〔短報〕

十勝地方の多湿黒ボク土に対するバーク堆肥充填有材心土改良耕の効果

東田　修司*1　北川　巌*2

通常の暗渠とバーク堆肥を充填するオープナ式有材心土改良耕の組み合わせでは，暗渠単独に比べて2倍程度の排水量を得ることができ，降雨後における水分張力の低下も迅速であった。乾燥年を除くと作物収量も向上した。心土に形成された溝に充填されたバーク堆肥は施工後5年を経ても明確に識別できた。溝部分の土壌硬度は極めて低く，良好な排水性が維持されることを確認できた。

緒　言

十勝地方には排水性の悪い多湿黒ボク土が広く分布する。排水不良は作物の生育を停滞させて減収要因になるばかりでなく，降雨後に数日間にわたり圃場に入れないなど適期作業を困難にする。排水不良の要因及びその改善対策については菊地ら[1]が取りまとめ，主に基盤整備事業の中で改善がなされ，これまで一定の効果をあげてきた。しかしながら，大規模化した畑作経営のなかでより効率的に農作業をすすめるため，また，クリーン農業に対応して適期の防除，除草などを実施するため，排水対策への需要は多い。

他方，上川地方の堅密固結性土壌では心土の膨軟化と排水改善を兼ねて有材心土耕が技術化された[4]。これはプラウで作土を持ち上げつつ，オープナで心土に溝を入れ，そこにホッパに積んだ堆肥を充填していくものである。十勝地方に分布する多湿黒ボク土の心土はそれほど堅密ではないが粘性が強く排水が悪い。そこで，この土壌に有材心土耕を適用し，従来の暗渠単独施工よりも高度な排水機能が得られることを実証しようとした。

試験方法

1．供試土壌と工法

供試圃場は帯広市富士町の表層腐植質多湿黒ボク土であり，下層50cm以下にグライ斑を呈し極めて排水が悪い。この土壌に対し，12m間隔のビリ砂利暗渠を施工した処理，及びビリ砂利暗渠に直角に深さ30-60cm，幅8cm，1.2m間隔の有材心土改良耕を組み合わせた処理を設けた。有材心土改良耕の作業機には有材心土改良耕プラウ24"×1を装着した湿地履帯10tトラクタを用いた。充填材にはバーク堆肥を用い，充填量は10aあたり14tとした。

以下，ビリ砂利暗渠のみを「無施工区」，ビリ砂利暗渠にオープナ式の有材心土改良耕を施工した区を「オープナ区」とし，両区の比較検討を行った。無施工区とオープナ区には同一の堆肥施用処理を設けた[3]。本報告では無施工区とオープナ区別に堆肥処理を平均した結果で論議を進める。

2．供試作物

作付け作物と耕種法を表1に示した。

3．分析方法

暗渠水の流量測定：試験に供した圃場には，処理区内の無施工区とオープナ区別に分けて集水渠を設け，それぞれの区の浸透水が別々に明渠に排水されるようにした。それぞれの排水口に電磁流量計(パルス式)を設け排水量を自動観測した。

pF：ポーラスカップを圃場に埋設し，圧力計を用いてヘッドスペースの吸引圧を測定し，pF値に換算した。

結果と考察

1．施工状況とその永続性

施工直後に土壌表面を観察した結果，両区ともビリ砂利暗渠を施工した直上では作土へのわずかな心土の混入が観察されたものの，オープナ式有材心土改良耕による

2002年5月15日受理

*1　北海道立十勝農業試験場（現：北海道立中央農業試験場，069-1395　夕張郡長沼町）
*2　北海道立中央農業試験場，069-1395　夕張郡長沼町
E-Mail:higashid@agri.pref.hokkaido.jp

表１　供試作物と耕種法

年度	供試作物(品種)	栽植密度 (畝間×株間cm)	施肥量 (N-P_2O_5-K_2Okg/10a)	施肥 播種日	収穫日
1998	テンサイ（ストーク）	66×21	17.5-31.5-14.3	4/25	10/9
1999	アズキ（エリモショウズ）	66×20	3.6-17.1-8.1	5/24	9/21
2000	バレイショ（トヨシロ）	75×25.5	5 -25 -10	5/9	9/7
2001	秋まきコムギ（ホクシン）	30cm条播	12.4-19.2-8.4	10/2	7/24

心土の混入はほとんど無視できる程度だった。また，数ヶ所の断面を掘って観察したところ，いずれの地点もバーク堆肥は作土下約30cmから60cmまで幅8 cmで充填されていた（図１A）。

施工後５年を経過した秋まきコムギ跡地の断面では，充填されたバーク堆肥の上部7 cmほどは上に向かうほど収縮し，かつ土壌の混入があった（図１B）。浸透水がバーク堆肥を充填した溝に集まる過程で土壌がバーク堆肥に侵入したと推察される。他の部分は僅かに土壌の混入があるもののほとんど施工時の形態を維持した。バーク堆肥が充填された溝の土壌硬度は極めて低かった。また，調査中にバーク堆肥溝の下部から多量の湧水があり，この溝が水道として機能することが確認できた。

２．排水量と土壌pFに及ぼす影響

まとまった降雨のあった５時期について（ケースNo. １～５），排水の特性をまとめた（表２）。暗きょ排水のピーク発生時間は降雨開始から10～20時間後であり，比較的長い傾向にあった。これは，土壌の保水性が高く，粗孔隙が飽和するのに時間がかかり，重力水の移動が遅いことに起因する。ピーク発生時間はオープナ区の方が短く，有材心土改良耕によって土層内での水の移動速度が高まったと推定できる。ピーク排水量，24時間排水量，総排水量は日降水量に影響され，ピーク排水開始時間は４時間雨量に影響された。

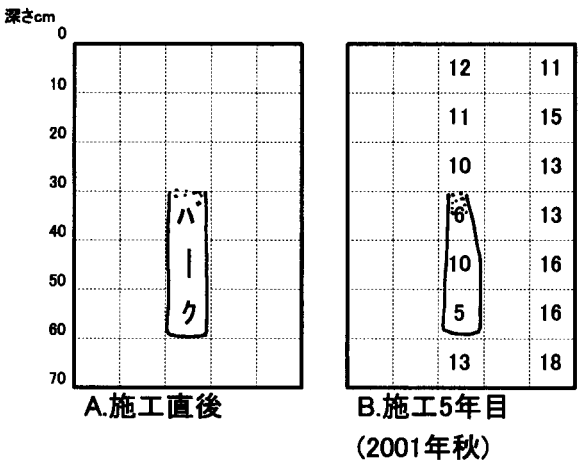

図１　オープナ式有材心土耕の断面形態
注）数字は山中式高度計mm
マス目は縦横とも10cm

総排水量はケース１を除いてオープナ区で無施工区の数倍になった。これはオープナ区の奥に高みがありそこから水が横移動したためであると考えられる。ケース１の場合には降水量が100mmを超え，圃場全体が過飽和になり，地形により移動する水の割合が小さくなったため両区の違いが小さくなったものと推察される。このように地形条件のために単純に排水量から処理による排水機能を比較することはできないが，水の横移動を無視できると考えられる多量降雨時のピーク排水量を比較すると（ケース１），オープナ区が9.4mmであるのに対し無施工区は5.5mmであり，オープナ区の排水機能は無施工区の２倍程度であると評価できる。まとまった降雨があった場合のピーク排水量を比較すると2000年にも，オープナ区は無施工区の倍以上の値を示した（表３）。

排水量の違いが土壌水分に及ぼす影響をみるため，施

表２　排水量の処理間差と測定時の条件
（1999年測定）

ケースNo.	連続干天日数	降水開始月/日	ピーク発生時間	総降水量 mm	ピーク排水量 mm/日	総排水量 mm
1	15	9/16	18	142.5	5.5(171)	138(116)
2	5	9/23	11	76.5	2.7(269)	25(422)
3	6	10/2	21	47.5	0.9(362)	13(553)
4	2	10/18	10	42.5	1.5(277)	13(411)
5	5	11/8	13	26.5	0.3(381)	2(1099)

注）ケースNo.　：測定期間中にまとまった降雨のあった事例
連続干天日数：降雨前の干天日（日降水量１mm以下）の連続日数
ピーク発生時間：降水開始からピーク発生までの時間数
排水量の値は無施工区を表示，（ ）内はオープナ区の百分比

表３　排水能力の比較　（ピーク時排水量，mm/時）

処理区	2000年	
	9/12	9/25
無施工区	4.1	4.9
オープナ区	1.2	2.4

工後3年目のバレイショ作付け条件で無施工区とオープナ区の土壌水分張力（pF）を比較した（図2．測定深25cm）。6月下旬以降，降雨が無く比較的高いpF値で推移したが7月3から4日にかけて20mmの降雨があり，それから数日間pF値が低下した。この降雨でpF値が最も下がったのは6日であり，不飽和状態での水の下方浸透がかなり遅いことが示された。続いて8から10日にかけて約40mmのまとまった降雨があった。pF値は両区とも0まで低下したが，オープナ区では12日にはpF 0から脱し，その後も無施工区より高いpF値で推移した。このことから，オープナ区の排水性は高く，それがpF値に反映したことが伺える。

2000年秋のコムギ播種時期前には断続的な降雨があり，本試験圃場の作業用通路（3 m幅）を挟んで向かいに位置する圃場では滞水してコムギを播種できない状態であった。一方，オープナ区は集水地形であるにも拘わらずコムギ播種が可能であり，その後の越冬前生育も順調であった。本試験圃場は試験年次終了後の2001年秋にも秋まきコムギが作付けされた。播種前後に降雨が続き，無施工区では一部滞水によるコムギの枯死が起きたが，同等の地形条件であるオープナ区では正常な生育が得られた。

以上のような観察事例と，排水量，pF推移からオープナ式有材心土改良耕は高い排水能力を有することが示された。

3．排水中の硝酸態窒素濃度

堆肥の大量施用は地下浸透水中の硝酸濃度を高める恐れがある[2]。充填材としてバーク堆肥を10a当たり14t程度施用したオープナ区の施工翌年融雪期における暗渠水中の硝酸態窒素濃度は4.6（4月1日），3.7（4月13日），3.5（4月13日），3.5（4月21日）であり，環境基準（10ppm以下）内であった。施工後2年目のアズキ作付け時でも硝酸態窒素濃度は5 ppm以下であった（表4）。オープナ区では大量のバーク堆肥が地表下30～60cmの下層土に施用されたが，下層土は酸素の供給が限られるため有機物の分解，硝酸化成速度が遅い。古館ら[3]の検討でも下層土に施用された堆肥の分解率は5年間で20%に過ぎなかった。このことが浸透水中の硝酸態窒素濃度が比較的低く推移した要因と考えられる。 硝酸態窒素濃度は施工後3年目（2000年）早春の一時期に10ppm以上に高まった。施工からすでに3年を経過しており，その原因はオープナ区で充填されたバーク堆肥そのものではなく，排水が改良されて浸透水の移動が円滑化し，土層中の硝酸態窒素の流出が促進されたためと推察される。ただし，10ppmを越えたのはこの一時期に限られており，年間を通じての平均値は10ppmを下回ると考えられる。オープナ区では排水が改善されるため水移動が促進され，土層中の硝酸が迅速に暗渠中に流出する可能性がある。それ故，高度な排水対策を行う場合にはこれまで以上に硝酸態窒素の流亡に注意する必要がある。

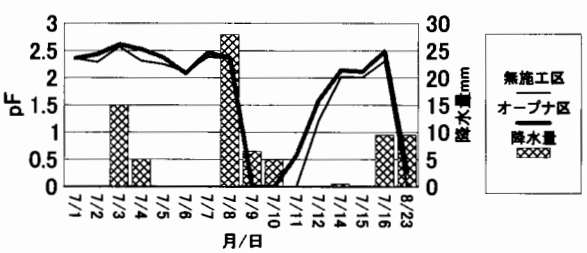

図2　オープナ式有材心土耕が土壌水分張力に及ぼす影響

4．オープナ式有材心土改良耕が作物収量に及ぼす影響

施工翌年にはテンサイ生長肥大時期の5月～8月下旬における降水量が平年よりも53mmほど少なかったが，テンサイ収量は無施工に比べオープナ区で約4％増収した（表5）。テンサイは深根性であり，湿害に弱い。このことが平年よりも多少降雨が少なかったにも拘わらず増収した要因と考えられる。

1999年のアズキではオープナ区で増収が得られなかった。この年は平年に比べて多少降雨量が多かったが，まれにみる高温年であったことが影響したと推察される。

2000年の降雨条件はほぼ平年並みであり，バレイショではオープナ区で若干増収した。2001年に作付けしたコムギは深根性であり湿害耐性は中程度である。しかし，コムギの生育期間中の降水量は平年に比べて100mm近く少なかったため，排水改良の効果が得られなかった。

以上から，オープナ式有材心土改良耕は，降雨条件，作物種によって異なるが，概して寡雨年以外では増収が期待できる。

5．オープナ式有材心土改良耕の適用場面

表4　暗渠水の硝酸態窒素濃度（N-NO_3ppm）

排水処理	1999年（アズキ作付け）							2000年（バレイショ作付け）					
	5/24	6/16	7/7	7/26	8/27	9/29	10/13	4/25	5/22	7/4	7/25	8/31	10/25
無施工区	0.2	0.1	4.1	7.2	T	0.9	3.6	6.5	5.9	1.6	3.3	3.5	3.3
オープナ区	2.7	2.8	3.2	3.1	2.1	2.7	2.6	10.7	6.2	0.4	0.2	1.6	2.7

注）T：trace

表5 オープナ式有材心土改良耕が作物の生育収量に及ぼす影響

排水処理	1998年 テンサイ根重 t/10a	1999年 アズキ子実重 kg/10a	2000年 バレイショ規格内重 t/10a	2001年 秋まきコムギ子実重 kg/10a
無施工区	6.5	359	4.00	724
オープナ区	6.7	363	4.16	720
比(%)	104	101	104	99
生育期間の降水量mm	388.3	504	299	184.9
上記平年との増減	−53.7	41.6	17	−93.9
積算期間(月/旬)	5上-8下	5上-8下	5上-7下	5上-6下

従来，オープナ式の有材心土改良耕は心土が堅密な土壌において排水改良のみならず，その膨軟化も目的の1つにして実施されてきた。本試験の供試圃場では下層土の土壌硬度は20mm（山中式）を下回り，それほど高くないが，粘性が強く排水性が悪い。このような土壌に有材心土改良耕を導入することにより，より高い排水能を得ることができた。実際の施工に当たっては，施工価格が高価であることを考慮し，下層土の性質から特に排水の悪い圃場，集水地形などで水の集まる地点への適用が考えられる。また，一枚の圃場で特定地点の排水が全体の作業の律速要因となる部分にのみ施工することも有効である。

ただし，オープナ式の施工条件としては，通常の暗渠が機能していることが欠かせない。オープナ式のみの単独施工では溝部分に水を貯めてむしろ逆効果になる恐れがある。また，オープナ式は心土の作土への混入が少ないので，心土を作土に混入させたくない場合にも利用できる。

将来にはますます畑作の規模拡大が予測されており，圃場の高い排水能は広い農地を効率的に管理するために欠かすことができない要件である。降雨により長期間圃場に入れなければその間の作業が滞り，適期作業に支障をきたす。オープナ式は圃場利用の目的上高度な排水性が必要な圃場で，しかも，通常の暗渠排水で十分な改良効果が得られない場合に有効である。ただし，排水が良いことは反面，肥料や堆肥中の窒素が流亡し易いことを意味するので，これまで以上に適正施肥に留意する必要がある。

謝 辞 本試験の実施に当たり十勝中部地区農業改良普及センター，十勝支庁農業振興部計画課，帯広市農業技術センターの各位にご協力を頂いた。本稿の取りまとめにあたって中央農試農業環境部能代昌雄部長，栽培システム部長稲津脩博士には懇切ていねいなご校閲を賜った。ここに深く感謝の意を表します。

引用文献

1）菊地晃二．”十勝地方における土壌類型区分図とその土壌改良対策への応用”．北海道立農業試験場報告．34，1-118（1981）．

2）中津智史，東田修司，山神正弘．”淡色黒ボク土における堆きゅう肥の連用が畑作物の収量・品質に及ぼす影響”．日土肥誌．71，97-100（2000）．

3）道立十勝農業試験場栽培環境科，道立北見農業試験場栽培環境科．”心土改良耕法の導入と堆肥併用技術”．平成13年度農業試験会議資料．2002．49p．

4）横井義雄，北川巌，後藤英次，田丸浩幸．”北海道上川地方の堅密固結性土壌に対するオープナ式有材心土改良工の効果”．土壌の物理性．88，37-44（2001）．

Application of a Subsoiler Stuffed with Bark Manure to Wet Andosols in the Tokachi District.

Shuji HIGASHIDA* and Iwao KITAGAWA

* Hokkaido Tokachi Agricultural Experiment Station (Present; Hokkaido Central Agricultural Experiment Station. Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan)
E-Mail; higashid @agri.pref.hokkaido.jp