雪の研究

——雪の農作業的扱い*——

松山龍男***・大根田 襄***・唐橋 需***

Tatsuo MATSUYAMA, Noboru ONEDA and Motomu KARAHASHI : Studies on Handling of Snow in Agriculture.

1 はしがき

1) 雪に挑む発想には2つの側面がある。1つは雪を不良条件として排除することである。除雪、融雪、棄雪などがこれに当り、生活や生産に好都合をもたらす。防災的発想が主で、雪を排除し、無雪時の技術を適用するか、いわば敵対視するのが基盤である。

これに対し、雪を有効に利用し、出来るなら積極的な資源として活用する発想がある。いわば資源開発であるが、従来は発電用水保持と観光産業への利用以外にはみるべきものがなかった。

以上の2側面に共通の課題が雪上・雪中走行（主として機械）である。

われわれの研究は、「春を早く呼ぶ」ための融雪作業に対し、遊休機力（主にトラクタ）の活用を計ることから始め、従来の雪の研究とは異なり、膨大なひろがりの雪原そのものを対象としている。

そして融雪研究は、必然的に対立する貯雪概念を誘引した。

2) 1年の半分を雪と共に存在する北国の生活と生産が、その雪の故におくれ、埋れていた時代から、おくれをとりもどすための開発が進められるとき、不良条件は逆に自然保存条件であったことに気がつく。開発理念が従来の鉱工業優先のまま侵入してくるならば、不良条件に対しては強力な破壊が行なわれる。だが、それは愚かな悪循環を招くのではないかと心配される時代になった。雪のような未知の開発資源に対しては、目先の局所的な要請にとらわれず、自然そのものの合理性と、大いなる資源力を活

用する総合技術が生れてよい。

3) 融雪にしろ貯雪にしろ、自然破壊ではなく、合理的なコントロールを可能とする期待がこの研究を進める骨子である。

2 積雪期の営農実態

冬期の豪雪地帯農家における農作業実態調査を行った。調査は1970年、71年の冬、場所は道央から道北の10地域である。

調査結果を要約すると次の通りである。

1) 農家の経営類型（酪農、水田作、畑作）によって雪中・雪上作業の必要度が異なる。

2) 道路条件（除雪された幹線道路までの距離）および土壌条件（泥炭地か火山灰かなど）によって必要度が左右される。

3) 立地条件等（稲作地帯からの遠近、土地生産性、厩舎までの除雪体制など）によって馬の飼育の可否が決まる。（どのような雪中・雪上作業が生ずるかと対応）

4) 最後に経営状態（規模、ゆとり、作業機の整備度）によってどのような雪上走行用原動機が選ばれるかが決定される。

これらの関係と、雪上走行用原動機に必須な作業内容等を添えたのが第1表である。

雪上走行の問題では、トラクタ利用先進地の作業から、次の点が指摘できる。

① 雪の質の問題のとらえ方として、固まる雪（くつつく）と固まらない雪（膠帯の中に割り込んで入る）に対処する必要がある。

② フルクローラにすると重たくなり故障も多くなるので、トラクタの寿命にどう響くかが懸念される。

* 昭和47年8月21日受理、第7回講演会で発表

*** 北海道農業試験場

第1表 冬期間作業の実態調査結果

経営	道路または土壌条件	立地条件等	経営状態	雪上走行用原動機	必要な作業	それ以外の用途	備考
酪農	除雪された幹線道路まで遠い	谷間、がけを通る雪路、稲作地帯から遠く、稲わらを利用できない	規模大、ゆとりある、大型作業機までは整っていない	小型農用雪上車	牛乳罐搬出	資材運搬、肥料、通雪路、エンジンだけを利用してビドロ散布（融雪促進を含む）やエンジンレージ・カッターの駆動	大型トラクタにストレークを取付けて春先早々の堆肥運搬、畜舎周りの堆肥移動、バケット・ローダーで簡単な除雪、フロント・ローダーで上堀り作業を行っている
		水田酪農か、または水田地帯の中にあつて稲わらを利用できる	規模小、ゆとり少ない。作業機もほとんどない	馬	牛乳罐搬出	ばら乾草搬入、堆肥運搬、道つけ、融雪剤散布	馬を機械にかえる見通しはあるが、10~20万円が限度であろう
	幹線道路に近い	町・農協も積極的で、庭先までの除雪体制もほぼある	規模大、ゆとりある大型作業機が整っている	なし	なし		46年からバルク・クローラー体制に入り、タンク・ローリー車による集乳体制になると、個人による庭先き除雪体制を完全にする必要がある
稲作	(普通土壌)	客土が必要、春秋はぬかることがある	規模中〜大ゆとりある稲作のため多くの作業機がいらない	フルクローラーまたはセミクローラー装着トラクタ	冬の客土作業、春の耕耘・代掻、秋の稲運搬など	サブソイラーけん引、排土板作業、遠い人は道つけ肉牛を飼う人は堆肥運搬	1台当り 190~250円の客土運搬料金が得られる
		収量劣り、堆肥が必要	規模小、ゆとりもトラクタもない	馬	堆肥運搬	道つけ、運搬	融雪剤散布は大雪で補助がつけば行なう。温床畑の除雪も補助によってブルドーザーで行なう。
		稲作不適地、出稼ぎで男手なし	規模中、生活は苦しい	なし	なし		留守番の妻子がテレビを見ているだけ、離農も多くなっている
畑作	(レインヨ)主体	融雪促進が必要	規模中〜大ゆとりまずまず	フルクローラー装置テララなど	融雪剤散布		古くから畑土散布による融雪促進が行なわれてきた地域である

トラクタの構造上前輪側が軽いので、荷重分布の問題もある。

③ 履帯はトラクタが大きくなるほど大きく重いものを雪上走行のためにはかせることになり、トラクタにとって酷である。現在の所、鉄の方が安価であるが、軽くて強度のある履帯の検討を要する。

3 雪上走行試験

1) 供試機は第2表の通りで、型式の異なる5機種

(写真1～5参照)について行なった。

2) 試験方法は異なった雪質と積雪を得るため、2月初めから3月下旬まで日を追って試験を行なった。調査項目は次の通りである。

(1) 雪質と積雪条件(深さ、層別雪質と厚さ、密度、含水率、走行・歩行・飛上り沈下深など)

(2) 走行性能(けん引力、沈下深、スリップ率など)の測定

3) 結果と考察

第2表 供試機の主要諸元

機 種		Y 型	K 型	L型フルクローラ・トラクタ	M型セミクローラ・トラクタ	S 型
項 目		雪 上 車	雪 上 車			雪 上 車
機 体	全 長 (mm)	2255	2645	2570 ³⁾	2997 ³⁾	3760
	全 巾 (〃)	1270	1600	1945	2085	2600
	履 帯 中 心 間 (〃)	925	1100	1475	1830	1800
	履 帯 巾 (〃)	345	340	458	458	800
	接 雪 長 (〃)	948	1360	1230	1015 ⁴⁾	2420
	履 帯 空 隙 率 (%)	13	8	18	56	12
	空 車 重 量 (kg)	750	910	1886	1796 { 609 1187 ⁴⁾	1500
	最 低 地 上 高 (mm)	285	175	350 ³⁾	321 ³⁾	300
エ ン ジ ン と 走 行	荷 台 高 (〃)	635 ²⁾	685	—	—	—
	種 類	空 冷, 混 合	農 用 デ ィ ー ゼ ル	水 冷, デ ィ ー ゼ ル	水 冷, デ ィ ー ゼ ル	空 冷, ガ ソ リ ン
	定 格 出 力 (ps)	9	8	24	45.5	44
	操 向 方 式	ブ レ ー キ	ク ラ ッ チ ・ ブ レ ー キ 併 用	ブ レ ー キ	ブ レ ー キ	差 動 ・ ハ ン ド ル 操 作
	変 速 段 数	前 進 6, 後 進 2	前 進 6, 後 進 2	前 進 8, 後 進 2	前 進 6, 後 進 2	前 進 4, 後 進 1
	速 度 ¹⁾ (m/sec)	0.4~4.2	0.3~	0.4~4.1	0.7~7.4	1.7~6.0
接 雪 圧	空 車 (kg/cm ²)	0.13	0.11	0.20	0.29 ⁴⁾	0.044
	1 名 乗 り (〃)	0.14	0.11	0.21	0.31 ⁴⁾	0.046

注) 1) 前進速度, 2) 荷台が2度傾斜, 3) 車輪式の時の値, 4) セミクローラ部の値
接雪圧は履帯接雪面積に空隙率を乗じた実質の接雪面積(ただし転動輪等を考慮していない)から算出した。

写真1 Y型雪上車

写真2 K型雪上車

写真3 L型フルクローラ・トラクタ
(雪上ソリ・パチ・にフローア型散布機を搭載してけん引)

写真4 M型セミクローラ・トラクタ
(ダスター型散布機作業)

写真5 S型雪上車
(ライムソーア型散布機作業)

雪上走行用車両の走行性能を判定する条件には、雪面の状態、積雪条件に対する沈下量、自走(無載荷)可能速度、本体載荷走行限界、けん引力限界などがあげられる。これらの諸条件について、得られた結果を考察してまとめると、以下の通りである。

(1) 雪上走行用車両の接雪圧別にみた沈下量について

① 走行速度と沈下量について

沈下量は走行速度によって若干増加する傾向はあるが、ほぼ無関係とみなしてもよいという従来の結果と一致した。

② 積雪条件と沈下量について

次に、雪質・積雪条件と沈下量の関係については、今回の試験からは判然とせず、積雪層条件と走行軌跡断面の変形例をあげるにとどまった。

③ 雪上走行用車両の沈下量の簡易予測手段について

雪上走行用車両の走行性能を決定する上に最も大きな要因は、雪上走行時の沈下量であろう。沈下量は、走行車両の接雪圧と積雪条件に関係する。

積雪条件は時期・時刻・場所など多くの要因によって変化し、先に述べたように、これと沈下量との関係は明らかではない。従って積雪条件を無視して雪上走行用車両の走行性能を予知するためには、沈下量の予測手段が必要である。この手段としては、従来各種の雪面硬度計が使用され、実験式的に解析された報告(ただし積雪が均一であるとの条件の下)もある。我々は、農家が簡単に予測できる手段を求めるために、ただ雪面を歩いてみた時の沈下深さ(歩行深)、3回または6回飛び上って踏み固めた時の沈下深さ、靴の下に一定面積の板をあてて静かに雪面上に乗った時の沈下深さ、などの方法を試みた。これらの沈下予測手段と雪上走行車両の沈下量との関係について、次に述べる。

第1図に測定者A(総重61.5kg, 防寒靴底面積222cm², 接雪圧0.277kg/cm²)の歩行深と各雪上走行車の沈下量との関係を示した。

① Y型雪上車とK型雪上車は接雪圧がほぼ同じ(0.11~0.14kg/cm²)であり、沈下量(膠帯底)の傾向はほぼ同様である。この2雪上車の沈下量は歩行深との間に明らかな関係が認められ、第1図中の点線による曲線で示したように、沈下量は歩行深の増大に伴ってやや2次曲線的に増大している。

② 接雪圧の大きなセミクローラ型トラクタ(クローラ部接雪圧0.31kg/cm²)は(測定点が少ない範囲であるが)、歩行深よりも大である。(昨年と同様、3回飛上り踏みつけによる沈下量に近い値を示した)。

(2) 雪上走行用車両のけん引性能について

部の所要動力等が必要となるが、けん引効率と出力効率は重要な性能判定の指標であり、性能の概要はこれらの測定値から判定できると考えられる。

③ 雪面傾斜角とけん引力

L型フルクローラ・トラクタについて、傾斜雪面（歩行深13cm）上におけるけん引性能を測定した結果では、8度で約670kgが限界に近く、750kgで100%スリップになり、15度の場合は約400kgがほぼ限界であった。この結果から傾斜角度と最大けん引力の関係を求めると第3図のように直線上にのり、関係式は次のようになる。

$$Y = -50.8x + 1170$$

Y：最大けん引力(kg)，x：雪面傾斜角(度)。
ただし雪面は比較的硬い(10cm前後の歩行深)条件である。

いま、土道上に対する雪面(10cm前後の歩行深)の最大けん引力減少作用を想定すると、上記の式に

は約23度と推定される(歩行深10cm前後の雪面条件で)。

同様にしてY型雪上車の場合について考えると、第3図に併記したように、歩行深の相違を無視して考えれば、図の直線関係($Y = -32.0x + 480$)で表わされる。この場合の土道上に対する雪面の最大けん引力減少作用は約-6度と推定される。

結局、雪面傾斜角に対するけん引力の関係はほぼ直線で表わすことができ、この関係直線の勾配によって雪面上走行および登坂性能の比較が可能になると考えられる。第3図の結果では、Y型が相対的にL型より優れている。

4 融雪試験

1) 融雪試験は既に数多く行なわれ、効果が認識されながらも、実用化はごく一部に限られている。これは融雪効果の経済性が明確でないことが理由と考えられるが、融雪剤を散布するための適当な機械がなかったことも見逃すわけにはいかない。

最近畑作業の安定化や早期放牧、牧草増収のため畑地に対する融雪剤の散布が積極的に進められ、これと並行して雪上車、雪上走行装置をつけたトラクタの利用が行なわれつつある。そこで現在市販されている融雪剤と畑土、堆肥の散布、あるいはブラウによる畦立などを行ない、地域別に融雪効果を明らかにするとともに、ダスター、ブローア、ライムソーアなど機械力を利用した散布作業性能について試験を行ないその実用性を検討した。

2) 供試機

使用した散布機は写真3～5の3種である。ブローア型は、従来スレッシャー作業における能率をあげるために使用した稲わら搬送機を融雪剤散布用に改造し、これに5.5psエンジンを搭載しており、吐量と散布幅を大きくする(微粉炭燃焼灰で最大210kg/分、風速22m/s)ことによって作業速度の遅い小型雪上車の能率向上を図るものである。ダスター型は市販機のタンク下部吐出孔を広げたもので、中型トラクタ(フルクローラ装着)のPTOで駆動する(最大54kg/分、風速100m/s)。ライムソーア型は車輪に雪上走行駆動用のラグ付きカゴ車輪をかぶせたもので、上記2機種より作業幅(2.5

第3図 L型フルクローラ・トラクタおよびY型雪上車の雪面傾斜角と最大けん引力の関係

によって、土道上の最大けん引力が約1570kgであったから、xは-8度と求められる。すなわち、土道上走行は8度の比較的硬い雪面を下るに相当する効果であったということになる。

また、けん引力0、すなわち限界登坂雪面傾斜角

第3表 実施場所・時期と効果

実施場所	項目 地表面の条件	散布期 日(月・日)	積雪深 (cm)	散布剤と量 (kg/10a)	散布手段	散布区融雪日 (月・日)	融雪促進効果 (日)	散布区融雪量50cmに達した時まで				
								日数 (日)	効果 (日)	最高気温 (℃)	最低気温 (℃)	日照 (hr)
札幌市羊ヶ丘	草地	3.22	65	GA125	手播き	3.31	2	8	3	5.2	-2.7	7.7
蛇田郡真狩村	畑地	3.26	113	〃100	ブローア	4.16	5	10	7	4.4	-2.6	7.5
		~27		〃150	ライムソーア	4.11	10	5	11			
枝幸郡歌登町	草地	4.2	70	〃100	手播き	4.13	3	10	3	4.9	-4.7	8.2
河西郡芽室町	畑地	3.24	55	TC 62	ブローア	4.5	5	10	6	6.3	-4.0	8.7
岩見沢市幌向	水田	3.29	52	GA 97	ダスター	4.5	1	6	1	7.6	-0.7	8.5

注) GA: 微粉炭燃焼灰の類。

TC: 炭酸カルシウムの類。

m) が小さいが吐出量は大きく、大型雪上車による高速作業に適する。

3) 実施場所と期日は第3表の通りである。

4) 結果と考察

(1) 融雪効果

地域別にみた融雪効果は第3表の通りで、散布時期などで種々の条件が異なるため画一的な比較はできないが、低温・多照で、しかも積雪深の大なるほど効果が高まる傾向が認められる。積雪深が1mを越えた真狩では最大10日の融雪促進効果があったが、55~70cmの積雪深の所では2~5日間の効果にとどまった。散布時期が融雪促進上重要であり、地域別に、またその年の降雪状況に応じて決定する方法の確立が緊要である(幌向、羊ヶ丘、歌登は定期的に遅れていたと考えられる)。

融雪剤別にみた効果では、微粉炭燃焼灰、炭酸カルシウム、炭酸カルシウムの類のものは10a当り100kg前後で効果が大きく、一般に黒色度の高いものほど優れた。また、畑土(試験では5mm目ふるいで選別)の効果も大きく、乾土重100kg/10aの散布量で上記前2種と同等であった。少量散布用に開発された微粒黒色粉剤は10a当り10kgで微粉炭燃焼灰100kg程度の効果を示したが、まきむらや飛散損失の多少が効果に影響するので使用条件がかなり限られているとともに、作業に際しては細心の注意を要する。

(2) 散布機の作業性能

ブローア、ダスター型のように風力を利用して散布するものでは、風下側に吹流し散布すれば有効散布幅20m程度でかなり均一な散布ができるが、風が

第4表 散布作業結果

場 所		札 幌	歌 登	幌 向	真 狩	芽 室
項 目	作 業 者 散 布 機	L型フルフローラ・トラクタ			S型雪上車	
		ブローア	ダスター	ダスター	ライムソーア	ブローア
供 試 機						
面 積	(ha)	0.5	1.06	0.37	2.56	2.43
融 雪 剤		GA	GA	GA	GA	TC
散 布 量	(kg/10a)	120	87	97	158	62
作 業 方 法		片道散布	往復散布	片道散布	往復散布	往復散布
作 業 速 度	(m/s)	0.27	0.26	0.29	3.00	0.72
有 効 散 布 巾	(m)	20	25	20	3.05	15
作 業 能 率	(ha/hr)	0.69	0.67	0.72	1.71	1.97
作 業 効 率	(%)	36	29	34	52	51
作 業 人 員	(名)	4	4	3	4	8

注) ブローア作業は雪上り(バチ)に載せてけん引走行した。

融雪剤の運搬は、札幌と歌登ではK型雪上車により行ない、幌向と真狩では予め散布区のそば1カ所に積置かれていた。芽室の場合は除雪された農道をトラックで運搬した。

5m/s以上に強くなると飛散損失が増大し、また風向変化の影響を受けやすい。ライムソーア型は散布幅が一定しており、風による影響が少なく、常時均一な散布が得られる。また、吐出がアジテータによる強制かき出しであるため流動性の劣る材料にも適用できる反面、微量調節が困難であり、散布量の少ない微粒黒色粉剤用には

不向きと考えられた。

各地域で作業した結果は第4表の通りであった。L型フルクローラ・トラクタによるブローア作業では、けん引走行能力と散布量の関係から 0.27m/s の作業速度とした。ダスター作業はPTO駆動に要する動力の関係上から $0.26\sim 0.29\text{m/s}$ の作業速度になった。これらの場合は、ホッパー容量が小さいために補給作業に要する時間が大きく、回行その他にも多くの時間を要し、結局作業効率率は $29\sim 36\%$ にとどまり、 $0.67\sim 0.72\text{ha/hr}$ の散布作業能率（散布量 $87\sim 120\text{kg}/10\text{a}$ ）であった。芽室の場合はブルドーザをけん引車に利用したために作業速度が速くなったことと、作業員が多かったこと、往復作業を実施したこともあって効率 51% 、作業能率 1.97ha/hr （散布量 $62\text{kg}/10\text{a}$ ）となった。ライムソーア作業はS型雪上車によるけん引走行で、 3.00m/s の速度が得られ、 $158\text{kg}/10\text{a}$ の散布量において作業効率 52% 、能率 1.71ha/hr であった。

融雪促進作業は現在でもその多くは畜力（馬）とスコップ（人力）による畑土散布であるが、畜力保有の減少とともに機械作業が普及しはじめている。ここで試験した結果では、小型雪上車または、フルクローラを装着して汎用的に利用する中型トラクタにブローアやダスターを組合せて散布する比較的機械投資額の少ない作業方法の場合、畜力・人力作業

に比較して作業能率を著しく向上させることはできない。また畑土に比べて市販融雪剤を使用すると材料費が高くなり、試算した結果では慣行法の倍程度の経費になる。しかし、畜力作業の場合は作業が早朝の雪面が固い時間帯に限られ、また畑土の掘取りと散布の人力作業は作業強度が大であり、この面で機械化の効果が大きいと思われる。

ここで取上げた方法以外にも融雪作業方式には種々なものが考えられ、散布面積、環境条件、経営状況において取捨選択し決定していくのがよいと思われる。

なお、融雪剤については価格比較の他“取扱いの難易”、“残効（土地改良、肥料効果）の有無”などを含めて考えなければならないと思われ、直接的な融雪効果だけで優劣は決め難く、これらの点について更に検討を要するであろう。

5 あとがき

“雪の研究”の課題には次の5つを分けて検討している。

①融雪、②降雪、③雪上走行、④貯雪、⑤遊雪、

このうち昭和47年度までに①～④を実施したが、今回は融雪と雪上走行について報告した。

この研究はまだ緒に付いたばかりであり、内容は未だ十分に大きい。諸賢の御批判と御教示をねがうものである。

C I G R - C I O S T A - I N D E X (1 9 7 1) その 3 2

12. A. OTT: Mechanisierung des Futterbaues in Hanglagen. Schriftenfolge der FAT 1/70.

Rudolf STUDER, Landmaschinen:

13. Untersuchung über Betriebssicherheit und Wirksamkeit verschiedener Bremssysteme an traktorgezogenen landwirtschaftlichen Anhängern und Maschinen.

14. Beobachtungen an Kegelschnellkupplern zum arbeitssparenden Ankuppeln von zapfwellengetriebenen Geräten.

15. Beobachtungen an Sicherheitskabinen und Überrollbügeln auf Vierradtraktoren.

16. R. STUDER: Allgemeine Tendenzen auf dem Gebiet der Landmaschinen (Eindrücke über die 51. DLG-Ausstellung). Traktor und die Landmaschine 10/70, S. 591.