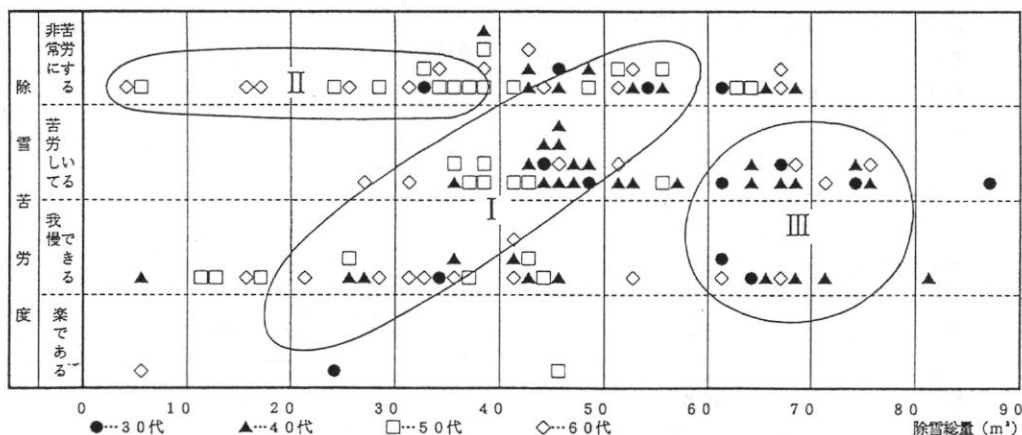


図-2 世帯主年齢別の除雪総量と除雪苦労度との関係

(4) 除雪箇所（図-3）

- ・ 駐車スペース確保のための除雪量と落雪除雪量の大小は「我慢できる」「苦労している」と考える両者ともに大きな影響を与えている。
- ・ 敷地外除雪量は、除雪箇所別の除雪量の中で15.9㎡と最も多い。しかし「我慢できる」「苦労している」と考える両者ともに比率が低い。

4. まとめ

- (1) 落雪除雪量は除雪総量の約15%を占め、降雪毎に行う日常除雪量は除雪総量の約70%を占めている。落雪除雪や窓下除雪の非日常除雪は、冬期間に数回行われる大掛りな除排雪であるため、除雪労力も大きく排雪場所の確保などが必要となる。また日常除雪は降雪の度に行わなければならない、冬期間の生活を営むために絶対的に必要なものである。従って冬の生活を楽しむためにも、日常除雪量を軽減することが除雪総量を軽減する上で重要である。
- (2) 除雪苦労度については、総じて除雪苦労度は除雪量の大小に関係がある。しかし、その他の要因である除雪箇所・排雪場所の確保などの物理的要因や年齢・家族構成などの属性要因によって大きく左右されることが明らかになった。これらのことから除雪苦労度を軽減するためには、住み手自身の諸条件や個々の住宅の敷地条件を把握し、それぞれに適した雪対策や雪処理方法をとることが重要である。

平成3年度事業報告

支部総会・研究発表会

日時：平成3年6月19日（水） 10：00－15：50

会場：北海道学術交流会館 第一会議室

- (1) 支部総会 10：00－10：30
- (2) 第1回理・幹事会 12：00－13：00
- (3) 研究発表会（発表件数19件） 10：35－15：50

- ①衛星画像に見られるオホーツク海の高氷と大気の特徴
榎本浩之、百武欣二、高橋修平（北見工業大学）
- ②1990～91年冬期の道北地方の積雪分布と化学成分の変動
藤原滉一郎（北大演習林）、佐藤冬樹、笹智一郎（北大天塩演習林）
- ③平成2年～平成3年冬期の札幌における平地積雪の特徴
尾関俊浩、秋田谷英次、白岩孝行（北大低温研）
- ④森林内における積雪分布
北原曜、中井裕一郎、坂本知己、斎藤武史（森林総合研究所北海道支所）
- ⑤アメダスデータに基づく北海道内の凍結－融解出現頻度分布について
福田正己（北大低温研）、岩崎一孝（北大文学部）
- ⑥苫小牧における土壌凍結深、凍上量と凍結指数の関係
石崎武志、原田鉦一郎、鳥田宏行、福田正己（北大低温研）
- ⑦根釧原野のアースハンモックにおける凍結深観測
曾根敏雄（北大低温研）
- ⑧大雪山および周辺低山地における永久凍土の分布
原田鉦一郎、福田正己、石崎武志、曾根敏雄（北大低温研）
- ⑨北見地方置戸町に見られる氷穴の観測
高橋修平、榎本浩之、沢田正剛、百武欣二（北見工大）、安達寛
（北見土質調査事務所）、福田正己（北大低温研）
- ⑩凍土層形成に対する物理探査の適用例－帯広畜産大学実験圃場の場合－
河内邦夫、武藤章、後藤典俊（室蘭工大）、高見雅三、和気徹
（道立地下資源調査所）、土谷富士夫（帯広畜産大学）
- ⑪膜材を用いた屋根の滑雪性状について
山形敏明、山田利行、中島肇、山口英治、橋本茂樹、苫米地司（道工大）
- ⑫膜材を用いた屋根の滑雪距離について
山口英治、山田利行、中島肇、橋本茂樹、山形敏明、苫米地司（道工大）
- ⑬膜材を用いた屋根における滑雪後の堆積性状について
橋本茂樹、山田利行、中島肇、山口英治、山形敏明、苫米地司（道工大）
- ⑭ガラス屋根用いた屋根の滑雪性状について
苫米地司、伊東敏幸、山口英治、橋本茂樹、星野政幸（道工大）
- ⑮非磁器がいしの着氷雪特性について
藤井裕（北海道電力総合研究所）
- ⑯北海道の冬期間における自動車の諸問題と現状

宮下義孝（北海道自動車短期大学）

⑰雪尺・樹木等のまわりの融雪凹みの成因について

小島賢治（中央区南9西17）

⑱耕地防風林の地吹雪捕捉機能と樹木の雪害について（第3報）――間伐及び裾枝打ちが雪丘形成に及ぼす影響について

斎藤新一郎、成田俊司（北海道立林業試験場）

⑲道路防雪林の成長経過について―道央自動車道札幌～岩見沢間の事例

斎藤新一郎（北海道立林業試験場）、上島勉（日本道路公団札幌建設局）

雪氷学会北海道支部30周年記念「雪氷調査法」の出版

平成3年7

北海道の雪氷第10号の発行

平成3年8月

支部講演会「冬と親しみ科学する」の開催

主催：日本雪氷学会北海道支部、（社）北海道開発技術センター

後援：日本青年会議所北海道支部会、寒地開発研究会、氷工学研究会

日時：平成4年1月10日

場所：ポルスター札幌4階シンフォニー 参加者100名

講演プログラム

- | | | |
|----------------|--------|--------|
| （1）「雪中キャンプの試み」 | 雪を考える会 | 十河 哲也氏 |
| （2）「国際雪合戦」 | 壮瞥町役場 | 谷岡 康德氏 |
| （3）「冬の野外活動」 | 札幌学院大学 | 佐々木 順氏 |

支部談話会「氷（雪）と道東の自然環境」の開催

主催：日本雪氷学会北海道支部

後援：釧路市、釧路市教育委員会、北海道教育大学、北海道新聞

釧路新聞、朝日新聞、釧路市博物館、環境庁くしろ湿原事務所

日時：平成4年2月8日

場所：北海道教育大学釧路分校 参加者：70名

講演プログラム

- | | | |
|----------------------------|--------------|-------|
| （1）氷（雪）と遊ぶ | 北海道大学低温科学研究所 | 秋田谷英次 |
| （2）氷とスポーツ | 北海道教育大学釧路分校 | 藤井英嘉 |
| （3）湖の氷は語る | 北海道教育大学釧路分校 | 東海林昭雄 |
| （4）氷がないと魚は困る？ | 釧路市立博物館 | 針生 勤 |
| （5）自然と生きる道東の人々に一酸性化する地球は今― | 北海道教育大学釧路分校 | 西尾文彦 |
| （6）参加型環境問題ネットワークを考える | 北海道教育大学釧路分校 | 酒井源樹 |
| （7）北海道の自然と教育 | 北海道教育大学釧路分校 | 矢作 裕 |

支部幹事会の開催

日時：平成4年3月19日

場所：北大低温科学研究所 3 階会議室

議題：1992年度日本雪氷学会全国大会の運営方針について

支部理幹事会の開催

日時：平成4年4月21日

場所：北農健保会館特別会議室

議題：平成3年度の事業会計報告、平成4年度の事業会計計画について

平成3年度会計報告

収入の部

費 目	予 算	決 算	差 額
前年度繰越金	55,328	55,328	0
本部交付金	410,000	717,500	307,500
出版物等売上げ	0	8,600	8,600
広告代金	30,000	85,000	55,000
預金利子	0	1,051	1,051
合 計	495,328	867,479	372,151

支出の部

費 目	項 目	予 算	決 算	差 額
事業費	講 演 会	45,000	36,160	8,840
	研究発表会	25,000	20,000	5,000
	地方談話会	100,000	87,740	12,260
	機関誌発行	80,000	177,160	△ 97,160
	小 計	250,000	321,060	△ 71,060
会議費	総 会	25,000	24,827	173
	理・幹事会	60,000	41,500	18,500
	小 計	85,000	66,327	18,673
事 務 費		130,000	146,468	△ 16,468
予 備 費		30,328	0	30,328
合 計		495,328	533,855	△38,527

収 入 額 867,479

支 出 額 533,855

333,624 --- 次年度繰越し

平成4年度支部事業計画

1. 事業計画

- 1) 研究発表会 平成4年6月10日(水) 北海道大学学術交流会館、第1会議室
- 2) 機関誌「北海道の雪氷」第11号発行・・・平成4年7月
- 3) 講演会 2回(9月、12月)
- 4) 地方談話会 1回 (名寄)

2. 会議計画(案)

- 1) 総会 平成4年6月10日(水)
- 2) 理・幹事会 2回(第1回目は、6月10日 12時-13時)

3. 日本雪氷学会全国大会

日時: 平成4年10月20日-23日

場所: 北海道大学学術交流会館、小講堂、第1会議室

平成4年度会計計画

収入の部

費 目	前 年 度 決 算	4 年 度 予 算
前年度繰越金	55,328	333,624
本部交付金	717,500	277,000
出版物等売上	8,600	0
広告代金	85,000	50,000
預金利子	1,051	0
合 計	867,429	660,624

支出の部

費 目	項 目	4 年 度 予 算 案	備 考
事 業 費	講 演 会	45,000	2 回
	研究発表会	25,000	1 回
	地方談話会	100,000	1 回
	機関誌発行	180,000	1 回
	小 計	350,000	
会 議 費	総 会	25,000	1 回
	理・幹事会	60,000	2 回
	小 計	85,000	
事 務 費		150,000	
予 備 費		75,624	
合 計		660,624	

平成4年度 北海道支部役員

支 部 長	秋田谷 英次	北海道大学教授・低温科学研究所	011-716-2111-5488
理 事	青木 正夫	北海道開発局局長官房開発調整課長	011-709-2311
	荒井 徹	札幌市青少年科学館長	011-892-5001
	飯塚 一力	J R 北海道(株)工務部長	011-251-9144
	五十嵐 柳幸	(株)地崎工業土木部長	011-511-8114
	石井 幸男	日本気象協会北海道本部参与	011-621-2456
	遠藤 明久	北海道工業大学名誉教授	011-741-4467
	大塚 知義	北海道開発局建築課長	011-709-2311
	奥野 隆夫	鹿島建設(株)札幌支店土木部長	011-231-5181
	織田 紀雄	北海道電力(株)土木部長	011-251-1111
	勝木 靖夫	北海道電力(株)総合研究所長	011-251-1111
	加藤 建郎	交通安全施設研究会長	011-261-1855
	木下 誠一	北星学園大学教授	011-891-2731
	小坂 正友	北海道ガス(株)生産部常務取締役	011-231-9580
	小室 重雄	北海道農業試験場農村部計画部長	011-851-4954
	佐伯 浩	北海道大学教授・工学部	011-716-2111-6183
	佐々木 晴美	北海道開発技術センター専務理事	011-271-3028
	佐藤 隆	北海道開発コンサルタント交通施設部長	011-851-9221
	佐山 惣吾	北海道工業開発試験所材料応用技術課長	011-851-0151
	澤田 可洋	札幌管区气象台技術部長	011-611-6121
	品川 忠裕	北海道土木部長	011-231-4111
	霜山 正雄	(財)河川情報センター札幌センター所長	011-757-0511
	鈴木 裕之	道立寒地住宅都市研究所環境科学部長	011-621-4211
	高橋 茂夫	日本電信電話(株)北海道支社設備サービス部長	011-212-4700
	東海林 明雄	北海道教育大学教授・釧路分校	0154-42-3381
	中村 龍一	(株)たくぎん総合研究所特別顧問	011-231-3053
	浜田 義継	日本道路公団札幌建設局技術部長	011-241-9181
	早川 和夫	北海学園大学名誉教授	0134-22-2853
	原田 彰	北海道電力(株)工務部長	011-251-1111
	平賀 岑吾	札幌市建設局長	011-211-2662
	福田 正己	北海道大学教授・低温科学研究所	011-716-2111-5492
	藤野 和夫	北海道大学教授・低温科学研究所長	011-716-2111-5482
	堀内 数	北海道工業大学教授	011-681-2161
	山本 孝	北方圏センター事務局長	011-221-7840
	若濱 五郎	北海道大学名誉教授	0123-36-4016
監 査	竹内 政夫	北海道開発局開発土木研究所道路部長	011-841-1111
	土田 征夫	北電(株)土木部技術開発グループリーダー-主幹	011-251-1111

幹事長	古川 義純	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5467
会計幹事	兒玉 裕二	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5509
庶務幹事	白岩 孝行	北海道大学低温科学研究所	011-716-2111-5476
幹事	石本 敬志	北海道開発局開発土木研究所	011-841-1111
	和泉 賢一	北海道住宅都市部まちづくり推進室	011-231-4111
	片山 道夫	日本道路公団札幌建設局交通技術課	011-241-9181
	加藤 秋男	JR北海道(株)工務部工事第一課	011-251-9139
	金森 久	北海道ガス(株)寒地技術研究開発センター	011-222-2038
	金田 安弘	日本気象協会北海道本部	011-621-2456
	河口 昭三	北海道企画振興部総務課	011-231-4111-23119
	桜井 修次	北海学園大学・工学部	011-841-1161
	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
	竹野 淳	日本電信電話(株)北海道支社技術部	011-212-4399
	原 文宏	北海道開発技術センター	011-271-3028
	春木 茂夫	北海道開発コンサルタント(株)本社交通施設部	011-851-9221
	前田 潔史	札幌管区気象台予報課	011-611-6121
	松下 啓郎	北海道電力(株)総合研究所研究企画課	011-251-1111-4721
	三上 俊幸	札幌市建設局道路維持部雪対策課	011-211-2662
地区幹事	高橋 修平	北見工業大学一般教育等(自然)	01572-4-7786
	土谷 富士夫	帯広畜産大学農業工学科	0155-48-5111-345
	平松 和彦	北海道立旭川西高等学校	0166-52-1215
	矢作 裕	北海道教育大学釧路分校	0154-42-1735
顧問	金田 武	紋別市長	01582-4-2111
	真井 耕象	北海道大学名誉教授	0138-55-1509

編集後記

今回は、北海道の雪氷第11巻にあたることから、装いを改めカラー刷りといたしました。また、本年度も昨年同様研究発表件数が多く、なかなか立派な冊子ができあがりました。ひとえに皆様の御協力のおかげと感謝いたします。支部会では今後も支部活動を活発に行っていく方針でありますので、これからも御協力をお願いいたします。

北海道の雪氷 No.11

平成4年7月25日 印刷

平成4年7月31日 発行

編集発行 日本雪氷学会北海道支部

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

電話 011-716-2111

内線5465, 5476

印刷所 札幌市手稲区曙2条5丁目

協業組合 高速印刷センター

電話 011-683-2231

日本雪氷学会北海道支部規約

第 1 条 本支部は日本雪氷学会北海道支部と称し、事務所を札幌におく。

第 2 条 本支部は日本雪氷学会定款第 4 条の目的を達成する為に下記の事業を行う。

1. 雪氷および寒冷に関する調査及び研究。
2. 雪氷および寒冷に関する研究会、講演会、座談会、見学会の開催。
3. その他の本支部の目的達成に必要な事業。

第 3 条 本支部の会員は北海道地方在住の日本雪氷学会正会員、団体会員、賛助会員および名誉会員とする。

第 4 条 本支部に次の役員をおく。

- | | |
|-------|--------------------|
| 支 部 長 | 1 名 |
| 支部理事 | 若干名（内支部地方理事若干名を含む） |
| 支部監査 | 2 名 |
| 支部幹事 | 若干名（内幹事長 1 名） |

第 5 条 支部長、支部理事および支部監査は支部総会において支部会員の中から選任する。

第 6 条 支部幹事（幹事長を含む）は支部会員のうちから支部長が委嘱する。

第 7 条 支部長は本支部を代表しその会務を総理する。

第 8 条 支部理事は、支部理事会を組織し重要な事項を決議する。

支部理事会の議長は支部長とする。

第 9 条 支部監査は支部の会計を監査する。

第 10 条 支部幹事は支部幹事会を組織し、支部長の指示を受けて、会務並びに会計を処理する。

第 11 条 役員の任期は 1 ヶ年とする。ただし再任を防げない。

第 12 条 本支部に顧問をおくことができる。

第 13 条 顧問は必要に応じて本支部の指導にあたる。顧問は理事会の議決を経て支部長がこれを委嘱する。

第 14 条 本支部は毎年 1 回定期総会を開く外必要に応じ臨時総会を開く。

第 15 条 総会においては下記事項の承認を受けなければならない。

1. 会務並びに会計の報告
2. 新年度の事業方針
3. 役員の決定
4. 規約の変更
5. その他重要な事項

第 16 条 本支部の経費は下記の収入によってこれをまかなう。

1. 本部よりの交附金
2. 寄附金その他

第 17 条 本支部の事業年度は毎年 4 月より翌年 3 月までとする。

附 則 本規約は昭和 34 年 5 月 18 日より施行する。

昭和 53 年 6 月 8 日改正