

粘質土壌の基盤整備水田における パンブレーカによる下層土の物理性改善*

松家義克・黒島忠司・野本陽一

The improvement of subsoil physical properties
in clayey paddy field by using Pan Breaker

Yoshikatsu Matsuka, Tadashi Kuroshima, Youichi Nomoto

要約

松家義克・黒島忠司・野本陽一(1995):粘質土壌の基盤整備水田におけるパンブレーカによる下層土の物理性改善. 徳島農試研報(32):35~39.

粘質土壌の基盤整備水田において,緻密な下層土の透排水性を中心に土壌物理性を改善するため,間隔31.5cm,深さ35cmにパンブレーカによる心土破碎を実施し,土壌に及ぼす影響をみるとともに湿害の影響を受けやすいビール麦でその効果を検討した。

心土破碎により深さ35cmまで亀裂が生じ,その部分では無処理に比べて緻密度が低く,下層の固相率が低下し,気相率,孔隙率が高くなり,土壌が膨軟になった。しかし,チゼル通過からはずれた部分の三相分布は無処理と大差がなかった。

亀裂が生じ土壌が膨軟になることで,土壌の透排水性についても,ベーシックインテークレートが無処理0.12mm/hに比べて100倍以上と大きくなり良くなった。

ビール麦の収量は心土破碎することで,無処理に比べて高く推移し,3年間の平均で無処理23.1kg/aに対して176%と増収し,心土破碎による効果がみられた。

なお,心土破碎に深耕を併用した効果を同時に検討したが,心土破碎の無処理に対する増収効果ほど顕著でなく,心土破碎に比べて劣る年もあり明らかでなかった。

キーワード:基盤整備,下層土,パンブレーカ,透排水性改善,物理性改善

はじめに

一般に基盤整備水田では,圃場整備時の整地作業等に大型重量機械が稼働し,土壌の圧密や練り返しがされるため,下層土が緻密化したり排水不良となることが指摘されている。徳島県の吉野川北岸中流域における細粒灰色低地土の基盤整備水田においても,下層土の緻密化,排水不良による作物の生育不良が問題となってきた。

圃場の透排水性を改善する方法として,本暗渠,簡易暗渠の単独施工やそれらと弾丸暗渠等を組み合わせる方法やより低コストな方法として下層土の土壌物理性の改善を兼ねたサブソイラー,リッパー等による心土破碎が行われている。

基盤整備水田における暗渠についてはコルゲート管やシートパイプを用いた暗渠の単独施工やそれらと弾丸暗渠を組み合わせて施工した効果³⁾が報告されており,心土破碎については,ウイング付きサブソイラー(2m間隔,深さ35~40cm),リッパー(1m間隔,深さ40~50cm)による効果⁵⁾が報告されている。

本県の吉野川北岸中流域の基盤整備水田でも,本暗渠に弾丸暗渠を組み合わせた効果やリッパーにより間隔1m,深さ50cmに心土破碎した効果について検討されており,その結果,本暗渠施工が心土破碎に比べて効果が高かった。⁴⁾しかし,本暗渠施工では経費が高く,現場ではより低コストで効果的な方法が要望されていることから,心土破碎の間隔を狭くし,作業性を高めるため施工の深さを浅くして,その効果を水田裏作で検討したので,概要を報告する。

なお,本試験は1991年から1993年まで,阿波町において高品質麦高位安定生産実証事業として実施したもので,県の関係機関,阿波町,地元の農協等の方々にご協力をいただき,ここに感謝の意を表す。

*本報告の一部は平成7年度土壤肥料学会関西支部大会において発表した。

試験方法

1 試験圃場の所在地, 土壤条件

試験圃場は, 徳島市の西方約40km, 吉野川北岸中流域に位置する沖積平野に属する阿波郡阿波町久勝地区の, 細粒灰色低地土灰色系宝田統の粘質土壤における基盤整備水田(1985年施工)である。

2 試験圃場周辺地区の圃場整備の概要

圃場整備は1980年度から85年度にかけて計画, 施工され, その施工方法として, 表土を一時はくりし, 下層土を切り盛り処理した表土を返す方法がとられた。施工後の耕区面積は平均20a(80m × 25m)で, 表土の厚さは約15cmである。

3 試験区

試験区は無処理区, 心土破砕区, 心土破砕 + 深耕区の3区を設けた。試験区の規模は無処理区240m² (24m × 10m), 心土破砕区および心土破砕 + 深耕区はそれぞれ840m² (12m × 70m)で行った。試験は1991 ~ 93年度の3カ年行った。

各処理の施工方法は第1表に示すように, 心土破砕はパンブレーカをクローラ式トラクタ(65馬力)により圃場の長辺方向に牽引し, 深耕はスクリュウベータをクローラ式トラクタ(65馬力)に装着し, 圃場の長辺方向に稼働し実施した。

第1表 各処理の施工方法

処理	施工方法	施用機械
心土破砕	間隔31.5cm 深さ35cm	パンブレーカ (作業幅1.9cm, チゼル7連)
深耕	深さ25cm	スクリュウベータ

注) 各処理は91年11月15日, 92年11月15日に実施した。

供試作物は水稻裏作のビール麦 とね二条 を用い, 各年度のビール麦の耕種概要を第2表に示した。

第2表 各調査年度のビール麦の耕種概要

調査年度	は種時期	は種方法	収穫時期
1991年度	1991年11月20日	ドリル播き	1992年5月15日
1992年度	1992年11月21日	"	1993年5月19日
1993年度	1993年12月3日	"	1994年5月25日

4 調査分析方法

土壤硬度は山中式土壤硬度計により緻密度を測定した。土壤三相は100ml円筒で土壤を採取した。インテークレートはシリンダー法により直径約30cmの円筒状の無底シリンダーを土壤に打ち込み測定した。土壤水分含量は含水率で求めた。詳細については土壤標準分析。測定法¹⁾に準じて行った。

ビール麦の収量は精麦重とし, 収量調査用の試料は, 各処理区2地点より50株ずつ採取した。

試験結果

1 土壤物理性改善効果

1992年11月15日の処理直後の各区の土壌断面形態についてみると、無処理区では第1層0～15cm，第2層15～32cmであり，土壌硬度は下層になるに従い硬くなり，耕耘された状態である第1層は1mm未満と低く，第2層は16mm，第3層は31mmであり，第3層で特に高い値を示した。心土破砕区では層位の厚さは無処理区と同様であるが，第2層から第3層にかけて深さ35cmまでチゼルの通過による亀裂がみられ，その部分の土壌硬度は第2層で2mm以下，第3層で12mmへ低下していた。また心土破砕＋深耕区では心土破砕区の第1層と第2層が混和された状態であり，第1層，第2層の土壌硬度はともに2mm未満であった。

処理直後の下層土の三相分布は第3表のように，心土破砕区の亀裂部分では固相率が無処理区の65.0％に比べて45.4％と低下気相率が無処理区の2.7％に比べて24.0％と高くなった。その結果，孔隙率が無処理区の35.0％に比べて54.6％と高くなり，仮比重も無処理区1.59g/mlから1.16g/mlと低くなり，心土破砕をすることでチゼルが通過した亀裂部分で土壌が膨軟になっていた。しかし，チゼルが通過していない亀裂と亀裂の中央部分では，無処理区と大差がみられなかった。心土破砕＋深耕区では，亀裂部分，チゼルが通過していない亀裂と亀裂の中央部分ともに心土破砕区の亀裂部分と同様な土壌三相分布を示し，膨軟になっていた。

第3表 各処理直後の下層土の三相分布

区名	採取位置	pF1.5時				
		固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	孔隙率 (%)	仮比重 (g/cm ³)
無処理		65.0	32.3	2.7	35.0	1.59
心土破砕	亀裂部分	45.4	30.7	24.0	54.6	1.16
"	亀裂と亀裂の中央	64.4	33.1	2.5	35.6	1.65
心土破砕＋深耕	亀裂直上	45.4	35.9	18.7	54.6	1.13
"	亀裂と亀裂の中央	45.0	35.2	19.8	55.1	1.06

注) 採土は処理直後の1992年11月15日に，深さ15～20cmで行った。

水の浸透能を測定した結果は第4表のように，亀裂部分を中心に測定した心土破砕区，心土破砕＋深耕区のベーシックインテークレートが無処理区0.12mm/hに比べてそれぞれ424mm/h(対無処理3533倍)，159mm/h(対無処理1325倍)と大きくなり，亀裂が生じることで土壌の透排水性が良くなっていた。

第4表 水の浸透能

区名	D (D = ct ⁿ)	l	l _b
無処理	9.1 × t ^{0.08}	42 × t ^{-0.92}	0.12 (1)
心土破砕	12.9 × t ^{0.89}	687 × t ^{-0.11}	424 (3533)
心土破砕＋深耕	38.0 × t ^{0.06}	1378 × t ^{-0.40}	159 (1325)

注1) t: 経過時間(分), D: 積算侵入量(mm/h), l: インテークレート(mm/h), l_b: ベーシックインテークレート(mm/h), c, n: 定数。

注2) ()内数字は無処理区のl_bを1とした場合の値

注3) 測定は処理後ビール麦1作跡地の1993年5月24日に行い，シリンダーの打ち込み深さは18cmで，心土破砕した区では亀裂部分を中心に行った。

各区の上層と下層における土壌の含水率は第5表に示すように，無処理区の上層では26.4～27.7％，下層では20.1～19.3％，心土破砕区の上層では22.5～23.4％，下層では19.5～26.8％，心土破砕＋深耕区の上層では22.6～23.7％，下層では19.2～24.0％であり，処理区間については上層では無処理区が最も高く，下層では採土地点により心土破砕した区が無処理区と比べてやや低い場合と高い場合があった。処理区ごとの上層と下層についてみると無処理区では上層が下層に比べて高かったが，心土破砕をした区では採土地点により上層が下層に比べて高い場合と低い場合があった。その結果，上層と下層の含水率の差は無処理区が6.3～9.4％と最も大きく，心土破砕した区ではそれに比べて小さく，その差が負の値になる場合があった。

第5表 各処理区の含水率

区名	地点	上層	下層	上層と下層の差
無処理	(1)	26.4	20.1	6.3
	(2)	27.7	19.3	9.4
心土破碎	(1)	22.5	19.5	2.6
	(2)	23.4	26.8	-3.4
心土破碎 + 深耕	(1)	23.7	24.0	-0.3
	(2)	22.6	19.2	3.4

注1) 表中の数字の単位は%。

注2) 土壌の採土の処理後ビール麦2作目の1994年3月19日に、各処理区2地点ずつ、上層(0~10cm)と下層(10~20cm)で行った。なお、心土破碎した区では亀裂部分で採土した。

2 作物への影響

心土破碎、深耕による効果を湿害の影響を受けやすいビール麦の収量でみた結果を第6表に示した。心土破碎区、心土破碎 + 深耕区の収量は、1991年度では無処理区18.5kg/aに対してそれぞれ34.4kg/a(対無処理186%)、36.1kg/a(対無処理195%)と増収した。1992年度では無処理区でも38.1kg/aと並みの収量であったが、それぞれ50.2kg/a(対無処理132%)、47.8kg/a(対無処理125%)と増収し、1993年度でも無処理区12.6kg/aに対してそれぞれ37.6kg/a(対無処理298%)、41.9kg/a(対無処理333%)と増収した。その結果、年次変動をみると心土破碎した区では、3年間を通して無処理区に比べて高く推移し、その平均も無処理区23.1kg/aに対して心土破碎区40.7kg/a(対無処理176%)、心土破碎 + 深耕区41.9kg/a(対無処理181%)と増収した。

心土破碎に深耕を併用した効果については、心土破碎 + 深耕区が心土破碎区に比べて1991、1993年度でやや優り、1992年度でやや劣り、3年間の平均ではやや優った。

第6表 ビール麦の収量

調査年度	無処理	心土破碎	心土破碎 + 深耕
1991	18.5 (100)	34.4 (186)	36.1 (195)
1992	38.1 (100)	50.2 (132)	47.8 (125)
1993	12.6 (100)	37.6 (298)	41.8 (333)
平均	23.1 (100)	40.7 (176)	41.9 (181)

注) 表中の数字の単位はkg/aであり、()内の数字は各調査年度および平均の無処理区を100とした指数。

考察

本県の吉野川北岸中流域の基盤整備水田裏作で、間隔31.5cm、深さ35cmに作業幅1.9mチゼル7連のバンブレードにより心土破碎を実施し、それが土壌に及ぼす影響をみるとともに、湿害の影響を受けやすいビール麦を用いて、その効果を検討した。また、心土破碎にスクリュウベータによる深耕(深さ25cm)を併用した効果についても同時に検討した。

心土破碎を実施した結果、下層(深さ35cm)まで亀裂が生じ、亀裂部分の土壌が膨軟になる(第3表)とともに、亀裂部分を中心に測定した水の浸透能についてもベーシックインテークレートが対無処理1000倍以上と非常に大きくなり(第4表)、心土破碎した区の上層の含水率が無処理区のそれに比べて低く、下層では同程度が高く、上層と下層の含水率の差が無処理に比べて小さくなり、含水率が上層、下層で均一化あるいは逆転したこと(第5表)から、下層まで亀裂が生じることで土壌の透排水性がよくなり、土壌水の下層への移動が妨げられなくなったことが示唆された。このことは関ら²⁾により報告されているように作物の根圏の拡大につながり、作物が湿害、乾害を受けにくくなったことが考えられる。

一方で、心土破碎区では間隔31.5cmと施工間隔が狭いにもかかわらず、亀裂と亀裂の中間部分の下層土の三相分布が無処理と大差がなかったこと(第3表)から、その部分では心土破碎の土壌三相へ

の影響がないことが示唆された。その理由として、チゼルにウイングが付いていないことと、心土破碎が単なる牽引で振動式でないため横への破碎効果がなかったと考えられる。

それに関連して、心土破碎区では、下層土の膨軟化がチゼル通過部分のみと部分的であったが、収量調査時の様子から生育むらがみられなかった。その理由として、直径約30cmのシリンダーを亀裂部分を中心に打ち込んで測定した水の浸透能(ベーシックインテークレート)が無処理に比べて非常に大きかったこと(第4表)から、亀裂から半径約15cmまでの土壌水が速やかに亀裂へ移動できることが示唆され、そのことによる透排水性の改善が考えられる。

また、心土破碎 + 深耕区のベーシックインテークレートが心土破碎区より小さい値を示した(第4表)理由として深耕により膨軟となった下層土が水を含み泥の様な状態となることにより、亀裂を埋めやすくなることで亀裂への水の侵入を妨げ、下層への土壌水の縦浸透量が少なくなったことが考えられる。

次に、心土破碎がビール麦の収量に及ぼす影響についてみると(第6表)、心土破碎した区では無処理区に比べて大幅に増収しており、また心土破碎に深耕を組み合わせた効果が年度により差があり、明らかでなかったことと、その増収が心土破碎の無処理に対する増収程顕著でなかったことから、当基盤整備水田におけるビール麦への収量増収の要因として土壌が膨軟になったことは一因であるが、それよりも土壌の透排水性の改善による湿害の回避の効果が大きいことが示唆された。

このことについて降水量との関係で推測してみると、各調査年度の11月中旬から翌年度の5月中旬までの降水量を第7表に示した。生育後半の3月、4月、5月上中旬にそれぞれ165mm、49mm、95mmと降雨が多かった1991年度では、湿害が回避されたことによると推測される。

また、12月から2月まで30～38mmで推移し、3月74mm、4月、5月50mm程度であった1992年度では、土壌の排水性が良くなったことに加えて、関ら²⁾が報告しているように下層土の土壌物理性改善により根圏が拡大したことで、根量、養分吸収量が増加し、無処理区の収量も並みであったが、心土破碎した区ではそれをさらに上回ったものと推測される。

耕耘整地前の11月中旬に117mmと豪雨があり、12月49mm、2月66mmと調査した3年間のなかでは播種前から生育の前半の降雨が多かった1993年度では、無処理区では耕耘整地前の豪雨による停滞水の影響で土壌水分が多くなり、土壌の砕土が不十分であることが予想される場合でも心土破碎した区では砕土性が無処理に比べて良くなり、発芽が良好になったことや、播種後の降雨による茎数確保など初期生育への湿害の影響が回避されたことが推測される。

以上の結果から粘質土壌の基盤整備水田の水田裏作における下層土の透排水性等物理性改善方法として間隔31.5cm、深さ35cmに心土破碎を実施することが有効と考えられた。

なお、心土破碎を実施した後での水稲作では、心土破碎の施工方向と平行に田植え機を走行させることと亀裂に車輪が落ち走行に支障をきたすため、亀裂とクロスして走行させる等工夫が必要である。

今後、水稲作付体系における心土破碎の効果の持続性および心土破碎が水稲生育に及ぼす影響についての検討が必要であろう。

第7表 各調査年度における降水量

調査年度	11月中旬	11月下旬	12月	1月	2月	3月	4月	5月上中旬
1991	1	41	36	44	19	165	49	95
1992	21	9	31	38	30	74	56	47
1993	117	6	49	32	66	36	48	31

注1) 降水量の測定地点は阿波町と吉野川を挟んで対岸の穴吹町。

注2) 各調査年度の11月中旬～12月はその年の降水量、1月～5月上中旬は翌年の降水量。

摘要

粘質土壌の基盤整備水田の下層土の透排水性等物理性の改善として間隔31.5cm、深さ35cmにパンブレーカにより心土破碎を実施し、土壌に及ぼす影響をみるとともに湿害の影響を受けやすいビール麦を用いてその効果を検討した。また、心土破碎にスクリーベータによる深耕(深さ25cm)を併用した効果についても同時に検討した。

1 心土破碎により生じた亀裂部分では土壌硬度が低下し、下層土の三相分布は無処理に比べて固相率が低くなり、気相率が増加し、その結果、孔隙率が増加し、仮比重が低下し土壌が膨軟になった。しかし、亀裂と亀裂の中間部分での三相分布は無処理区と大差がなく、心土破碎の影響が見られなかった。深耕を併用した場合には亀裂部分とチゼルの通過からはずれた部分ともに心土破碎の亀裂部分と

同様な三相分布を示した。

2 亀裂部分を中心に測定した水の浸透能は、ベリックインテークレートが無処理に対して1000倍以上と大きくなり、亀裂が生じることで土壤の透排水性が良くなった。

3 ビール麦の収量は、心土破碎した区では無処理区に比べて高い水準で年次変動し、3年間の平均も無処理区23.1kg/aに比べて心土破碎区40.7kg/a(対無処理176%)、心土破碎 + 深耕区41.9kg/a(対無処理181%)

と増収した。また、深耕を併用した効果は、年度により異なり、心土破碎区の無処理に対する増収程顕著でなく明らかでなかった。

4 以上の結果から、間隔31.5cm、深さ35cmにパンブレーカにより心土破碎する方法が水田裏作における下層土の透排水性等物理性改善に有効であった。

引用文献

- 1) 土壤標準分析・測定法委員会編(1986): 土壤標準分析・測定法. 博友社, 東京.
- 2) 関 稔・今井克彦・今泉諒俊(1991): 西三河洪積台地の重粘質田畑輪換ほ場における空気噴出式弾丸暗きょ施工による排水効果. 愛知農総試研報, (23): 263 ~ 270.
- 3) 下川博通・千葉昭二・岡部正昭・西山成俊・中村盛三・土山健次郎(1982): 筑後地帯重粘土基盤整備水田における暗渠排水の効果. 福岡農総試研報A(作物), (1): 67 ~ 72.
- 4) 徳島県立農業試験場(1986 ~ 1989): クロス暗渠等による土層改良試験に関する試験成績書.
- 5) 上田弘美・下田健之助・石脇 勇・松下清寿(1983): 基盤整備に伴う土壤環境の変化に関する研究(第17報)第三紀系強粘質田の排水改良について. 鳥取農試研報, (20): 1 ~ 9.