

ブロードキャストを用いた水稻乾田直播播種(1)

誌名	農業食料工学会誌 = Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery and Food Engineers
ISSN	2188224X
著者名	宮浦,寿美 村上,則幸 春原,嘉弘
発行元	農業食料工学会
巻/号	80巻1号
掲載ページ	p. 57-65
発行年月	2018年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ブロードキャストを用いた水稻乾田直播播種 (第1報)*

—ブロードキャストの散播への適用性の評価と最適な耕起および鎮圧—

宮浦寿美*[†]・村上則幸*¹・春原嘉弘*²

要 旨

ブロードキャスト(粒状肥料散布機)を水稻乾田直播栽培での播種作業に利用することを目的として、繰り出された水稻種籾の損傷程度、種籾での散布精度、実作業時の散布分布について調べた。損傷した種籾は、ほとんどみられなかった。散布幅8mで、散布のばらつきが小さかった。作業速度の上昇にしたがい、繰出量が増加する傾向がみられたが、設定繰出量との著しい差はなかった。播種の前後に行われる耕起と鎮圧作業について、苗立ちの良否から検討した結果、チゼルプラウによる耕起とケンブリッジローラによる鎮圧の組み合わせでも、ロータリによる耕起とケンブリッジローラによる鎮圧の組み合わせと同等の結果が得られた。

[キーワード] 乾田直播, 散播, ブロードキャスト, 水稻, 鎮圧, 苗立ち

Direct Broadcast Sowing of Rice with a Fertilizer Spreader
in Dried Paddy Fields (Part 1)*—Evaluation of the Use of a Fertilizer Spreader for Direct Sowing
and the Optimum Combination of Tillage and Compaction—Sumi MIYAURA*[†], Noriyuki MURAKAMI*¹, Yoshihiro SUNOHARA*²

Abstract

To assess the utility of the direct broadcast sowing with a fertilizer spreader of rice in dried paddy fields, we determined the extent of the damage to rice seeds discharged through the spreading section, the accuracy of the application rate, and the distribution of rice seeds in the field. The extent of the damage to rice seeds was small. The accuracy of the application rate was improved at a width of 8 m. The quantity of rice seeds in the field increased with increases in the traveling speed of the spreader, but it was not notably larger than that observed at the set application rate. The combination of tillage and compaction was evaluated from the point of view of establishment.

[Keywords] direct sowing of rice in dried paddy fields, broadcast sowing, fertilizer spreader, rice, compaction, establishment

I 緒 言

北海道の水田作地帯では、後継者不在の高齢農業者の

リタイアにより農家戸数が減少し、担い手への農地集積が進んで経営規模が拡大している(細山, 2012)。そして、このような大規模農家においては、水稻の移植栽培に係

* 2014年5月 農業食料工学会第73回年次大会(琉球大学)にて一部講演

*1 会員, 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター(〒062-8555 北海道札幌市豊平区羊が丘1番地 TEL 011-851-9141)

National Agriculture and Food Research Organization, Hokkaido Agricultural Research Center, Hitsujigaoka 1, Toyohira, Sapporo, Hokkaido 062-8555, Japan

*2 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター(〒062-8555 北海道札幌市豊平区羊が丘1番地 TEL 011-851-9141)

National Agriculture and Food Research Organization, Hokkaido Agricultural Research Center, Hitsujigaoka 1, Toyohira, Sapporo, Hokkaido 062-8555, Japan

† Corresponding author: unitoge@affrc.go.jp

る育苗や田植えなどの春先の労働ピークが限界に達していると考えられる(仁平, 1991)。また、米の需要が年々減少して米価も低下しており(総務省統計局, 2014)、ハウスや資材など育苗にかかるコストや労力を低減し、労働ピークの分散をはかり、限られた労働力で経営の大規模化に対応できる栽培技術として、水稻の直播栽培が注目されてきた。このような状況下で、北海道においては2007年以降、乾田直播、湛水直播ともに直線的に増加し、平成26年度には直播栽培面積が1688haとなり、今後も増加が見込まれている(田中, 2014; 北海道農政部生産振興局農産振興課, 2015)

乾田直播栽培に関して、大規模水田輪作地帯に適応する省力作業技術体系として、近年、汎用ロータリシダを水稻だけでなく転作作物の播種作業にも利用した省力的で精度の高い播種作業を行う技術(大下ら, 2006)や、作業速度の速い麦用のグレンドリルを利用した播種作業体系(大谷ら, 2014)が考案されている。このような、小麦等の畑作物と汎用の播種機を用いた省力的な乾田条播による大規模な乾田直播栽培は、岩見沢市を中心に試みられ成果をあげているが、今後、条播以上に高能率な作業が期待できる散播栽培の高度化が課題とされている(田中, 2011)。

ブロードキャスタは、粒状肥料を幅広く散布する機械であるが、近年、繰出機構の改良により、散布幅内で均一な散布が可能となっている。さらにGPSによる測位により、重ね合わせの調節が安易に行える機能や、対地速度情報による速度連動で繰出量を調節する機能を持った機種が市販されており、これらの機能を活用すれば精度の高い散布が可能である。

本研究では、このような高精度で散布するブロードキャスタについて、水稻乾田直播栽培での散播作業への適用性を、繰出量や散布分布といったブロードキャスタの性能や繰り出された種籾への損傷の点から検討する。また、苗立ちを評価軸として乾田での散播に最適な耕起と鎮圧の組み合わせについて、土壌の物理性も考慮して検討した。

II 供試機の概要

本研究で供試したブロードキャスタ(高精度高速施肥機)は、農業機械等緊急開発事業において粒状肥料散布用に開発されたものである。その概要(林ら, 2011)を図1に示し、研究に供した型式について仕様を表1に示す。

供試機の主な特徴は、図1のFR値(流動性)測定器により、あらかじめ測定した肥料のFR値とGPSからの対地速度情報に対応して、シャッタ開度が調整されることである。この特徴により、肥料の種類によらず散布量の正確な調整が可能となり、スリップ等で走行速度が変化するような圃場でも、面積当たりの繰出量を一定に保つことができる。

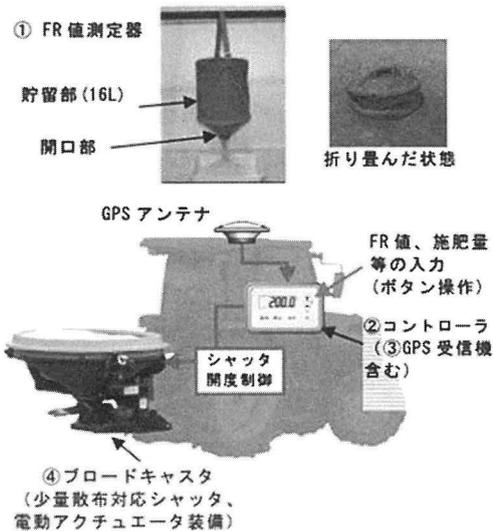


図1 ブロードキャスタの概要

Fig. 1 Schematic diagram of fertilizer spreader

表1 ブロードキャスタの主要諸元

Table 1 Specification of fertilizer spreader

型式名	MGC600PN (スパウトタイプ)	
繰出部特徴	GPS車速連動によるシャッタ自動開閉 5kg/10aからの少量精密散布が可能	
ホッパ容量 (L)	600	
機体寸法 (cm)	全長×全幅×全高 162×190×97	
質量 (kg)	195	
作業速度 (km/h)	4~10	
散布幅 (m)	粒状 7~12	砂状 5~7
毎時能力 (a/h)	粒状 170~720	砂状 120~420
散布量 (kg/10a)	粒状 5~180	砂状 10~620
駆動方式	PTO 駆動	450~550rpm
適応トラクター	33~59 (kW)	45~80 (PS)

III 試験方法

1. 播種精度試験

種籾を散布する場合の繰出量の設定、精度、散布分布および繰り出された種籾の状態について明らかにするため、種籾を供試した試験を2011年11月に国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター(現農業技術革新工学研究センター、以下生研センターと略す)において行った。供試した種籾は、水稻品種「きたあおば」の乾籾および浸漬籾である。網袋に入れた種籾を水道水に5日間つけて浸漬し、脱水機で脱水したものを浸漬籾として供試した。

(1) 繰出量

ブロードキャスタの始動に際してコントロールパネルから入力する各種設定値については、走行速度を7.2km/h、散布幅を10m、PTO軸回転数を500rpmとした。また、流動性測定器により測定されたFR値を入力しな

ければならないが、流動性測定器は粒状肥料向けに開発され、水稲籾への適用については不確定であるため、FR値を便宜的に100とした。定置したブロードキャストのスパウトを取り外した状態で、コントロールパネルから繰出量を5, 10, 20, 30, 40 kg/10aに設定して、実際の種籾の繰出量を調べた。

また、繰出量を20 kg/10aに設定し、ホッパに乾籾と浸漬籾を投入した時の60s毎の繰出量の変化について調べた。

(2) 散布分布

供試したブロードキャストの散布幅は、肥料が砂状で粒径が1mm以下の場合には5.5m、粒径が1~2mmの場合には8m、2~5mmでは10m程度とされているが、供試した水稲籾では粒状肥料と形状が異なるため、有効な散布幅を調べる必要がある。繰出量試験と同じ設定で、ブロードキャストの機体中心から片側9mの種籾の散布量を測定するために、ブロードキャストの機体後方1mに30cm幅の漏斗付きバットを隙間なく2列に60個並べ、バットに落下した種籾の重量を測定した。

また、乾籾の散布作業を行いながら、トラクタの進行方向と垂直に1m間隔で13個並べたバットの上を通過し、バットに受けた乾籾の重量を測定することにより、実際に走行し散布作業をした時の12m間の散布分布について調べた。その際に、速度が2, 5, 10, 15 km/hとなるように走行し、繰出量を6 kg/10aに設定した。また、確認のため実際の作業速度を測定した。

(3) 繰り出された種籾の発芽率および脱ぶ率

ブロードキャストを定置して繰出量を測定した際に、ブロードキャストのホッパから繰り出された種籾からサンプルを採取し、発芽率および脱ぶ率を調べた。ホッパに未投入の乾籾と浸漬籾をそれぞれ対照とした。シャーレにろ紙を2枚重ねて敷き、スポイトを用いて水道水でろ紙を湿らせた上に、種籾100粒を並べて置き、さらにスポイトでろ紙を湿らせシャーレのふたをし、25℃に設定した恒温器に静置し、ろ紙が乾燥しないように時々取り出してスポイトで給水した。置床7日目の発芽粒数を計測し、発芽率を求めた。なお、発芽率の測定は1試験区につき3サンプルを取り出し、その平均値を発芽率とした。脱ぶ率は、発芽率測定に供しなかった種籾と同様にサンプルを採取し調べた。また、脱ぶが認められた種籾の発芽率も調べた。

2. 圃場試験

2013年と2015年に、供試したブロードキャストを用いて、北海道農業研究センター美唄試験地圃場で乾籾を散播し、圃場の土壌の物理性ならびに苗立ちを調べた。2013年では、鎮圧方法と耕起方法を変えた場合について、2015年には耕起方法を変えた場合について調べた。

圃場試験に供試した水稲品種は「大地の星」で、2013年の播種量は12.6 kg/10a (387 粒/m²)、2015年は標準播種区で11.7 kg/10a (354 粒/m²)、密播区で17.6

表2 圃場試験に供した作業機

Table 2 The list of machine for use in fields

種類	作業幅 (m)	作業速度 (km/h)	耕起深 (cm)	作業能率 (h/ha)
チゼルプラウ (スタプルカルチ) s社 SC7A	2.0	5.0	15.0	1.0
ロータリ K社 KR22	2.2	1.5	15.0	3.0
ケンブリッジローラ I社 TKR-2020 質量 1100 kg	2.0	4.0	—	1.3
ブロードキャスト (供試機)	8.0	7.0	—	0.2

kg/10a (531 粒/m²) であった。

(1) 耕起鎮圧方法

ブロードキャストによる散播に適した耕起と鎮圧の組み合わせについて、苗立ちの良否から検討した。耕起にはチゼルプラウおよびロータリ、鎮圧にはケンブリッジローラを用いた(表2)。2013年には、耕起について1. 不耕起、2. チゼルプラウ耕起、3. チゼル耕+ロータリ耕1回、4. チゼル耕+ロータリ耕2回の4処理を設け、鎮圧については1. 無鎮圧、2. 播種前鎮圧、3. 播種後鎮圧、4. 播種の前後に鎮圧の4処理を設けた。2015年には、耕起法を1. チゼル耕、2. チゼル耕+ロータリ耕1回の2処理に絞り、鎮圧は全て播種の前後に行った。

(2) 調査項目

耕起と鎮圧の作業前後に、土壌サンプルを採取・ふるい分けして土塊分布を測定し、2cm以下の土塊重量の割合を砕土率とした。また、地表面から5cmの深さまでの土壌を採土管で採取し、土壌水分を調べた。また、それぞれの作業における実際の作業速度をGPS速度計で測定し、作業時間を計測した。2013年は、播種・鎮圧後にそれぞれの試験区に25cm×25cmの枠を置いて、その枠内の表面播種割合を達観により調べた。さらに、播種から約1ヵ月後に100cm×50cmの矩形の枠を水田に置き、枠内0.5m²の苗立ち数を測定した。土壌含水率と苗立ち数の測定は、それぞれの試験区からランダムに3ヶ所について行った。また、砕土率と表面播種割合の測定は、各試験区の代表的な地点から1ヶ所を測定した。

IV 試験結果

1. 繰出量

繰出量を粒状肥料の設定で5, 10, 20, 30, 40 kg/10aに設定した際の種籾の繰出量を図2に示す。粒状肥料との比重や形状など物理性の違いにより、繰出量は、FR値100での粒状肥料の設定量の約半分であった。浸漬籾では、吸水による体積および重量の増加が、繰出量の増加に反映され、乾籾の約1.15倍の繰出量となった。

またFR値を100、繰出量を20 kg/10aに設定し、ホッ

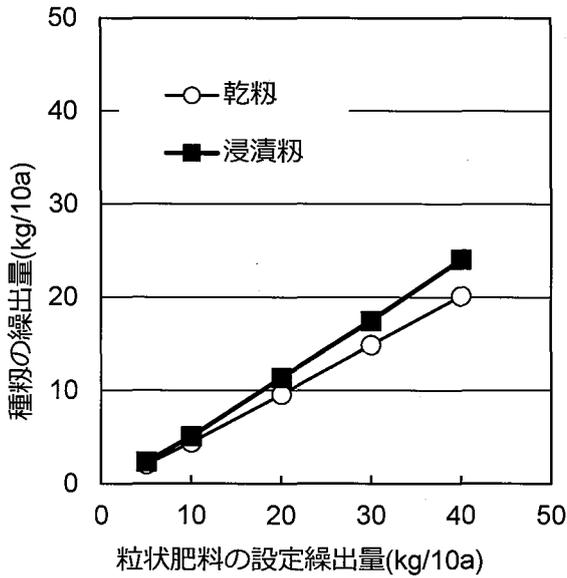


図 2 水稻籾の繰出量
Fig. 2 Application rate of rice seeds

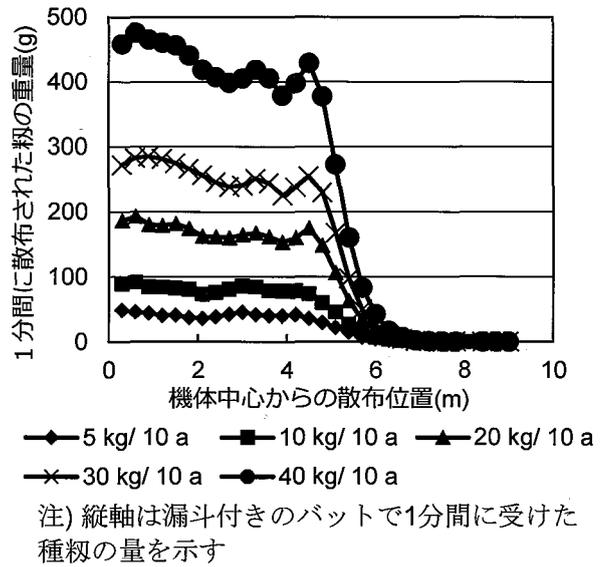


図 4-1 乾籾での散布分布
Fig. 4-1 Distribution of dried non-soaked rice seeds

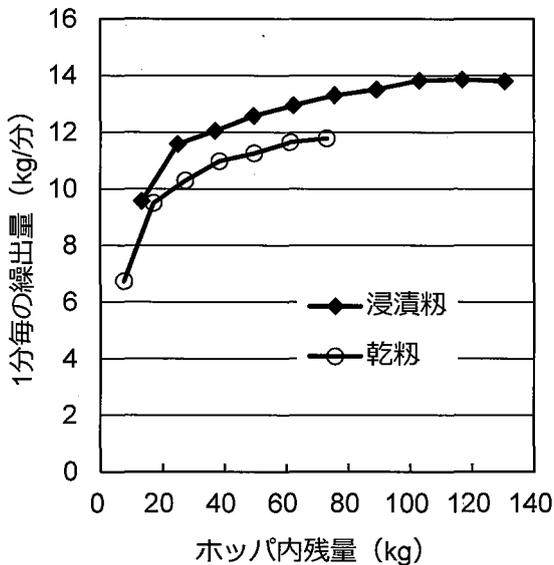


図 3 1 分毎のホッパ内残量と繰出量の関係
Fig. 3 Relation of rice seeds in the hopper and application rate every 1 minute

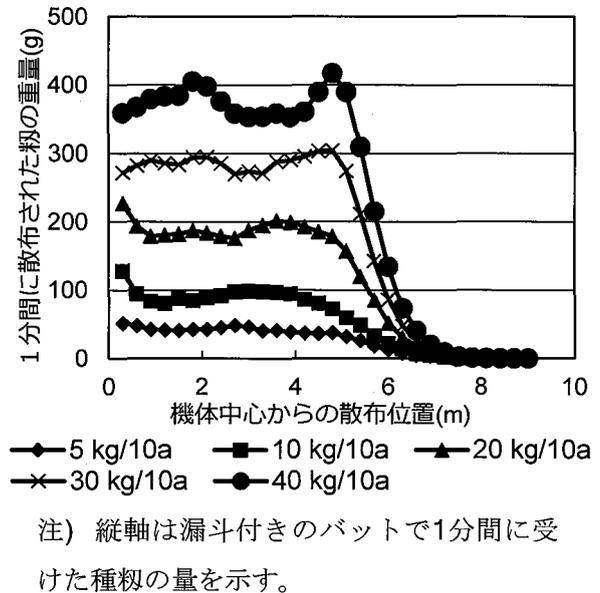


図 4-2 浸漬籾での散布分布
Fig. 4-2 Distribution of soaked rice seeds

パに乾籾を約 73kg, 浸漬籾 (含水率は約 30%) を約 130 kg 投入した時の, ホッパ内残量と 1 min 毎の繰出量の関係を図 3 に示す。1 min 毎の繰出量は, 時間の経過とともに徐々に減少する傾向があったが, 乾籾, 浸漬籾いずれの場合においても, ホッパ内の種籾の残量が約 20 kg を切ったあたりから急激に減少した。このブロードキャストでは, ホッパ内残量がわずかになった際に流量の減少を防ぐ機構が備えられているが, 残量が 20kg つまり 24L では, ホッパ容量 600L に対して 4% と少量であるため, 図に示すような流量の減少が起こる。実際の

作業では, 予定の総播種量より種籾を多めに投入するなどして対応が可能である。

2. 散布分布

生研センターで調べた, ブロードキャストを定置して散布を行った際の乾籾の散布分布を図 4-1 に示し, 浸漬籾の散布分布を図 4-2 に示す。乾籾では繰出量設定が 20, 30, 40kg/10a, 浸漬籾では繰出量設定 30, 40kg/10a において, トラクタ中央付近と中心から距離 4~5m の位置で散布量が多くなる傾向があった。

図 4-1 および図 4-2 から, このスパウトタイプのブ

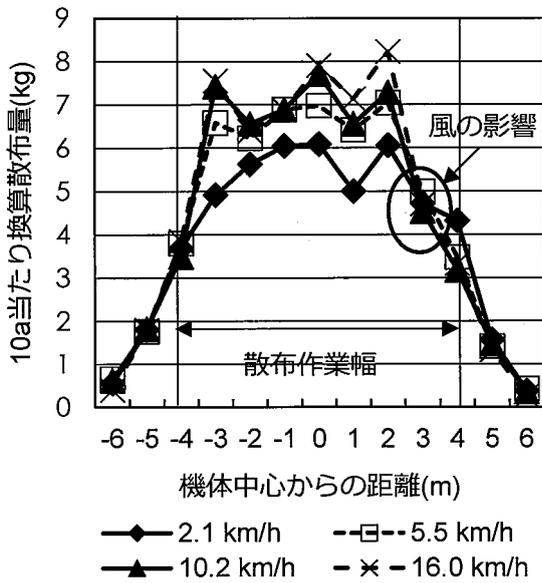


図 5-1 圃場での散布分布

Fig. 5-1 Distribution of dried rice seeds on the field

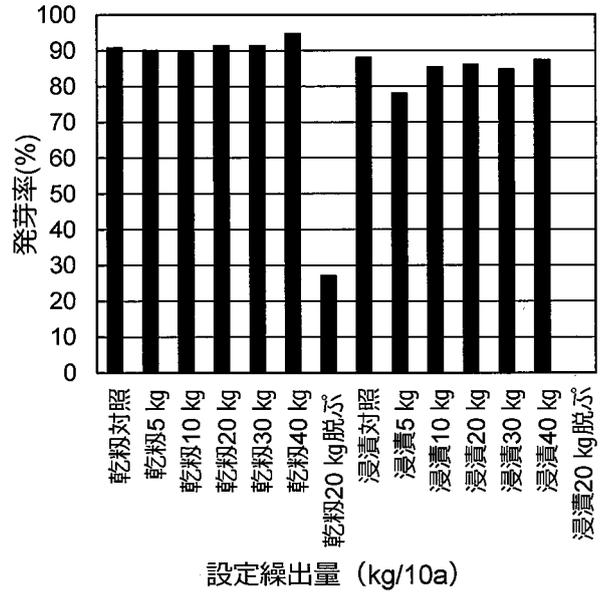
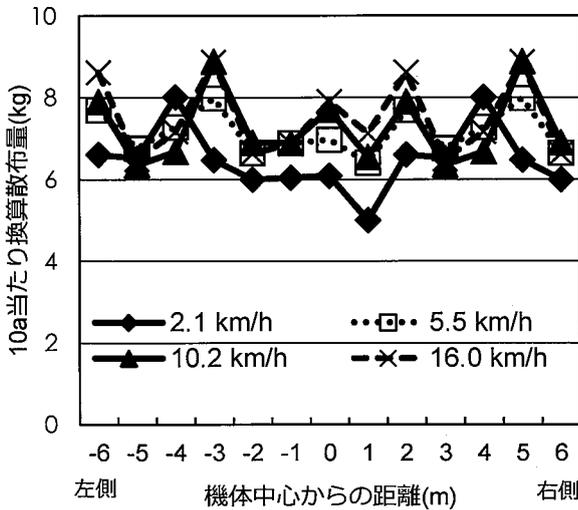


図 6 ブロードキャストで繰り出された種物の発芽率

Fig. 6 Germination rate of through spreading section in broadcaster.



±4mで散布分布を重ね合わせ

図 5-2 重ね合わせを考慮した散布分布

Fig. 5-2 Distribution of dried rice seeds on the field considering overlay

ブロードキャストでは、散布幅を片側で4~5m、つまり両側で8~10mとすることが、散布分布のばらつきを小さくするために適切であると考えられる。

有効散布幅を8mとして1行程のみ走行した際の散布分布を図5-1に示す。この散布分布をもとに、両端を重ね合わせた散布分布を図5-2に示す。1行程のみの散布では、散布幅両端の散布量はトラクタの中心部より少ないが、重ね合わせすると散布分布のばらつきが小さくなる。図5-1の散布分布で右側の3m地点が左側3m地点に比べて散布量が少ない傾向が認められた。このこ

とについて、実験当日の気象観測データをもとに推察すると、走行試験を行った付近では、散布分布測定を行った時間帯に最大風速5.3m/s、平均風速3.6m/sの西南西の風が吹いており、バットを並べた方向と風向が近かったことにより、散布分布が左側にずれたものと考えられた。トラクタの走行速度は、2.1、5.5、10.2、16.0km/hであった。設定線出量は6kg/10aであったが、走行速度が上がるにつれて線出量が増える傾向があった。

3. 種物の発芽率および脱ぶ率

ブロードキャストで繰り出した種物の設定量別の発芽率を図6に示す。乾糶と浸漬糶の発芽率を比較すると、乾糶で90%程度、浸漬糶で85%程度と浸漬糶で発芽率が低かった。これは、浸漬により軟らかくなった胚芽などの部位が、シャッタとの擦れにより損傷を受けやすくなるために起こったと考えられる。また、浸漬糶の5kg/10aで発芽率が対照区より低い傾向があった。これは、シャッタの開閉部と種物が擦れることで種物の損傷が生じ、シャッタの開度の調整により開口部の大きさが変わると、損傷を受ける種物の割合も変化するためである。開口部の面積が大きくなり外周が長くなると損傷を受ける種物の量も増加するが、面積の増加にしたがって損傷を受けずにスパウトへ流下する種物の割合も増加すると考えられる。

設定線出量別の脱ぶ率を図7に示す。乾糶と浸漬糶で脱ぶ率に違いがあり、乾糶で高かった。乾糶では設定線出量の少ない糶ほど脱ぶ率は高かった。浸漬糶では、設定線出量の違いで脱ぶ率に差はなかった。これは、上述の通り、設定量が少ない場合の種物で損傷を受けやすいのと同時に、水分の少ない乾糶のほうが脱ぶ作用が働き

やすいためである。設定量 20kg/10a で、脱ぶされた種粉を集めて発芽試験を行ったところ、乾粉で約 27%、浸漬粉で 0% と、損傷を受けた種粉では発芽率は低かった。乾粉で最も脱ぶ作用を受けた繰出量 5kg/10a でも、脱ぶ率は 5% で発芽率は対照と同程度であること、浸漬粉では北海道での播種作業での設定播種量と同程度の繰出量で発芽率に差が無いことから、乾粉と浸漬粉ともに、ブロードキャストによる播種で使用することには支障が

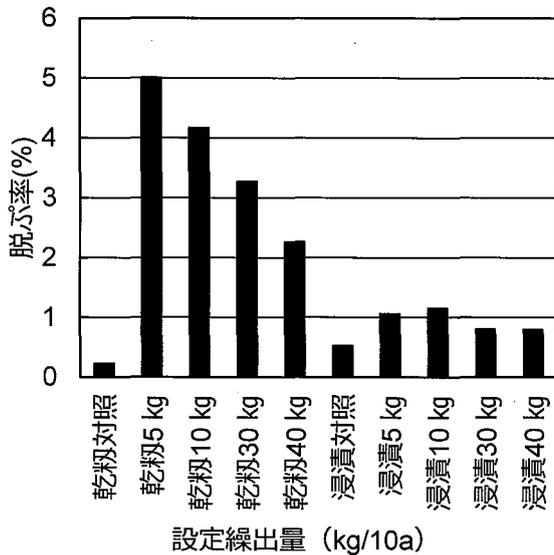


図 7 繰り出された粉の脱ぶ率

Fig. 7 Hulled ratio of rice through spreading section in broadcaster

ないことがわかった。

4. 土壌含水率, 碎土率, 播種深度および苗立ち率

2013 年に実施した圃場試験において、耕起法と鎮圧法の違いによる土壌含水率、碎土率、播種深度（表面播種割合）および苗立ち率の差を検討するために、耕起法の種類や回数と鎮圧の作業工程を要因とする二元配置分散分析を行った結果を表 3 に示す。土壌含水率では、不耕起区で他の試験区より低かったが、これは試験圃場が排水口の周囲に水が滞留しやすく、排水口から最も離れた位置に不耕起区を設置したことで、土の乾燥が進みやすかったためと考えられる。碎土率はどの区も低く、いずれの要因でも有意差が認められなかった。2013 年は、春先の天気が変わりやすく、融雪後の土壌の乾燥が進まず、雨天の合間に高水分状態で耕起、碎土を行ったためと考えられる。

表面播種割合に関しては、不耕起では鎮圧工程の違いに関わりなく圃場表面にのみ種粉が播かれたのに対して、ロータリ耕を行った場合では、圃場表面に耕起による細かな凹凸が生じ播種深度にばらつきが生じたと考えられる。さらに、鎮圧により耕起で生じた凹凸がならされるため、鎮圧することで播種深度のばらつきが小さくなると考えられる。チゼル耕では、ロータリ耕の場合と異なり、後鎮圧で無鎮圧より表面播種割合が小さかった。チゼル耕ではロータリ耕より土壌の破碎で生じる土塊が大きく、圃場表面の凹凸も大きいため、土塊表面に播かれる種粉がある一方で、ケンブリッジローラによる鎮圧作業により小さく崩れた土塊の中に埋まる種粉や、隣り合わせる土塊の隙間に落ちる種粉があったためと考えら

表 3 2013 年圃場試験の土壌含水率, 碎土率, 表面播種割合および苗立ち率
Table 3 Ratio of soil moisture content, clod less than 2cm size, seeds on the surface of field and establishment.

	耕起法				分散分析		
	鎮圧法	不耕起	チゼル耕	ロータリ 1 回	ロータリ 2 回	耕起法	鎮圧法
土壌含水率 (%)	無鎮圧	17.3	22.7	16.9	19.2	n.s	n.s
	前鎮圧	18.0	21.5	21.7	18.5		
	後鎮圧	18.1	19.2	19.0	23.9		
	前後鎮圧	18.3	19.8	20.9	20.2		
碎土率 (%)	無鎮圧	3.8	6.5	2.5	7.6	n.s	n.s
	前鎮圧	5.9	19.1	5.4	7.8		
	後鎮圧	3.2	19.2	13.2	8.7		
	前後鎮圧	18.7	16.6	3.8	18.2		
表面播種割合 (0-10) 注 1	無鎮圧	10	10	3	4	-	n.s
	前鎮圧	10	6	5	4		
	後鎮圧	10	5	2	3		
	前後鎮圧	10	3	5	1		
苗立ち率 (%)	無鎮圧	28.4	21.9	22.7	30.0	n.s	**
	前鎮圧	41.5	48.1	54.0	38.8		
	後鎮圧	38.2	44.4	46.5	40.7		
	前後鎮圧	39.3	52.0	67.7	38.9		

** : p<.01 n.s : 有意差無し

注 1 : 播種された粉のうち土壌表面に現れている割合を 0(0%)~10(100%) で 10% 刻みの 11 段階で遠視により評価した。耕起法において等分散と仮定できない水準を含むため統計処理から除外した。

表 4 2015 年圃場試験の土壌含水比，碎土率および苗立ち率
Table 4 Ratio of soil moisture content, clod less than 2 cm size and establishment.

	土壌含水比 (%)		碎土率 (%)		苗立ち率 (%)			
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	標準播種区*		密播区**	
					平均	標準誤差	平均	標準誤差
チゼル耕	10.4	1.1	61.6	3.7	45.1	3.3	50.2	3.6
ロータリ 1 回	12.3	1.1	67.2	3.1	49.1	2.4	47.8	3.9
t 検定結果	n.s		n.s		n.s		n.s	

* 播種量 354 粒/m² ** 播種量 531 粒/m² n.s : 有意差無し

表 5 乾田直播播種作業体系の作業能率の比較
Table 5 The comparison of work efficiency of direct sowing operation systems

	耕起・碎土		播種		鎮圧	合計
スクリーンロータリシード体系*	チゼルプラウ 1.0		スクリーンロータリシード		8.0	9.0
汎用ロータリシード体系*	チゼルプラウ 1.0		汎用ロータリシード		4.0	5.0
グレーンドリル体系**	チゼルプラウ 1.0	ハローパッカ 0.8	グレーンドリル 1.0	カルチパッカ 0.6		3.4
ブロードキャスト (チゼルのみ)	チゼルプラウ (3m) 0.7		ブロードキャスト 0.2	ケンブリッジローラ (6m) 0.4		1.3
ブロードキャスト (ロータリ 1 回)	チゼルプラウ (3m) 0.7	ロータリ (3m) 2.2	ブロードキャスト 0.2	ケンブリッジローラ (6m) 0.4		3.5

表中の数字は作業能率 (h/ha), () 内は作業幅
* (大下ら, 2005), ** (大谷ら, 2014)

れる。

乾田直播における播種深度について，湯川ら (1999) によると，播種深度が 3cm 以下では苗立ち率が極端に低下し，浅いほど苗立ち率は向上し，0.5cm では酸素発生剤なしで 60% 以上の苗立ち率であったとされており，ブロードキャストを用いた散播においても，耕起と鎮圧を行うことにより適切な播種深度で播種できると考えられる。

苗立ち率では，鎮圧法で有意差があった。耕起法の要因では，鎮圧を行った場合にロータリ 1 回耕起で苗立ち率が最も高く，次いでチゼル耕が高いという傾向が認められ，ロータリ 2 回と不耕起では同程度であった。鎮圧法に関しては，鎮圧した区ではいずれの耕起法でも無鎮圧区に比べて苗立ち率が高かったが，これは種粉が土壤に押し付けられ密着することが影響しているものと考えられる。汎用播種機等で，苗立ち率確保のための目安とされる碎土率 60% (佐藤, 1972) に及ばない碎土率で播種を行ったが，耕起と鎮圧を行うことで 40% 以上の苗立ちを確保することが可能であった。

2015 年に実施した圃場試験において，耕起法の違いによる土壌含水率，碎土率および苗立ち率の差を検討した結果を表 4 に示す。2015 年は，春先の天候に恵まれ融雪が早く，圃場の乾燥も進み，鎮圧後の碎土率も 60% を超えた。チゼル耕とロータリ 1 回がけの耕起法の違いによる土壌含水率と碎土率に差は認められず，苗立ち率についても耕起法の違いによる差は認められなかった。

V 考 察

水稲乾田直播栽培において，ブロードキャストを利用して乾田播種を行う際の散布精度を検討した結果，供試機では重ねあわせを考慮して散布幅を 8m とした際に，散布のばらつきは許容できる範囲と考えられた。また，乾田での繰り出しにおいては，脱ぶ率および発芽率の低下も小さかった。走行速度が上昇するにしたがって，散布量が増加する傾向が認められたが，圃場で安全に作業できる作業速度と考えられる 10km/h 程度までは，設定した散布量と大きな差はなかった。以上のことから，供試機を乾田の散播に用いることには，実用的に問題ないと判断した。

表 5 に乾田直播播種作業体系の作業能率を示す。表中のブロードキャスト播種作業体系中のロータリとケンブリッジローラの作業能率は，表 2 と異なる。これは，供試したロータリとケンブリッジローラが小型で作業幅が狭いため，試算では現行販売モデルの作業幅を反映させたためである。ブロードキャストは，従来の汎用播種機やグレーンドリルに比べて作業幅が広く，作業速度も汎用播種機の数倍，グレーンドリルと同程度かそれ以上であることから，大幅な作業時間の短縮や作業能率の向上が可能となる。

播種作業体系全体の作業能率は，ロータリを使わない場合で，スクリーンロータリシード体系の約 7 倍，汎用ロータリシード体系の約 4 倍，グレーンドリル体系の約

2.7倍となり、ロータリを使用した場合では、それぞれ2.6倍、1.4倍、ほぼ同程度となり、作業効率の向上が見込まれる(大下ら, 2006; 大谷ら, 2014)。

2013年と2015年の苗立ち数調査の結果から、耕起と鎮圧を行った場合には、40%程度かそれ以上の苗立ち率が得られた。このことから、「大地の星」では種籾の千粒重を33gとすると、375粒/m²つまり12.4kg/10aの播種量で散布することにより、北海道で「大地の星」を安定生産するための目安とされるm²当たりの苗立ち数150本(古原ら, 2011)を確保できることになる。また2013年は雨天に見舞われ、碎土率が10~20%の低い状態で播種したが、圃場条件が良好な2015年に近い苗立ち率を確保できた。このことは、本試験のようなブロードキャスト等を用いた散播体系が、汎用播種機やグレーンドリル等に比較して、碎土率が低く、これまで作業に適さないとされた条件下においても適応可能な播種方法であると考えられる。

本研究では、播種から苗立ちまでの圃場試験とブロードキャストの定置および走行時の散布試験の結果から、ブロードキャストによる水稲乾田直播播種の可能性について検討したが、散播では成熟期に倒伏が問題となる(林, 1964; 岩崎, 1964; 小里, 1964; 下島, 1964)。苗立ち数の過多が倒伏の原因であるという知見が得られており、300本/m²以上の苗立ち数では、個体密度が過密となり徒長気味に生育し、倒伏に至るといふ事例、苗立ち150~250本/m²程度でも稈長が80cmで約半数の稲が倒伏したという事例も報告されている(寺中ら, 1971)。倒伏を解決する事は、散播による安定した栽培技術を確認する上で重要な課題であり、今後、生育や収量の結果とあわせて検討していく必要がある。

VI 摘要

ブロードキャストを水稲乾田直播の播種に利用することを目的として、繰り出した種籾の損傷程度、散布精度、実作業時の散布のばらつきについて調べた。繰り出された種籾の脱ぶ率は、乾籾で5%程度、発芽率は90%程度であった。重ね合わせ作業を考慮すると散布幅8mで散布ムラが少なかった。作業速度が上昇するにしたがって、繰り出量が増加する傾向があったが、10km/h程度では設定繰り出量と大きな差はなかった。

ブロードキャストを利用した播種作業における、耕起と鎮圧の組み合わせについて、苗立ちにより検討した結果、不耕起や無鎮圧では苗立ちが少なかった。苗立ち数を確保するために、耕起と鎮圧が必要であることがわかったが、耕起に関しては、ロータリと比較してチゼルプラウのみでも同等の苗立ちが得られたことから、ロータリ耕が必須とされる汎用播種機やグレーンドリルなどを用いた条播よりも省力的な作業が可能であると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農業技術革新工学研究センターの林和信氏と紺屋秀之氏には、実験施設と試作機をお借りし、実験に際しては測定器や機材の準備など多大なご協力をいただきました。株式会社IHIアグリテック(旧IHIスター)様より、GPSナビキャスト(ブロードキャスト)のデモ機をお借りし、圃場試験においては操作部の設定、機器の接続などご協力をいただきました。協力していただいた皆様へ、心からの感謝の気持ちとお礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。

References

- 林 和信, 紺屋秀之, 堀尾光広, 重松健太, 吉野知佳, 松野更和, 西村 洋, (株)IHIスター, (株)ササキコーポレーション, 2011. GPSの速度情報と肥料の流動性指標値により繰り出量を調節できるブロードキャスト. 研究成果情報2011.
- 林 義雄, 1964. 岡山県における水稲空中直播の成果とこれから. 農業技術, 19(4), 154-159.
- 北海道農政生産振興局農産振興課, 2015. 平成26年度北海道直播稲作ネットワーク会議資料.
- 細山隆夫, 2012. 北海道における農業構造変化の地域性と将来動向. 北海道農業研究センター経営研究, 106, 1-47.
- 岩崎勝直, 1964. 水稲の大規模直播栽培の問題点. 農業および園芸, 39(1), 5-8.
- 古原洋, 平石 学, 熊谷 聡, 2011. 水稲「大地の星」における湛水直播栽培のコスト低減. 農業および園芸, 86(8), 808-813.
- 小里運一, 1964. 岐阜県におけるヘリコプター稲作の発展. 農業技術, 19(2), 56-61.
- 仁平恒夫, 1991. 北海道における稲作作業構造と限界規模. 北海道農業試験場研究資料, 43, 1-18.
- 大下泰生, 坂本英美, 辻 博之, 君和田健二, 渡辺治郎, 仁平恒夫, 湯川智行, 2006. 稲麦大豆に適応できる汎用ロータリシーダの播種性能と導入効果. 研究成果情報北海道農業2005, 2-3.
- 大谷隆二, 齋藤秀文, 冠 秀昭, 高橋彩子, 関矢博幸, 中山壮一, 迫田登稔, 小野 洋, 2014. 乾田直播栽培技術マニュアルVer.2.3—プラウ耕・グレーンドリル播種体系—. 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター・岩手県農業研究センター, 5-6.
- 佐藤清美, 川崎 健, 門脇 博, 富田 貢, 金谷 豊, 1972. 水稲の無代かき直播湛水法に関する研究 第1報. 農業機械学会北海道支部会報, 13, 30-38.
- 下島久雄, 1964. 滋賀県における水稲直播栽培の反省. 農業技術, 19(2), 62-68.
- 総務省統計局, 2014. 平成25年度農業物価統計. <http://www.e-stat.go.jp/SGL/estat/List.do?lid=000001126793>. Accessed Nov. 18, 2016.
- 田中英彦, 2011. 直播栽培技術. 北海道の米づくり. 北海道米麦改良協会, 219-235.
- 田中英彦, 2014. 特集 道内における水稲直播技術の進歩. 北農, 81(4), 6-7.
- 寺中吉造, 黒澤 健, 1971. 湛水散播水稲の倒伏に関する研究 第1報. 日本作物学会東北支部会報, 13, 60-61.
- 湯川智行, 平岡博幸, 大下泰生, 栗崎弘利, 渡辺治郎, 1999. 北海道における乾田直播水稲の播種条件と播種量増減の目安. 農作業研究, 34(3), 185-190.

(受付：2016年11月29日・受理：2017年12月3日・
質問期限：2018年3月31日)

コ メ ン ト

【読者のコメント】

ブロードキャストを用いた水稲乾田直播において、耕起・鎮圧方法が苗立ち率に及ぼす影響を評価していますが、なぜ苗立ち率が向上・低下するのかが不明です。今後、その要因について、播種深度などから明らかにする必要があると考えます。

【コメントに対する著者の見解】

乾田直播で良好な苗立ちを得る条件は、条播の場合には、碎土率の日安（60%以上）が示されていますが、私どものこの度の論文において、表面散播での条件が、条播とは異なることが示されたことに意義があると思います。

表面散播において、耕起や鎮圧などの処理により、どのようなメカニズムでどのくらいの播種深度が確保されれば苗立ちの確保につながるのかは、今後の調査でデータを蓄積し解明していきたいと思えます。