

# 1. 研究成果

## 鉄コーティング種子を活用した乾田直播栽培法の開発

田邊詩歩 (大学院自然科学研究科)

齊藤邦行 (山陽圏フィールド科学センター)

山内 稔 (近畿中国四国農業研究センター)

我が国における水稲栽培の大部分は機械移植により行われているが、移植作業の機械化が普及し始めたのは1970年頃からである。その急速な普及に伴って直播栽培は衰退の一途をたどることになり、1993年には直播栽培面積は水稲作付面積の0.3%程度に限られていたが(農林水産省 2009)、近年では地球温暖化に伴う異常気象の影響で、収量の安定性確保が求められ、2011年には1.4%まで普及してきている(農林水産省 2013)。また、農業従事者の高齢化、農業後継者の不足によって一層の低コスト化と米の輸入関税化などに対応して稲作の大規模化(吉永ら 2000)への要請が強まり、省力的な栽培法である直播栽培の確立が求められている。

直播栽培は、育苗と移植の資材、作業労力が省略できるため、低コストで省力的である。直播栽培は大きく乾田直播と湛水直播に分けられ、2011年ではそれぞれ37%、63%の面積比率となっている(農林水産省 2013)。湛水直播栽培ではころび型倒伏が生じやすく、出穂期前後の早期に倒伏すると収量、品質が著しく低下する(寺島ら 2003)。乾田直播栽培は湛水直播栽培に比べてころび型倒伏が生じにくいとされ、岡山県において最も多く栽培されており、2011年では全国乾田直播面積の33%を占めている。しかし、降雨に左右されやすく適期播種が難しいことや乾田期間の雑草対策等の課題も残されており(熊野・黒田 1994)、安定的な直播栽培技術の確立が望まれている。

従来より湛水直播栽培では、浮き苗や転び苗の発生を軽減するために過酸化カルシウムをコーティングした種子が用いられているが、近年ではこれに比べて資材コストが低く鳥害回避効果があるとされている鉄コーティング種子が広く普及しつつある(山内 2012)。鉄コーティング種子を直播すると、種子

表面の色差は、過酸化カルシウムコーティング種子に比べてL値(明度)が小さく、酸化に伴い赤みと黄みが増すことによって土壌表面と似た色となり、鳥害が生じにくいと報告されているが、出芽、苗立ちの不安定性が指摘されている(古畑ら 2009)。

無代かき直播栽培は、稲作の生産費の多くを占める代かきを省略するためコストが低く、省力的である。また、土壌が還元状態になり難いため、鉄コーティング種子の課題となっている出芽、苗立ちを向上させると考えられる。

そこで本研究では、2011年と2012年の2カ年に鉄粉と焼石膏でコーティング処理をした鉄コーティング種子を供試し、鉄コーティング種子を活用した新たな乾田直播栽培法の確立に向けて、作溝畦立て機を用いて畦部分に表面播種する方式や不耕起表面播種方式の有効性を検討するため、出芽・苗立ち、生育収量について比較検討を行った。

### 材料と方法

#### (1) 試験区と栽培方法

岡山大学農学部附属山陽圏フィールド科学センター3号水田(灰色低地土植壤土)において栽培試験を行った。2011年は水稲品種あきまさり、2012年は水稲品種ヒノヒカリを供試し、酸化鉄粉と焼石膏でコーティング処理を行った種粉を用いた。なお、2011年は近畿中国四国農業技術研究センターにおいてコーティング処理を行った。種粉は浸種処理後乾燥させた活性化種子であり(山内 2012)、鉄コーティング比は0.5で、乾粉の1.5倍の重さである(注:鉄コーティング湛水直播マニュアル 2010)。

試験区は、施肥耕耘して、代かきをした後播種する「代かき区」、施肥耕耘して、作溝成形機により成形した畦部分に表面播種し入水する「無代かき畦

立て区（畦立て区）」（第1図），施肥耕耘して，播種後入水する「無代かき播種後入水区（播－入区）」，施肥して播種後入水する「不耕起区」の4試験区を設けた（無反復）。

播種は，畦立て区では作溝成形機（小橋工業製）と播種機（30cm条播）をロータリに連結させたトラクタを用い（第1図A），不耕起区および無代かき播種後入水区，代かき区では歩行型2条田植機（RAINBOW SP-2，（株）クボタ製）の溝切部位を取り外し，施肥ホースが植付位置と等しくなる様に側条施肥部を改良したものをを用いた。不耕起区については2012年は覆土部分を改良した歩行型2条の不耕起播種機（PFK-21K，みのる産業製）を用いた。栽植様式は，畦立て区は2011年は5月21日，2012年は5月28日に条間30cmで表面に条播し，不耕起区は2011年5月25日に条間30cm，株間15cm，栽植密度 $20.8株m^{-2}$ で1株9.25粒，2012年5月24日に条間30cm，株間16cm，栽植密度 $22.2株m^{-2}$ で1株8.4粒条播した。播－入区は両年共に5月25日に条間30cm，株間16cm，栽植密度 $20.8株m^{-2}$ ，2011年は1株9.25粒，2012年は1株8粒で条播した。各試験区について播種量は $5kg 10a^{-1}$ （乾粉換算）とした。施肥は，全量基肥として緩行性肥料140E-80（N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O = 14：14：14）を窒素成分で10a当たり8kg施用した。追肥は行わなかった。雑草・病害虫防除については第1表に示した。収穫は，2011年は

10月28日，2012年は10月15日に行った。

## (2) 調査項目と調査方法

### 1) 発芽試験

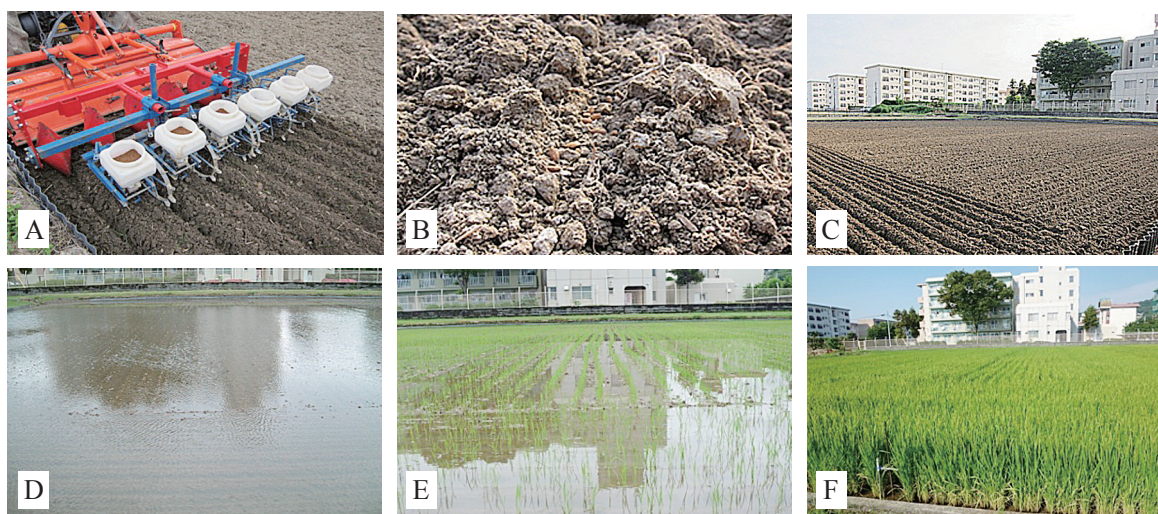
2011年は5月27日～6月3日，2012年は5月30日～6月6日に，鉄コーティング種子，コーティングなしで浸種処理後乾燥させた活性化種子につき，発芽試験を行った。シャーレに各種子を50粒（3反復）置床して蒸留水を添加し，30℃の恒温器で一週間放置後，発芽した種子を計数し，発芽率を算出した。

### 2) 出芽・苗立ち

畦立て区は50cm幅の連続した2条を無作為に8箇所，不耕起区・播－入区・代かき区については6箇所選び，出芽および苗立ち状況を調査した。2011年は6月8日，2012年は6月14日に行った。なお，苗立ち率は50cm幅の連続した2条の苗立ちを数え，各試験区の1mあたりの播種量に対する百分率で示した。また，苗立ち調査後の2011年は6月23日，2012年は7月4日に，各試験区につき2ヵ所から合計12本の苗を抜き取り，種子から葉鞘の白色部分の長さを測り，これを種子深度とした。

### 3) 生育調査

出芽・苗立ちの調査を行った各試験区について畦立て区は4地点，不耕起区・播－入区・代かき区はそれぞれ3地点の調査区において生育調査を行った。茎数は50cmの連続した2条，草丈・葉齢・葉色値は50cmの連続した2条の各両端2株を調査対象とし



第1図 無代かき畦立て表面播種栽培の作業，行程

- |                        |             |
|------------------------|-------------|
| A:小橋工業製ロータリー装着同時作溝畦立て機 | B:畦に播種した様子  |
| C:播種直後の状態              | D:播種後入水した状態 |
| E:播種後27日の苗立ちの状況        | F:出穂後4日の様子  |



第1表 防除体系

散布日	薬剤名	使用量	
2011年	4月20日 サンフーロン液剤 (不耕起区)	(除草) 100倍希釈500mL 10a <sup>-1</sup>	
	5月19日 ラウンドアップマックスロード (不耕起区)	(除草) 1000倍希釈50L 10a <sup>-1</sup>	
	6月 6日 クリンチャーバスME液剤	(除草) 100倍希釈100L 10a <sup>-1</sup>	
	6月21日	イネグリーンD粒剤 (畦立て区)	(除草) 1kg 10 <sup>-1</sup>
		ザークD粒剤 (不耕起区・播入区・代かき区)	(除草) 3kg 10a <sup>-1</sup>
	8月 9日	ブラシフロアブル	(殺菌)
		モンカットフロアブル	(抗菌) 1000倍液
		トレボン乳剤	(殺虫) 100mL 10a <sup>-1</sup>
		ロムダンゾル	(殺虫)
	2012年	4月16日 ラウンドアップマックスロード (不耕起区)	(除草) 1000倍希釈50L 10a <sup>-1</sup>
5月 7日 ラウンドアップマックスロード (不耕起区)		(除草) 1000倍希釈50L 10a <sup>-1</sup>	
6月18日 イネグリーンD粒剤 (代かき区)		(除草) 1kg 10 <sup>-1</sup>	
6月25日 クリンチャーバスME液剤		(除草) 100倍希釈100L 10a <sup>-1</sup>	
6月29日 ワイドアタックSC		(除草) 1000倍希釈50L 10a <sup>-1</sup>	
7月12日 イネグリーンD粒剤		(除草) 1kg 10 <sup>-1</sup>	
8月 7日		ブラシフロアブル	(殺菌)
		モンカットフロアブル	(抗菌) 1000倍希釈
		トレボン乳剤	(殺虫) 100mL 10a <sup>-1</sup>
		ロムダンゾル	(殺虫)
8月22日		トレボン乳剤	(殺虫) 100倍希釈100L 10a <sup>-1</sup>

た。茎数および草丈、葉齢は2011年は6月15日から9月29日まで、2012年は畦立て区および代かき区は6月20日から9月27日まで、不耕起区および播入区は6月28日から9月27日まで、葉色値は2011年は7月8日から10月7日まで、2012年は7月12日から10月4日までそれぞれ1週間毎に調査した。葉色値は葉緑素計 (SPAD-502, ミノルタカメラ社製) を用いて、調査株の完全展開した最上位葉の葉身8分目の部位について測定を行った。

#### 4) 押し倒し抵抗・稈の形質

押し倒し抵抗は、各試験区に加えて、慣行移植栽培を行った移植区を調査対象とし、各試験区12株 (6株, 2反復) について、2011年は9月22日、2012年は9月19日に測定を行った。株の地際から15cmの高さに倒伏試験器 (DIK-7401, 大起理化製) を押し当て、株を45度の角度にまで押し倒す際の応力を測定した。また、調査株の最長稈長・地上部重・穂数を測定し、倒伏指数を次式により算出した。

$$\text{倒伏指数} = (\text{稈長} \times \text{地上部重}) / (\text{押し倒し抵抗値} \times \text{押し倒し高さ (15cm)})$$

押し倒し抵抗を測定した各試験区について、2011年は10月4日、2012年は10月1日に各区6株 (3株、

2反復) を根ごと抜き取り、稈の形質を調査した。調査株を主茎と分けつに分け、主茎は自然乾燥させた後第I～V節間の節間長を測定した。分けつは、生育中庸な一次分けつを18本 (9本, 2反復) 選び、葉鞘を1枚残した稈の第IV節間の挫折重および断面積を測定した。挫折重は、支点間距離50mmで中央部に1mm s<sup>-1</sup>で荷重して、節間が挫折した時の荷重をクリープメータ物性試験システム (RE-3305, 株式会社山電) で測定した。また、収穫時に各試験区につき、目視により倒伏程度を0 (無倒伏) ～4 (完全倒伏) の5段階で評価した。

#### 5) 収量と収量構成要素

収穫時に各試験区につき1mを連続して14条、畦立て区は5反復、不耕起区・播入区・代かき区については3反復として地際から刈り取り、2週間以上雨除け条件下で乾燥させた後、収量と収量構成要素を調査した。調査項目は、全重・総籾重・総玄米重・精玄米重、収量構成要素として穂数・一穂籾数・総籾数・登熟歩合・精玄米千粒重について調査した。調査手順は、全重→穂数→脱穀→総籾数→籾摺り→総玄米重→縦目篩選 (1.8mm) →精玄米重→精玄米千粒重の順で行った。登熟歩合は総籾から均分器を

用いて約25gを3反復抽出し、縦目篩選により1.8mm以上の粒厚を持つ玄米を精玄米として粗粒数に占める精玄米数の割合として求めた。また、精玄米千粒重および精玄米収量は水分計で求めた水分含有率を14.5%に換算して求めた。

## 結果

### (1) 気象概況 (岡山地方気象台 2011, 2012)

2011年は、5月下旬から6月中旬にかけて、気圧の谷や梅雨前線の影響で降水量が平年より多く、日照時間もかなり少なくなった。6月下旬から7月中旬にかけては太平洋高気圧に覆われて晴れた日が多く、平均気温も平年より高く推移した。8月下旬から9月中旬にかけては、前線や台風の影響で曇りや雨の日が多く、降水量は平年よりかなり多くなった。9月下旬から10月にかけては、概ね晴れる日が多く平均気温も平年より高く推移した。日照時間は、前線の影響で曇りや雨の日が多く、平年並であった。

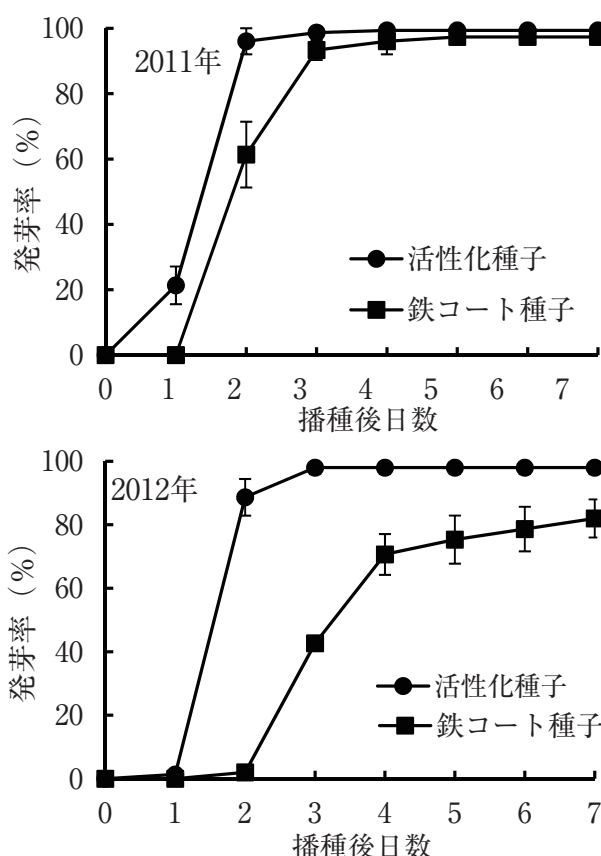
2012年は、5月の中旬から下旬にかけて高気圧に覆われ、晴れた日が多く平年より降水量がかなり少なかったが、6月から7月上旬にかけて梅雨前線の影響で降水量は平年より多くなった。7月下旬から水稻の出穂期にあたる9月上旬にかけては晴れた日が多く、平年より平均気温が高く推移した。10月は気圧の谷や前線の影響でまとまった雨の降る日もあったが、高気圧に覆われて晴れた日が多く、気温も平年並となった。日照時間は、梅雨時期の6月を除いて平年よりも多くなる傾向となった。

### (2) 発芽試験

活性化種子と鉄コート種子の発芽率の推移を第2図に示した。2011年は、鉄コーティング種子で発芽開始が1日遅れたが、最終発芽率は活性化種子で99.3%、鉄コーティング種子で97.3%と、鉄コーティングが発芽に及ぼす影響は小さかった。2012年も鉄コーティング種子で発芽開始が遅れ、最終発芽率は活性化種子で98%、鉄コーティング種子で87%と鉄コーティング種子の発芽率が低かった。

### (3) 出芽・苗立ち

苗立ち数・苗立ち率を第2表に示した。2011年の苗立ち数は畦立て区 (102.5本 m<sup>-2</sup>) で最も多く、不耕起区 (10.1本 m<sup>-2</sup>) で最も



第2図 発芽率の推移 (2011年上, 2012年下)

少なかった。苗立ち率も畦立て区 (82.9%) で最も高く、不耕起区 (8.1%) で著しく低くなった。播入区 (60.4%) と代かき区 (55.3%) の苗立ち率は50%以上を確保でき、苗立ちは良好であった。

2012年の苗立ち数は畦立て区 (90.4本 m<sup>-2</sup>) で最も多く、播入区 (4.8本 m<sup>-2</sup>) で最も少なかった。代かき区 (72.9本 m<sup>-2</sup>) の苗立ち数は畦立て区に次いで多くなり、苗立ち率は畦立て区 (59.0%) と代かき区 (58.3%) でほぼ等しく、苗立ちは良好であった。播入区 (3.8%) の苗立ち率は最も低くなった。不耕起区 (25.6本 m<sup>-2</sup>) の苗立ち数は播入区に次いで少なく、苗立ち率も19.2%と低くなった。

第2表 苗立ち数・苗立ち率 (2011, 2012年)

試験区	2011年		2012年	
	苗立ち数 (本 m <sup>-2</sup> )	苗立ち率 (%)	苗立ち数 (本 m <sup>-2</sup> )	苗立ち率 (%)
畦立て区	102.5 c	82.9 c	90.4 b	59.0 b
不耕起区	10.1 a	8.1 a	25.6 a	19.2 a
播入区	75.4 b	60.4 b	4.8 a	3.8 a
代かき区	69.1 b	55.3 b	72.9 b	58.3 b

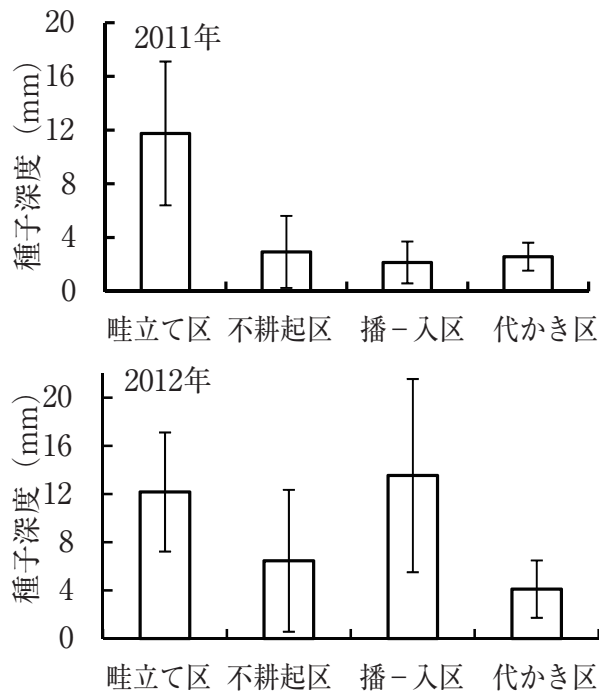
同一英小文字を伴う平均値間には Fisher の最小有意差法 (LSD) により 5%水準で有意差なし。

種子深度を第3図に示した。2011年は、畦立て区(11.8mm)で最も深く、不耕起区、播-入区、代かき区では3区とも約2.5mmであった。2012年は、播-入区(13.5mm)で最も深く、ついで畦立て区(12.2mm)となった。これに対して代かき区(4.1mm)と不耕起区(6.5mm)では浅く、播-入区の1/2以下となった。各試験区における2012年の種子深度は、2011年に比べて全て深くなった。

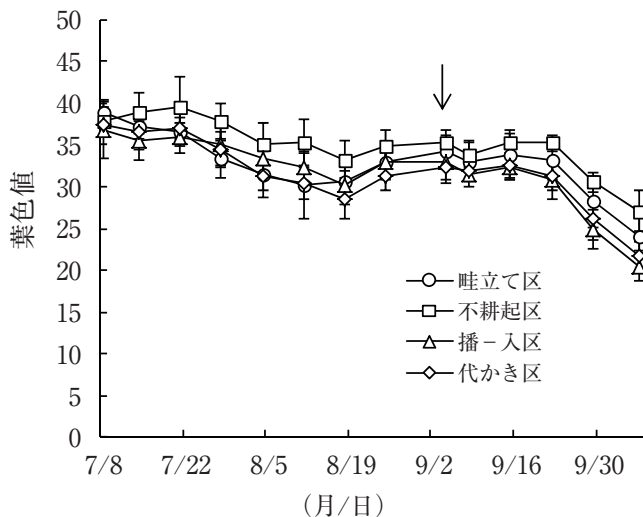
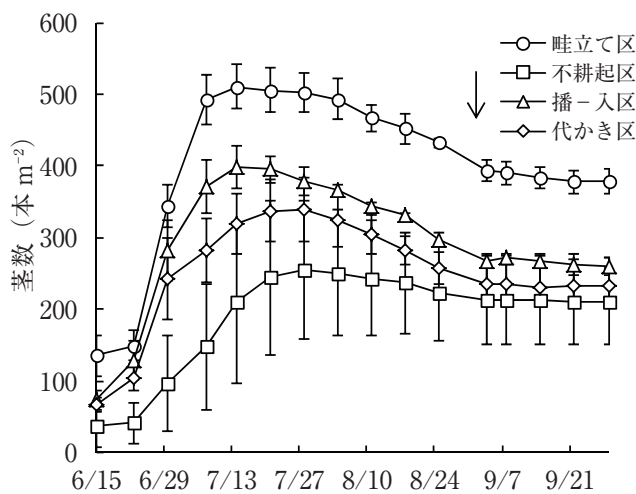
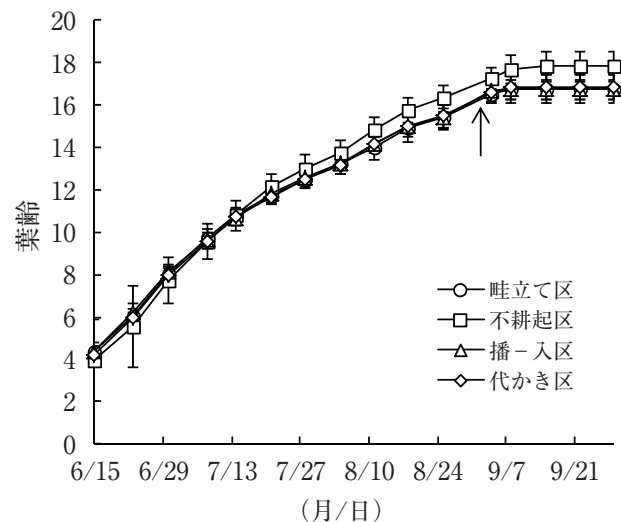
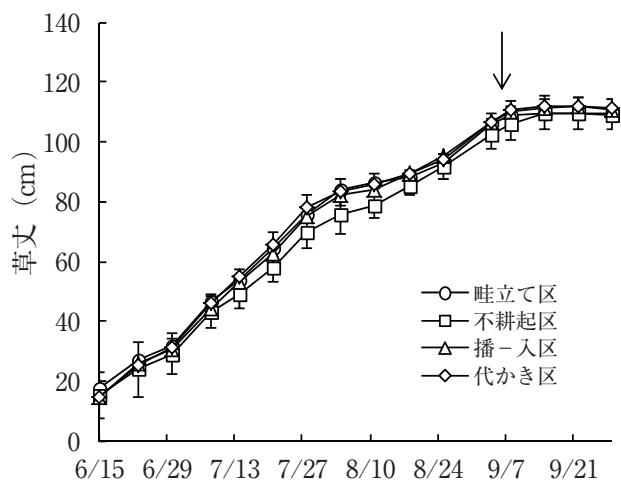
#### (4) 生育調査

生育は2011年、2012年ともほぼ同様な経過を示したので、2011年の草丈、茎数、葉齢、葉色値の推移を第4図に示した。

草丈は、各試験区とも播種以降ほぼ直線的に伸長し、9月15日には伸長を停止した。生育前半は、畦立て区、播-入区、代かき区でほぼ同様に推移し、不耕起区で最も低く推移したが、生育後半は試験区間の相違は小さくなった。最終草丈は代かき区(111.3cm)と播-入区(110.8cm)でほぼ等しく、



第3図 種子深度 (2011年上, 2012年下)



第4図 草丈, 茎数, 葉齢, 葉色値の推移 (2011年)

畦立て区 (109.5cm) と不耕起区 (109.1cm) でやや低くなったが、その相違は小さかった。

茎数は、各試験区とも最高分けつ期まで急速に増加し、それ以降9月4日にかけて緩やかに減少し、それ以降ほぼ一定となった。生育期間を通じて畦立て区で多く、不耕起区で少なく推移した。最高分けつ期以降の減少程度は播-入区で大きくなった。最高分けつ期は、畦立て区と播-入区で7月14日、不耕起区と代かき区で7月28日となった。最高分けつ数は畦立て区 (511本 m<sup>-2</sup>) で最も多く、不耕起区 (255本 m<sup>-2</sup>) で最も少なくなった。穂数も畦立て区 (378本 m<sup>-2</sup>) で最も多く、不耕起区 (211本 m<sup>-2</sup>) で最も少なくなった。有効茎歩合は不耕起区 (82.9%) で最も高く、畦立て区 (74.1%) > 代かき区 (68.5%) > 播-入区 (65.2%) の順に高くなった。

葉齢は、各試験区とも直線的な増加がみられ、9月8日に止葉の展開が完了した。生育初期は試験区間の相違は小さかったが、7月21日以降不耕起区でやや多く推移し、最終葉齢も17.8と最も多かった。不耕起区以外の試験区は生育期間を通じてほぼ同様に推移した。

葉色値は、各試験区とも緩やかなM字型に推移し、分けつ盛期 (7月21日) に最も高い値となり、8月18日にかけて低下した後、出穂期 (9月4日) に再び上昇し、その後登熟の進行とともに低下した。生育期間を通じて不耕起区で最も高く、播-入区と代かき区で若干低く推移したが、試験区間の相違は小さかった。最終の葉色値は、不耕起区 (27.1) > 畦立て区 (24.2) > 代かき区 (21.7) > 播-入区 (20.6) の順に高くなった。

### (5) 押し倒し抵抗と稈の形質

押し倒し抵抗と稈の形質の区間差は兩年ではほぼ同様な傾向を示したため、2011年の結果を第3表に示した。

稈長は、草丈が高かった播-入区 (87.3cm) と代かき区 (86.6cm) で長く、畦立て区 (78.9cm) で最も短くなった。地上部重は、不耕起区 (305g 株<sup>-1</sup>) で最も大きく、畦立て区 (191g 株<sup>-1</sup>) で最も小さくなった。一株穂数も不耕起区 (18.8本 株<sup>-1</sup>) で最も多く、畦立て区 (14.0本) で最も少なくなった。株当たりの押し倒し抵抗は、地上部重、一株穂数の値が大きかった不耕起区 (162g 株<sup>-1</sup>) で最も大きく、代かき区 (86.8g 株<sup>-1</sup>) で最も小さくなった。稈当たりの押し倒し抵抗は、移植区 (9.29g 稈<sup>-1</sup>) で大きく、ついで不耕起区 (8.80g 稈<sup>-1</sup>) となったが、代かき区 (5.29g 稈<sup>-1</sup>) では株当たりの押し倒し抵抗と同様に最も小さくなった。倒伏指数は、押し倒し抵抗が小さかった播-入区 (1.86) と代かき区 (1.85) で大きく、移植区 (0.97) で最も小さくなった。しかし、移植区、畦立て区、不耕起区において有意差はみられなかった。すなわち、畦立て区と不耕起区は、移植栽培と同等に耐倒伏性に優れていることがわかった。なお、本試験における倒伏程度は、播-入区、代かき区で若干認められたが、不耕起区では無 (0) であり倒伏はみられなかった。

2011年の稈の形質については、挫折重は不耕起区 (1449g) で最も大きく、播-入区 (967g) で最も小さくなった。茎断面積も挫折重と同様に不耕起区 (26.9mm<sup>2</sup>) で最も大きく、播-入区 (17.4mm<sup>2</sup>) で最も小さくなった。茎径比 (茎の長径と短径の比) は播-入区 (1.29) で最も大きく、移植区 (1.20)

第3表 各区の押し倒し抵抗および稈の形質

試験区	稈長 (cm)	地上部重 (g 株 <sup>-1</sup> )	一株穂数 (本 株 <sup>-1</sup> )	押し倒し 抵抗 (g 株 <sup>-1</sup> )	押し倒し 抵抗 (g 稈 <sup>-1</sup> )	倒伏指数	挫折重 (g)	茎断面積 (mm <sup>2</sup> )	茎径比	倒伏程度 (0-4)
移植区	82.6 b	280 cd	17.4 bc	160 b	9.29 c	0.97 a	1230 b	25.0 c	1.20 a	0
畦立て区	78.9 a	191 a	14.0 ab	98 a	7.04 ab	1.13 a	1195 b	18.7 ab	1.26 b	0.1
不耕起区	80.6 a	305 d	18.8 c	162 b	8.80 bc	1.02 a	1449 c	26.9 c	1.20 a	0
播-入区	87.3 c	245 bc	15.0 ab	97 a	6.68 ab	1.86 b	967 a	17.4 a	1.29 b	2.5
代かき区	86.6 c	228 ab	16.2 ab	87 a	5.29 ab	1.85 b	1060 ab	18.0 ab	1.21 ab	1.5

倒伏指数 = (稈長 × 地上部重) / (押し倒し抵抗値 × 押し倒し高さ (15cm))

倒伏程度は0 (無倒伏) ~ 4 (完全倒伏) の5段階で目視により評価した。

同一英小文字を伴う平均値間にはFisherの最小有意差法 (LSD) により5%水準で有意差なし。



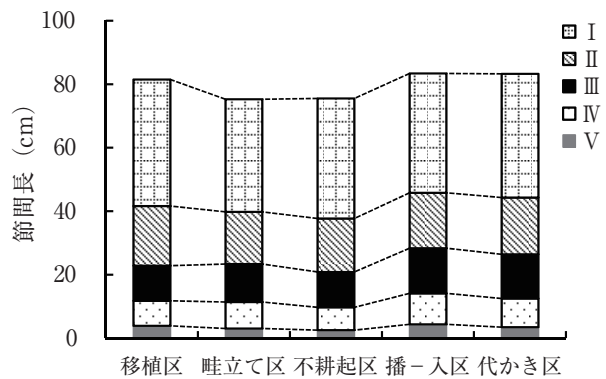
および不耕起区 (1.20) で最も小さくなった。

2011年の節位別節間長は (第5図), 移植区と代かき区の第 I, 第 II 節間長が他の試験区に比べてやや長く, 第 III ~ V 節間長は播 - 入区で最も長くなった。全節間長 (稈長) を試験区間で比較すると, 不耕起区 (84.9cm) と代かき区 (84.1cm) が移植区 (82.6cm) に比べて長く, 畦立て区 (76.1cm) と不耕起区 (76.8cm) でやや短くなった。

#### (6) 収量と収量構成要素

収量と収量構成要素を第4表に示した。

2011年の穂数は, 播 - 入区 (340本 m<sup>-2</sup>) で最も多く, 苗立ち率が最も低かった不耕起区 (276本 m<sup>-2</sup>) で最も少なくなった。代かき区 (333本 m<sup>-2</sup>) と畦立て区 (315本 m<sup>-2</sup>) は播 - 入区に比べて若干少なくなったが, その相違は小さかった。一穂粒数は, 穂数が最も少なかった不耕起区 (113) で最も多く, ついで代かき区 (97.7) > 播 - 入区 (94.1) > 畦立て区 (91.8) の順に多くなった。総粒数は, 代かき区 (32,500 m<sup>-2</sup>) で最も多く, ついで播 - 入区 (31,900 m<sup>-2</sup>) > 不耕起区 (30,900 m<sup>-2</sup>) > 畦立て区 (29,000 m<sup>-2</sup>) の順に多くなった。登熟歩合は, 不耕起区 (81.3%) と畦立て区 (81.2%) で高く, ついで代かき区 (78.8%) となったが, 播 - 入区 (73.7%) では最も低くなった。精玄米千粒重は, 不耕起区 (23.0g) で最も高く, ついで畦立て区 (22.8g) > 代かき区 (22.3g) > 播 - 入区 (21.8g) の順に高くなった。シンク容量は, 代かき区 (725g m<sup>-2</sup>) で最も大きく, 畦立て区 (660g m<sup>-2</sup>) で最も小さくなった。精玄米収量は, 不耕起区 (579g



第5図 節位別節間長 (2011年)

m<sup>-2</sup>) で最も高く, ついで代かき区 (571g m<sup>-2</sup>) > 畦立て区 (535g m<sup>-2</sup>) > 播 - 入区 (510g m<sup>-2</sup>) の順に高くなった。最も収量の低かった播 - 入区でも 500g m<sup>-2</sup> 以上確保しており, 無代かき栽培による減収割合は小さかった。

2012年の穂数は, 代かき区 (340本 m<sup>-2</sup>) で最も多く, ついで畦立て区 (333本 m<sup>-2</sup>) も多くなった。不耕起区 (247本 m<sup>-2</sup>) と播 - 入区 (248本 m<sup>-2</sup>) の相違は小さく, ともに少なくなった。一穂粒数は, 不耕起区 (111) で最も多く, ついで播 - 入区 (102) > 畦立て区 (81.9) > 代かき区 (70.1) の順に多くなった。総粒数は, 一穂粒数が多かった不耕起区 (27,600 m<sup>-2</sup>) で最も多く, 代かき区 (23,800 m<sup>-2</sup>) で最も少なくなった。登熟歩合は, 代かき区 (85.6%) で最も高く, ついで播 - 入区 (84.6%) > 畦立て区 (81.9%) > 不耕起区 (78.2%) の順に高くなった。精玄米千粒重は, 不耕起区 (23.2g) で最も高く, 代かき区 (21.8g) で最も低くなった。シンク容量は, 不耕起区 (641g m<sup>-2</sup>) で最も高く, つい

第4表 収量と収量構成要素

試験区	穂数 (m <sup>-2</sup> )	一穂粒数	総粒数 (10 <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	精玄米 千粒重* (g)	シンク 容量 (g m <sup>-2</sup> )	精玄米 収量* (g m <sup>-2</sup> )
2011年							
畦立て区	315 ab	91.8 a	29.0 a	81.2 b	22.8 c	660 a	535 a
不耕起区	276 a	113 c	30.9 ab	81.3 b	23.0 d	712 b	579 b
播 - 入区	340 b	94.1 ab	31.9 b	73.7 a	21.8 a	695 ab	510 a
代かき区	333 b	97.7 b	32.5 b	78.8 b	22.3 b	725 b	571 b
2012年							
畦立て区	333 b	81.9 b	27.2 b	81.9 b	21.9 a	596 bc	488 ab
不耕起区	247 a	111.4 d	27.6 b	78.2 a	23.2 c	641 c	501 b
播 - 入区	248 a	102.3 c	25.3 ab	84.6 bc	22.5 b	568 ab	480 ab
代かき区	340 b	70.1 a	23.8 a	85.6 c	21.8 a	519 a	445 a

各年次で同一英小文字を伴う平均値間には Fisher の最小有意差法 (LSD) により 5% 水準で有意差なし。

\*水分含量 14.5% に換算した。

で畦立て区 ( $596\text{g m}^{-2}$ ) > 播-入区 ( $568\text{g m}^{-2}$ ) > 代かき区 ( $519\text{g m}^{-2}$ ) の順に高くなった。精玄米収量は、不耕起区 ( $501\text{g m}^{-2}$ ) で最も高く、ついで畦立て区 ( $488\text{g m}^{-2}$ ) > 播-入区 ( $480\text{g m}^{-2}$ ) > 代かき区 ( $445\text{g m}^{-2}$ ) の順に高くなった。畦立て区と播-入区の収量の相違は小さかったものの代かき区よりも高く、2011年と同様に、無代かき栽培による減収割合は小さかった。

## 考 察

まず、発芽率について考察すると、両年ともに鉄コーティング種子の発芽開始は活性化種子に比べ1日遅れたが、2011年の最終発芽率は両種子ともに97%以上と高くなったが、2012年には鉄コーティング種子の発芽率は87%と低くなった(第2図)。これには、鉄コーティング処理を2012年には岡山大学の農場で行ったことが関係すると考えられるが、マニュアルに従って行っても発芽率が若干低下したことは、鉄コーティング種子の発芽の不安定性を示すものと考えられた。

つぎに出芽・苗立ち(第2表)をみると、畦立て区は両年ともに最も高い苗立ち率を確保し、ついで代かき区となった。不耕起区では2011年8.1%、2012年19.2%となり目標の50%に達しなかった。播-入区では、2011年は代かき区と同等の高い苗立ち率を確保したが、2012年は3.8%と著しく低下した。2012年は2011年にみられなかったスズメによる食害により不耕起区と播-入区で苗立ち率が低下したと考えられた。また、不耕起区については、稲わらを放置したまま播種したため、地表が稲わらで覆われていたことや、2012年は鳥害に加えて播種時に種子が覆土される部分が多かったため、十分な苗立ちを確保することができなかつたと考えられた。鉄コーティング種子は、過酸化カルシウム種子に比べてL値(明度)が小さく、酸化に伴って土壌表面と似た色となるため、鳥害を生じにくいことが報告されているが(古畑2009)、本試験においては2012年に鳥害が発生し、苗立ち低下要因の一つとなった。2012年は、コーティング処理が完全ではなくまばらとなり、L値が大きくなったことが鳥害の発生を助長したと推察された。鉄コーティング比を下げると食害が増えることも報告されていることから(山内2004)、今後は鳥害回避に向けてコーティング比を

調整する必要があると考えられた。

生育調査項目では(第3図)、草丈は試験区間の相違は両年ともに小さかった。出芽・苗立ちが悪かった2011年は不耕起区、2012年は不耕起区と播-入区で、葉齢が生育後半にかけて多くなり、葉色値も高く推移して、旺盛な生育を示した。押し倒し抵抗(第3表)は、両年ともに地上部重が大きかった不耕起区で最大となり、代かき区で最小となった。その結果、地上部重×稈長を押し倒し抵抗値×押し倒しの高さ(15cm)で除して得られる倒伏指数は、代かき区と播-入区で大きくなった。倒伏指数は値が大きいほど倒伏しやすいことを表し、畦立て区と不耕起区では移植区と同等に小さかったことから、畦立て区と不耕起区は移植栽培と同等に耐倒伏性に優れていることがわかった。倒伏指数が0.8以上になると倒伏の危険性が顕著に高まることが報告されているが(吉永ら2001)、本試験における目視による倒伏程度は、両年ともに台風の接近も少なかったため、播-入区と代かき区で若干認められたものの、不耕起区では無倒伏であった。

収量と収量構成要素(第5表)についてみると、収量は両年ともに苗立ち率が低かった不耕起区で最も高くなった。不耕起区は一穂粒数、総粒数が最も多く、最大収量を表すシンク容量も大きくなった。総粒数、シンク容量と精玄米収量の間に有意な正の相関関係が認められ、収量には総粒数の増加に伴うシンク容量の拡大が関係していることがわかった。2011年は播-入区( $510\text{g m}^{-2}$ )で収量が最も低くなったが、 $500\text{g m}^{-2}$ 以上を確保しており、無代かき栽培による減収割合は小さかった。2012年は代かき区で最も収量が低くなり、畦立て区、播-入区の相違は小さかったものの代かき区よりも高く、2011年と同様に無代かき栽培による減収はみられなかった。

水稻の湛水直播栽培ではころび型倒伏が生じやすく、出穂期早期に倒伏すると収量・品質が著しく低下するが、落水管理の処理回数が多いと土壌硬度が上昇し、押し倒し抵抗が高く、倒伏を軽減することが報告されている(寺島ら2003)。本試験でも、両年ともに倒伏程度が大きかった播-入区や代かき区の収量が低下し、整粒割合も低く被害粒の割合が高くなる傾向を示した。すなわち、収量・品質の向上に向けて生育初期の落水管理による耐倒伏性の向上



についても検討する必要があると考えられた。

以上より、作溝畦立て機による畦部分に表面播種する方式では高い苗立ち率が確保でき、代かき栽培と同等の高い収量が得られたことから、本方式は鉄コーティング種子を活用した乾田直播栽培技術として有効であると推察された。しかし、本試験で用いた水田は減水深が大きく、除草剤の効果が劣り雑草が繁茂したため、今後は除草体系の見直しを検討する必要があると考えられた。不耕起乾田直播栽培では、コンバイン収穫に伴う排わらが土壌面に被覆された状態で播種できる播種機がないことも問題点の一つである(富久1994)。稲わらなどで土壌全体の還元が促進されると出芽・苗立ちが低下することが報告されており(荻原1990)、本試験でも兩年ともに不耕起区の苗立ち率は著しく低下したことから、鉄コーティング種子を用いた不耕起直播栽培方式においては、苗立ち率の向上が課題であると考えられた。

#### 引用文献

- 古畑昌巳・帖佐直・松村修・湯川智行 2009. 鉄資材のコーティングが湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響－酸素発生資材との比較－. 日作紀 78: 170 – 179.
- 荻原素之・井村光夫・三石昭三 1990. 酸素発生剤を被覆した水稻種籾の近傍で起こる局所的土壌還元と発芽・出芽との関係. 日作紀 59: 56 – 62.
- 熊野誠一・黒田俊郎 1994. 水稻の無代掻き直播と有機米生産に関する栽培技術の検証. 岡山大農学報 83: 91 – 112.
- 農林水産省生産局農産振興課 2009. 水稻直播栽培の現状について. [www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z\\_genzyo/pdf/all.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/pdf/all.pdf) (2014/01/28 閲覧).
- 農林水産省農産振興課 2013. 最新の直播の状況 (23年産). [http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z\\_genzyo/pdf/131209zikamakigenzyo.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/pdf/131209zikamakigenzyo.pdf) (2014/01/28 閲覧)
- 岡山地方气象台 2011, 2012. 過去の気象データ. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2014/01/28 閲覧).
- 寺島一男・谷口岳志・荻原均・梅本貴之 2003. 水管理条件が湛水直播水稻の耐ころび型耐倒伏性と収量に及ぼす影響. 日作紀 72: 275 – 281.
- 富久保男 1994. 水稻の乾田直播栽培技術開発の現状. 日作紀 63: 164 – 168.
- 山内稔 2004. 水稻の鉄コーティング湛水直播. 農及園 80: 947 – 953.
- 山内稔 2012. 鉄コーティング種子を用いた水稻湛水直播技術. 日作紀 81: 148 – 159.
- 吉永悟志・西田瑞彦・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 2000. 湛水直播栽培における播種後の落水管理が施肥窒素の動態および水稻の生育・収量に及ぼす影響. 日作紀 69: 481 – 486.
- 吉永悟史・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 2001. 打込み式代掻き同時土中点播栽培による湛水直播水稻の耐倒伏性向上－播種様式および苗立ち密度が耐倒伏性に及ぼす影響－. 日作紀 70: 186 – 193.