

心土破碎の雪上施工

橋 本 均*

Subsoil Breaking of Farm Land Covered with Snow

Hitoshi HASHIMOTO

Hokkaido Prefectural Central Agricultural Experiment Station

1. はじめに

筆者の勤務する道立中央農試の周辺は空知支庁管内の南部に属する大規模稲作専業地帯である。また一方では、4割近い減反を余儀なくされている大転作地帯でもある。この地帯は石狩川の下流域に属し、標高5~15mの平坦低地で、水田の大部分は粘質で排水不良な低地土か、又は泥炭土からなっている。もちろん、ほ場整備はほとんど行われ、暗渠も一応施工済みであるが、特に表面滞水のじん速排除を強く要求している最近の農業情勢からみると、より一層の排水改善を必要とされるほ場が多いのが実態である。

このような背景から、最近では、個々の農家における営農努力の一つとして、30~40cmの深さで心土破碎(サブソイラー)を施工する光景が見られるようになった。これらの作業は、晩秋から初冬(10月中旬~11月下旬)にかけて、あるいは融雪後の春季(4月下旬~5月上旬)に施工されるが、施工の条件としてはいずれもほ場がある程度以上乾燥している場合に限り可能である。

心土破碎の目的は、一般に、1) 堅密な土層を破碎して根域を拡大し、通気性を改善すること、2) 下層への水みちを作って透水性を改善すること、の二つに大別されるが、低地土の水田や転換畑では主に後者の目的で行われることが多い。しかし、北海道においては、降雨の多い秋季や融雪が遅れた春季には、ほ場表面が多水分で軟弱な状態となり施工が困難となることが多い。また、転作予定水田においては春季のほ場乾燥を極力早めることが望まれている。本地帯の場合、融雪は4月上旬~4月中旬で起り、根雪初日は11月下~12月上旬になる。そして最大積雪深は2月下旬~3月上旬で到達し、100~150cmになる。一方、主要な転換作物としての春まき小麦の標準播種日は4月下旬、大豆は5月中旬、小豆は5

月下旬。田植は5月中旬~下旬である。

以上のような背景で登場したのが、心土破碎の雪上施工、いわゆる「雪上(雪中)心破」である。これは機械的には従来法とほとんど同じであるが、その施工時期や対象作物に関しては若干の注意事項もある。

筆者は農業機械、農業気象分野の知識や測定手法に乏しく、調査や記載が不十分な事項も多いことかと思われるが、積雪地帯における圃場の排水不良対策の一環としてこの「雪上心破」を紹介させて頂く。

2. 「雪上心破」の利点と注意事項

本解説で取り上げたのは、北海道農業開発公社(道央支所)が道央の石狩・空知管内で事業ベースで行っている工法である。

まず、積雪期(冬期)に施工する意義として以下の3点が掲げられている。

- 1) 大型機械の走行が困難な軟弱ほ場でも雪上施工のためほ場表面を傷めずに施工できる。また、地表部が土壤凍結していれば破碎効果は増す。
- 2) 既設暗渠からの排水が不良であったほ場でも、施工後に排水改善の効果が期待できる。
- 3) 融雪水の排除が促進され、春季のほ場の早期乾燥が期待できる。

また、注意点(問題点)としては、

- 1) 心破の施工深を60cm程度に設定した通常的心土破碎機では爪が短かく、積雪深を考慮するとり柱の長さをさらに20~30cm程長くする必要がある。
- 2) 積雪により隠れてしまうほ場内の附帯作物(トラフ、水甲等)の位置を確認すること。
- 3) 吹きだまりのある場所では施工深を一定に保つための除雪を必要とする場合がある。しかし、実際の施

*北海道立中央農業試験場

工に際しては後述する様にこれらの他に二、三の注意が必要である。

3. 「雪上心破」の施工法と作業機械の概要

雪上心破は、その年の積雪深にもよるが、一般に3月中旬～4月上旬に行われ、**図-1**に示すように、水田の場合は既設の本暗渠に直交（短辺が20m以下の場合は斜交）して施工し、あぜは切らない。転換畑は排水路側からあぜを切って施工する。作業能率は1ha当り2.0～2.5時間で、費用は10a当り4000円前後とされている。

次に、作業機械の仕様は、以下のとおりである。

〔けん引トラクター〕（**図-2**）

湿地型クローラートラクター（通称湿地ブル）、重量17t、140馬力、接地圧0.29kg/cm²、全長5.6m、全幅4m、高さ3m、最低地上高40cm、クローラーの履帯幅95cm〔心土破砕機〕（**図-3**）

全長2.2m、全幅2.3m、3本爪、爪の間隔80cm、チゼルウィング幅49cm、り柱の長さ112cm（通常より20cm長くしたもの、最大作用深100cm程度）、なお、1983年はり柱が20cm短い通常型を使用した。

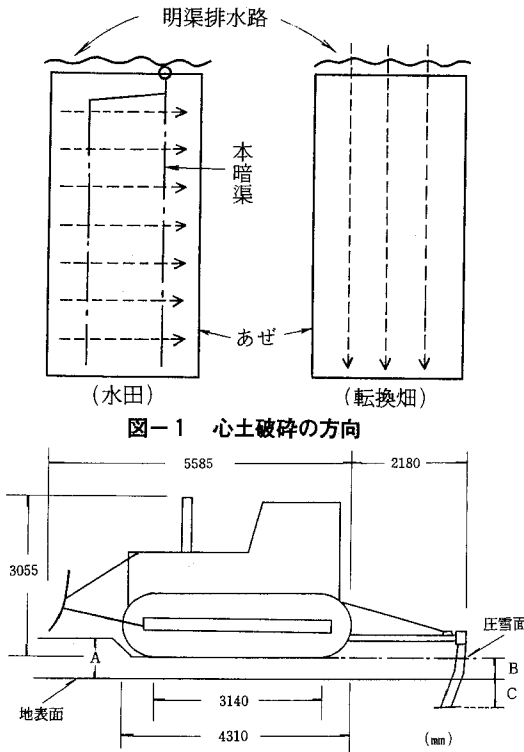


図-1 心土破砕の方向

図-2 作業機械の概要

(A: 積雪深, B: 圧雪深, C: 心破施工深, B+C: 心破作用深)

また、この他に、同公社の道北支所も上川管内の一部地域において施工を行っている。この地帯は空知地方より寒冷で積雪が早く、かつ地表部が凍結している時期の方が破砕効果を増す、という理由から、その施工時期を11月下旬～12月中旬の初冬に選んでいる。ただし、この地帯は下層に礫が出るほ場が多く、従って、心土破砕機のけん引抵抗を減らすために爪は2連装にしている（一般に融雪期には地表面に接している雪層の最下部が融けてシャーベット状となってくるため、地表部もやや軟弱となり、機械走行や心破の破砕効果に悪影響を与えるとされている）。

4. 施工の実例

以下に1983～85年の3、4月に空知南部の南幌町において行われた施工例および若干の調査結果を示す。調査において注目した点は、1) 心破の施工深を50～60cmに設定した場合、作業時における望ましい積雪深やその時の雪質の把握、2) 作業能率、3) 土壌が硬く、けん引抵抗が大きいほ場の場合、4) 秋まき土麦が雪中に埋もれて生育している転換畑の場合、5) 融雪剤が既に散布されているほ場の場合（一般に融雪剤は3月中旬に散布

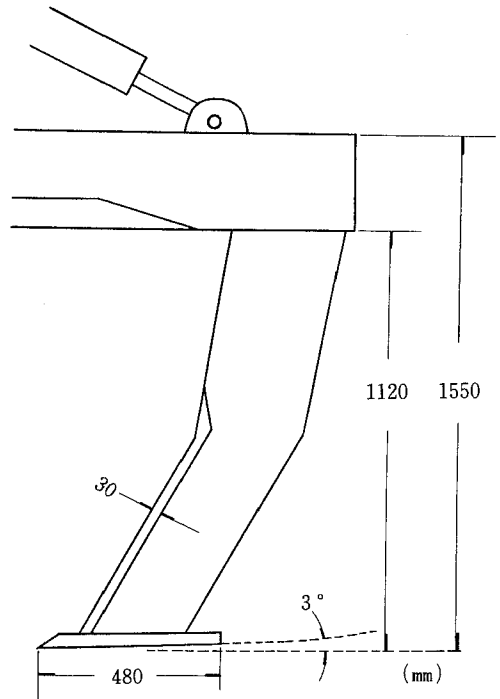


図-3 心土破砕機の形状

心土破碎の雪上施工

され、融雪が一週間程度早まる)等である。また、施工後の融雪状況やほ場乾燥の程度についても、心破無施工ほ場を対照として追跡調査を行った。

まず、表-1、図-4に調査地点の積雪、圧雪の状況や心破の施工深の実測値を示した。施工時の積雪深は融雪剤散布済みの地点F(転換畑)以外では50~60cm程度である。湿地ブルの沈下深は20~30cm程度であり、従って積雪深から沈下深を差引いたものを圧雪深とすると、それは25~35cm程度となっている。心土破碎機の爪の最大作用深は100cmのため、施工深、つまりチゼルが達する深さは最大70cm前後になるはずであり、実測値も最大のものではそれに近い数値が示されている。

湿地ブルの沈下深は、3月中旬~4月上旬の融雪期における雪質(表層30cmの平均密度が0.4g/cm³前後)では一般にこの程度であり、この沈下深の目安として、人間の歩行深の値が考えられる。

すなわち施工時における人間の歩行深は概ね15~20cm程度であった。湿地ブルの接地圧は心土破碎機を装着して0.31kg/cm²であるが、人間が普通のゴム長ぐつで歩行した場合、例えば足のサイズ26.0cmで底面積175cm²、全体重68kgとすると、接地圧は0.39kg/cm²となる。従って、人間の接地圧は湿地ブルの1.3倍程度ということになるが、実際の沈下量は湿地ブルの方が大きいようである。ちなみに大型雪上車の接地圧は0.04程度である。これらの点に関しては“雪の研究”¹⁾に詳しい。

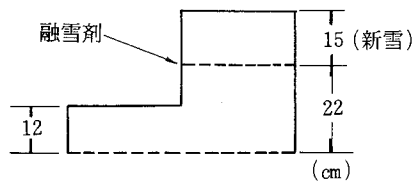
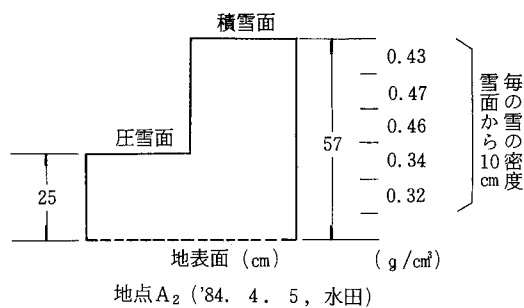


図-4 圧雪の状況

表-2には作業能率とほ場の土壌硬度を示した。3連装の心土破碎機による作業能率は1ha当り2.0~2.5時間とされているが、実測の結果は1.7~2.1時間であり、ほぼ公称値の範囲であった。平均2.2時間とすると、畑地に対する通常の作業能率(1時間当り75a程度)に比べ

表-1 調査地点の施工状況

地点 ¹⁾	地目	施工年月日	土壌型	積雪深 (cm)	沈下深 ²⁾ (圧雪深) (cm)	圧雪率 ³⁾ (%)	施工深 (cm)	雪の ⁴⁾ 密度 (g/cm ³)	備考
A ₁	水田	83. 3. 25	グライ土(下層泥炭)	48	23 (25)	52	54	/	83年施工の地点A ₁ 、B ₁ は心土破碎機のり柱が84年以降のものより20cm短い。
B ₁	"	"	"(強粘質)	48	23 (25)	52	45	/	
C	水田	84. 4. 5	グライ土(下層泥炭)	52	30 (22)	42	55	—	地点B ₂ とFの積雪深は15cmの降雪直後の値
A ₂	"	"	(A ₁ に同じ)	57	32 (25)	44	68	0.45	
B ₂	"	4. 6	(B ₁ に同じ)	65	32 (33)	51	51	—	
H	水田	85. 3. 22	グライ土	60	20 (40)	67	50	0.41	
F	転換畑	84. 4. 6	グライ土(下層泥炭)	37	25 (12)	32	68	—	地点Fは融雪剤散布済み 地点F、Gは秋まき小麦作付中
G	"	85. 3. 23	泥炭土(表層無機質)	56	21 (35)	63	55	0.44	
I	(雑草地)	85. 3. 12	(雪の表層を削って 人為的に積雪深を 3段階に設定した)	85	35 (50)	59	—	0.26	地点Iの自然積雪深は85cm けん引しない状態で走行
I	(")	"		50	17 (33)	66	—	/	
I	(")	"		30	12 (18)	60	—	/	

注1) 地点A₁、A₂およびB₁、B₂はそれぞれ同一農家の異なるほ場

2) 沈下深(圧雪深)は、クローラーの履帯セクションが三角形のため、その頂点の位置で測定

3) 圧雪率=(圧雪深/積雪深)×100

4) 雪の密度は表層30cmの平均

て約1.7倍の時間を要することになる。スリップ率は、全地点における実測はしていないが、二、三の測定例においては10%以下であり、一般にかなり低い値と思われる。

また、施工時の土壌硬度を、コーンペネトロメーターを用いて調査した結果では、地表部が土壌凍結のため高い値を示した地点F（転換畑）以外は、比較的含水比が高い粘土層あるいは泥炭層からなる水田土壌のためか、あまり大きな抵抗値は出ていない。しかし、実際には、全層強粘質でかつ他の低地土に比べて秋、春ともやや乾燥している傾向が強いほ場のBにおいて、83、84年の両年ともけん引抵抗がかなり大きく、時々走行が停止し、ほ場表面が傷つく場面が若干みられた。この現象は、下層が泥炭でコーン抵抗もやや小さいほ場のAと比べて、ほ場Bの方が心破の作用深の実測値（＝圧雪深＋施工深）が両年とも約10cm前後浅いという結果とも関連しているものと思われる。（これは恐らく、けん引抵抗をかなり強く感じた湿地ブルのオペレーターが心破をかける位置をやや浅くしたためかも知れない。）従って、低地土よりも明らかに土層が堅い台地土や礫が存在する土壌においては、心土破砕機の爪を2本に減らして、抵抗を減らす対策も必要となってくる。残念ながら土壌硬度とけん引抵抗の関係を詳しく論じるデータは持ち合わせていないが、いずれにしてもこの点が雪上心破の施工における最大の注意点であろう。特に圧雪深が小さい場合や融雪剤散布ずみのほ場、あるいは大きな埋もれ木が存在しているほ場の場合は無理な走行をすとは場の表面を傷つけることになる。水田の場合は耕起作業が行われるため実害はほとんどないが、秋まき小麦作付中のほ場の場合

はトラブルを起こす可能性がある。また、心土破砕一般の注意点として、作物の根系を傷めず、ほ場表面の浮き上りを防ぐためにも、チゼルを一定の深さに保って均一に施工する必要がある。これらの点を考慮すると、今回調査した転換畑（地点F、G）においてはトラブルは起きなかったが、やはり秋まき小麦作付中の転換畑に対する施工には最大限の注意が必要であろう。

表-3には、施工した4地点についての、融雪日およびそれ以降のほ場の乾燥度を隣接する対照田（心破未施工）と比較したものを示した。融雪日はいずれの地点においても平均1～2日程度早まっている。これは恐らく湿地ブルの走行によって雪面がかく乱、圧縮され、熱伝導率が高まった結果によるものと思われる。また融雪水の早期排除による融雪促進効果はほとんどみられなかった。もっとも、この時期、つまり雪が融けつつある3月下旬～4月中旬は明渠排水路自体が雪で被覆されるか、あるいは融雪水ですぐに充満してしまい、水理学的にみても排水路として機能し得る状態には無い場合が多い。

心土破砕を、既設の本暗渠に対する補助暗渠機能としてみた場合、この心土破砕による下層への自然降下浸透がほとんど期待できない土壌からなるほ場においては、その排水の程度は、心破孔が直交（斜交）して連なるはずの既設の吸水、集水系の排出能力に基本的に支配される。

地点A_{1,2}, B_{1,2}, C（いずれも水田）は上述した、自然降下浸透が期待出来ないほ場に該当するが、このうち、集水渠にモミガラを充てんしてある地点A_{1,2}, および土もどしではあるが施工以前から暗渠機能が良好な地点

表-2 作業能率と土壌硬度

地点	1 ha当り 作業時間 (hr)	けん引 速 度 (m/秒)	スリッ プ 率 (%)	平均コーン抵抗（小コーン） (kg/cm ²)			
				0～15 cm	15～30 cm	30～45 cm	45～60 cm
A ₁	2.1	/	/	—	—	—	—
C	2.1			2.0	6.1	4.3	3.6
A ₂	1.8			3.1	6.3	5.2	5.1
B ₂	2.0			4.0	5.4	8.3	6.0
F	—			10.5*	13.9*	6.2	4.2
G	1.8	1.04	3.5	—	—	—	—
H	2.0	1.02	9.6	1.0	2.8	3.4	4.1

注) *は土壌凍結のため高い値となった。

走行時はギア2速、エンジン回転数は1,800rpm

心土破碎の雪上施工

B_{1,2}においては雪上心破によるほ場乾燥の促進効果が認められたが、地点Cではほとんどその効果は認められなかった。

一方、今回の調査地点の中では唯一、作土層を除くほ場全層が泥炭層で、かつ地下水位も低い(4月末で50cm, 5月末で80cm前後)地点G(転換畑)においては、既設暗渠は泥炭層の不等沈下によりほとんど排水機能が失われていたが、あぜを切って排水路側から心破を施工したため、その心破孔からの直接的排出および自然降下浸透の増加によりほ場全体としての排水が改善され、雪上心破の効果が表われた結果となった。

5. おわりに

この雪上心破は、1983~85年に、道央の空知、石狩管内で9市町村、約200ha、道北の上川管内で2町、約370haの施工実績があるが、その効果について地元の評価は必ずしも一致しているわけではない。これは、一般に排水改善はそのほ場内での改善のみでは効果が出にくく、末端から支線、さらには幹線に至る用排水組織の整備や日常的な管理も同時に重要なことを示唆しているとも受けとれる。

この雪上心破のような、積雪地帯における雪を利用した営農の工夫は他にもいくつかあるが、土壌肥料や土壌

物理分野においても、まだまだ工夫・検討の余地は残されており、今後の課題になろう。

写真1~4に雪上心破の施工状況を示す。

最後に、資料提供および調査に際しご協力頂いた北海道農業開発公社、南幌町農協、空知南西部地区農業改良普及所の皆様方にお礼申し上げます。

(参考文献)

1) 北農, 第40巻, 2号(1973)

(1987. 1. 29受理)

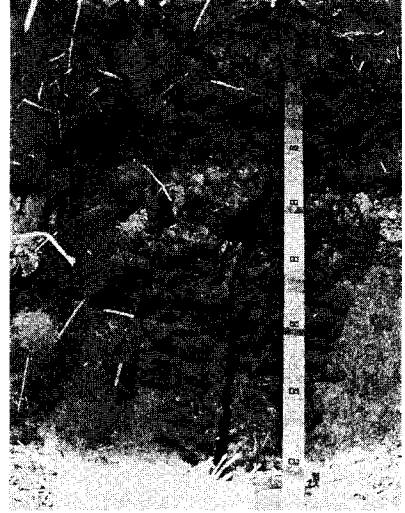
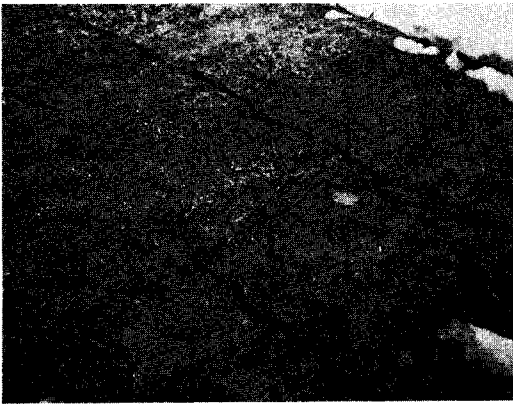
表一 3 融雪日とほ場の乾燥程度(表土の含水比)

地点	処理	融雪日 (年月日)	採土位置 (cm)	表土の含水比 (%)					暗渠 機能	
				4月20日	4. 24	4. 29	5. 7	5. 11		
A 2	対照 心破	'84. 4. 18 4. 17	0~10	68	57	47	51	51) 良	
			"	60	50	40	41	44		
B 2	対照 心破	4. 17 4. 15	"	54	48	43	(4月29日耕起)) 良	
			"	55	43	39				
C	対照 心破	4. 19 4. 18	"	—	61	55	57	57) 不良	
			"	—	64	54	56	60		
				4月12日	4. 19	4. 27	5. 4	5. 29		
G	対照	'85. 4. 6	0~10	47	44	50	44	29	不良	
			10~20	—	50	66	59	45		
	心破	4. 5	0~10	44	43	50	42	27		
			10~20	—	47	57	54	36		

注) いずれの地点も暗渠組織は一筆毎に独立していないため、両処理区ほ場に連なっている暗渠の排水口からの排出量を測定した。4月中旬での排出量が50~100ℓ/分程度を良、それ以下を不良とした。



写真1 作業機械の全容

写真2 心破跡断面 ('83, 4. 18, 地点B₁)写真3 秋まき小麦作付ほ場での施工跡 ('85. 4. 4
地点G)写真4 施工後の融雪状況
(左半分は未施工田, 右半分は施工田, '84. 4. 16,
地点B₂)