

農業雪害防止の研究

誌名	農業技術
ISSN	03888479
巻/号	388
掲載ページ	p. 351-354
発行年月	1983年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



農業雪害防止の研究 (1)

大沼 匡之

1. 農業の雪害

ポーランドに生まれた雪氷研究の大家、ドボルウォルスキーは積雪は一つの地殻現象であると言っている。確かに極地や高山ではそのまま地殻と見られる。我が国でも半年の命の地殻と見られる。この地殻の発生、成長、消滅の間に有形無形の雪害を農業に与えてきた。

農業における雪害は多様の形で現われるが、雪の持つすべての物性にかかわっている。第1の雪害は長期にわたる堆積物として地面を覆い、土地利用を阻害し、越冬作物を暗黒、低温、多湿下に閉じ込め、その生理的、病的障害を惹起し、生産の減少、不安定を招き、また、消雪遅延は夏作物の作付計画を乱す結果ともなる。第2は積雪の粘性圧縮に起因する果樹、桑樹、あるいは施設物の雪害である。降りたての雪は疎なる組織で軽いが、日がたつに従って徐々に粘性的圧密が行なわれ、雪質の変化に伴い密度を増し、重く強靱な組織となる。雪に埋没した樹枝などは積雪の圧縮沈下とともに押し下げられ、その際に発生する沈降力によって枝折れ雪害を発生し、永年作物に甚大なる被害を与える。第3は雪国に進展した園芸施設への積雪荷重による構造物の損傷や倒壊の雪害である。その他、傾斜地の雪崩、積雪の匍行、融雪水害、輸送支障なども挙げられるが、農業生産に直接的被害の顕著な雪害は上の3項目である。

第1の越冬作物の雪害防止については作物の側から耐雪性品種、耐雪栽培の改良、病害防除などの多くの研究が行なわれてきた。根雪期間の長短がこの雪害の被害程度を大きく左右することから、ここでは根雪期間の短縮のために融雪時の雪面熱収支を研究し、これを基盤とした融雪促進技術の確立につとめた。

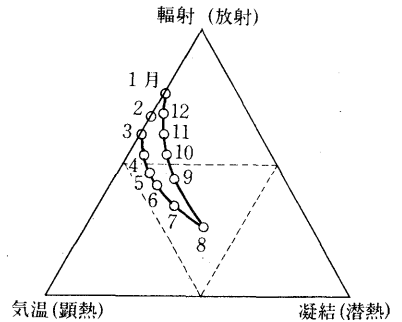
第2の枝折れ雪害は前記のように、積雪は粘性的圧縮をするが、その時に抵抗体に発生する沈降力に起因することは知られてきたが、沈降力発生の時期、量、質を考究し、これをもとに雪害防止技術を探求した。

第3の園芸施設の屋根雪荷重による雪害対策には、施設園芸の特異性を考慮して荷重の検討よりはじめて、負荷積雪の地理的分布の解析を行ない、また屋根雪の滑落に関する実験をもとに、構造物の耐雪設計基準を求め、雪害防止の方策を究明した。

2. 融雪促進に関する研究

雪を早く消して農作業を早めるために、雪の上に灰や土を播く方法は昔からとられてきたが、この融雪促進法が科学的にとりあげられたのは大正末期で、昭和10年ごろより定量的な試験が見られたが、事例的研究にとどまり普遍性に欠けていた。戦後に北大の農業物理研究所では優れた総合的研究が行なわれた。北陸農業試験場では融雪促進研究の原点に帰り、雪面での熱収支の研究より出発し、融雪のための熱量配分と気象との関連などを検討し、融雪促進技術の合理性を追求し、実用技術への裏付けを行なった。

1) 自然雪面の熱収支 融雪は積雪層の表面と地面からの受熱で行なわれるが、その主力は雪面からの受熱であり、地面からはほとんど融けないと言ってもよいほどであることを明らかにした。それで雪面が受ける熱の形態の観測を続行し、その結果、支配的な熱源は太陽からの放射熱(輻射熱)と気温による顕熱の雪面への伝達、それに大気の水蒸気が雪面に凝結する時に放出される潜熱伝達であり、これらの熱源の割合は時期的に変遷し、第1図のような季節的サイクルをたどることが明らかになった。このサイクルの形や位置は多少の変化はあるが、日本で



第1図 雪面熱収支割合の季節的サイクル

は1月から、2、3月には放射熱(短波)すなわち日射が大きく作用し、3月から4月になるに従って気温が昇り顕熱伝達の比重が大きくなり、5月以降は潜熱融雪が増えてゆることがわかる。これから見て、どの熱源を増加獲得すれば融雪助長に有利かがうかがわれる。

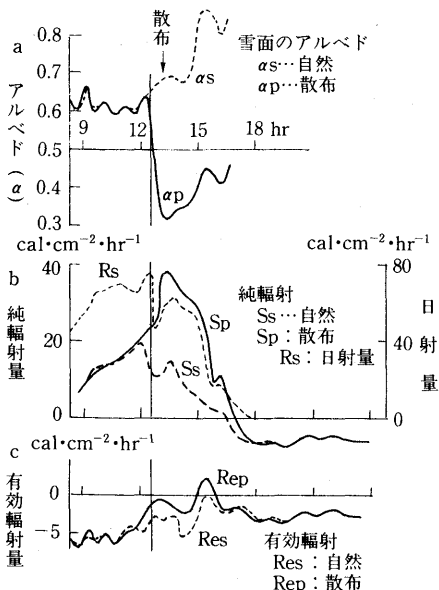
2) 雪面黒化法 自然熱源による融雪促進の手段として、上記熱収支項の変化から見て融雪期の前期には日射の増加吸収を計り、後期には気温による顕熱受熱を計るために大気と雪面の接触を拡大する方法がよいものと察

せられる。具体的には雪面での日射の反射による受熱損失を防ぐために雪面を黒くする雪面黒化法であり、後者は雪面畝立法である。しかし、雪面工作の労力や融雪効果の持続性から見て、効率的な手法は雪面黒化法であることを知り、黒色粉材を雪面に散布して融雪をうながす黒化法の技術的研究に進むことにした。

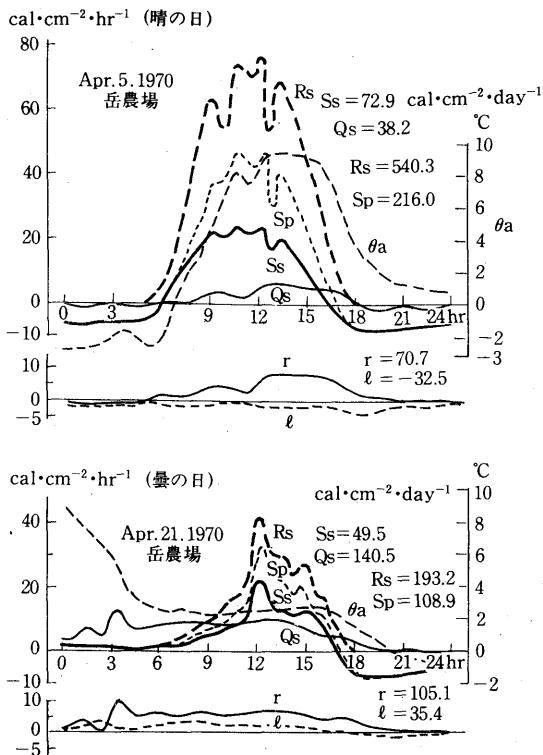
雪面に黒色粉材を散布した時の雪面の微気象の変化は第2図のように散布直後から変わる。第2図のa図は雪面の反射率(アルベド)の変化を示したもので、アルベド0.6より0.3に急降下し、純輻射(=日射-有効輻射)はb図のように自然雪面では約10cal/cm²・hrに対して散布雪面では約40近く上昇する。c図はその時の有効輻射(長波輻射または天空輻射とも言い、雪面から空に逃げる輻射で、融雪にはマイナスで作用する)。

次に晴れた日と曇りの日の雪面熱収支の様相であるが、第3図の上図は晴の日で、日射量(R_s)は540cal/cm²・dayであった。真白な自然雪面の純輻射量(S_s)は73に対して散布面のS_pは216となり、黒化法によって約3倍の受熱量増加となった。その日の気温(θ_a)による大気伝達量(Q_s)は僅か38であった。その内訳は図の下の顕熱r=71, 潜熱l=33で蒸発過程にあるのでlはマイナスとなり、差引Q_s=38となる。第3図の下図は曇の日の例であるが、自然雪面の純輻射量S_s=50に対して散布面のS_p=109となり、曇の日でも約2倍の受熱増となった。

従って融雪促進量はこの例では第1表のようになり、晴の日で積雪深にして約5cm, 曇の日でも約2cmだ



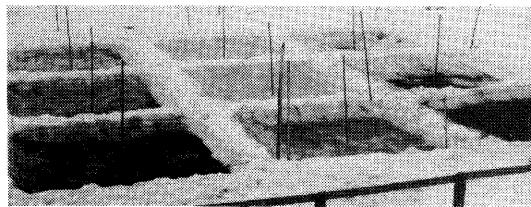
第2図 黒色粉材散布前後の雪面微気象の変化



第3図 雪面熱収支の日変化

け促進されたことになる。

次に実際に粉材の散布量(散布密度)を変えて散布し、約半月後の融雪の様子は第4図に示してある。散布量に応じて黒化度が違うので、促進の度も異なっていることがわかり、また、散布の融雪粉材の種類によっても融



第4図 融雪粉材散布後半月日の融雪促進の様子 (手前散布量多, 横は融雪粉材の種類の相異)

雪効果の異なる様子が見られる。

融雪促進を支配する散布雪面のアルベドは、散布量

第1表 黒化法による増加受熱と融雪促進の例

天候	受熱量 cal/cm ² ・day		増受熱量 S _p -S _s	融雪促進量		日射量 R _s cal/cm ²	大気伝達量 Q _s
	散布雪面 (S _p)	自然雪面 (S _s)		水量換算 mm	積雪深 cm		
晴の日	216	73	149	≒18	≒5.1	540	38
曇の日	109	50	59	≒8	≒2.3	193	141

(散布密度)の関数関係になることが実験によって認められ、粉材によってその指数が異なり、同じ材料でも粉の粒度分布によっても変わり、融雪効果に差が現われる。この関係からわかるように、散布量を倍加しても融雪促進は倍にならず、効果は頭打ちになり、極端に増量すれば逆に融雪を抑制する働きが現われる。従って実用的な散布適量をおさえておく必要がある。

3) 現地融雪促進試験 基礎研究の実験は高田地区で行なったが、気象条件の異なる青森、山形、新潟、鳥取の各県下で各種の融雪粉材を散布し、雪面熱収支を観測

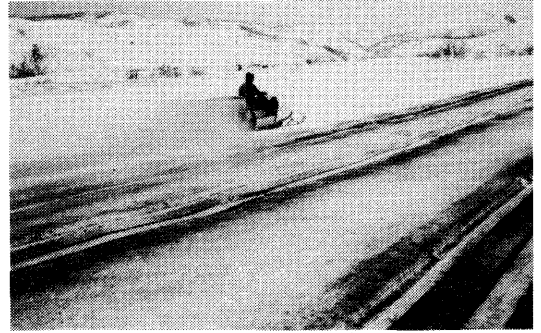


第5図 ヘリコプターによる融雪材(カーボンブラック)散布

し気象条件との関係を調べた。また熱収支より計算した融雪促進量の実測値との合致性を確かめ、雪面黒化法の普遍性を検証した。

同時に各種の散布方式について試験を行ない、作業時間、所要労力、諸経費の試算を行ない、これらを解析した結果、軽雪上車(スノーモビル)による高速度散布方式が最も能率的であることを確かめた。

ヘリコプターによる空中散布方式は迅速散布が可能で時間的に優れているが、積載量と吐出性に難点があり、少量で融雪効果のあがるカーボンブラックの場合には適しているが、経費の面で100ha以上まとまった散布でない実用性のうすいことを認めた。散布機については普通の農薬散布機では吐出量が少なく能率があがらない。



第6図 スノーモビルとライムソワーによる融雪材散布
吐出量を大幅に変えられるライムソワーを雪上走行のよいスノーモビルで高速牽引する方式がよいことが実証され、さらに散布幅を拡大できるブロードキャスター方式を採用し、現用としては最適であることがわかった。このブロードキャスターをスノーモビルで高速牽引する方式は実用に供され、大面積の融雪促進に活躍している。

4) 融雪促進実施上の要点 基礎実験や現地実用化試験の結果より雪面黒化法による融雪促進実施上の要点について項目別にふれば次のようになる。

散布粉材の選択 黒色度が高く、適度の粒度分布(80メッシュを中心に200~30メッシュの範囲)を持つ粉材で、流動性がよく機械散布に適し、葉害、公害のおそれのないもので安価で量産的な粉材がよい。現在までカーボンブラック、フライアッシュ、ニカブラック、テッケンブラックなどが供用されたが、カーボンブラックは最も効果があるが汚染が甚しく敬遠され、量産的でもな

第2表 雪面黒化法による融雪促進処理の時期(北陸農試)

地区名	平均気温 0°Cを 超す 月半月	その時 の日照 時間	降雪日数率				処理期の 判定 月半月	
			10cm<		20cm>			
			20%以下	40%以下	10%以下	20%以下		
北海道	上音威子府	4.1	—	月半月	月半月	月半月	月半月	3.6
	留萌	3.4	25					3.4
	名寄	4.1	(35)					3.6
	旭川	3.6	30					3.5
	札幌	3.4	28					3.4
倶知安	3.5	26					3.4	
東	青森	3.3	24	3.2	2.1	3.1	2.1	3.2
	弘前	3.2	—	2.6	2.1	2.1	2.1	3.1
	横手	3.3	25	3.1	2.1	2.1	2.1	3.1
	新庄	3.2	20	3.2	2.1	2.2	2.1	2.6
北	米沢	2.6	(30)	3.3	2.1	2.3	2.2	2.6
	長岡	2.1	9	3.3	2.1	2.1	2.1	2.4
北陸	十日町	2.1	—	3.6	3.3	3.6	3.3	3.3(2回)
	高田	2.1	15	2.4	2.1	2.4	2.1	2.4
	富山	2.1	14	2.6	2.1	2.4	2.1	2.4
	大野	2.1	10	2.3	2.2	2.3	2.2	2.3

い。フライアッシュ（グリーンアッシュともいう）は黒色度がやや低く、多量散布を要する。現在、種々の点で優れている融雪粉材はニカブラックであり、次いでテッケンブラックとなろう。

散布適量 2)でふれたように、融雪粉材を多くまけばそれだけ雪面の黒さを増し、アルベドが低下し、日射吸収をよくするので融雪効果はあがる。しかし、散布量を増してもそれだけ融雪効果が倍加するとは限らない。各粉材にはそれぞれ実用的な散布適量があり、この適量の目安をつけるには散布雪面のアルベドが0.2~0.3となる散布量が最適であることがわかった。

散布時期 散布実施の時期は融雪促進の成否を決める重要条件である。散布が早過ぎればその後の降雪で散布面が雪で覆われて、この上の雪が自然に消えるまで効果は足らなくなる。遅きに失すれば融雪効果を発揮する期間が短くなるので、効果が少ない。理想的な散布適期は散布後に10cm以上の新雪が降る恐れのない時期で、この時期は各地それぞれの過去の気象統計から求



第7図 スノーモビル+ブロードキャスタ方式による散布

*「読者の投稿」を歓迎します!! 御執筆については下記を御配慮ください。①判りやすい文章で文字はくずさず明瞭に書いてください。新かなづかいにより術語以外はなるべく当用漢字を用い、欧文は大文字・小文字の区別をはっきり書いてください。とくにイタリックを用いる場合は御指定ねがいます。

②御投稿の内容、御執筆の構想は御自由ですが、広く農業および農業技術に関する論説・総説・実際記事・研究通報・ひとこと・現地報告とします、誌面の都合から図と表はなるべく少なくし、記事に関する写真（白黒）は多く添付してください。

③編集の都合により原稿掲載を変更する場合がありますので、その都度御連絡いたしますが、悪しからず御了承ください。

④筆者校正（初校）をお願いすることがございます。

⑤原稿用紙は400字詰横書であれば結構ですが、御一報くださいれば小誌専用の原稿用紙をすぐお送りいたします。

⑥原稿の割付・整理の際、本文・図表・写真など要約または省略させていただく場合がございます。甚だ勝手ですが御了承ください。400字詰原稿用紙6枚弱で小誌刷上り1ページ分となります。稿料から実費を差し引かせていただきますが、別刷50部調製いたします。御希望があればお申し入れください。図書

第3表 融雪経費（100ha）

項目	金額	算出基礎
融雪資材費	1,500,000円	25袋/ha(単価:600円)
散布機械費	273,000円	年間償却費203,800円(修理費、燃料費を含む)
作業労働費	100,000円	2人×10日×5,000円
100ha合計	1,873,680円	
ha当たり	18,737円	

(新潟県高冷地農業技術センター)

めることになる(第2表)。この時期を目標にして散布準備をととのえて、週間予報などを参考にして散布日を定める。

散布方法 散布適期は比較的短いので、大面積を適期内に処理するには雪上走行専用のスノーモビルと吐出散布性能のよいブロードキャスターを組み合わせた方式で時速15~25km/hrで作業するのが高能率で第3表のように経済性も高い。現用のスノーモビルは作業的に未だ欠点があり、より能率をあげるには、あらゆる雪質でも雪上走行の際の牽引力を高めるのが望ましい。それには道路上の自動車の走行と異なり接地圧(接雪圧)を小さくする必要がある。

以上、雪面黒化法による融雪促進の概要を記した。現在実用に供されている事例では、融雪粉材の散布量を60kg/10aとしスノーモビル方式では、圃場作業量は3ha/hrで、経費は第3表のようになり、2,000円/10a弱でおさまる。この経費はスノーモビルとブロードキャスターを新規に購入して、その償却は5年としての計算である。(おおぬま・ただゆき 前北陸農業試験場気象研究室長)

館等より問合せがございますので御芳名にかなをふって御教示くださると幸甚に存じます。

⑦玉稿掲載誌とわずかですが原稿料を発刊(毎月25日)後数日中に送付いたします。見本誌御入用の場合は御連絡くださいばバックナンバーを送本いたします。

*一般記事 一編は刷上り5ページ位(400字詰原稿用紙約27枚強)を標準とし、原稿締切は前々月の20日(3月号掲載の原稿は1月20日)となります。

*研究通報 新品種解説を除いて1編につき1図1表・400字詰原稿用紙約10枚~11枚を原則とします。

*ひとこと 激変する農業・農村の現地情報、試験研究・行政に対する御批判、御意見を2,000字(400字詰原稿用紙5枚)にまとめてひとこと欄に御投稿ください。

*農界人事ニュース 御就職・御転任・御退職の場合に御氏名・発令月日・新任地・旧職場などをお知らせください。とくに定年退職された方々の御就職・転居・御不幸を御教示くだされば幸いです。

東京都北区西ヶ原1-26-3(〒114) 農業技術協会 「農業技術」編集部