

田面凹凸に起因する乾田直播水稻の 出芽不良要因の解明

在原 克之・岩渕 善彦・小山 豊

キーワード：水稻、乾田直播、均平、出芽、土膜

I 緒 言

直播栽培は移植栽培と異なり、種子を直接圃場へ播種することから、出芽や苗立ちは気象条件や土壌条件に左右される。これにより生育が不安定になり収量が変動し、直播栽培面積の拡大を妨げる最大の原因となっている。

直播栽培のうち、乾田直播栽培（以下、乾田直播）は、育苗に加えて代かき作業も削減でき、トラクタで播種するため作業速度が速く、湛水直播栽培（以下、湛水直播）に比べて省力で低コストな栽培法である（茨城県農業総合研究センター農業研究所他：1999）。これまで、千葉県における乾田直播は、区画面積の拡大と排水施設整備がなされた印旛沼周辺のごく一部で導入されていたに過ぎなかった。これは、千葉県の水田は湿田率が高いこと（千葉県農林部：1984、八槇ら：2000）、土地改良で整備された水田も一区画面積が30 a 程度（農林省構造改善局：1977）と乾田直播を行うには小規模であったことと湛水直播の方が安定した技術とされていたためである（千葉県農業試験場：1990）。

千葉県では、1992年に「千葉県21世紀農業展望構想」が策定された。そのなかで、1区画面積0.5～1 haの大区画水田整備と生産コストの低減が可能な直播栽培を組み合わせ、大規模稲作経営体の育成が進められることになり、大区画水田における栽培に適した乾田直播の栽培技術体系の確立が必要となった。

乾田直播において、出芽や苗立ちならびに入水後の生育を考慮した好適な均平度は、圃場面積の80%が±2.5 cm以内（標準偏差2 cm以内）とされている（農林水産省構造改善局計画資源課：1988）。しかし、大区画水田での重機による整地技術の水準は低かった（山路：1988）。さらに、乾田直播では代かき作業を行わないため、代かきによる均平度の改善が図れない状況であった（駒塚：1997）。このため、従来の均平技術では均平度を改善す

ることは難しく、出芽や苗立ちは不安定な状況にあった。

その後、レーザー光利用による均平作業法が開発され（屋代ら：1996）、均平の精度が向上したことで、一区画圃場内での苗立ち不良の発生面積割合は、これまでの均平技術に比べて減少傾向となった。しかし、レーザー光利用による均平作業法を導入しても、均平の精度には限界があり、著者等の調査によれば、0.5～1 ha規模の大区画圃場では、依然として圃場面積の約10%で出芽や苗立ちが不良であると推定された。

これまでに、圃場田面の凹凸に起因する湛水深と乾田直播水稻の生育との関係は明らかにされているが（小山・深山：2000）、圃場田面の凹凸と出芽や苗立ちの不良との関係は明らかにされていない。本論文は、1995から1998年にかけて、「地域基幹農業技術体系実証事業研究」としておこなった試験結果を中心に、大区画水田において発生した乾田直播水稻の出芽、苗立ちの不良について検討し、その発生機作を明らかにしたものである。

II 材料及び方法

1. 試験1 田面の凹凸と水稻の出芽との関係

(1) 調査地点

1998年2月に、レーザー光制御のレベラで均平された場内圃場（面積0.54ha、中粗粒強グライ土）の田面標高を、5 mメッシュで測量した。これをもとに、平均田面標高に対して±2 cm以内にある地点15地点と平均田面標高に対して2 cm以上低い地点として6地点を選定した。

(2) 耕種概要

1998年4月13日に、2日間浸種した「ひとめぼれ」の種子5.5kg/10a（乾籾換算）をドライブハローシーダ（M社製）により条間30cm、播種深3～4 cmで播種した。基肥は、肥効調節型被覆尿素（リニア型70日タイプ）を用いて窒素成分5 kg/10aを播種時に全面全層施肥した。

(3) 調査方法

田面標高をもとに選定した21地点について、播種14日後の4月27日と播種24日後の5月8日に、出芽数を計測

した。また、4月27日に、各地点において田面の土壤硬度を測定した。

土壤硬度は、地表面よりクラスト硬度計（DIK-5560、仕様：円錐角 $11^{\circ}25'$ 、円錐断面積 0.5cm^2 、長さ 50mm 、重量 238g 、使用バネ 0.098MPa ）を各地点10回づつ貫入して測定し、平均値を地点の硬度とした。

2. 試験2 播種後の湛水处理が出芽に及ぼす影響

(1) 試験区の構成

1995年と1996年に、面積 2.25m^2 （縦横 1.5m 、深さ 0.7m ）のコンクリート製有底ライシメータを用い、播種後の湛水处理が出芽や苗立ちに及ぼす影響を調査した。

1995年は播種直後から、1996年は出芽始期（本試験では播種5日後）から水深を $1\sim 2\text{cm}$ とする湛水处理をした。両試験年とも、湛水处理の期間はそれぞれ1、2、3日間とし、無処理区と比較した。なお、1996年は出芽盛期（本試験では播種8日後）から2日間湛水处理する試験区も加え、播種深についても深さ 3cm と 6cm の2水準とした。試験は2反復とした。

(2) 耕種概要

1995年は5月19日、1996年は6月3日に耕耘と均平を行い、1995年は5月22日に、1996年は6月5日に7日間浸種した「ひとめぼれ」の種子を、条間 30cm で深さ 3cm に約 $5\text{g}/\text{m}^2$ （乾籾換算）を播種した。なお、試験は無肥料で行った。

(3) 調査方法

地表面から幼芽が抽出した段階を出芽とし、播種後から3～4日の間隔で出芽数を数え、播種粒数に対する出芽率として示した。土壤含水比は、3～4日の間隔で播種深に相当する深さ $0\sim 3\text{cm}$ を採土し、これを 105°C で乾燥して含水比を求めた。

3. 試験3 土膜の形成が出芽に及ぼす影響

(1) 試験方法

2000年に、土壤水分の変化と土膜の形成ならびに出芽との関係を、深さ 50cm 、 5m 間隔で浅層暗渠が敷設されている場内の水田作圃場（面積 0.1ha 、中粗粒強グライ土）において調査した。

播種直後に、暗渠直上部と暗渠中間部にそれぞれ10地点、計20の調査地点を設け、播種26日後の5月6日出芽数を計測した。これとは別に、出芽期に土膜の形成が確認された地点として10地点（長さ 1m 、1条）を選定した。このうちの5地点については、5月2日にジョウロで約 2mm （ m^2 当たり 2L ）程度かん水した後に食用フォークで土膜を砕土して破砕区とし、残る5地点を未破砕区とした。なお、地点の選定に際しては、地表面の土壤硬

度が概ね 1.5MPa で、出芽数 $70\text{本}/\text{m}^2$ 前後を基準に選定した。

(2) 耕種概要

圃場は、2000年1月にプラウ耕し、2月にレーザー光制御により均平整地した。播種は、4月10日に2日間浸種した「コシヒカリ」の種子 $4.7\text{kg}/10\text{a}$ （乾籾換算）をバーチカルハローシーダ（進行方向に対して水平方向に耕耘する方式：S社製）により条間 30cm 、播種深 $3\sim 4\text{cm}$ で行った。基肥は、播種時に肥効調節型被覆尿素（リニア型70日タイプ）を用いて窒素成分 $5\text{kg}/10\text{a}$ を側条施肥した。

(3) 調査方法

地表面の土壤硬度と出芽数は、播種26日後の5月6日に調査した。土壤硬度はクラスト硬度計により、各地点10回づつ貫入して測定し、平均値を地点の硬度とした。土壤含水比は、TDR水分計を暗渠直上部と暗渠中間部の深さ 5cm に埋設して、体積含水率を1時間間隔で1日24回測定し、得られた平均値を別途測定した真比重によって換算した。降水量は、アメダス観測地点（千葉市中央区新港）のデータを用いた。

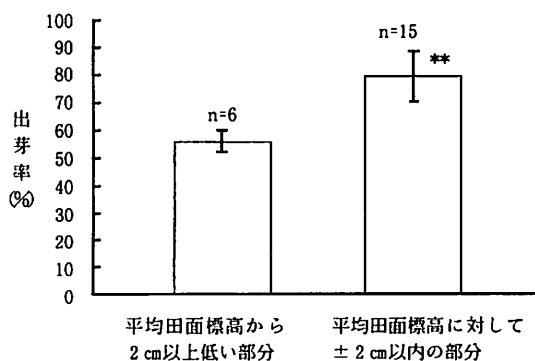
土膜の破砕に関する試験では、処理5日後の5月7日に、破砕区及び未破砕区の出芽数を計測した。

III 結 果

1. 田面の凹凸と水稻の出芽との関係

田面の凹凸と出芽率の関係を第1図に示した。平均田面標高に対して $\pm 2\text{cm}$ の範囲内にある面積の割合は約80%で、この標高内に設けた15地点の平均出芽率は、約80%であった。これに比べて、平均田面標高に対して 2cm 以上低い地点における出芽率は約55%と低く、両調査地点間には顕著な差が認められた。

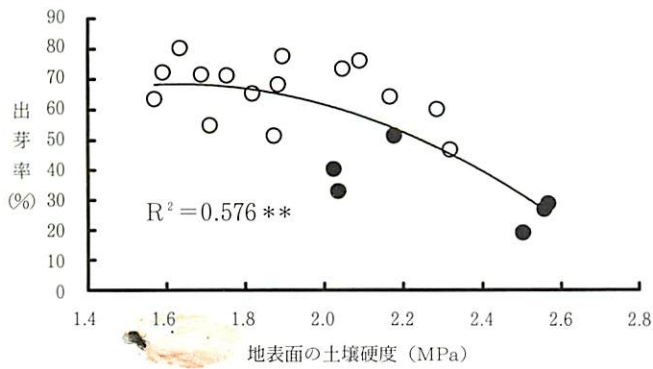
観察によると、両調査地点間では降雨後に田面水が消



第1図 田面の凹凸が出芽率に及ぼす影響（1998年）

注1）図中の棒線は標準偏差の幅を示す。

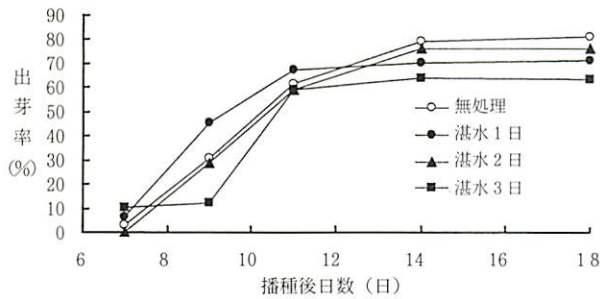
2）**は1%水準で有意を示す。



第2図 地表面の土壌硬度が出芽率に及ぼす影響（1998年）

注）各地点10回の平均値、**は1%水準で有意を示す。

●平均田面から2 cm以上低い部分 ○平均田面に対して2 cm以内の部分



第3図 播種後の湛水が出芽に及ぼす影響

（1995年ライシメータ）

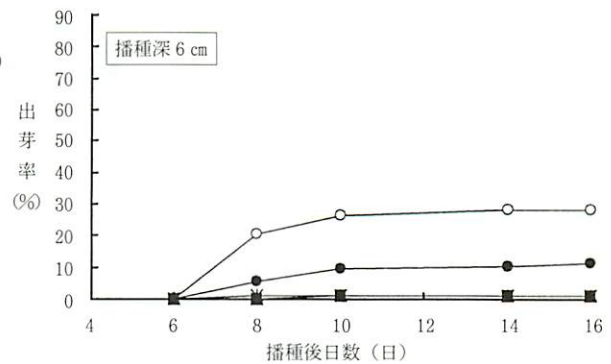
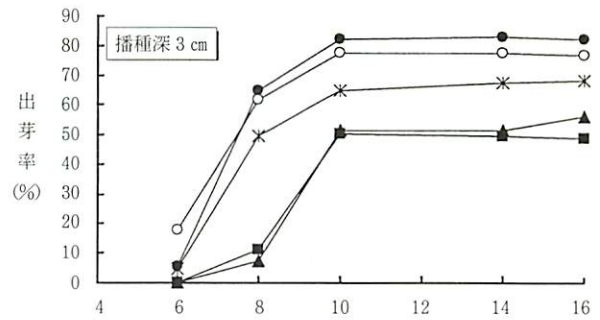
注）無処理区の土壌含水比は45～55%で推移。

失するまでの時間に差が認められ、平均田面標高に対して2 cm以上低い地点では、20mm程度の降雨後約3日間は滞水する状態であった。また、播種後に滞水が確認された地点について、水稻収穫後に深さ20～25 cmの土壌を100 mL採土円筒で採土して飽和透水係数を測定した結果、概ね 10^{-5} cm/secであった。

地表面の土壌硬度と出芽率の関係を第2図に示した。地表面の土壌硬度が1.6～2.6 MPaの範囲では、土壌硬度が高くなるほど出芽率は低下する傾向であった。また、平均田面標高に対して2 cm以上低い地点では、6地点全てが2 MPa以上であった。土壌硬度の高い地点では、単粒化した土粒子が膜状に固まった状態にあり、土膜（クラスト）の形成が確認された。一方、平均田面標高に対して2 cm以上高い地点については、土膜の形成が確認されなかった。

2. 播種後の湛水处理が出芽に及ぼす影響

播種直後の湛水处理が出芽に及ぼす影響を第3図に示した。湛水1日区は、無処理区に比べて初期の出芽率がやや高く、播種11日後には約70%となった。湛水2日区の出芽は、試験期間中の土壌含水比が45～55%であった無処理区と同程度で推移した。湛水3日区では初期の出芽率は低下し、最終的な出芽率は、無処理区に比べて10



第4図 出芽始期の湛水が及ぼす影響

（1996年ライシメータ）

○無処理
●播種5日から湛水1日
▲播種5日から湛水2日
■播種5日から湛水3日
＊播種8日から湛水2日

%以上低下した。

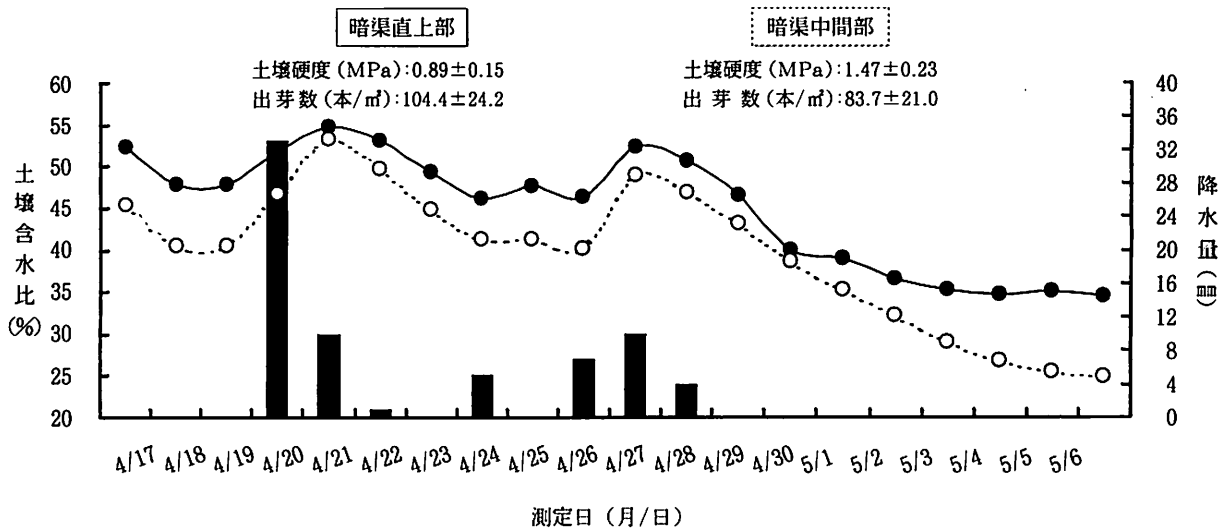
出芽始期の湛水が出芽に及ぼす影響を第4図に示した。播種深3 cmにおける出芽始期は播種5日後であり、この時点から入水した。播種深3 cmの場合、各調査日における湛水1日区の出芽率は無処理区と差がなく、播種16日後は無処理区並みの約75%であった。しかし、湛水2日区と湛水3日区では、湛水1日区や無処理区に比べて出芽率が顕著に低く、播種16日後には出芽率は50%まで増加したが、それ以降の出芽は認められなかった。

出芽盛期となった播種8日後から2日間湛水した場合の出芽率は、各調査日とも無処理に比べて10%程度低かったが、出芽始期からの湛水に比べて出芽への影響は小さかった。

播種深6 cmでは、播種深3 cmに比べて出芽率が著しく低下し、無処理区の播種16日後の出芽率は約30%であった。さらに出芽始期となった播種5日後から湛水した場合、出芽は著しく抑制され、湛水1日区で10%程度出芽したが、湛水2日区と湛水3日区では殆ど出芽しなかった。また、出芽盛期から2日間湛水した場合も殆ど出芽しなかった。

3. 土膜の形成が出芽に及ぼす影響

出芽始期からの土壌含水比の変化と地表面の土壌硬度



第5図 土壌含水比の変化と土壌硬度ならびに出芽数 (2000年)

注) 土壌硬度は5月6日に20回測定、土壌含水比は24回/日測定の平均。

■ 降水量 ●— 暗渠直上部 -○- 暗渠中間部

ならびに出芽数との関係を第5図に示した。

播種10～11日後の4月20～21日に43mmの集中した降雨があり、地表面の土塊が崩れて単粒化が確認されたが、土膜の形成までには至らなかった。4月26～28日の降雨により圃場全体で土壌の単粒化は進んだが、特に、暗渠中間部では降雨中から降雨後にかけて約2日間滞水を生じ、暗渠直上部よりも土壌の単粒化が顕著となった。

4月28日以降、両調査地点の土壌含水比は低下し、5月6日における暗渠中間部の土壌含水比は25%であった。しかし、暗渠直上部の含水比は、4月30日までは暗渠中間部と同程度の低下であったが、その後、低下は緩やかとなり、5月6日の含水比は35%であった。

両調査地点では、土壌の乾燥が進むにしたがって地表面に土膜の形成が確認された。5月6日の地表面の土壌硬度は、土壌含水比が37%であった暗渠直上部では約0.9MPaであったが、土壌含水比が25%まで低下して乾

燥した状態にあった暗渠中間部では約1.5MPaであった。

両調査地点における出芽始期は4月27日で差が認められなかった。5月1日の出芽数は、暗渠直上部では約80本/㎡であったが、暗渠中間部では約60本/㎡と少い傾向であった。また、5月6日の出芽数は、暗渠直上部では104本/㎡であったが、暗渠中間部ではこれよりも20%少なかった。

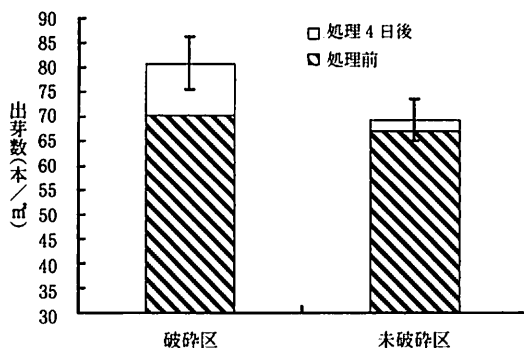
土膜の破碎が出芽に及ぼす影響を第6図に示した。未破碎区における処理後の出芽数は約4本/㎡で、処理前出芽数に対して約5%の増加であった。これに対して、破碎区では15%増の10本/㎡であり、土膜の破碎により出芽数は増加した。

IV 考 察

田面の凹凸と出芽の関係をみると、出芽不良は圃場の平均田面に対して、標高の低い部分で多く発生していた。この部分は降雨後に滞水を生じやすく、滞水が消失した後は土膜が形成されるため、これが出芽不良の原因と推察した。そこで、降雨後の滞水と土膜の形成が出芽や苗立ちに及ぼす影響を明らかにした。

1. 湛水が出芽に及ぼす影響

試験2による播種後の湛水の影響をみると、播種直後1日間の湛水では出芽への影響は認められないが、湛水期間が継続すると土壌中の酸素濃度が低下し、初期の出芽率が低下したと考えられた。一方、出芽始期からの湛水は、播種直後よりも出芽に及ぼす影響が大きく、さら



第6図 土膜の破碎が出芽に及ぼす影響 (2000年)

注) 図中の棒線は処理後増加数の標準偏差の幅を示す。

に湛水期間の継続により出芽阻害の程度が大きかった。これは、播種直後よりも1, 2日後さらに3日後の湛水の方が、幼芽の呼吸量を低下させるとする井之上ら(1967)や太田・杉原(1971)の報告と同様の結果であり、出芽始期を迎えた段階での湛水が出芽率低下の主たる原因と考えられた。よって、標高の低い部分での出芽率低下は、以下のように発生したと考えられた。

降雨後、標高の低い部分では田面水の移動が止まり、さらに透水性の低い耕盤によって滞水を生じて通気が遮断されたと推定された。

直播水稻の出芽と酸素状態について、村上(1986)は、比較的低酸素状態でも発芽への影響は小さいとし、三石(1975)は、播種直後の1日程度の滞水ならば発芽への影響は問題とはならないが、滞水が続くことで水に溶存する酸素が消費され、出芽始期が近づくほど低酸素の影響が大きくなるとしている。つまり、多くの鞘葉が土壤中を伸長している段階にある出芽始期は、播種直後や発芽直後に比べて低酸素の影響を受けやすいと考えられ、標高の低い部分では、滞水によって通気が遮断されて酸素不足となり、土壤中にある鞘葉が伸長を停止したために出芽数が低下したと考えられた。播種深6cmで湛水処理による影響が強く現れた理由は、播種深3cmに比べて鞘葉の伸長を必要とするにも関わらず、酸素が不足して鞘葉が伸長を停止したためと考えられた。

一方、出芽盛期は、多くの鞘葉あるいは不完全葉が地表面から既に出芽しており、湛水による阻害は未出芽段階のものに限られたため、出芽率の低下が小さかったと考えられた。

2. 土膜の形成が出芽に及ぼす影響

試験3において、出芽時に形成された土膜を人為的に破碎すると出芽が促されたことから、田面に形成された土膜が出芽不良の要因と推察された。

土膜の形成について、川崎(1975)や小川ら(1979)は、降雨や湛水後に土壌が乾燥すると土壌が崩落し土膜が形成されやすいとし、野々山(1981)は耕耘碎土が土膜の形成要因としている。よって、試験3において確認された土膜の形成は以下のように考えられた。

播種期から出芽始期にかけての降雨や滞水とその後の乾燥との繰り返しにより、播種時の耕耘碎土によってできた土塊は崩落し、単粒化が進んだと考えられる。この際、試験3における播種10~11日後(4月20~21日)の降雨(1時間当たり最大25mm)による衝撃(Reichert, J.E. and Norton, L.D. 1994)は、単粒化を助長したと思われる。出芽始期を迎えた4月28日以降は、蒸発によって地表部の土壌含水比が低下し、これとともに田面の単

粒化した土粒子が凝集固化して土膜を形成したと考えられる。

暗渠直上部と暗渠中間部における土膜硬度の違いは、以下に述べる土壌構造の違いによるものと推察した。暗渠直上部では浅層暗渠の施工によって耕盤が破碎され、水の移動が活発になるとともに土壌構造が発達し、下層から表層へ水分が供給され、これにより地表面土壌の乾燥が抑制され、土壌硬度の上昇が抑制されたと考えられた。これに対して、暗渠中間部は、耕盤の土壌構造の発達が不十分であるため、直上部に比べて透水性が低く、降雨後の土壌含水比の低下が遅くなる。一方、土壌が乾燥する過程においては、耕盤が下層から表層への水分供給を遮断したために地表面土壌の乾燥が助長され、形成された土膜の硬度が高くなったと考えられた。

したがって、試験1において、土膜が形成し、出芽率が低下した田面標高が低い部分では、透水性の低い耕盤の存在が降雨後の滞水の発生原因であるとともに、下層から表層への毛管上昇を阻害して土膜の形成を促し、硬度を高めたと考えられた。一方、田面標高が平均標高よりも2cm以上高い地点は、雨水が速やかに標高の低い部分へ移動することで滞水を生じないめ、土壌の単粒化や泥土化が避けられ、これにより、土膜が形成されなかったと考えられた。

土膜による出芽阻害は、以下のような過程で発生したと推定した。

まず、播種部分では、播種後に降雨や滞水で土壌が単粒化して地表面に泥土が堆積し、さらに土壌の乾燥にもなって形成された土膜によって被覆された。この土膜はち密で、有効孔隙が少ないため、通気を遮断したと考えられた。これにより、前述した滞水による出芽阻害と同様に、土壌中にある鞘葉は酸素不足となって伸長を停止したと考えられた。

次に、土壌硬度の影響である。土膜の形成が観察された後の出芽は、田面に発達した亀裂部に限られ、土膜を除去すると白化した不完全葉が埋没していた。つまり、土膜によって通気が遮断されると、鞘葉は伸長を停止するため、出芽は不完全葉あるいは本葉の伸長に依存することになる。しかし、不完全葉や本葉は鞘葉に比べて地表面への抽出力が劣るため(井之上・穴山：1971)、硬化した土膜を破って出芽することが出来なかったと考えられた。したがって、人為的な土膜の破碎後にみられた出芽は、土壌中の幼芽への通気と硬度の低下によるものと考えられた。そして、第2図に示したように、クラスト硬度計による硬度が1.8MPaを越えると出芽は著しく阻害される傾向であり、この値を出芽の限界硬度とみることができる。また、試験3の結果から、壤質から壤粘質の

水田圃場では、土膜の硬度は土壌含水比35%で0.9MPa、25%で1.5MPaまで上昇すると推察された。

3. 田面凹凸の是正と耕盤管理

乾田直播における出芽や苗立ちの不良ならびに一区画圃場内での不揃いは、平均田面標高より低い地点で発生していた。これは、この地点では、降雨後に滞水を生じて湛水期間が長くなり、土壌中の幼芽への通気が遮断されたためと考えられた。さらに、滞水が解消した後に、地表面土壌の乾燥によって土膜が形成され、土壌中の幼芽への通気を遮断するとともに、物理的に出芽を抑制したためと考えられた。

したがって、レーザー光利用による均平作業の導入は、降雨後の滞水原因の一つである田面の凹凸を是正するには有効である。しかし、田面の凹凸を是正するだけでは出芽や苗立ちの改善は不十分であり、圃場透水性や水の毛管上昇を制限している耕盤も、滞水の発生や土膜の形成並びに硬化の要因と考えられた。よって、大区画圃場での乾田直播に際しては、レーザー光利用による均平作業の導入だけでなく、圃場の耕盤の実態を把握し（在原・渡辺：1993）、深耕や心土破砕などの土層改良（在原：2002）を図る必要があると考えられる。

一方、土膜の硬化は、耕盤によって下層から作土層へ向かう水の毛管上昇が阻害されたことが原因と考えられた。しかし、土膜の形成と作物への影響について、国内での研究例は少なく、水稻の乾田直播に限らず水田汎用化に伴う麦やダイズ栽培にも想定される問題であることから、今後、検討する必要がある。

V 摘 要

乾田直播栽培で発生する出芽や苗立ちの不良について、田面の凹凸との関係から発生機構を明らかにした。

1. 乾田直播栽培における出芽不良は、平均田面に対して標高の低い地点で発生した。
2. 出芽に対する湛水の影響は、播種直後よりも出芽始期で大きく、出芽始期に2日間以上湛水すると出芽が著しく抑制された。
3. 地表面に形成された土膜の硬度は含水比の低下に伴って上昇し、土壌含水比25%で硬度は1.5MPaとなり、1.8MPa以上で著しく出芽率が低下した。
4. 標高の低い地点での出芽不良は、標高が低いことと耕盤の透水不良で生じた滞水による酸素不足の影響と、耕盤によって水の毛管上昇が阻害され、地表面土壌の乾燥に伴う土膜の硬化による影響であった。
5. 以上の結論から、乾田直播栽培における出芽の安定と向上を図るには、田面均平度の向上と耕盤の管理が必

要であることを明らかにした。

VI 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. 土肥誌. 64. 623-629.
- 在原克之 (2002). 客土造成水田の土壌化と生産性改善. 千葉農総研特別報告. 1. 1-62.
- 千葉県農業試験場 (1990). 水稻早期栽培地帯における湛水土壤中直播栽培に関する研究. 千葉農試特別報告. 17. 1-109.
- 千葉県農林部 (1984). 千葉県耕地土壌の実態.
- 茨城県農業総合研究センター農業研究所・栃木県農業試験場・千葉県農業試験場・岐阜県農業技術研究所・愛知県農業総合試験場 (1999). 水稻不耕起直播を基幹とした水田輪作技術成果報告書. 22-54.
- 井之上 準・穴山 弴・片山 佃 (1967). 水稻直播栽培における出芽に関する研究. 第2報出芽に及ぼす冠水の影響. 日作紀. 36. 25-31.
- 井之上 準・穴山 弴 (1971). 水稻直播栽培における出芽に関する研究. 第4報水稻幼芽の抽出力. 日作紀. 40. 415-419.
- 川崎哲郎 (1975). 乾田ジキマキ田とタン水ジキマキ田の土壌物理性と減水深-乾田ジキマキ水田の合理的管理体系に関する基礎的研究 (I) - 農土論集. 59. 15-22.
- 駒塚富男 (1997). 八千代市における直播栽培の実証事例. 第1回農業土木学会研究集会講演要旨. 9-12.
- 小山 豊・深山政治 (2000). 水稻の乾田直播栽培における入水時の水管理法. 千葉農試研報. 41. 1-9.
- 三石昭三 (1975). 水稻の湛水直播における土壌中埋没播種に関する作物学的研究. 石川県農業短大特別報告. 4. 1-59.
- 農林省構造改善局 (1977). 土地改良事業計画設計基準-計画 ほ場整備 (水田) -. pp.27-30.
- 村山 登・吉田よし子・長谷川周一・末永一 (1986). 稲作科学の基礎. pp.8-11. 博友社. 東京.
- 農林水産省構造改善局計画資源課 (1988). 大区画水田における先進的稲作技術導入の手引き-水稻直播栽培技術を中心として-. p.47.
- 野々山芳夫 (1981). 耕起の有無が乾田直播水田作土の物理性に及ぼす影響. 中国農試報. E18. 63-81.
- 小川和夫・岩間秀矩・渡辺治郎. 1979. 沸化作用程度の測定法の検討と二・三の測定結果について. 北農試報. 124. 81-94.
- 太田勝一・杉原秀高 (1971). 水稻乾田直播における出

- 芽に関する研究（Ⅴ）出芽に及ぼす冠水の影響，岐阜大学農学部研究報告，31，1－7.
- Reichert, J.E. and Norton, L.D. (1994). Aggregate stability and rain-impacted sheet erosion of air-dried and prewetted clayed surface soils under intense rain. *Soil Sci.*, 158, (3), 159－169.
- 山路永司（1988）. 大区画水田の基盤整備をめぐる諸問題－大区画水田と均平－. 農業工学課題別第2研究会，農業工学研究所，pp.1－4.
- 八槇 敦・岡本勝男・川島博之・安西徹郎（2000）. ランドサットTMデータを用いた千葉県水田の乾湿区分. *土肥誌*, 71, 27－34.
- 屋代幹雄・藤森新作・中山豊一（1996）. 大区画圃場における耕うん・均平技術の開発（第1報）－レーザー光利用による耕盤・表層均平作業技術－. *農業研究*, 31, 別1, 21－22.

Studies on mal-emergence on direct sowing of culture of rice on well-drained and unleveled paddy field.

Katsuyuki ARIHARA, Yoshihiko IWABUCHI, and Yutaka KOYAMA

Key words : paddy rice, direct sowing culture of rice on well-drained paddy field, leveling, emergence, structural crust.

Summary

The purpose of this study is to show that the causes of mal-emergence in direct sowing culture on unleveled well-drained paddy field in the early season culture in the temperate warm area.

1. The high incidence of mal-emergence was ascertained on the surface lower area in the direct sowing culture.
2. The water logging, compared with on the right after sowing, has an effect on the mal-emergence on the first emergence time, and the emergence rate fell sharply down in the water logging at least for two days.
3. Cods were broken down by impact of rainfall and being soaked in the water logging. Thereby structural crust was formed on the surface, and its hardness increased together with decreasing of water content of soil. The hardness was 1.5Mpa at 25% of water content, and at least 1.8Mpa the emergence rate fell sharply.
4. The causes of mal-emergence on the lower point were low air permeability in the water logging and the hardness of structural crust at lower soil water content, the reason of which was a scarcity of capillary water of hard pan.

It is concluded that it is necessary to make the ground level flat and to improve the hard pan.