

乾田直播栽培における鎮圧後播種体系と「彩のきずな」の施肥法

志保田尚哉*・石井博和**

Direct Seeding after Compaction in Dry Paddy Field and Method of Fertilizer Application for a Rice Cultivar "SAINOKIZUNA"

Naoya SHIBOTA and Hirokazu ISHII

要 約 安定生産可能な水稲乾田直播栽培技術を開発するため、漏水防止を狙った耕耘-鎮圧-播種体系における「彩のきずな」の生育収量、鎮圧条件、高速高精度汎用播種機の播種精度、乾田直播栽培における「彩のきずな」用基肥-発肥料を検討した。その結果、従来のロータリシーダ播種体系では課題であった漏水の多いほ場条件では、鎮圧により漏水は代かきほ場並みに抑えられ、多収が得られた。一方で、鎮圧を省いても漏水の少ないほ場条件では、鎮圧による水稲の生育抑制が問題となった。このため、ほ場条件に応じた鎮圧の要否判定が必要と考えられた。鎮圧方法は、カルチパッカを用いた場合2回作業が適し、砕土率と土壌含水率はそれぞれ高い条件で実施すると鎮圧効果が高かった。高速高精度汎用播種機は、播種深が安定しており、苗立率が高い要因の一つと考えられた。「彩のきずな」の基肥-発肥料は、LP40を窒素成分で9kg/10a、LPS60を同3kg/10a、リン酸、カリ成分をそれぞれ9kg/10aを配合した肥料が適すると考えられた。

水稲の低コスト栽培技術として、これまで多くの直播技術が検討されてきたが、播種深度のムラによる苗立不良、漏水による雑草の多発、肥料の流亡、倒伏など安定性に課題があり、普及は一部にとどまっている。しかし、一層の低コスト生産が求められる中、乾田直播栽培は大幅なコスト低減と省力化による規模拡大が可能であるため、安定栽培が確立すれば、大規模主穀作農家を中心に急速な普及が期待される。

一方、農研機構農業技術革新工学研究センターが開発した高速高精度汎用播種機は従来機に比べ播種精度が高く、不耕起ほ場にも対応し、高速作業が可

能である。漏水に関しては、ローラーによるほ場鎮圧により浸透を抑制する技術が開発された(冠ら2012, 深見ら2014, 冠ら2015)。また、本県主力品種となりつつある「彩のきずな(荒川ら2013)」は中生で耐倒伏性が高いため、直播適応性が高いと考えられた。このため、これらを組み合わせることにより、従来の問題点を解決した安定性の高い乾田直播技術が構築が可能であると考えられた。

そこで、本研究では、耕耘-鎮圧-播種体系を従来のロータリシーダ播種体系と比較しながら、本県での適応性を検討するとともに、「彩のきずな」の乾田直播栽培における基肥-発肥料の配合を明らかにし、

*水田高度利用担当(現県立総合教育センター)、**水田高度利用担当

安定生産可能な乾田直播栽培技術を開発した。

材料および方法

試験は、埼玉県農業技術研究センター玉井試験場内の水田（細粒灰色低地土、宝田統）で実施した。播種は、5月中旬に行った。雑草防除は、播種後土壌処理剤、入水前茎葉処理剤、入水後初中期一発剤を使用した。その他の管理は、水稻栽培基準（埼玉県 2007）に従い実施した。

1 播種体系と水稻の生育

(1) バケットによる鎮圧後播種

試験は、2016年に、前作の水稻収穫後ダウンカットロータリで2回耕耘を行い、55馬力のトラクタに装着したバケットで土壌表面を鎮圧したほ場で実施した。試験区は、高速高精度汎用播種機を用いて鎮圧後のほ場に直接播種を行った鎮圧区、鎮圧後のほ場をダウンカットロータリで1回耕耘した後、アップカットロータリで耕耘同時播種した対照区を設置した。施肥は、市販の基肥一発肥料（速効：LP40：LPSS100=1：3：6）を窒素成分で10kg/10a施用した。鎮圧区は側条施肥、対照区は全面全層施肥した。調査は、土壌の貫入抵抗値、減水深、水稻の生育、収量について行った。

(2) カルチパッカによる鎮圧後播種

試験は、2017～2018年に2016年と別のほ場で実施した。2017年は前作の水稻収穫後2回ロータリ耕を実施したほ場で、2018年はほ場全体に深さ25cm、作業間隔3mで弾丸暗渠を施工し、耕深20cm程度でチゼルブラウ耕を実施した後、ロータリ耕で砕土を行ったほ場で実施した。試験区は、2017、2018年ともに、鎮圧を5月上旬にトラクタけん引式のカルチパッカを用いて隣接する行程に作業幅の半分を重ねるように2～3回を行い、高速高精度汎用播種機を用いて播種した鎮圧区、鎮圧後のほ場の一部をダウンカットロータリで1回耕耘後、アップカット

ロータリで耕耘同時播種を行った対照区を設置した。対照区の耕深は概ね15cmであった。施肥は、両区とも、被覆尿素肥料LP40を窒素成分で9kg/10a、LPSS100を同3kg/10a、過リン酸石灰をリン酸成分で9kg/10a、塩化カリをカリ成分で9kg/10aを播種前にそれぞれ全面表層施肥した。調査は、各年とも土壌の貫入抵抗値、減水深、水稻の生育、収量について行った。

(3) 鎮圧条件と土壌硬度・減水深

カルチパッカを用いた播種前鎮圧の条件を検討した。試験区は、鎮圧回数2水準（2回、3回 2017年）、砕土率2水準（高、低 2019年）、鎮圧時の土壌水分2水準（高、低 2019年）を設置し、土壌硬度や減水深との関係を検討した。

(4) 高速高精度汎用播種の播種精度

農研機構 農業技術革新工学研究センターが開発した高速高精度汎用播種の播種精度について、本研究では播種深のバラつきを調査し、ロータリシーダと比較を行った。播種深は生育中のイネの白化茎長から推定した。作業速度は、高速高精度汎用播種機が5～6km/時、ロータリシーダが0.5km/時であった。

2 「彩のきずな」の施肥法

試験は、2017～2019年に、試験1のカルチパッカによる鎮圧後播種体系で検討を行った。試験区は、基肥相当としてLP40の量3水準（6, 9, 12Nkg/10a）、穂肥相当として溶出タイプの異なる被覆尿素3水準（2017～2018年はLPS80, LPS100, LPSS100）を設定した。なお、2019年は、2018年に行った穂肥施用時期前後の観察で、LPS80～LPSS100の各区の葉色の発現が対照区に比べ遅かったことから、LPSS100に代えて溶出の早いLPS60の検討を行った。また、穂肥相当の被覆尿素肥料の施肥量はそれぞれ窒素成分で3kg/10aとした。対照区は、鎮圧後播種前に硫酸で窒素成分9kg/10a、出穂前23日頃に硫酸で窒素成分3kg/10aをそれぞれ全面表層施肥し

た。また、すべての区で過リン酸石灰をリン酸成分で 9kg/10a、塩化カリをカリ成分で 9kg/10a を施用した。対照区の穂肥以外の肥料は、すべて鎮圧後播種前に全面表層施肥した。2019 年は、ほ場埋め込みによる肥料溶出量の測定を行った。

なお、検討を行った被覆尿素肥料の特徴は次のとおりである。LP40:リニア型 40 日タイプ、LPS60:ラグ期 30 日のシグモイド型 60 日タイプ、LPS80:ラグ期 30 日のシグモイド型 80 日タイプ、LPS100:ラグ期 30 日のシグモイド型 100 日タイプ、LPSS100:ラグ期 50 日のシグモイド型 100 日タイプ。

結果および考察

1 播種体系と水稻の生育

(1)バケツによる鎮圧後播種

播種時の土壌硬度は、対照区が地表面から土壌深度 17.5cm 程度まで 0.2MPa 前後であったのに対し、鎮圧区では地表面で 2.0MPa、深度 15.0cm でも 1.5MPa と硬かった(図 1)。播種作業は両区とも土壌硬度等の影響は無く、スムーズに実施できた。

入水 20 日後の減水深は、鎮圧区で対照区に比べ小さく、2.1cm/日と代掻きほ場並であった(図 2)。

苗立率は、鎮圧区で対照区に比べ高かった。対照区は播種量が多かったことから、両区とも概ね同等の苗立数が得られた(表 1)。

生育は、対照区で初期生育が劣り、草丈は小さく葉色の発現が遅れたが、その後は回復した。鎮圧区の茎数が対照区に比べ少ない傾向で推移したが、鎮圧区は有効茎歩合が高く、穂数は同等であった。対照区の初期生育が劣ったのは、漏水による肥料の流亡等が理由として考えられた。一方、鎮圧区で分けつが少なかったのは、土壌が硬いため、根の伸長が妨げられたと考えられた。(表 1)。

収量は、鎮圧区で 1 穂粒数、千粒重が有意ではないものの優り、多収であった。対照区は、後発した

高位高次の弱勢穂の割合が多く、減収したものと考えられた(表 2)。

以上、バケツで鎮圧したほ場において高速高精度汎用播種機を用い乾田直播栽培を実施した結果、ロータリシーダ播種に比べ、漏水が減少し、多収を得ることができた。

(2)カルチパッカによる鎮圧後播種

播種後入水前に測定した土壌硬度は、対照区では表層から土壌深度 13cm までは 0.4MPa 前後と軟らかく、それ以深で徐々に硬くなり、23cm で 1.5MPa、26cm で 2.0MPa であった。一方、鎮圧区は、地表面近くから硬く、土壌深度 3~6cm で 1.5MPa 以上であった。それ以深では一旦柔らかくなり、土壌深度 14cm 前後では 1.2MPa であった。その後は再び硬くなり 24cm で 2.0MPa であった(図 3)。土壌硬度に差は見られたが、減水深は、2017 年が 3.5cm/日、2018 年が 1cm/日強と区間に差は無かった(表 3)。

苗立率は、鎮圧区が 5%水準で有意に高かったが、生育に差はなかった(表 4)。

収量は、鎮圧区が対照区に比べ 1 穂粒数が少ないために m²当粒数が少なく、登熟歩合も低かったことから、低収であった(表 5)。

以上、カルチパッカによる鎮圧によって、地表面近くの土壌硬度が高まる傾向がみられたが、減水深に差は見られなかった。両区とも、減水深は代かきほ場と同等~やや多い程度であったことから、鎮圧の効果にならなかったというよりは、対照区でも水の浸透を抑制する何らかの要因があったと考えられた。理由の一つとして、対照区を枕地付近に設置したため、大型機械の踏圧で強固な耕盤層が形成していたと考えられた。また、出芽を促すために行ったフラッシング処理(一時湛水)によって、対照区の作土が締まったことも要因の一つと考えられた。

一方、鎮圧区は、対照区に比べて苗立率が高かったが、生育・収量は対照区に劣る傾向が見られた。これは、鎮圧によって根の生育が抑制されたためと

考えられた。このため、鎮圧しなくても漏水の少ないほ場条件では、鎮圧は不要と考えられた。

(3) 鎮圧条件と土壤硬度・減水深

ア 鎮圧回数

鎮圧によって地表面から土壤深度 15cm 程度までの土壤硬度が最大で 1.3MPa 程度と硬くなったが、2 回鎮圧と 3 回鎮圧の間で土壤硬度と日減水深に明らかな傾向の違いは見られなかった (図 4, 表 6)。鎮圧 1 回では作業上発生する鎮圧ムラが散見されるため、2 回鎮圧が適すと考えられた。

イ 鎮圧時の砕土率

鎮圧後の土壤硬度は、砕土率が高い区 (75.3%) で、砕土率が低い区 (60.2%) に比べ、表層から土壤深度 10cm までが硬かった (図 5)。日減水深については区間に差は見られなかった (表 7)。

ウ 鎮圧時の土壤含水率

鎮圧後の土壤硬度は、鎮圧時の土壤含水比が高い区 (26.9%) で、低い区 (22.8%) に比べ、表層から土壤深度 5cm までが硬く、日減水深が減少する傾向が見られた (図 6, 表 8)。

以上のことから、カルチパッカを用いて隣接する

行程に作業幅の半分を重ねるよう 2 回以上鎮圧作業を行うことで圃場全体をムラ無く鎮圧することができると考えられた。また、砕土率・土壤水分は高い条件で鎮圧を行うことにより鎮圧の効果は高かった。ただし、土壤水分は、高すぎると鎮圧ローラに泥が付着して作業性が低下する他、土壤の表面がクラスト状になり播種時の覆土性が低下することが懸念されるため、留意が必要である。

(4) 高速高精度汎用播種機の播種精度

鎮圧区に用いた高速高精度汎用播種の播種深は、対照区に用いたロータリシーダに比べムラが少なく (図 7)、鎮圧区の苗立率の高さ (表 1, 4) の要因の一つと考えられた。播種深が安定するのは、高速高精度汎用播種は、播種ユニットが条ごとに播種機本体と独立して可動し、播種ユニット直後に装備された鎮圧輪で深さの制御を行うため、凹凸への追従性が高いためと考えられた。一方のロータリシーダは、播種ユニットがロータリに固定されており、播種深の制御は播種ユニットから離れ作業機の支点に近いロータリのゲージ輪で行うため、播種ユニットの上下動が大きくなり、播種深がバラつくと考えられた。

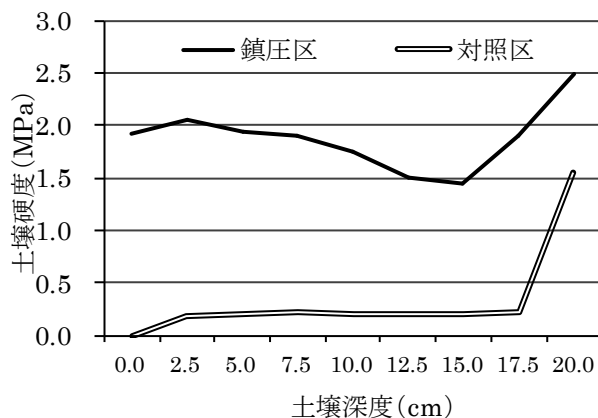


図1 播種時の土壤硬度 (貫入抵抗値)

注) 土壤抵抗測定器SR-II型 (大起DIK-5505) で測定

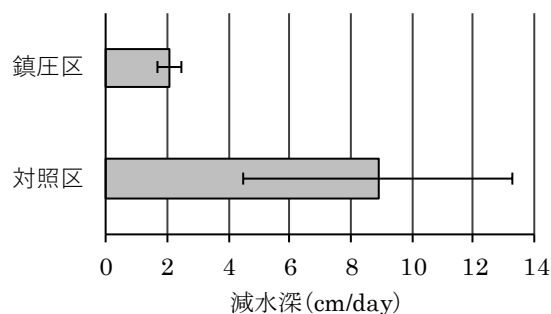


図2 1日当たりの減水深

注) φ30cmの塩ビパイプを硬盤層近くに打ち込み測定。エラーバーは標準誤差。

表1 生育

播種方法	出芽期	m ² 当 苗立 数	苗立率 (%)	播種後42日生育				播種後57日生育			成熟期		
				草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD	群落の 葉色	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	出穂期	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)
鎮圧区	5月28日	86	69.6 a	33.6 a	240	39.1	4.4	45.7	361	8月15日	68.0 a	22.5 a	334
対照区	5月31日	94	32.2 b	26.4 b	294	36.4	4.0	44.9	558	8月16日	60.1 b	19.8 b	363

注) SPAD値は葉緑素系(ミノルタSPAD502)を用いて展開第2葉を, 群落の葉色はカラスケール(富士平工業)を用いて, それぞれ測定した. 異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり.

表2 収量

播種方法	精玄米重 (kg/10a)	屑米 歩合 (%)	有効穂数 (本/m ²)	1穂 粒数	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	粒厚分布 (%)			
							>2.0mm	>1.9	>1.85	1.85=<
鎮圧区	454 a	15	312	63	79 b	23.8	80 a	12 b	3	6
対照区	350 b	18	357	53	85 a	22.4	73 b	17 a	3	7

注) 精玄米重は1.80mm篩選後の重量. 異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり.

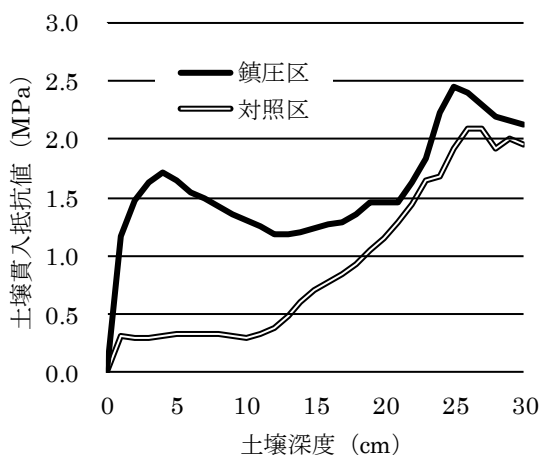


図3 播種方法と土壤貫入抵抗値 (2017,2018)

注) 貫入式土壤硬度計 (DIK-5553) で測定

表3 播種方法と減水深

年次	試験区	減水深 (cm/日)
2017	鎮圧区	3.7±1.2
	対照区	3.2±1.0
2018	鎮圧区	1.2±0.1
	対照区	1.1±0.2

注1) 減水深は平均値±標準誤差

注2) 入水8日後にφ30cmの塩ビパイプを硬盤層近くに打ち込み測定

表4 播種方法と苗立、生育

播種方法	苗立 (本/m ²)	最高分けつ期		出穂期	成熟期		
		草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)
鎮圧区	93.5	62	577	8月9日	67	20.8	436
対照区	87.0	67	649	8月9日	71	21.0	467
分散分析	*						

注) *は5%水準で有意.

表5 収量及び収量構成要素

播種方法	精玄米重 (kg/10a)	有効穂数 (本/m ²)	1穂粒数 (粒)	m ² 当粒数 (千粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	タンパク (%)
鎮圧区	442	434	54.6	23.0	81.5	22.7	79.5	7.4
対照区	541	427	62.1	28.4	86.7	22.0	81.6	7.4
分散分析								
年度			**			***	**	**
播種方法	*		**	*	*			
交互作用								

注1) 精玄米重は、1.8mm篩選後の重量である

注2) 整粒歩合は穀粒判別機（サタケRGQI20A），タンパクは近赤外分析法（Infratec1241）により測定した

注3) *, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意.

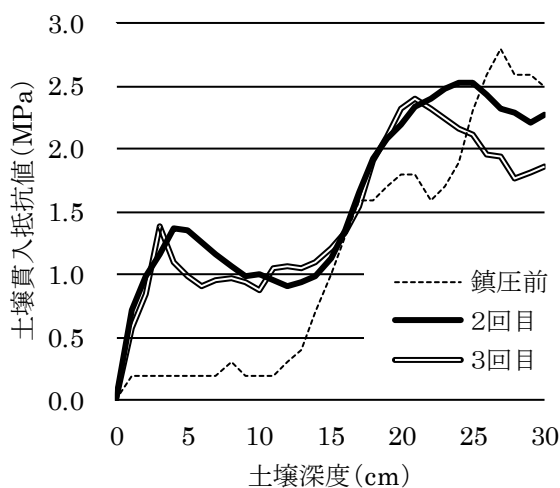


図4 鎮圧回数と土壌貫入抵抗値

注) 貫入式土壌硬度計(DIK-5553)で測定

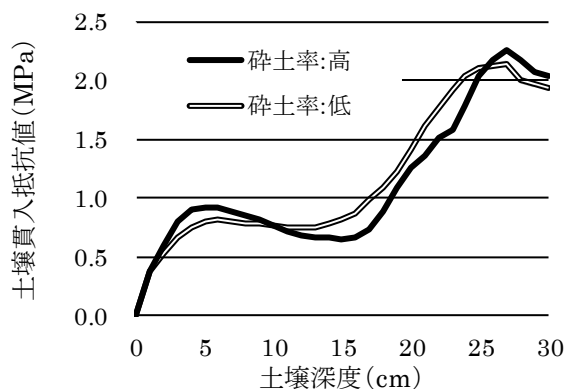


図5 鎮圧時の砕土率と土壌貫入抵抗値

注) 貫入式土壌硬度計(DIK-5553)で測定

鎮圧作業は2回実施

表6 鎮圧回数と減水深

鎮圧回数	減水深(cm/日)
2	3.7±1.8
3	3.7±1.8

注) 減水深は平均値±標準誤差
2017年に入水3日後に測定

表7 砕土率と減水深

砕土率	減水深(cm/日)
低	2.2±1.0
高	2.5±0.8

注) 減水深は平均値±標準誤差
2019年に入水10日後に測定

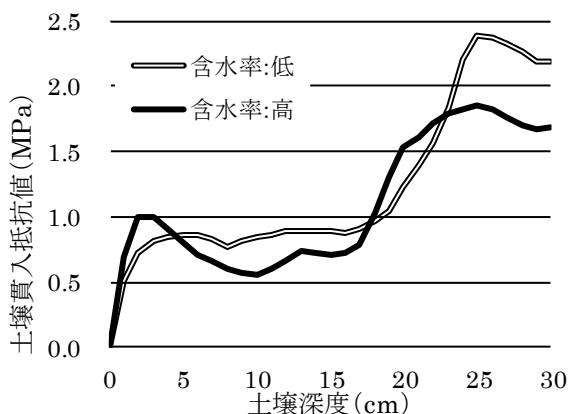


図6 土壤水分と土壤硬度

注) 貫入式土壤硬度計(DIK-5553)で測定
鎮圧作業は2回実施

含水率	減水深(cm/日)
低	2.2±1.0
高	1.5±1.0

注) 減水深は平均値±標準誤差
2019年に入水10日後に測定

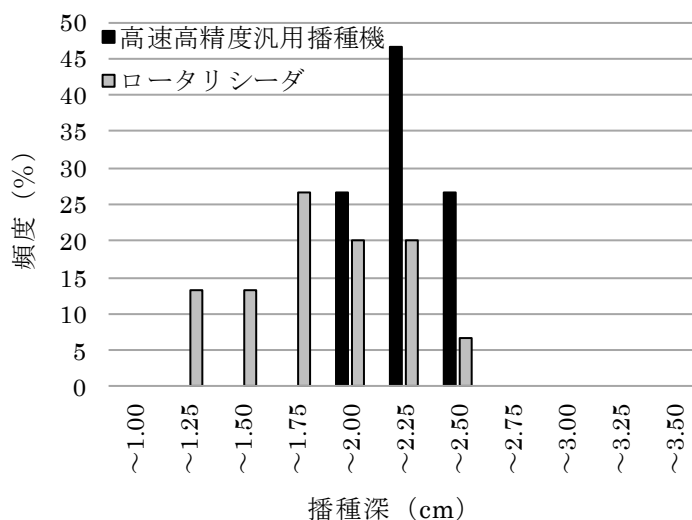


図7 白化茎長からみた播種深

注) 2016年の播種後42日の調査結果

2 「彩のきずな」の施肥法

2018年に行った穂肥施用時期前後の観察では、LPS80～LPSS100の各区は、幼穂長から判断して穂肥を行った対照区に比べ葉色の発現が遅かったことから、「彩のきずな」には溶出スピードが遅いと考えられた。このため、2019年は溶出の最も遅いLPSS100に代えて、溶出の早いLPS60を加え検討を行った。

生育は、2019年(表11)の最高分げつ期の草丈以外は有意ではないものの、LP40の量が増えると、初期からの生育が旺盛で、草丈(稈長)は大きく、

茎数(穂数)は多い傾向で推移した(表9, 11)。一方、穂肥相当として検討した被覆尿素肥料は、溶出期間の短いもので穂数が多くなる傾向がみられた(表9, 11)。対照区との比較では、2017～2018年は同等以上の生育であったが、2019年は対照区に比べ、全体的に劣った。

収量は、LP40の量が増えると、有効穂数や1穂粒数が増える傾向がみられ、有意に多収となった(表10, 12)。穂肥相当として検討している被覆尿素肥料の違いによる明らかな差は認められなかった。対照区との比較では、生育同様、2017～2018年は同等以

上の収量であったが、2019年は劣った。なお、2019年は、対照区を含め全体的に低収であった。これは鎮圧を降雨中に行ったため、表層から5cm程度の土壌硬度が2MPa以上と他の年次より硬く締まり、根の生育が抑制されたことが一因と考えられた。

品質は、玄米の蛋白質含有率が穂肥相当として検討した被覆尿素肥料の溶出期間が長くなると高まった。また、有意ではないもののLP40の量が多くなると高まる傾向であった。

穂肥相当の肥料について、栽培試験でタンパク含有率以外に明らかな傾向が認められなかったので、ほ場埋め込みによる肥料溶出量調査を行った。その結果、播種期から出穂前30日までの窒素成分溶出量はLPS60, LPS80, LPS100がそれぞれ10a当たり1.3kg, 0.7kg, 0.6kgで、設定された溶出期間が短いほど溶出量が多かった。次に「彩のきずな」の穂肥施用適期と考えられる出穂前30日から出穂前10日までの溶出量は、それぞれ1.5kg, 1.5kg, 1.0kgで、LPS60とLPS80は同等で、LPS100は他より少なかった。さらに、出穂前10日以降の溶出量は、

0.2kg, 0.8kg, 1.0kgと設定された溶出期間が長いほど多かった。これらのことから、単年度の試験結果であるものの、LPS60とLPS80は穂肥施用適期の窒素溶出量が多いため適すると考えられた、しかし、LPS80は出穂前10日以降の溶出も多く、本年の結果ではタンパク含有率に差はないものの、条件によってはタンパク含有率の増加が懸念されるため、穂肥相当分としてはLPS60が適すると判断された。

以上、基肥相当分のLP40については、多肥ほど多収となったが、条件によっては過繁茂→凋落型の生育や玄米の粗タンパク含有率の増加が懸念されることから、9kgが適すると考えられた。

穂肥相当分については、生育・収量に明らかな差はなく、タンパク含有率が溶出の遅いタイプで上昇した。このことは、肥料の溶出量調査結果からも裏付けられ、LPS60が適すると判断された。

以上、「彩のきずな」の乾田直播用基肥一発肥料は、LP40を窒素成分で9kg/10a, LPS60を同3kg/10a, リン酸, カリ成分をそれぞれ9kg/10aを配合した肥料が適すると考えられた。

表9 生育(2017~2018)

試験区		最分期 (cm, 本/m ²)		出穂期	成熟期 (cm, 本/m ²)		
基肥	追肥	草丈	茎数		稈長	穂長	穂数
6	80	62.3	561	8/11	65.1	20.0	445
6	100	58.2	515	8/10	63.8	19.8	461
6	S100	61.1	521	8/10	63.9	19.9	441
9	80	63.1	551	8/10	68.3	20.3	452
9	100	60.9	542	8/10	65.1	20.2	470
9	S100	62.2	577	8/11	66.6	20.8	436
12	80	66.8	584	8/11	67.8	20.7	512
12	100	67.1	559	8/11	66.8	20.7	462
12	S100	64.6	553	8/11	67.3	20.7	485
6		60.5	532	8/10	64.2	19.9	449
9		62.1	557	8/10	66.6	20.4	453
12		66.2	565	8/11	67.3	20.7	486
	80	64.1	565	8/11	67.1	20.3	469
	100	62.1	539	8/11	65.2	20.2	464
	S100	62.6	550	8/11	65.9	20.5	454
分散分析	基肥						
	穂肥						
硫安9	硫安3	56.5	482	8/11	62.5	20.7	438

注1) 基肥の数字はLP40の窒素成分量 (kg/10a) を、穂肥は被覆尿素の種類を示す。

注2) 分散分析結果の*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意差あり。

表10 収量及び収量構成要素 (2017~2018年)

試験区		精玄米重	屑重歩合	有効穂数	一穂粒数	m ² 当粒数	登熟歩合	千粒重	タンパク
基肥	追肥	(kg/10a)	(%)	(本/m ²)	(粒)	(千粒)	(%)	(g)	(%)
6	80	407	5.4	424	51.0	22.4	82.8	22.8	7.1
6	100	386	6.0	451	51.1	23.3	82.0	22.4	7.2
6	S100	406	5.4	420	50.5	22.1	81.8	22.6	7.3
9	80	448	5.8	470	53.0	23.8	83.7	22.6	7.2
9	100	414	5.9	453	52.6	24.4	83.3	22.5	7.3
9	S100	442	6.9	434	54.6	23.0	81.5	22.7	7.4
12	80	487	6.5	466	54.9	26.9	81.1	22.6	7.2
12	100	452	6.1	468	52.2	23.9	84.1	23.0	7.3
12	S100	475	6.2	456	58.0	27.2	79.8	22.6	7.4
6		399	5.6	432	50.8	22.6	82.2	22.6	7.2
9		435	6.2	452	53.4	23.7	82.8	22.6	7.3
12		471	6.3	463	55.0	26.0	81.7	22.7	7.3
	80	447	5.9	453	53.0	24.4	82.5	22.7	7.2
	100	417	6.0	457	52.0	23.9	83.1	22.6	7.3
	S100	441	6.2	437	54.3	24.1	81.0	22.6	7.4
分散分析	基肥	*				*			
	穂肥								
硫安9	硫安3	424	5.0	389	55.1	23.0	85.1	22.7	7.3

注1) 基肥はLP40の施肥量 (kg/10a) , 穂肥は被覆尿素の種類 (頭文字「LPS」は省略) .

注2) 玄米収量は1.8mm篩選後の重量である.

注3) タンパク含有率は, 近赤外分析装置 (Infratec1241) により測定した.

注4) 分散分析結果の*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意差あり.

表11 生育 (2019)

試験区		最分期 (cm, 本/m ²)		出穂期	成熟期 (cm, 本/m ²)		
基肥	追肥	草丈	茎数		稈長	穂長	穂数
6	60	49.0	325	8/13	59.6	20.0	345
6	80	52.8	370	8/13	60.6	20.7	304
6	100	48.9	358	8/13	61.4	21.0	298
9	60	52.9	349	8/13	61.8	21.3	375
9	80	51.6	391	8/13	61.6	20.7	312
9	100	55.9	401	8/13	63.4	20.7	278
12	60	55.0	442	8/13	61.6	20.6	292
12	80	55.5	388	8/13	67.0	21.2	337
12	100	54.6	419	8/13	63.0	21.3	345
6		50.2	351	8/13	60.5	20.5	316
9		53.5	380	8/13	62.3	20.9	322
12		55.0	416	8/13	63.8	21.0	324
	60	52.3	372	8/13	61.0	20.6	337
	80	53.3	383	8/13	63.1	20.9	317
	100	53.1	392	8/13	62.6	21.0	307
分散分析	基肥	**					
	穂肥						
硫安9	硫安3	52.3	400	8/13	65.3	21.7	382

注1) 基肥の数字はLP40の窒素成分量 (kg/10a) を, 穂肥は被覆尿素の種類を示す.

注2) 分散分析結果の*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意差あり.

表12 収量及び収量構成要素（2019年）

試験区		精玄米重	屑重歩合	有効穂数	一穂粒数	m ² 当粒数	登熟歩合	千粒重	タンパク
基肥	追肥	(kg/10a)	(%)	(本/m ²)	(粒)	(千粒)	(%)	(g)	(%)
6	60	321	6.4	329	63.2	21.6	79.3	21.4	7.2
6	80	324	4.8	305	64.8	19.6	81.3	22.1	7.2
6	100	319	4.7	326	66.0	19.3	81.9	21.8	7.5
9	60	343	5.7	341	65.3	24.1	83.8	21.9	7.3
9	80	365	5.4	325	66.7	20.5	81.4	21.8	7.3
9	100	383	4.1	264	70.4	19.0	83.1	22.8	7.5
12	60	397	3.7	275	69.6	19.8	83.7	22.6	7.3
12	80	398	5.6	370	72.9	24.5	82.2	22.4	7.4
12	100	378	5.9	320	71.3	24.0	79.8	22.2	7.4
6		321	5.3	320	64.6	20.1	80.8	21.8	7.3
9		363	5.1	310	67.5	21.2	82.7	22.2	7.3
12		391	5.0	321	71.2	22.7	81.9	22.4	7.4
	60	353	5.2	315	66.0	21.8	82.2	22.0	7.3
	80	362	5.3	333	68.1	21.5	81.6	22.1	7.3
	100	360	4.9	303	69.2	20.8	81.6	22.3	7.5
分散	基肥	***							
分析	穂肥				**				**
硫安9	硫安3	417	4.6	384	69.0	21.0	81.9	21.8	7.3

注1) 基肥はLP40の施肥量 (kg/10a) , 穂肥は被覆尿素の種類 (頭文字「LPS」は省略) .

注2) 玄米収量は1.8mm篩選後の重量である.

注3) タンパク含有率は, 近赤外分析装置 (Infratec1241) により測定した.

注4) 分散分析結果の*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意差あり.

総合考察

水稻の乾田直播栽培は, 大幅なコスト低減と省力化による規模拡大が可能であるが, 安定性に課題があり, 普及は一部にとどまっていた. そこで, 鎮圧による漏水防止技術, 高速高精度汎用播種機, 「彩のきずな」を組み合わせた乾田直播栽培技術を検討した.

その結果, 耕耘-鎮圧-播種体系は, 従来のロータリシーダ播種体系に比べ, 漏水が少なく, 水稻の生育は旺盛で, 多収を得た. しかし, 鎮圧をしなくても漏水が少ないほ場条件では, 耕耘-鎮圧-播種体系は鎮圧による生育抑制により, かえって減収した. このため, 鎮圧の有無や最適な鎮圧の強さは, ほ場条件により異なると考えられた. 技術の普及場面では, 栽培の失敗はその技術の否定要因となり,

普及の足かせとなる. このため, 乾田直播栽培を導入する場合は, ほ場条件を見極めたうえでの鎮圧の有無や程度の決定が極めて重要である. このとき, 漏水による除草の失敗や肥料の流亡による減収による影響は, 鎮圧によって発生する生育抑制に比べ大きいことから, 導入初期は鎮圧を十分に行い, 漏水の少ない条件で栽培を行い, 乾田直播栽培技術の確実な習得を優先させるべきである.

次に, 本研究では鎮圧後の播種に高速高精度汎用播種機を用いた. 本機は, 高速作業が可能ならぬに播種精度が高く, 優れた播種機であった. 反面, 価格は高く, 新規導入にはハードルがやや高い. しかし, 播種は, 不耕起対応播種機はもちろんのこと, 鎮圧に表層の碎土性が高いケンブリッジローラ等を用いれば, グレーンドリルでも可能であるため, 既存の機械を上手に活用しながら, 乾田直播栽培に取

り組むことが重要である。

次に、「彩のきずな」の乾田直播栽培における施肥については、LP40 を窒素成分で 9kg/10a, LPS60 を同 3kg/10a, リン酸, カリ成分をそれぞれ 9kg/10a を配合した肥料が適すと考えられた。しかし、国が策定した「みどりの食料システム戦略」では、2050 年までに化学肥料の使用量 30% 削減が目標となっている。このため、本研究では、すべて化学肥料を使用して開発を行ったが、今後は家畜由来堆肥や緑肥等の検討が必要と考えられた。

最後に、業務用米として埼玉県で普及が検討された「むさしの 27 号」は、出芽や初期生育が旺盛な品種である。乾田直播栽培では、乾田期に残草した雑草の葉齢が、入水後に処理する除草剤の適応葉齢を超えることで、雑草防除に失敗する事例がみられる。初期生育の早い「むさしの 27 号」は、入水の目安となる葉齢（水稻 2 葉期）に早く達するため、乾田期の短縮が可能であり、雑草防除の点から乾田直播適性が高いと考えられた（志保田 2020）。このように、栽培技術だけでなく乾田直播に適性の高い品種の選定も、乾田直播栽培の成功のためには肝要であると考えられた。

引用文献

- 荒川ら（2013）：水稻新品種「彩のきずな」の育成。埼玉農総研研報 12, 1-9.
- 深見ら（2014）：暖地乾田直播圃場の漏水防止技術。農業食料工学会誌 76, 341-347.
- 冠ら（2012）：黒ボク土水田におけるプラウ耕鎮圧体系乾田直播での浸透抑制手法。農業農村工学会論文集 282, 69-77.
- 冠ら（2015）：大区画水稻乾田直播圃場における鎮圧作業による浸透抑制効果。農作業研究 50, 103-113.
- 埼玉県（2007）：水稻栽培基準。pp.76, 埼玉県・JA グループさいたま, 埼玉.
- 志保田（2020）：乾田直播栽培における「むさしの 27 号」の生育特性。日本作物学会関東支部会報 35, 22-23.