

不耕起乾田直播栽培の継続が土壌ち密度並びに 減水深に及ぼす影響

石橋英二*・赤井直彦*・大家理哉*・川中弘二**

Effect of Continuation of Non-tilled Direct Seeding Rice Culture on the
Soil Compactness and Water Requirement in Depth.

Eiji ISHIBASHI, Naohiko AKAI, Masaya OHYA and Koji KAWANAKA*

*Okayama Agric. Exp. Stn. Sanyo, Okayama 709-0801, Japan

** Minato, Okayama, 703-8266, Japan

Abstract

Field studies were carried out to know the effect of the continued non-tilled direct seeding rice culture on the soil compactness and water requirement in depth.

The outline will be described below.

1) The compactness of topsoil was become harder due to the continuing of the non-tilled direct seeding rice culture. The compactness of the topsoil was about 500-1000 KPa.

2) The distribution of root system was not limited by the high compactness at the non-tilled direct seeding rice culture.

The amount of root was converged into the surface of topsoil, 0-3 cm, by continuing the non-tilled direct seeding rice culture.

3) The thickness of organic layer on topsoil was about 14-18 mm in the way of surface application with rice straw, but about 6 mm in the way of carrying out of rice straw.

4) The water requirement in depth was increased due to the continuing of the non-tilled direct seeding rice culture. That was remarkable in the paddy field with low groundwater level, but there was no problem in the paddy field with high groundwater level.

5) The increase in the water requirement in depth was mainly due to the increase in the percolation through border.

Key words : paddy soil, non-tilled culture, direct seeding, water requirement in depth, compactness

1. はじめに

水稲不耕起乾田直播栽培（以下、不耕起直播）は、耕起乾田直播栽培（以下、耕起直播）の播種作業が天候に左右されやすいという欠点を補う技術として昭和40年代半ばに開発され普及した（日本土壤肥料学会運営委員会編, 1989）。しかし、その後自脱型コンバインの普及に伴い稲わらが圃場に還元されるようになると、稲わら存

在下では不耕起直播機の播種精度が悪くなるため、次第に敬遠されるようになった。さらに不耕起直播では地力窒素の発現量が少ないため、耕起移植や耕起直播と比べて低収である（野々山, 1976）、あるいは当時の乾田期間中に用いる除草剤では、散布適期がせまかったため除草に一度失敗すると、その後の管理に困難を来すという理由等で栽培面積が減少していった。

ところが、昨今の厳しい農業情勢の中で省力化や規模

* 岡山県立農業試験場 〒709-0801 岡山県赤磐郡山陽町神田沖 1174-1

** 〒703-8266 岡山県岡山市湊

キーワード：水田土壌，不耕起，直播，減水深，ち密度

拡大によるよりいっそうの低コスト化に対する社会的要請が強まり、技術面では稲わら存在下でも精度の高い播種機の開発 (河本, 1997), 新しい除草体系の確立, 被覆肥料の開発等によって不耕起直播が生産性の高い新技術として発展する可能性がでてきた。

そこで、不耕起直播を継続するに当たって、耕起や代かきをしないことで、最も問題になると考えられる土壌のち密化と根群の発達および減水深について、20年以上の長期間にわたって不耕起直播を継続している小区画水田と最近になって不耕起直播を新たに始めた大区画水田において調査した。その結果、有用な知見が得られたので、その概要を報告する。

2. 実験方法

1) 調査圃場

調査圃場の概要を表1に所在地を図-1に示した。

水門地区、赤坂地区の長期不耕起直播継続水田 (水門A, 赤坂A) の稲わらは全量圃場外に持ちだされており、播種作業は歩行型の二条播種機による。このため、大型機械が圃場を走行するのは、コンバインだけである。

山陽地区では、1967年に1区画1haに区画整理され、その後耕起移植あるいは耕起直播が行われ、1992年から1996年にかけて順次不耕起直播に移行した水田とそれらに隣接する耕起移植水田を対照として調査した。

2) 表層に集積した有機物層の厚さ

山陽地区で不耕起直播継続年数が異なる圃場6カ所において、1997年の水稲収穫前に条間の田面表層から直径50mm、高さ51mmのステンレス製採土管を垂直に打ち込み、土壌コアをサンプリングした。

土壌コアを押し出して1試料毎に表層に集積した有機物層の厚さを測定した。サンプリングは6反復で行った。なお、本調査法では土壌コアを採土管から押し出すときに有機物層を圧迫するため、現地での観察結果と比

較し評価した。

3) 貫入抵抗

(1) 長期間不耕起直播を継続した圃場の貫入抵抗

1992年4月に水門地区、赤坂地区の不耕起直播継続水田及び隣接する耕起移植水田において、深さ30cmまでの貫入抵抗を白記式貫入抵抗計 (DIK社製, 使用バネ50kg, コーン頂角30度, 断面積2cm²) を用いて調査した。なお、本調査は長期不耕起栽培圃場研究グループ (1994) が実施したものである。

(2) 大型農作業機械が頻繁に入る圃場での貫入抵抗

1997年の水稲収穫後に山陽地区の不耕起直播継続年数が2, 4及び6年目の圃場 (農試A) 及び隣接する耕起移植水田 (農試B) において、不耕起直播継続年数と土壌ち密化の関係を知るため、深さ20cmまでの貫入抵抗を測定した。

なお、貫入抵抗の測定は、圃場の対角線上の5~8地点において実施し、その平均値を求めた。

4) 作土中の根群調査

根群分布の調査は、水門地区及び赤坂地区においては1994年の水稲収穫後に実施した。また、山陽地区におい

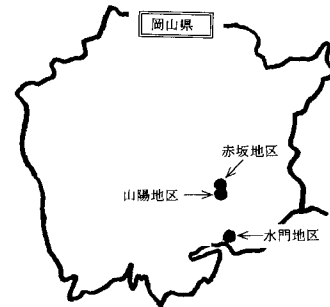


図-1 調査圃場の所在地

Fig. 1 Location of investigated fields.

表-1 調査圃場

調査地区	ほ場名	住 所	栽培様式	ほ場面積	土壌の種類* (土性)
水門地区	水門 A	岡山市西大寺水門	不耕起乾田直播	7 a	表層灰色グライ低地土 (CL)
	水門 B	岡山市西大寺水門	耕起移植	7 a	表層灰色グライ低地土 (CL)
赤坂地区	赤坂 A	赤坂町多賀	不耕起乾田直播	5 a	普通灰色低地土 (SL)
	赤坂 B	赤坂町多賀	耕起移植	5 a	普通灰色低地土 (SL)
山陽地区	農試 A	山陽町神田	不耕起乾田直播	1 ha	灰色化低地水田土 (L)
	農試 B	山陽町神田	耕起移植	1 ha	灰色化低地水田土 (L)
	農試 C	山陽町神田	不耕起乾田直播	3×3 m	造成土 (SL)
			不耕起乾田直播	3×3 m	造成土 (SL)

注* 農耕地土壌分類 第3次案

て、不耕起直播継続3年目に当たる1994年と6年目に当たる1997年の2回実施し、根群分布の経年変化を調査した。調査は採土器（縦15×横15×深さ13cm、1株専有面積の1/2に相当）を用いて土壌ブロックをサンプリングし、これを実験室に持ち帰り、図-2のように9ブロックに分割してブロック毎に含まれる根重を測定した。土壌採取は2反復で行ったが、その後の根重測定は2反復を一つにまとめて行った。

なお、調査株は、1株が点播状にまとまっており、且つ1株当たり茎数が概ね同数の18本前後の株をそれぞれ選定した。

調査した深さは、県内の耕起移植栽培の作土深が11～15cmであることから、その中間的な値として0～13cmについて行った。

5) 減水深

ベーシックインタープレートとシリンドラ・インタープレート測定法（土壌物理性測定法委員会、1980）に従って1992年4月に長期不耕起栽培圃場研究グループ（1994）が調査した。調査は水門地区及び赤坂地区の不耕起直播長期継続水田と隣接する耕起移植水田において行

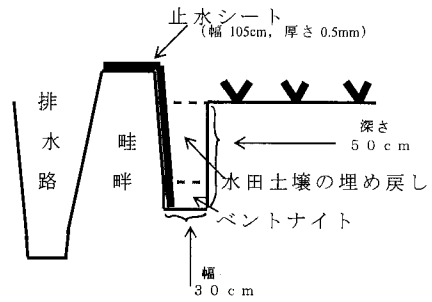


図-3 畦畔浸透防止のための塩化ビニールシート処理方法

Fig. 3 Method of vinyl chloride sheet management for prevention of percolation through border.

われた。

また、1992年から1995年にかけて、調査年数は若干異なるが水門A、赤坂A、Bの各圃場において水稲栽培期間中の減水深を自記水田減水位計（木屋製作所製、RR-20）によって求めた。なお、赤坂Aでは漏水対策として、1995年4月に図-3に示すように畦畔からの透水を防止するために止水シート（塩化ビニール製、幅105cm、厚さ0.5mm）を排水路側の畦畔沿い65cmに埋設した。止水シートの透水防止効果は止水シート埋設前後、つまり、1994年と1995年の減水深の差から推定した。

なお、赤坂Bの排水路長並びにその他の立地条件は赤坂Aとはほぼ同じであった。

3. 結 果

1) 水田表層に集積した有機物の厚さ

不耕起直播を継続すると、水田表層に有機物が集積する。そこで、山陽地区において稲わらを全量圃場還元したときの有機物の集積層の厚さを不耕起直播1年目から6年目の圃場について調査したところ、図-4のように経年的に厚くなり、不耕起直播継続6年目で15mm程度であった。なお、本調査法では土壌コアがサンプリング時に圧縮を受け、現地圃場の自然状態の観察結果と比較すると層厚が約2～3割薄かった。

水門A圃場は、稲わらを持ち出していたため、20数年間の不耕起直播継続にもかかわらず、表層に集積した有機物層の厚さは数mm程度に過ぎなかった。一方、水門Aと同様に長期間不耕起直播を続けてきた赤坂Aでも、稲わらはすべて圃場外に持ち出されていたが、おがくず鶏糞堆肥等の有機物が毎年1～2t/10a連用されてきたため、写真-1のように水田表層には約18mmの有機物層ができており、その下には10～20mmの腐植に

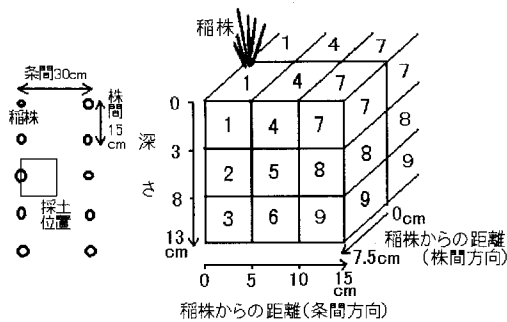


図-2 作土の分割方法

Fig. 2 Method of partition of soil block.

の 概 略

地下水位	ほ場整備	備 考
45 cm	無し	不耕起乾田直播栽培長期継続
50 cm	無し	上記隣接耕起田
1 m 以下	無し	不耕起乾田直播栽培長期継続
1 m 以下	無し	上記隣接耕起田
80 cm	1967 年	不耕起乾田直播栽培 1～6 年目の 6 ほ場
80 cm	1967 年	上記隣接耕起田
1 m 以下	1991 年	稲わら還元有
1 m 以下	1991 年	稲わら還元無

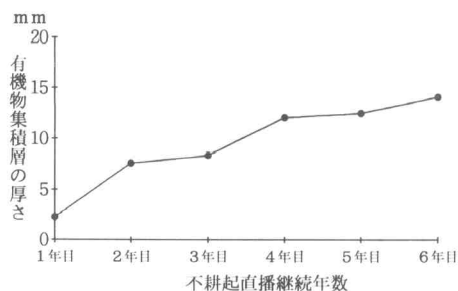


図-4 作土表層に集積した有機物層の厚さと不耕起直播継続年数の関係

Fig. 4 Relation between the thickness of organic layer on surface of topsoil and the continuation of non-tilled direct seeding rice culture.

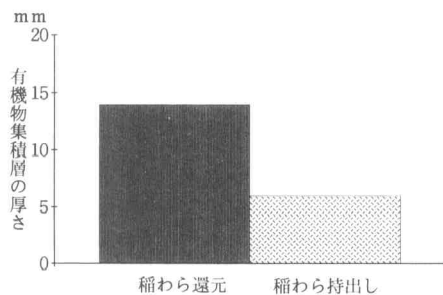


図-5 不耕起乾田直播田作土表層に集積した有機物層の厚さに対する稲わら処理の効果

Fig. 5 Relation between surface application with rice straw and carrying out of rice straw on the thickness of organic layer on the surface of topsoil.



写真-1 作土表層の有機物層

Photo. 1 Organic layer on the surface of topsoil (non-tilled culture).

富む土層が発達していた。

また、不耕起直播において稲わらの圃場還元の有無が有機物層の厚さに及ぼす影響について農試Cで調査した。その結果、図-5に見られるように、不耕起直播を5年間継続したとき、稲わらを還元すると水田表層に約14 mmの有機物層ができたが、稲わら持ち出しでは6 mm程度であった。

このように、不耕起直播を継続した場合の水田表層の有機物層の厚さは、稲わらの表面散布を6年間継続した場合に15 mm程度、20数年間の不耕起直播継続で、稲わら無散布の場合に数 mm程度、おがくず鶏ふん堆肥等の有機質資材を施用した場合には18 mm程度であっ

た。

写真-2は農試Cにおける1998年6月12日(播種後24日目)の雑草の発生状況を示したものである。写真上は稲わら還元を継続した場合、写真下は稲わら持ち出しを継続した場合で、いずれも無除草の結果である。このように、稲わらの還元継続により雑草の発生は明らかに少なくなった。その他、観察では冬期間の畑雑草の発生量も少なくなる傾向がみられた。

2) ち密度と根群分布

(1) 長期不耕起直播継続水田の調査結果

水門、赤坂両地区で長期間不耕起直播を続けてきた水田と対照とする耕起移植水田の貫入抵抗の結果を図-6

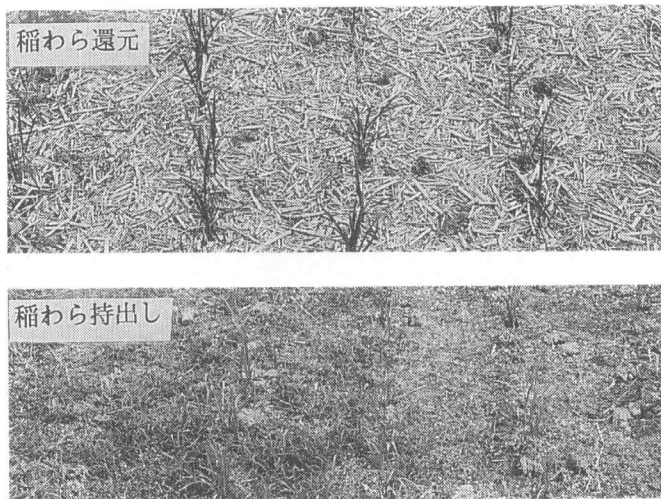


写真-2 稲わら還元の有無が雑草の発生に及ぼす影響

Photo. 2 Relation between surface application with rice straw and carrying out of rice straw on the growth of weed.

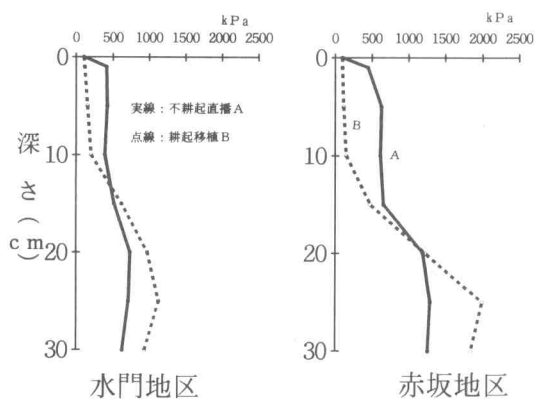


図-6 不耕起直播の長期継続が土壤ち密度に及ぼす影響

Fig. 6 Effect of the long-term continued non-tilled direct seeding rice culture on compactness.

(a solid line : non-tilled culture, a dotted line : plowing transplanting culture)

notes : spring 50 kg, an angle of 30 degrees, an area of section 2 cm²

に示した。不耕起直播を20数年間継続した圃場では、いずれの場合も深さ0~10数cmの土層のち密度は耕起移植水田よりも高くなっており、貫入抵抗値で420~640 kPaであった。一方、深さ20~30cmのち密度は耕起移植水田の方がむしろ大きかった。

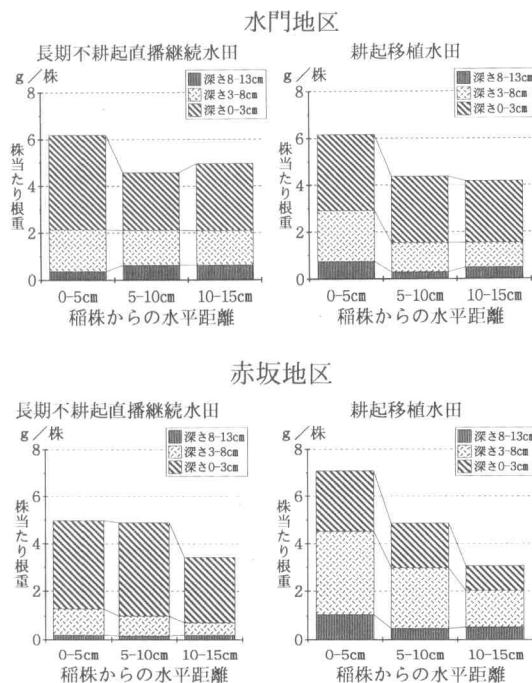


図-7 不耕起直播の長期継続が作土中の根群分布に及ぼす影響

Fig. 7 Effect of the long-term continued non-tilled direct seeding rice culture on vertical and horizontal distribution of root system.

(left : non-tilled culture, right : plowing transplanting culture)



写真-3 作土表層の根の発達

Photo. 3 Distribution of root system on the surface of topsoil (non-tilled culture).

深さ0~13cmの不耕起直播水田と耕起移植水田の根群分布を図-7に示した。水門地区では、深さ0~13cmの全層について両者を比較すると、稲株周辺の根量に差はないが、稲株から5~15cm離れた場所では不耕起直播の根量が耕起移植より多かった。一方、赤坂地区でも0~13cmの全層について比較すると、稲株周辺の根量は耕起移植が多かったが、5~15cm離れた場所では水門地区と同様に不耕起直播の方が多かった。根の層位別分布では、いずれの地区においても不耕起直播の根は耕起移植と比較して深さ0~3cmの表層に多く、水田表層を水平方向に広がっていた。特に、赤坂Aでは表層に偏在していた(写真-3)。

(2) 大型農作業機械が走行する大区画圃場の調査結果
山陽地区の大区画圃場において、1997年の水稲収穫後に土壌密度と不耕起直播継続年数との関係を調査した。

その結果、図-8にみられるように、不耕起直播水田の深さ0~13cmの土壌密度は隣接する耕起移植水田と比較して明らかに高く、不耕起直播継続年数が長いほど土壌密度が高まる傾向が見られた。大型農作業機械の走行が少ない作業体系で不耕起直播を継続してきた水門や赤坂地区と比較すると、深さ0~13cmの土壌密度はよりいっそう進んでいた。

図-9は不耕起直播6年目の圃場の湛水期間中の土壌密度を測定したものである。水稲収穫後の調査では、深さ5~13cmにおいて1000kPa前後あったものが、湛水期間中には500kPa前後まで低下していた。

図-10のA、Bは、1994年が不耕起直播継続3年目に

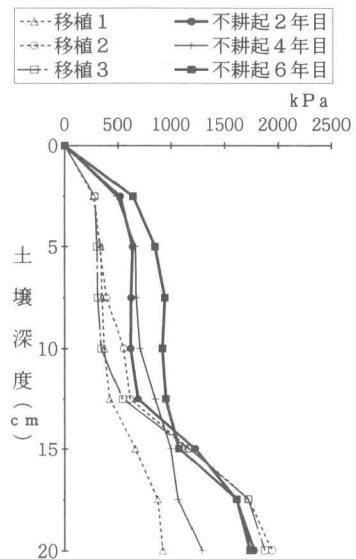


図-8 大区画圃場における不耕起直播の継続が土壌密度に及ぼす影響

Fig. 8 Effect of the continued nontilled direct seeding rice culture in large-scale paddy field on compactness.

当たる圃場の水稲収穫後の根群分布を隣接の耕起移植水田と比較したものである。不耕起直播の根は深さ0~3cmの表層に多く、稲株から離れた場所の根量も多い傾向が見られ、根の伸長は抑制されていなかった。また、同じ圃場の3年後(不耕起直播継続年数でいえば6年目

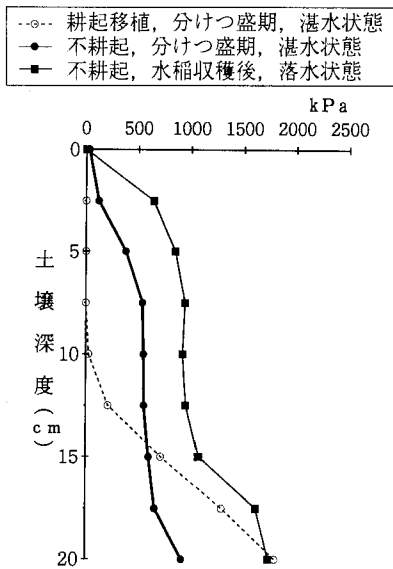


図-9 土壌ち密度に及ぼす土壌水分の影響

Fig. 9 Effect of the soil moisture on the soil compactness.

にあたる)の水稲収穫後の根群分布を図-10Cに示した。不耕起直播を継続すると前述のように深さ0~13cmのち密度は高まっていたが、深さ0~13cmの総根量は不耕起直播3年目と比較して不耕起直播6年目では多くなっており、根の伸長が抑制されている傾向は認められなかった。長期不耕起継続水田で観察されたように、根の分布が表層に偏在してきている傾向がうかがわれた。

3) 減水深

水門及び赤坂地区で20数年間不耕起直播を継続している圃場と隣接の耕起移植水田のベーシックインテークレートを比較した結果を図-11に示した。その結果、両地区ともベーシックインテークレートは不耕起直播が明らかに大きく、特に水門地区において大きい差が認められた。

両地区における栽培期間中の減水深を図-12に示した。地下水水位が低く棚田状の地形に位置する赤坂Aの減水深は大きかったが、湛水期間中に地下水水位が高くなる水門Aの減水深は、非湛水期間中のベーシックインテークレートが大きいかかわらず、約10mm/日程度で小さく、栽培期間中の変動もほとんどなかった。このように不耕起直播を継続する場合、調査場所によって減水深には大きな差が認められるようになり、土壌や立地条件の重要性が示唆された。

不耕起直播を長期間継続して減水深が著しく大きくなった赤坂Aとそれに隣接する耕起移植の赤坂Bの減

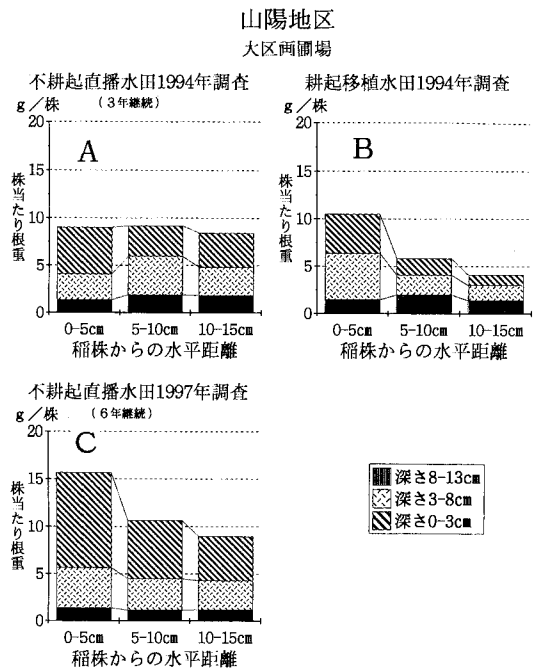


図-10 大区画圃場における不耕起直播の継続が作土中の根群分布に及ぼす影響

(図A, B: 不耕起直播水田と隣接する耕起移植水田の比較 図A, C: 不耕起直播継続年数と根群分布)

Fig. 10 Effect of the continued non-tilled direct seeding rice culture on distribution of root system.

(Fig. A, B: Comparison between non-tilled culture and plowing transplanting culture. Fig. A, C: Effect of the continued non-tilled culture on the distribution of root system.)

水深を図-13に示した。漏水対策前の赤坂Aでは減水深は入水初期は非常に高いレベルであったが、その後は徐々に低下し最高分けつ期頃には対照の耕起移植水田に近い値となった。

水田からの減水深は畦畔浸透と縦浸透及び蒸発散量によって決まるので、その内の畦畔浸透を抑制する目的で1995年に止水シートによる漏水対策処理を実施し、その結果を図-13に示した。漏水対策前と比較すると、減水深はかなり小さくなったが、隣接の耕起移植水田と比較すると入水初期の減水深には依然として大きな差があった。

これらの減水深調査結果から水稲栽培期間中の用水量を試算し、表-2に示した。耕起移植水田の用水量は中干し期まで479 m³/10 a, 中干し後1,050 m³/10 aの合計

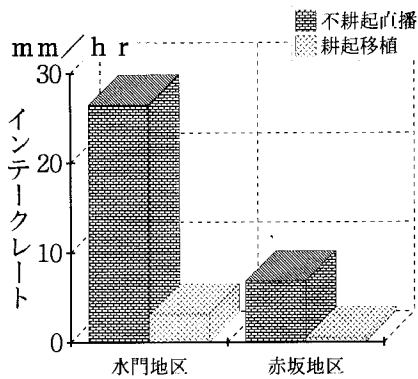


図-11 不耕起直播の長期継続がインテークレイトに及ぼす影響

Fig. 11 Effect of the long-term continued non-tilled direct seeding rice culture on the intake rate.

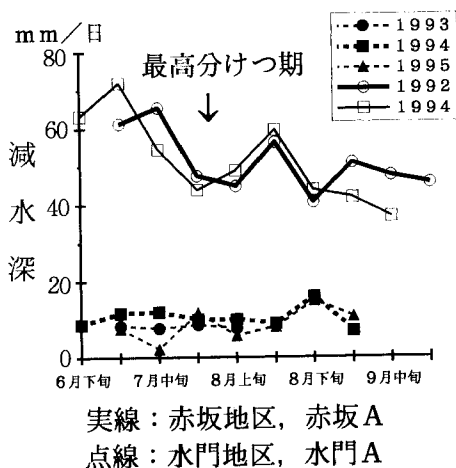


図-12 土壌タイプの違いが減水深に及ぼす影響
 Fig. 12 Effect of soil type on water requirement in depth.
 (a solid line: Haplic Gray Lawland Soils. a dotted line: Epi-gray Gley Lawland Soils)

1,529 m³/10 a, それに対して不耕起直播の用水量はそれぞれ 1,811 m³/10 a, 1,413 m³/10 a の合計 3,224 m³/10 a であった。漏水対策後の不耕起直播の用水量は合計 1,876 m³/10 a であった。漏水対策前後の減水深について、縦浸透量は同一圃場で同じであるので、蒸発散量の年次変動が無いと仮定すれば、漏水対策前後の用水量の差は畦畔浸透量に相当すると考えられ、その量は 3,224 m³ - 1,876 m³/10 a の 1,348 m³/10 a となる。また、漏水

— 不耕起直播, 赤坂A (漏水対策前)
 ● 不耕起直播, 赤坂A (漏水対策後)
 - - - 耕起移植水田, 赤坂B

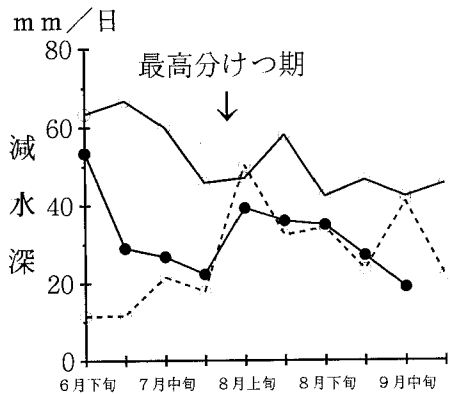


図-13 不耕起直播の長期継続及び不耕起直播水田における漏水防止対策が減水深に及ぼす影響

Fig. 13 Effect of the long-term continued non-tilled direct seeding rice culture and management for prevention of percolation through border on the water requirement in depth.

対策後の不耕起直播水田と耕起移植水田の用水量の差は、畦塗りが綿密に行われていた耕起移植水田からの畦畔浸透がないと仮定すれば、縦浸透量の差に相当すると考えられ、1,876 m³ - 1,529 m³/10 a の 347 m³/10 a と試算された。

4. 考 察

1) 土壌のち密化と根群の発達
 不耕起直播は耕起をしないため、土壌がち密化し根の伸長が抑制されることが懸念される。
 1960年代から県内に普及し、現在も続けられている不耕起直播は大型農作業機械がほとんど走行しない作業体系であるのに対して、1990年代になって始まった不耕起直播は労働生産性が高い低コスト稲作技術として注目され、大型農作業機械が圃場を頻繁に走行することが前提となっている。このため、従来から普及している不耕起直播と比較して土壌のいっそうのち密化が懸念されている。
 そこで、大型農作業機械の走行頻度が低い1960年代から始められている長期不耕起直播継続水田と1990年代になって新たに普及を始めた大型農作業機械の走行頻度が高い不耕起直播水田について、土壌のち密化並びに

表-2 不耕起直播継続が用水量に及ぼす影響

単位 m³/10a

	6月下旬から7月下旬までの積算量*			中干し後30日間積算量**		
	耕起 移植	不耕起直播		耕起 移植	不耕起直播	
		漏水対策前	漏水対策後		漏水対策前	漏水対策後
用水量	479	1,811	937	1,050	1,413	939

注*：6月下旬から7月下旬までの期間は、落水をほとんど行わないため、当該期間の3半旬別平均減水深のグラフを作図し、その台形面積を求めることによって算出。

**：8月上旬から9月上旬までの期間は間断灌漑となるため、当該期間中の平均減水深から、その期間の日数を単純にかけ合わせて算出。なお、計算に当たっては蒸発散量は考慮せず、年次間差も無いとして処理した。

根群の分布について検討した。

20年以上継続している長期不耕起直播継続水田の調査結果では、図-6にみられるように土壌のち密化は深さ20~30cmの層では認められなかったが、深さ0~10数cmの土層ではち密化の傾向が明らかであった。

このような深さ0~10数cmの土層のち密化が根群分布に及ぼす影響をみたところ、水門地区では、不耕起直播の根は耕起移植よりやや多くなっており、土壌のち密化によって根の伸長が阻害されていないことが確認された。佐藤(1993)は同じ水門Aにおいて根群の発達状況を隣接する水門Bを対照に調査したX線写真の立体視による観察で、不耕起直播水田では表層に細根が多く、深さ20~30cmのち密度の高い層を貫通する根も多いことを報告しており、不耕起直播の長期継続によっても根の伸長は全く抑制されておらず、むしろ不耕起直播の方が根の発達が良いことを明らかにしている。

赤坂地区の不耕起直播の深さ0~13cmの総根量は図-7に示したように耕起移植水田とほぼ同等であったが、根の分布に著しい偏りがあった。つまり、根は表層に多く、深さ3~13cmの根は少なかった。水稻の根の伸長は約1,200kPaで抑制されるとされている(在原ら, 1993)ことから判断すると、赤坂地区の深さ0~13cmのち密度は640kPa程度にすぎないため、土壌のち密化によって根の伸長が抑制された結果であるとは考えられなかった。つまり、水田表層に根が偏在したのは、表層に約18mmの有機物が集積しており、その下には腐植に富む層が発達していることから、より伸長しやすく、栄養分が豊かな表層に集中した結果であり、ち密化が原因とは考えられなかった。

大型農作業機械の乗り入れが多い大区画圃場の調査結果では、不耕起直播を始めて数年しか経っていないが、図-8のように深さ0~13cmのち密度は不耕起直播の継続に伴って大きくなり最大1,000kPa程度まで上昇して

いた。しかしながら、深さ0~13cmの総根量は図-10に示したように不耕起直播が少ないということはなく、表層の根量が多くなる根群形態に変化しつつあった。このような傾向は不耕起直播6年継続後に一段と強まっていた。これは、土壌がち密化したため、根が下に伸長できなかったためとも考えられるが、筆者らはち密化が原因ではなく、図-4にみられるように表層の有機物層が厚くなってきたため、比較的条件的良い表層に根が集中したためと考えた。この理由として、前述したように1,200kPa以下であれば根の伸長は抑制されないとされていること、さらに図-9にみられるように、湛水期間中のち密度は500kPa程度まで低下するため、土壌のち密化によって根の伸長が抑制されるとは考えにくいことがあげられる。その他、長期不耕起栽培圃場研究グループ(1994)が不耕起直播水田は隣接の耕起移植水田と比較して深さ0~11cmの粗孔隙が多く、反対に毛管孔隙が少ないことを報告し、その原因を長期間の不耕起直播継続に伴い根成孔隙が蓄積し、また、弱い角塊状構造ができた結果であると推察している。このように、不耕起直播継続水田では根成孔隙が蓄積するため、土壌のち密度が仮に大きくなった場合でも、根はそのような孔隙を利用して伸長できると考えられるので、根の伸長は抑制されないと考えられた。

長期不耕起直播継続水田並びに1990年代になって不耕起直播が始まった大区画圃場における不耕起直播継続水田のいずれにおいても、現段階ではち密度は根の伸長を妨げる程度まで高くなっておらず、また根の分布が表層に偏在するという傾向は不耕起直播継続数年ですでに明らかになっており、総根量も減少することもなく、佐藤(1993)の結果を併せ考えると、根の伸長は阻害されないと判断された。

2) 表層に集積した有機物層の厚さ

不耕起栽培では、耕起をしないために、コンバイン収

種時の稲わらが全量圃場に表面散布されるので、稲わらが表層に集積してくる。その厚さは不耕起直播継続6年でも15mm程度であり、新しく開発された乗用型不耕起播種機(河本, 1997)では播種時に播種溝の稲わらは飛ばされるので、現段階では宮農上の問題はほとんど起こっていない。しかしながら、有機物層の厚さが30mmを越えるようになると、播種機の一般的な設定播種深度が30mmであるため、種籾は有機物層の中に播種されることになり、乾燥による発芽不良などの問題が起こることが予測される。

その他、有機物層発達の影響として、稲わらの被覆効果により冬期間あるいは春先の雑草の発生量が減少する傾向が観察された。

一方、不耕起直播では表層に有機物層が集積することによって、そこに根が偏在することになる。このような有機物が集積した層は水稻への養分供給の場として重要な役割を持つと推察され、また、有機物層が農作業機械の踏圧の影響をやわらげる可能性も考えられる。

3) 減水深の増加と漏水防止対策

不耕起直播を継続すると透水性が大きくなると考えられるので、異なる立地条件の水田において減水深を比較した。地下水位が高い地帯では図-12の水門Aのように、漏水過多の問題は起こらなかった。一方、地下水位が低い地帯では赤坂Aのように漏水過多という深刻な問題が起きた。漏水過多の原因として畦畔浸透の増加と縦浸透の増加が考えられるが、赤坂Aで行った今回の調査では畦畔浸透が相当量を占めていた。その際、止水シートを畦畔に埋設すると全漏水量のかんりの部分を抑制でき、耕起移植と比較しても 0.227 kgkg^{-1} の用水量増加にとどめることができた。このように、不耕起直播の適地選定において、止水シートの利用は適地を広げる上で有効な手法と考えられ、地表下50cm以内にグライ層が出現する黒ボクグライ土、グライ低地土及びグライ台地土などでは、不耕起直播の継続により漏水過多になる心配は少ないと考えられるが、灰色低地土や灰色台地土などでは用水が十分であれば、止水シートの利用で不耕起直播の継続は可能であると考えられる。それ以外の排水のよい土壌タイプでは不耕起直播継続による縦浸透の増加は看過できない問題となる可能性がある。

4) 今後の問題点

不耕起直播の普及に当たって、土壌物理性の面から宮農上問題となる点は、ち密度、表層に集積する有機物層の厚さ及び減水深の3点に集約できる。これらの点について、適地に不耕起直播を推進する限りにおいては現段階では問題にならないと判断された。

今後、土壌物理の面で解決されなければならない問題

は、従来の土づくり技術との関係である。

佐藤(1993)は「長期に連続して不耕起直播を行った水田の作土層は、藻類、水稻根、根株などの腐朽、分解、蓄積といった繰り返しのなかで通水機能に加えて保水機能をもちうる土壌構造の形成、すなわち一般に云われる団粒構造と同様な機能を持つ土壌孔隙構造の形成が期待できる」と結論づけている。

一方、不耕起土壌では表層に有機物層が集積するが、その有機物層に付着するらん藻類等による窒素固定量の増加(金沢, 1995)や、富栄養化した灌漑水を豊富な表層有機物層で水質浄化するだけでなく、水稻への肥効を高めるなどの効果が期待できる。結果として、作土表層の地力窒素発現量の増加(長期不耕起栽培圃場研究グループ, 1994)がもたらされる。

反面、瀬戸内地方では、冬期間降雨量が少なく乾燥する。このため、秋や冬に耕起をすると乾土効果のために地力窒素の無機化が促進され、地力の減耗につながると考えられる。不耕起直播ではそのようなことが起こらないため、地力維持型の栽培法であるといえる(石橋, 1997)。

以上のような点で、不耕起直播は有機物施用と耕耘による土づくり技術と同じではないが、結果的に類似の効果をもたらす可能性を持つ栽培法であると考えられ、高い水質浄化能を持つ地力維持型栽培法であるといえよう。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、調査に供試した長期不耕起継続田を快くご提供頂いた横山雅二氏並びに歳森恒男氏に厚く御礼を申しあげます。また、当场作物部河本恭一氏及び石井俊雄氏には調査に当たってご協力並びに数々の便宜を図って頂いた。さらに、農研センター長野間宏チーム長には有益な御助言を頂いた。ここに記して深く感謝いたします。

引用文献

- 在原克之・渡辺春朗(1993): グライ層の位置と土性からみた耕盤形成の実態, 千葉県の水田における実態, 土肥誌, 64(6): 623~629
- 長期不耕起栽培圃場研究グループ(1994): 長期不耕起直播田の土壌及び水稻栽培の実態調査, 農業技術, 49(6): 251~256
- 土壌物理性測定法委員会編(1980): 土壌物理性測定法, p 170, 養賢堂
- 石橋英二(1997): 乾田直播栽培における土壌肥料及び環境保全からみた諸問題, 第39回土壌物理研究会

シンポジウム講演要旨

金沢晋二郎 (1995) : 不耕起栽培水田土壌の微生物特性,
土肥学会講演要旨集 : 236-237

河本恭一 (1997) : 乗用型水稲不耕起乾田直播機の開発,
近畿中国地域における新技術, 31 : 43~46

日本土壌肥料学会広島大会運営委員会編 (1989) : 山陽
の農業と土壌肥料 : 136~147

野々山芳夫 (1976) : 水稲の不耕起直播栽培に関する土
壌肥料学的研究 (第4報), 中国農試報 E11 : 7~52

佐藤照男 (1993) : 低湿重粘土水田の不耕起栽培に関す
る実証的研究, 平成4年度科学研究費補助金<一般
研究C>研究成果報告書 : 29~44

受稿年月日 : 1998年3月9日

受理年月日 : 1998年10月8日