

輪換畑における耕盤部分破碎の効果と適用範囲

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	中司, 啓二 石井, 和夫
巻/号	45巻11号
掲載ページ	p. 486-490
発行年月	1990年11月

輪換畑における耕盤部分破碎の効果と適用範囲

中司啓二 石井和夫

はじめに

水田利用再編対策が実施されてからすでに10年以上を経過したが、これに対応するため試験研究機関が実施した研究は、一般に「転換畑」と呼ばれる「転換畑を主体とする高度畑作技術の確立に関する総合研究」(公立試験研究機関では「転換畑高度畑作技術確立試験研究」と、現在進行中の「水田畑作」と呼ばれる「水田利用高度化のための高品質・高収量畑作物の開発と高位安定生産技術の確立」(公立試験研究機関では「地域水田農業技術確立試験研究」)がある。

「転換畑」は各分野で広範な研究が行われたが、米をめぐる内外の状況の変化に対応するため予定を1年繰り上げて昭和62年に終了し、膨大な研究成果が発表された。また、「転換畑」を引き継ぐ形で始まった「水田畑作」もすでに前期の研究期間を終了している。

筆者らは土壤肥料分野、とくに土壤物理を担当するため「水田畑作」の研究に参加し、「輪換作物多収のための耕盤管理技術の確立」という課題のもとで、耕盤の部分破碎に取り組んでいる。

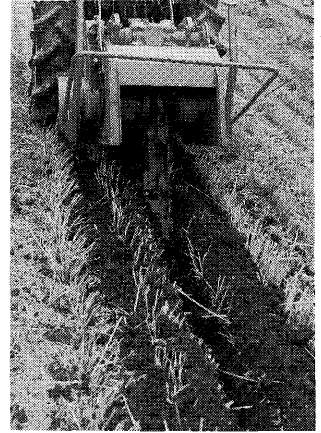
ここでは田畑輪換を行うための耕盤管理技術の開発を行うことが目的であるため、転換畑ではなく輪換畑という用語を意識して使用することとした。この輪換畑でなぜ耕盤の部分破碎を提案するのか、耕盤の部分破碎を評価する上でのポイントはなにかを考える上で、両者の比較が重要な要因であると考えられるので、そのような形で説明したい。

1. 耕盤の部分破碎の概略

本来は耕盤の部分破碎の目的を最初に説明する方が分かりやすいのかもしれないが、それは後にして、先に全体のイメージを捕えるために試験の概略を説明する。

部分破碎という言葉を用いているために、ミニマムティレッジのイメージを与える場合があるが、部分深耕と呼ぶ方が理解しやすいと思われる。耕盤を部分破

碎する方法として、試験では15馬力のトラクタとチェーン(幅約8cm)より外側に出ている刃を外したトレンチャを使用した(第1図)。最初は自走式のトレンチャや畝立て機を改良して使用してみたが、直進性や馬力不足等の問題があり、目的どおりの溝が掘れなかった。今回使用した機械も、有り合わせの物を転用したため問題点があったが、それは問題点で述べる。



第1図 耕盤の部分破碎の作業

供試した圃場は農研センターB地区にある面積10a(54.9×18.8m)の造成圃場で、細粒灰色低地土(鴻巣, 土性LiC)を約20cmの厚さに充填してある。下層土は淡色黒ボク土(土性CL)で、圃場造成時に重機により輾圧されてよく締まった状態にある。暗渠は短辺方向に5m間隔で11本が、深さ40cmに埋設されている。この圃場に以下の試験区(各2a)を設けた。

- a. 耕盤非破碎区(以下, 非破碎区): 水田時に形成された耕盤をそのまま残した対照輪換畑
- b. 耕盤全面破碎区(以下, 全面破碎区): 深耕ロータリで20cm耕起し、耕盤を全面的に破碎した輪換畑
- c. 耕盤部分破碎区(以下, 部分破碎区): 前述のトラクタ取付型トレンチャで、耕盤を75cm間隔で幅8cm、深さ25cmに部分的に破碎した輪換畑(第2図)

耕起はいずれの試験区も10cmとした。供試した作物は、夏作が大豆「タチナガハ」、冬作は小麦「農林61号」で、大豆は耕盤を部分破碎した部分の上に播種し、小麦も25cm間隔の条播として3畦に1畦が部分破碎部の上にくるようにした。施肥は慣行によった。

2. 耕盤の部分破碎の目的

「転換畑」の土壤物理性の改善に関する研究の幾つかは、深耕を取り上げている。深耕は耕盤を破碎し、

Keiji NAKATSUKA and Kazuo ISHII: Effects and Adaptability of Strip Deep Tillage on Rotational Paddy Field. 農業技術 45 (11), 1990.

かつ土壌を膨軟にして透水性の改善と気相率の上昇と作物の根域の拡大をもたらす、畑作物の栽培に有利な土壌条件を与える。

では、なぜ「輪換畑」では深耕ではなくて、耕盤の部分破碎なのだろうか。深耕の長所は前に述べたが、短所を挙げると、①降雨後、重力水の排水は促進されるが、作土に保持される土壌水分量が増加し乾燥が遅れるため、圃場で農作業用機械が使用可能になるのに要する日数が延びる場合がある、②深耕は経費や手間がかかるが、土壌条件によっては1～2年程度で耕盤が再生し、効果の持続性にやや問題がある、③肥沃度の低い下層土が作土に混入し、一時的に生産性が下がることがある、④圃場の排水性が向上して、干ばつ年には作物に十分な水が供給できないことがある、という4点である。

水田の永年の畑へのモデルチェンジを前提としている転換畑では、弾丸暗渠を組み合せたり、土壌改良剤の投入などで深耕の短所を補うことは、畑の土壌物理性を良好に維持するうえで有意義である。一方、輪換畑は2～3年、場合によっては1年だけ畑になり、再び水田になる。この場合は転換畑に比べかなりの部分で、水田の機能を維持しなければならない。畑作物の生産性を重視する転換畑と水田機能を維持する輪換畑は相反する土壌物理性を要求する部分がある。その典型が耕盤の破碎の有無である。

水田の耕盤は漏水の防止と適正減水深の確保、作業機械の作業性と精度の確保、下層土への養分流出の抑制や下層土からの水の移動の遮断などの機能を持つが、畑ではこの中の一部の機能以外は必要ないものである。逆に耕盤があることによって幾つかの問題が発生する場合がある。

そこで本来水田である輪換畑の耕盤の破碎について考えるべき幾つかの条件を挙げると、①輪換畑期間は最長でも3年程度と短く、全面的な破碎は不経済で水田への復元時に不利、②一度の処理で3年の効果の持続性が望ましい、③処理は排水対策だけではなく、水分供給機能や根域の拡大につながるのが望ましい、④肥沃度の観点から、下層土が大量に作土に混入しないようにするのが望ましい、⑤処理のため特殊な機械を開発することは望ましくない、などのことがある。

上記の条件で判定すると、深耕は当然不可となり、弾丸暗渠だけでの対応は②や③の条件を満たせないため、新たな対応を考える必要が生じた。そこで、夏作の大豆を播種する部分だけ耕盤を破碎すればほぼ先の

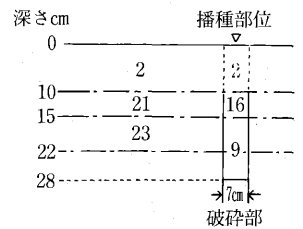
条件を満たせるし、機械についてもトレンチャの簡単な改造で対処できることがわかった。そこで1.で説明した処理区を設定したのである。

3. 部分破碎の効果

試験は1988年から開始したが、供試圃場は87年夏作に水稻を栽培したのち冬作は栽培せず、88年1月に全面破碎区で深耕を行い、5月に部分破碎区の部分破碎を行った。大豆は6月上旬に播種し、以後予定どおりの作付を行っている。

1) 土壌の物理性の推移

耕盤の部分破碎を模式として示したのが第2図である。図中の数字は土壌のち密度(山中式硬度計による)で、88年大豆収穫跡地で測定した。深さについては0～10cmは作土、10～15cmは耕盤、15～22cmは灰色低地土の下層土、22cm以降は淡色黒ボク土の層になっている。



第2図 部分破碎の模式とち密度 (1988年10月2日)

部分破碎した部分のち密度は深さ15～28cmが9mmと極めて膨軟になっており、10～15cmはそれよりやや硬くて16mmであったが、屑粒状の土壌構造が認められた。

一方、破碎していない部分は21～23mmとかなり高い値を示し、作物の根が伸長するにはかなり困難な状況であった。非破碎区は部分破碎区の破碎していない部分と全く同じで、根の伸長はかなり困難であった。全面破碎区では深さ9～22cmのち密度が17mmと硬くなり始める状態であったが、部分破碎区の部分破碎の深さ10～15cmとは異なり、土壌構造が存在せず壁状になっていた。

この全面破碎区の深耕部分の土壌構造が大豆一作で無構造になったということは、深耕効果の持続性を考える場合大きな判断材料になる。灰色低地土の下の黒ボク土に関しては、ち密度22～24mmで土壌構造は無く壁状であった。

89年大豆収穫後の土壌物理性の調査結果の一部を第1表に示した。表では各試験区を上下2層に分けて記載し、上段は作土層、下段は耕盤に相当する部分の物理性を、部分破碎区の場合は破線で上下を区切り、上段は破碎部分の中間の破碎していない部分、下段には

第1表 大豆収穫跡地の土壤物理性 (1989年10月27日採土)

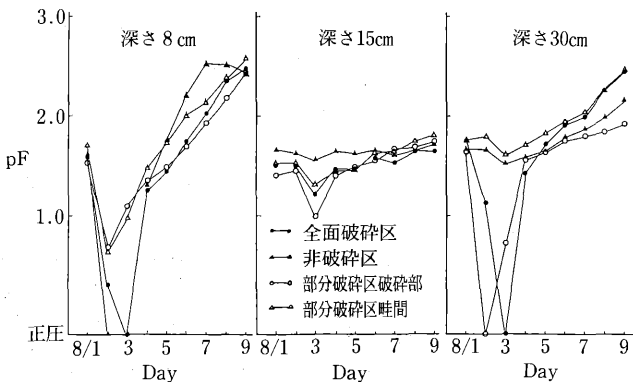
試験区と調査位置	深さ cm	三相分布			飽和透水係数 cm/S	ち密度 mm	仮比重 g/cm ³
		固相	液相	気相			
非破砕区	0~10	42.9	43.6	13.5	1.9×10^{-3}	19	1.149
	10~20	47.0	48.2	4.8	2.5×10^{-7}	25	1.252
全面破砕区	0~9	45.8	43.3	10.9	1.0×10^{-4}	20	1.222
	9~14	42.2	44.7	13.1	3.8×10^{-5}	24	1.125
部分破砕区 畦間	0~8	41.6	43.3	15.1	3.3×10^{-4}	15	1.109
	8~14	45.6	49.0	5.4	2.1×10^{-7}	20	1.215
部分破砕区 砕砕部分	0~8	36.7	36.9	26.4	3.6×10^{-3}	15	0.978
	8~14	33.5	40.6	25.9	1.1×10^{-2}	7	0.893

破砕部分の土壤物性を載せた。非破砕区の深さ10~20cmでは固相率が47%と非常に高く、気相率が4.8%と低くなっていた。そのため、仮比重が1.25 g/cm³、ち密度が25mmと高く飽和透水係数も実質的な不透水層を意味する10⁻⁷台で、強固な耕盤であることを示している。これと同じことが部分破砕区の破砕してない部分の8~14cmでも言える。全面破砕区は作土とその下層のデータがよく似ているが、これは下層土が深耕により耕起されたことの反映であろう。しかし、よくみるとち密度は耕盤とほぼ同じ24mmの硬さであり、透水係数も10⁻⁵とやや低くなっている。

この傾向はすでに88年大豆収穫跡地の土壤物理性の調査でもわかっており、深耕後の下層土は短期間に土壤の物性が変化する可能性がある。部分破砕区の破砕部分は気相率が大変高く、透水係数やち密度が極めて低いことが注目される。このことから、部分破砕の残効はかなりの期間あると考えられるが、あまり長期間の残効は水田への復元時に、漏水の原因にならないかという問題も提起することになった。

2) 土壤水分の変化

1988年の夏作期間は平年を越える降水量があったため、耕盤の処理の違いにより圃場の水環境は大きな差



第3図 土壤水分張力(pF)の日変化 (1988年8月1~9日)

が認められた。とくに非破砕区は度々冠水し、大豆に湿害が発生して大きな被害がおきた。他の二区は冠水することは無かったが、いずれの区もpF(土壤水分張力)が2を越える日は少なく、圃場の乾燥過程の水分張力の推移は観察できなかった。そのなかで降雨後に比較的乾燥した8月1~9日の深さ別の水分の推移を第3図に示した。

8月2日の降水量は10mm程度であったが、非破砕区と全面破砕区の深さ8cmはpF値が正圧となり、圃場表面に水膜がみえる状態になった。部分破砕区は作土層では正圧になることはなく排水がスムーズに進んでいることがわかる。降雨後の圃場の表層(深さ8cm)の乾き方をみると、非破砕区の立ち上がりが大きく、短時間に湿潤状態から乾燥状態へ移行している。耕盤に相当する深さ15cmでは、部分破砕区の破砕部の値が1.4から1.0に下がったのが最も大きい変化で全面破砕区、部分破砕区畦間がこれに次ぎ、8cmで変化の大きかった非破砕区はほとんど変化しなかった。

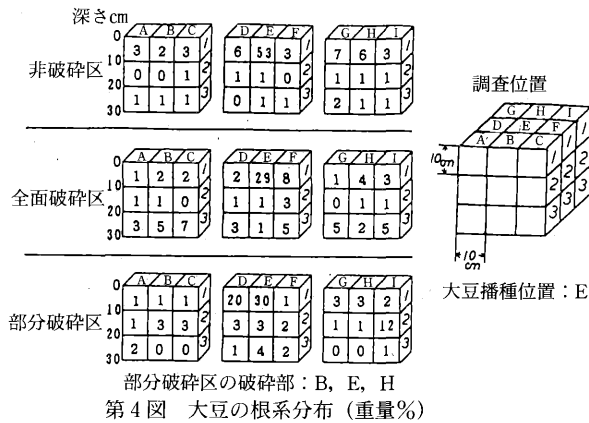
これは部分破砕区や全面破砕区では作土の水が下層へ移行しているのに対し、非破砕区ではほとんど水の移動がないことを示している。深さ30cmでは全面破砕区と部分破砕区の破砕部分だけが水の移動により正圧になり、他はわずかに下がった程度であった。水の移動を各区で比較すると、全面破砕区の作土は非破砕区の作土より厚いために保水力が大きく、圃場表面に滞水する状態になるのは遅くなり、深さ30cmに水が到達するのも部分破砕区より遅くなる。部分破砕区は破砕部を通して速やかに排水されるため、作土および破砕部分にも滞水は認められないが、透水係数が低い深さ30cmの層の上に滞水が認められた。非破砕区は作土に滞水したが、水は徐々にしか下層へ浸透せず、かなりの部分は作土からの蒸発により減少したと考えられる。

次に89年については、7~8月の降水量が多く非破砕区は冠水して大豆の生育に影響した。しかし、9月以降は天候が回復し、圃場の乾燥による水分の供給力の違いがみられた。すなわち、かなりまとまった降水量があった降雨を6例選び、土壤のpFが2.7を超えるのに要する平均日数を数えると、作土では非破砕区6.5日、全面破砕区6.8日、部分破砕区15日以上となり、部分破砕区は作物に利用しやすい水をかなりの期間保持していることがわかった。深さ15cmでは非破砕区15日以上、全面破砕区10.3日、部分破砕区では破砕部分、畦間とも17日以上となっ

た。部分破碎区では破碎部分が水分供給部位として機能する土壤条件であるのに対し、非破碎区の乾燥が遅れた理由は気相や毛管孔隙や作物の根が少なく水分の変動が少なくpF 2.7まで乾燥しないためであり、両者の数値が似ていてもまったく理由は異なっていた。

3) 大豆の根の分布

耕盤の部分破碎の目的の一つに作物の根域の拡大があり、88年夏作大豆の根の分布の調査結果を第4図に示した。根の採取は図の調査位置のように株を中心に、



10×10×10cmのブロックを切り出し、水洗後乾燥させて重量を計った。枠の中の数字は全根重に対する重量の百分率で、部分破碎区の破碎部分は(B, E, H)―(1, 2, 3)の位置になる。結果は非破碎区の根は深さ10cmまでに86%分布しているのに対して、全面破碎区や部分破碎区ではそれぞれ52, 62%で、下層に分布する根の割合が相対的に多くなっていた。部分破碎区の破碎部分に分布する根は45%で、全面破碎区と同じ部位が46%であるのと一致し、耕盤の部分破碎は根域拡大の点でも深耕と同じ効果があると思われた。

4) 作物の収量

作物の生育を左右する要因は幾つかあるが、本来ま

第2表 大豆の10a当り収量

調査月日	試験区	全重	精子実重	着莢数	精子実数	百粒重
1988年 10月13日	非破碎	386kg	142kg	407×10 ³	554×10 ³	25.6g
	全面破碎	475	214	254×10 ³	604×10 ³	35.4
	部分破碎	463	197	470×10 ³	672×10 ³	29.3
1989年 10月24日	非破碎	301	195	306×10 ³	561×10 ³	34.8
	全面破碎	394	253	389×10 ³	811×10 ³	31.1
	部分破碎	666	404	632×10 ³	1,296×10 ³	31.4
	部破(新)	512	312	511×10 ³	905×10 ³	34.4

88年：植栽本数10,667本/10a 調査本数60本(30株)

89年：植栽本数13,333本/10a 調査本数60本(30株)

ったく機能が異なる水田を転換畑や輪換畑として利用する場合、土壤の物理性が大きく影響するといわれる。

1) や 2) で述べたように三つの試験区の土壤物理性には大きな違いがあり、それは大豆や小麦の生育や収量に大きく影響を及ぼした。すなわち、88, 89年の大豆の収量を第2表に示したが、88年は7月から9月まで降雨が多く、7月の平均気温は観測史上第2位の低さで日照時間は平年の41%、9月は日照時間が平年の13%しかない状態であった。また、植栽本数が低すぎたこと、降雨で追肥を施用できなかったことなどが重なり、全部の区で低収になった。しかし、非破碎区が140kg/10aであったのに対し、全面破碎区は210kg/10a、部分破碎区は200kg/10aと明らかに耕盤の処理の効果が認められた。

89年は7, 8月に降雨が多く非破碎区は冠水して湿害が発生したため、初期生育が悪かった。その後天候が回復したことや88年の反省として植栽密度を増やしたことや土壤改良剤の使用などにより部分破碎では400kg/10aの収量となったが、全面破碎区は前年より天候条件などが良いにもかかわらず、250kg/10aに留まった。非破碎区は湿害の影響から回復できず、200kg/10aであった。なお部分破碎区(新)は前年の部分破碎区の一部において再度耕盤の部分破碎を行ったもので、部分破碎区よりも90kg/10aも収量が少なかった。この原因は再度の破碎で破碎部分の土壤が練り変えしをうけて物理性が低下したこと、下層土の混入による肥沃度の低下が考えられた。

大豆で認められた部分破碎の増収効果は、小麦でも認められた。88年冬作では非破碎区358kg/10a、全面破碎区449kg/10a、部分破碎区607kg/10a(坪刈収量)となり、収量の傾向は大豆と同じになった。

4. 耕盤の部分破碎の適用範囲と問題点

輪換畑の試験で深耕以上の効果を上げ、なおかつ2. で挙げた5つの条件をほぼ満たした耕盤の部分破碎は、すべての輪換畑で効果が期待できるわけではない。すなわち、土壤が細粒または粘質で明らかな耕盤を持ち、圃場に暗渠が埋設されているか、耕盤より下の土壤の透水性の良い圃場であることが、部分破碎の効果があがる圃場条件である。したがって、黒ボク土のように耕盤が判然としない場合、土性が粗～中質で硬いが水の保持力が少なく乾燥する場合、地下水位が高く排水が良くない場合などでは効果が得られないばかりか逆効果になる恐れがある。いわ

ゆるバラ転の場合、効果が得られる圃場条件でも、周りが水田で地下水位が高いので、破碎部分が地下かんがいとして作用し、圃場の水没や滞水の危険があるので注意が必要である。

また、耕盤の部分破碎の問題点は四つ考えられ、一つめは部分破碎の方向と暗渠の埋設方向である。試験を実施した圃場は暗渠がたまたま圃場の短辺方向に埋設されていたため、部分破碎と暗渠が直交することとなり効果が上がりやすかった。一般には暗渠は長辺方向に入っているため、部分破碎と暗渠が平行になり暗渠と部分破碎をつなぐ補助暗渠(弾丸暗渠)が必要になると考えられる。

二つめは部分破碎を補助暗渠として利用する場合の間隔である。この試験では部分破碎に作物の根域の拡大や水の供給部位としての機能を期待して設計をたてたが、一方では単に排水のための補助暗渠としての利用が考えられる。この場合は作物の畦幅や方向には関係なく、暗渠に直交して部分破碎することになり、実際に一部の農家圃場で行われている。この試験でも6.75m間隔で部分破碎した区を作って、部分破碎の効果が及ぶ範囲を確認しようとしたが、圃場の排水の促進は認めているが、適正な間隔を出すまでには至って

いない。

三つめは部分破碎の機械の効率である。試験では新たな機械を作らないことを前提としたため、小型のトラクタとそれに付くトレンチャを使用した。また、大豆の畦幅である75cm間隔に部分破碎したため、破碎に時間がかかることになった。作業効率を上げるためには大きなトラクタの使用が考えられるが、当研究センターにはそれに適するトラクタがないため、この点を明らかにするには至っていない。また、二つめの問題とも関連するが、効率を上げるため一畦おきに破碎した場合などの効果についても検討していない。

最後は部分破碎した輪換畑が水田に復元した場合、漏水するのかもしれないか、する場合にはどの程度の対策が必要かということであるが、これについては現在試験中である。

以上、輪換畑における耕盤の部分破碎の効果、適用範囲、問題点について述べたが、今後の課題として上記のような検討を要する問題の解決のほかに、耕盤の処理と土壌養分の移動についても検討したいと考えている。最後にこの研究は筑波大学農林工学系の多田敦教授、豊満幸雄助手と共同で実施した。ここに感謝の意を表します。(農業研究センター土壌改良研究室)

◇駐日英国大使館広報新聞から◇

鳥を遠ざける超音波電子システム 第90/484号(1990年8月28日)ワイヴェルン・エレクトロニクス社は可聴超音波を利用して、農地や離着陸場にいる鳥を検知できる電子システム「ワイヴェルン・ウェイラー」を開発した。4台か8台のスピーカーに接続して、14haの広さにわたり鳥害を防ぐことができる。64種サウンド/ウルトラサウンド周波数の任意セレクションが16段階もの自動速度変換でもって、最高8台までの耐候性ラウンドスピーカー間を周期的に切り替えられる。任意サウンドは鳥が馴染めるパターンを持っていないので、鳥は環境ストレスを感じて他所へ飛び去る。「30型」は超音波のみを使い、建込んだ地域の近くで利用するのに適している。「40型」には耐候性オーディオ・スピーカーが2台、「50型」には4台ついていて、非常にパワフルな万能タイプである。3機種とも超音波トランスデューサーを4つ使っている。標準の12V鉛蓄電池だと、一回の充電で一シーズン中の使用が可能。

害虫と闘う工学イモ 第90/560号(1990年9月27日)害虫と闘うために、遺伝子工学で作られたイモが英

国で初めて収穫された。イングランド東部ノーフォークにあるイモ畑で育ったこの工学イモにはエンドウから採られた蛋白質遺伝子が組み込まれている。蛋白質遺伝子はレクチンをつくり、コロラドハムシや塊茎蛾などの害虫からイモを守る働きがある。ケンブリッジにあるニカーソン・インターナショナル・シード社では、「害虫によって葉、根、茎などの被害を受けている世界各国の農民にとって、レクチン遺伝子は大きなコスト削減策となるであろうし、殺虫剤の使用を抑えるので環境対策の一助ともなる」と述べている。

英国ではコロラドハムシや塊茎蛾による被害はないので、ノーフォークで作られたイモは、これらの害虫の被害を受けている米国とイスラエルでさらに試験が実施される予定になっている。

レクチン遺伝子の害虫に対する効果はイングランド北部にあるダラム大学の研究者によって確認されている。外見は普通のイモと変わらないが、葉や根からレクチンをつくる。これは害虫を殺すものではないが、害虫の成長を鈍化させるので、被害が生じる前にイモの収穫が行えるのである。(問合せ先:〒102 東京都千代田区一番町1 英国大使館広報部 TEL 03-265-6340)