

# 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・岩淵 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、八楨ら：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 $0.5\text{cm}^2$ , 長さ $50\text{mm}$ , 重量 $238\text{g}$ , 使用バネ $0.098\text{MPa}$ ) 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 播種後の湛水処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 $2.25\text{m}^2$  (縦横 $1.5\text{m}$ 、深さ $0.7\text{m}$ ) のコンクリート製有底ライシメータを用い、播種後の湛水処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 $1\sim 2\text{cm}$ とする湛水処理をした。両試験年とも、湛水処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日間湛水処理する試験区も加え、播種深についても深さ $3\text{cm}$ と $6\text{cm}$ 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 $30\text{cm}$ で深さ $3\text{cm}$ に約 $5\text{g}/\text{m}^2$  (乾物換算) 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 $105^{\circ}\text{C}$ 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 $50\text{cm}$ 、 $5\text{m}$ 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 $0.1\text{ha}$ 、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 $1\text{m}$ 、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 $2\text{mm}$  ( $\text{m}^2$ 当たり $2\text{L}$ ) 程度かん水した後に食用フォークで土膜を砕土して破碎区とし、残る5地点を未破碎区とした。なお、地点の選定に際しては、地表面の土壤硬

度が概ね $1.5\text{MPa}$ 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 $4.7\text{kg}/10\text{a}$  (乾物換算) 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 $30\text{cm}$ 、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 $5\text{cm}$ 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。

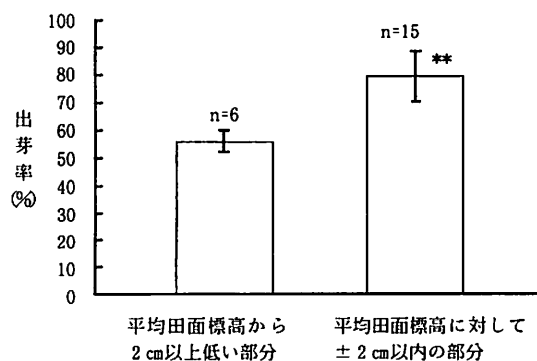
土膜の破碎に関する試験では、処理5日後の5月7日に、破碎区及び未破碎区の出芽数を計測した。

## 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 $2\text{cm}$ 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。

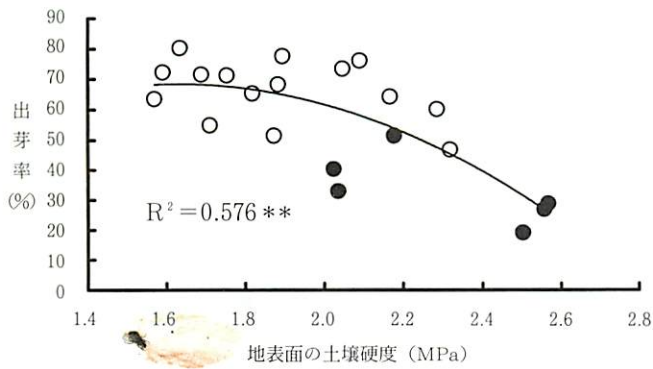
観察によると、両調査地点間では降雨後に田面水が消



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。

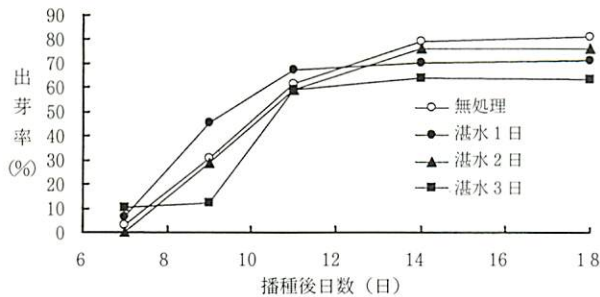
注2) \*\*は1%水準で有意を示す。



第2図 地表面の土壤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）

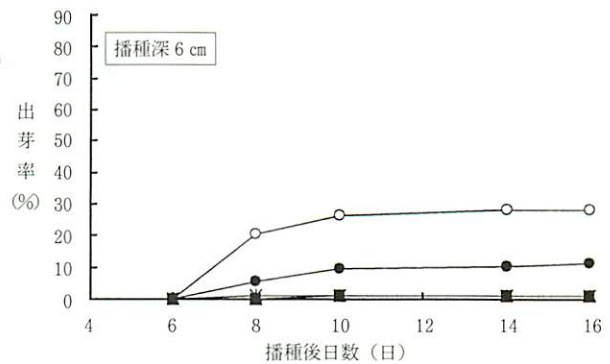
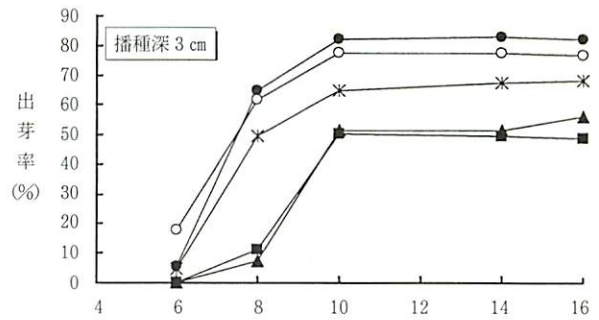
注）無処理区の土壤含水比は45～55%で推移。

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20～25cmの土壤を100mL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。

地表面の土壤硬度と出芽率の関係を第2図に示した。地表面の土壤硬度が1.6～2.6MPaの範囲では、土壤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。土壤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、試験期間中の土壤含水比が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  
●播種後5日から湛水1日  
▲播種後5日から湛水2日  
■播種後5日から湛水3日  
\*播種後8日から湛水2日

%以上低下した。

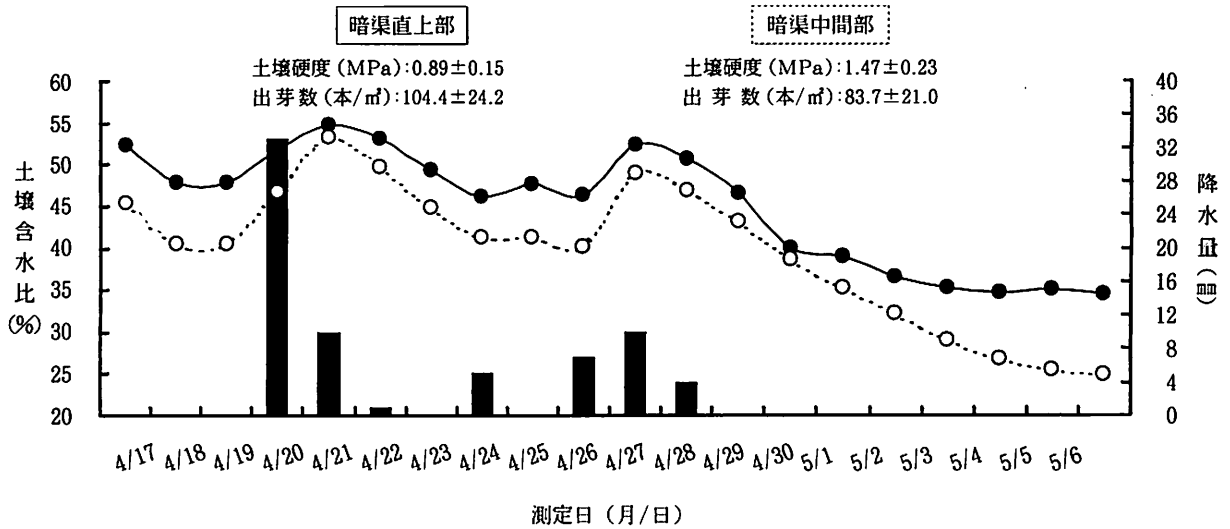
出芽始期の湛水が出芽に及ぼす影響を第4図に示した。播種深3 cmにおける出芽始期は播種5日後であり、この時点から入水した。播種深3 cmの場合、各調査日における湛水1日区の出芽率は無処理区と差がなく、播種16日後は無処理区並みの約75%であった。しかし、湛水2日区と湛水3日区では、湛水1日区や無処理区に比べて出芽率が顕著に低く、播種16日後には出芽率は50%まで増加したが、それ以降の出芽は認められなかった。

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

出芽始期からの土壤含水比の変化と地表面の土壤硬度



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/m<sup>2</sup>であったが、暗渠中間部では約60本/m<sup>2</sup>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/m<sup>2</sup>であったが、暗渠中間部ではこれよりも20%少なかった。

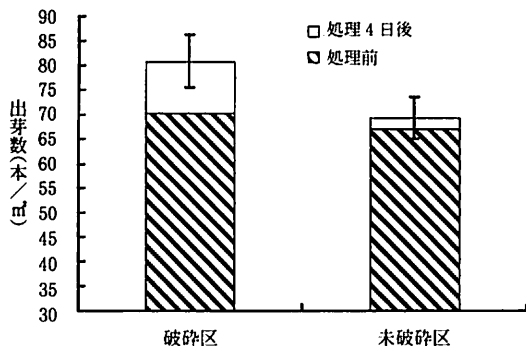
土膜の破碎が出芽に及ぼす影響を第6図に示した。未破碎区における処理後の出芽数は約4本/m<sup>2</sup>で、処理前出芽数に対して約5%の増加であった。これに対して、破碎区では15%増の10本/m<sup>2</sup>であり、土膜の破碎により出芽数は増加した。

#### 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。