1 ha 規模大区画水田における数種ピラクロニル含有ジャンボ剤の 風上畦畔からの投げ込み散布 *

徐 錫元[★]・堀 洋一・早山智博・浦山洋二郎・西原良一・浜谷雅司・工藤 航・
嘉藤久恭・工藤 敦・小出正雄・吉村沙季・大谷幸一

キーワード: 畦畔, ジャンボ剤, 大区画水田, ピラクロニル, 風向

Keywords: paddy levee, throw-in type Jumbo formulation, large-scale rice field, pyraclonil, wind direction

緒 言

水稻用除草剤の拡散性を有するジャンボ剤が, 日本において初めて登録・上市されたのは 1994 年で (本間ら 1998; 吉沢ら 1998), 以降, 除草の省力化に大きく貢献してきた。この散布については, 従来, 30 a (幅 30 m × 100 m) 以下の水田では, 畦畔からの投げ込みで防除効果が得られるが, 短辺側畦畔が 30 m を越える水田では, 畦畔からの投げ込みに加え, 水田内に入っての投げ込みを行い除草効果の安定を図るとされ (岩手県 2019; 日本植物調節剤研究協会), 各地で実践されている (徐 2018)。水田内に入っての散布は, 湛水状態で足元が不安定な条件で歩行するため, 大区画水田では作業負担が大きいという課題が残る。

しかし, 近年の基盤整備により各地では大規模圃場が増加しており, 2017 年には 50 a 以上の大区画水田は全水田面積の 10.2% に達し (農林水産省 2018), 地域によっては 1 ha 以上の圃場も見られている (徐ら 2016, 2019)。特に 1 ha 水田では, 圃場周縁だけでも 500 m 前後となり, 圃場周縁からと, 湛水状態で足元が不安定な本田内を歩行しながらのジャンボ剤の散布時間は, 1 ha 当たり 30 分程度で作業負担が大きい (徐 未発表)。このような状況の中, 著者らは最近上市された数種のピラクロニル含有のジャンボ剤を供試して, 短辺が 100 m の 1 ha 規模大区画水田において, 本田内に入らない畦

畔からの散布を検討した結果, この散布は可能で, 散布時間は 1 ha 当たり 12 分 ~ 15 分程度と従来よりも大幅に省力になることを明らかにした (徐ら 2016, 2019)。この技術は, すでに農林水産省の担い手農家の経営革新に資する稲作技術カタログに掲載され (農林水産省 2019), また, 一部の県や地域では普及に移っている (岩手県 2019; 徐 2018)。

一方, 実際の水田では, 常に風向・風速の異なる風が吹いており, 特に, 春先の水田では, 前作の藁や根, さらに藻等が風下側の畦畔沿いに堆積していることはよく目にする。これと同様に, ジャンボ剤を散布するとバック内の浮遊粒が風上から風下に移動しながら拡散していくことから, ジャンボ剤は圃場全周縁を歩かなくても, 風を利用した風上散布が可能で, 散布のための歩行距離を短くし, さらなる省力化になるのではないかと考え全国各地で検討を行った。

材料および方法

1. 試験水田と耕種概要

試験は, 2016 年 ~ 2018 年にかけて北海道, 青森県, 秋田県, 富山県, 新潟県, 茨城県, 三重県にある, 面積が 0.71 ~ 1.36 ha の大区画水田で行った。水田の形状は第 1 表に示した通りで, 大部分は長方形または正方形で, 一部は四角形や不整形等であった。各水田の耕種概要を第 1 表に示した。その他は, 試験地の慣行に準じた。

2. 薬剤散布

供試薬剤は, 一発処理除草剤のピラクロニル・プロピリスルフロロン・プロモブチド粒剤 (以後, PPB), イマゾスルフロロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・プロモブチド粒剤 (以後, IOPB) およびオキサジクロメホン・テフリルトリオン・ピラクロニル粒剤 (以後, OTP) で, いずれも浮遊性の粒が水溶性フィルムで包装された市販のジャンボ剤であり (協友アグリ 2019), 各々所定量 400 g (40 g × 10 パック)/10 a を散布した (第 2 表)。いずれの試験も慣行の除草体系に準じ, 初期剤と供試薬剤の体系処理, または供試薬剤の 1 回処理として行った。

ジャンボ剤の散布方法の基本は, 前報 (徐ら 2019) における圃場全周縁畦畔からの散布であるが (第 1 図 a), 本報での風上散布は, 風向きにより散布のための畦畔場所を変え, コの字 3 辺, 小コの字 3 辺, L 字 2 辺, 小 L 字 2 辺, 1 辺畦畔

* 本研究の一部は日本雑草学会第 57 回大会 (2018 年 4 月) において発表した。

協友アグリ株式会社

〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町 6 番 1 号山万ビル 11F

★ seo-seokweon@kyoyu-agri.co.jp

Seok Weon Seo[★], Youichi Hori, Tomohiko Souyama, Youjiro Urayama, Ryoichi Nishihara, Masashi Hamaya, Wataru Kudo, Hisayasu Kato, Atsushi Kudo, Masao Koide, Saki Yoshimura and Kouichi Otani: Application of some pyraclonil-containing throw-in type granule pack (Jumbo) herbicides from windward levee of 1 ha-scale paddy rice fields

Kyoyu Agri Co., Ltd., YamamanBldg. 11F., 6-1 Koami-chou, Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0016, Japan

(2019 年 8 月 13 日受付, 2020 年 9 月 22 日受理)

第 1 表 供試水田の形状および耕種概要

試験 番号	ジャンボ剤 散布方法 ¹⁾	試験 年度	試験圃場場所	圃場形状			品種名	使用苗	代掻日	移植日	減水深 (cm/日)	体系処理の有無	
				形	短辺 (m)	長辺 (m)	面積 (ha)					処理日 (日)	薬剤名
1	コの字 3 辺	2017	北海道岩見沢市	長方形	70	147	1.03	ななつぼし	成苗	5月12日 ²⁾	5月18日	<1	無
2	小コの字 3 辺	2016	青森県黒石市	正方形	100	100	1.00	まっしぐら	中苗	5月24日	5月30日	<1	無
3	L 字 2 辺	2016	北海道岩見沢市	五角形	41	133	0.71	ななつぼし	成苗	5月13日 ²⁾	5月19日	<1	無
4	L 字 2 辺	2016	北海道岩見沢市	長方形	59	161	0.94	ななつぼし	成苗	5月13日 ²⁾	5月19日	<1	無
5	L 字 2 辺	2017	青森県黒石市 ³⁾	長方形	100	100	1.00	まっしぐら	—	—	(5月8日) ⁴⁾	1<	BI ⁵⁾
6	L 字 2 辺	2017	富山県射水市	長方形	90	100	0.90	ゴシヒカリ	稚苗	5月5日	5月11日	<1	BBBM ⁵⁾
7	L 字 2 辺	2017	富山県射水市	長方形	90	100	0.90	ゴシヒカリ	稚苗	5月5日	5月11日	<2	BBBM ⁵⁾
8	L 字 2 辺	2017	三重県松阪市	長方形	100	107	1.07	あきたこまち	稚苗	4月8日	4月9日	1	無
9	L 字 2 辺	2017	三重県松阪市	長方形	100	103	1.03	あきたこまち	稚苗	4月8日	4月9日	1	無
10	L 字 2 辺	2018	富山県射水市	四角形	58	220	1.02	ゴシヒカリ	稚苗	5月7日	5月10日	1	BBBM ⁵⁾
11	L 字 2 辺	2017	富山県朝日町	長方形	50	194	0.97	ゴシヒカリ	稚苗	5月11日	5月14日	1~2	B ⁵⁾
12	L 字 2 辺	2018	新潟市西蒲原区	長方形	100	120	1.20	こしいぶき	稚苗	5月2日	5月5日	1	無
13	L 字 2 辺	2018	秋田県大湯村	長方形	70	150	1.05	あきたこまち	中苗	5月13日	5月24日	<1	P ⁵⁾
14	小 L 字 2 辺	2018	三重県松阪市	不整形	95	112	1.03	あきたこまち	稚苗	4月7日	4月9日	1~2	無
15	小 L 字 2 辺	2017	北海道岩見沢市	長方形	70	147	1.03	ななつぼし	成苗	5月12日 ²⁾	5月18日	<1	無
16	小 L 字 2 辺	2017	北海道岩見沢市	長方形	70	147	1.03	ななつぼし	成苗	5月12日 ²⁾	5月18日	<1	無
17	同 1 辺	2017	青森県黒石市	正方形	100	100	1.00	まっしぐら	中苗	5月25日	5月29日	1	無
18	短 1 辺	2018	北海道岩見沢市	不整形	59	124	1.19	ななつぼし	成苗	5月12日	5月19日	<1	無
19	短 1 辺	2018	茨城県水戸市	長方形	82	100	0.82	あきたこまち	稚苗	4月27日	5月1日	<1	無
20	短 1 辺	2018	富山県入善町	長方形	85	102	0.87	ゴシヒカリ	稚苗	4月28日	5月2日	1	B ⁵⁾
21	短 1 辺	2018	富山県入善町	長方形	103	133	1.37	ゴシヒカリ	稚苗	4月30日	5月4日	1	B ⁵⁾
22	同 1 辺	2018	三重県松阪市	正方形	98	98	0.96	あきたこまち	稚苗	4月7日	4月9日	1~2	無
23	長 1 辺	2018	富山市	長方形	100	136	1.36	てんこもり	稚苗	5月25日	5月28日	1~2	無

1) 散布方法は第 1 図に記載した通り。

2) 無代掻き栽培のため入水日を示す。

3) V 溝乾田直播栽培。

4) 播種日を示す。

5) 薬剤名 (有効成分・%)

BI: ビスピリバククナトリウム塩 (2.0%) 液剤。

BBBM: プロモブチド (9.0%)・ペンシルフロロメナル (0.51%)・ベンチオカーブ (15.0%)・メフエナセット (3.0%) 粒剤。

P: ペントキチザン (8.0%) 水和剤。

B: ブタクロール (10.0%) 粒剤。

第2表 各試験水田における供試薬剤、散布条件、散布方法ならびに薬害・除草効果調査日

試験 番号	ジャンボ剤 散布方法 ¹⁾	薬剤名 ²⁾	圃場 当たりの パック数 ³⁾	散布日	散布時の 雑草発生状況	散布時の 浮遊物 発生状況	散布時の 湛水深 (cm)	散布時の 風速 ⁴⁾ (m/秒)	散布 作業時間 ⁵⁾ (時間/人・ha)	薬害・除草 効果 調査方法 ⁶⁾	薬害調査日 (散布後日数)	除草効果調査日 (散布後日数)
1	コの字3辺	PPB	103	5月23日	発生前	無	8~10	5.7	—	B	6月2日 (10)	7月7日 (45)
2	小コの字3辺	IOPB	100	6月2日	発生前	無	10	10.6	—	A	6月22日 (20)	7月26日 (54)
3	L字2辺	IOPB	71	5月26日	発生前	無	4~6	9.8	—	C	6月3日 (8)	7月25日 (60)
4	L字2辺	IOPB	94	5月26日	発生前	無	4~6	9.3	—	C	6月3日 (8)	7月25日 (60)
5	L字2辺	IOPB	100	6月6日	発生前	無	10	2.0	—	A	6月20日 (14)	7月31日 (55)
6	L字2辺	IOPB	90	6月2日	ノビエ 1.5~2 葉	無	8~10	5.3	—	C	6月12日 (10)	7月18日 (46)
7	L字2辺	IOPB	90	6月2日	発生前	無	7~8	1.7	8分30秒	C	6月12日 (10)	7月18日 (46)
8	L字2辺	IOPB	107	4月21日	発生前	無	6~8	1.9	8分10秒	C	5月9日 (18)	6月28日 (68)
9	L字2辺	IOPB	103	4月21日	発生前	無	6~8	1.7	7分40秒	C	5月9日 (18)	6月28日 (68)
10	L字2辺	IOPB	102	6月5日	発生前	無	6~10	2.1	—	C	6月16日 (11)	7月24日 (49)
11	L字2辺	PPB	97	5月25日	ホタルイ 1.5 葉	無	7~10	3.2	—	C	6月16日 (22)	7月18日 (54)
12	L字2辺	PPB	120	5月8日	発生前	無	6~10	2.9	—	C	6月8日 (31)	6月26日 (49)
13	L字2辺	PPB	105	6月1日	発生前	無	6~10	2.9	—	C	6月17日 (16)	8月23日 (83)
14	小L字2辺	IOPB	103	4月20日	発生前	無	6~10	5.4	—	A	5月2日 (12)	6月14日 (55)
15	小L字2辺	PPB	103	5月23日	発生前	無	8~10	7.3	3分30秒	C	6月2日 (10)	7月7日 (45)
16	小L字2辺	PPB	103	5月23日	発生前	無	8~10	7.0	3分40秒	C	6月2日 (10)	7月7日 (45)
17	同1辺	PPB	100	6月5日	発生前	無	10~12	5.5	—	A	6月20日 (15)	7月27日 (52)
18	短1辺	PPB	119	5月22日	発生前	無	6~10	2.4	—	C	6月10日 (19)	7月18日 (57)
19	短1辺	IOPB	82	5月5日	発生前	無	6~10	4.0	3分40秒	A	5月15日 (10)	6月20日 (46)
20	短1辺	IOPB	87	5月24日	発生前	無	6~10	3.8	—	C	6月12日 (19)	7月24日 (61)
21	短1辺	IOPB	137	5月24日	発生前	無	6~10	2.8	—	C	6月12日 (19)	7月24日 (61)
22	同1辺	IOPB	96	4月20日	発生前	無	6~10	5.9	—	A	5月2日 (12)	6月14日 (55)
23	長1辺	OTP	136	6月4日	発生前	無	6~10	3.3	—	C	6月17日 (13)	7月24日 (50)

1) 散布方法は第1図に記載した通り。

2) 薬剤名 (有効成分・%)

IOPB: イマゾスルフロン (2.25%)・オキサジクロメホン (0.75%)・ピラクロニル (5.0%)・プロモブナド (22.5%) 粒剤。

PPB: ピラクロニル (5.0%)・プロピリスルフロン (2.25%)・プロモブナド (22.5%) 粒剤。

OTP: オキサジクロメホン (0.75%)・テフリトリオン (7.5%)・ピラクロニル (5.0%) 粒剤。

3) 1パックは 40 g。

4) 気象庁の当該市町での観測データ。

5) 「—」は記録無し。

6) 調査方法

A: 畦畔から 3 m 内側の内周を長辺と短辺の両方向に 2 等分した四角形の頂点の 9 地点で調査を実施。無処理枠設置。

B: 縦畦畔の 7 m 内側と横畦畔の 15 m の内側の内周を結ぶ頂点と、その対角線の交点の 5 地点で調査を実施。無処理枠設置。

C: 左右の長辺畦畔から 3 m 程内側の各 1 列の条間と、その間を 2 等分、または 3 等分する 1 列、または 2 列の、計 3 列または 4 列の条間について調査を実施。無処理枠設置無し。

第1図 ジャンボ剤の風上畦畔からの散布方法模式図

注) ■ジャンボ剤の投げ込みを行う畦畔部位, □投げ込みを行わない畦畔部位。

注) aは風向に関係なく、圃場全周縁畦畔から散布。

注) fに関して、長辺からは長1辺、短辺からは短1辺、長辺と短辺が同等な場合は同1辺畦畔散布とする。

散布とした(第1図b～f)。1辺畦畔散布は、さらに長辺からの散布の場合は長1辺、短辺からの場合は短1辺、短辺と長辺が同じ正方形の場合は同1辺畦畔散布とした。いずれも散布畦畔が風上になるようにしたが、3辺・2辺からの畦畔の場合は、いずれかの辺が風下になる場合も含まれる(第4図の試験番号8、第5図の試験番号1)。以下、「風上畦畔散布」という場合は、散布した畦畔の1辺ないしは2辺が風上であることを示す。各試験水田での散布は、1～4パックずつを、畦畔上を歩きながら所定数を本田に向かって2～6m先に投げ込んだ。試験番号7、8、9、15、16、19については、散布開始から散布終了までの散布時間を測定した。なお、いずれの試験水田とも、散布時の水深は4～10cmの間で、ジャンボ剤の拡散を妨げる藻・表層剥離の発生は見られなかった。

薬剤散布時には、圃場周囲からの観察により発生雑草とその生育ステージを記録した。

3. ジャンボ剤の拡散状況の観察

全試験水田について、ジャンボ剤散布後の水田内での拡散状況を確認するため、散布直後から1時間後の間に、田面におけるジャンボ剤からの溶出成分による拡散域の変化と、風下側の畦畔際へのジャンボ剤に由来する褐色または白色の浮遊物の漂着・吹き寄せの状況を観察した。

4. 有効成分の水中濃度の測定

1) 田面水の採取

有効成分の水中の濃度を測定するため4水田で田面水を採取した。3辺畦畔散布の試験番号1については散布72時間後、L字2辺畦畔散布の同8については散布2、5、21時間後、さ

らに小L字2辺畦畔散布の同15については散布1、72時間後、同じく16については散布72時間後に実施した。採水は、畦畔から3m内側の内周がなす四角形を縦横に各々2等分してできた四角形の頂点9地点から採水を行い(第4、5図)、有効成分ピラクロニルの分析に供した。採水は田面水を30mLのバイアル瓶に直接採水した後、冷蔵保存して1週間以内に分析に供した。分析は高速液体クロマトグラフにより行った(協友アグリ株式会社2014)。

2) 有効成分の水中濃度の分析

採取した田面水2mLにアセトニトリル2mLを加え、有効成分を超音波で10分間抽出し、抽出液を2500rpmで遠心分離を行い分析試料とした。

IOPBの分析については、カラムはYMC-Pack ODS-AM AM12S05-1506WT(粒子径5μm、内径6mm、長さ150mm)、移動相はアセトニトリル/メタノール/水=35/30/35をリン酸でpH3に調整、流量は1.0mL/min、カラム温度は40℃、波長は220nm、標準液0.2～10.0ppm(注入量10μL)で検量線を作成した。希釈試料注入量を200μLとした場合、ピラクロニルの保持時間は5.8分、検出限界は0.01ppmであった。また、PPBの分析については、移動相を0.1%リン酸水/アセトニトリル=50/50とした以外は上記のIOPBの分析と同じで、この場合ピラクロニルの保持時間は9.5分であった。

5. 除草効果および水稻への薬害の調査

供試薬剤散布前に田面水を高さ30cmのプラスチック板で仕切った無処理枠(50×50cm)を、試験番号1については水田中央の水尻側・中央部・水尻側の3ヶ所に設置した。また、試験番号2、5、14、17、19、22については、水田の対角線上の水口側と水尻側の2ヶ所に設置した。それ以外では無処理枠は設置しなかった。

除草効果の調査は、無処理枠を設置した試験水田のうち、試験番号1を除く水田では、畦畔から3m内側の内周を長辺および短辺の両方向に2等分した四角形の頂点9地点で行った。また、試験番号1では、長辺畦畔の7m内側と短辺畦畔の15m内側の内周がなす四角形の頂点と、その対角線の交点の5地点で調査を行った。散布45～55日後に雑草の発生本数を草種別に調査した。調査面積は1地点1m×1mの1m²とした。同時に無処理枠内の雑草の発生本数も調査した。

一方、無処理枠を設置しなかった試験圃場では、散布45～83日後に左右の長辺畦畔から3m程内側の各1列の条間と、その間を2等分、または3等分する1列、または2列の、計3列または4列の条間について全長を歩き雑草の発生本数を調査した。

水稻への薬害調査は、散布8～31日後に水稻の葉色、草高、株径を達観によって、無処理枠設置圃場では無処理枠内の稲株、また無処理枠未設置圃場では、隣接圃場の稲株と比較観察して評価した。

第3表 処理区における薬害の有無と雑草の草種別残草量の平均値（調査方法がAまたはBの圃場）¹⁾

試験 番号	ジャンボ剤 散布方法 ³⁾	残草量 (%) ²⁾										薬害の 有無
		ノビエ	ホタルイ 類	タマガヤ ツリ	コナギ	アゼナ類	イボクサ	ミゾ ハコベ	ガマ	他	合計	
1	コの字3辺		0 (14.0)			0 (16.0)			0 (6.0)		0 (36.0)	無
2	小コの字3辺	0 (10.0)	0 (2.0)	0 (8.0)	0 (22.0)	0 (316.0)					0 (358.0)	無
5	L字2辺	0 (4.0)		0 (24.0)		0 (96.0)					0 (124.0)	無
14	小L字2辺	0 (8.0)		0 (100.0)	0 (4.0)	0 (1104.0)					0 (1216.0)	無
17	同1辺		0 (12.0)	0 (10.0)		0 (170.0)		0 (248.0)		0 (0.5)	0 (440.5)	無
19	短1辺	0 (4.0)	0 (10.0)	0 (12.0)	0 (2.0)	0 (124.0)	0 (6.0)				0 (158.0)	無
22	同1辺	0 (18.0)	0 (2.0)	0 (28.0)	0 (6.0)	0 (218.0)					0 (272.0)	無

1) 調査方法は第2表の脚注6に示した。

2) 残草量：対無処理区比%（無処理区残草本数/m²）

3) 散布方法は第1図に記載した通り。

第4表 処理区における薬害の有無と雑草本数（調査方法がCの圃場）¹⁾

試験 番号	ジャンボ剤 散布方法 ²⁾	調査 条間数	条間長 (m/条間) ³⁾	除草効果		薬害の 有無
				残草本数 (本/条間)	残草種(本/条間)	
3	L字2辺	3	133	0		無
4	L字2辺	3	161	0		無
6	L字2辺	3	100	0		無
7	L字2辺	3	100	0		無
8	L字2辺	3	107	0		無
9	L字2辺	4	103	0		無
10	L字2辺	3	181～220	0		無
11	L字2辺	3	194	0		無
12	L字2辺	3	120	0		無
13	L字2辺	4	150	0		無
15	小L字2辺	3	147	0		無
16	小L字2辺	3	147	0		無
18	短1辺	3	124	0.7	ホタルイ類 (0.7)	無
20	短1辺	4	102	0		無
21	短1辺	4	133	9.3	クログワイ (3.0), タカサブロウ (2.8), チョウジタデ (1.1), カヤツリグサ (1.1), その他 (1.3)	無
23	長1辺	3	136	0		無

1) 調査方法は第2表の脚注6に示した。

2) 散布方法は第1図に記載した通り。

3) 短辺畦畔側の枕地部分を含む。条間は約30cm。

結 果

1. ジャンボ剤散布の所要時間

ジャンボ剤の散布時間は、試験番号7, 8, 9のL字2辺畦畔散布では1人で1ha当たり7分40秒～8分30秒、また、試験番号15, 16の小L字2辺畦畔散布と試験番号19の短1

辺畦畔散布では同じく3分30秒～3分40秒と、散布のための歩行距離が短いほど、散布時間は短かった（第2表）。

2. ジャンボ剤の拡散状況

ジャンボ剤は散布後15秒から30秒でパックが破れ、パック中の粒は周辺に拡がると同時に風下側に向かって流れていった。この過程で粒は崩壊を始めながら田面水と混ざり、

第2図 風上1辺畦畔散布後の田面に生じた消波域の境界

注) ジャンボ剤により田面に生じた消波域(矢印はその境界を示す)が風下畦畔に向かって拡大していく。左図は試験番号23の散布1分後、中図は同19の散布5分後、右図は同21の散布1分以内。

第3図 散布地点から風下側の畦畔に漂着した浮遊物と白濁

注) 左図は試験番号15の散布1時間後、中図は試験番号21の散布20分後、右図は試験番号23の散布20分後。矢印の先の褐色の浮遊物や白濁はジャンボ剤に由来する担体や増量剤等と見られる。

田面水は薄白く濁り、水面には褐色の浮遊物が認められた。水田全体を見渡すと、これらジャンボ剤に由来する成分が到達したと見られる部分は、水面のさざなみが打ち消されたように見える消波域と、その先の未到達部分との境が明瞭に視認され、その境界は時間の経過と共に風下側に移動した(第2図)。そして、全試験水田において、散布20分から1時間後には、散布畦畔から100 m以上離れた風下側の畦畔岸に褐色の浮遊物や白濁した吹き寄せ物があることを確認した(第3図)。なお、これらの浮遊物や白濁は、散布1～3日後には、大部分が消失していた。

3. 有効成分の水中濃度

L字2辺畦畔散布の試験番号8および小L字2辺畦畔散布の試験番号15では、ピラクロニルの田面水中濃度を経時的に調査した。いずれも、散布1ないし2時間後の早い時点で、全調査地点においてピラクロニルが検出されたが、水中濃度は水田内の場所によってばらつきが大きく、散布した風上側で低く、風下側で高かった。その後72時間後にはほぼ均一な濃度となり。試験番号15, 16, 1の平均値±標準偏差値は、 0.11 ± 0.03 mg/L, 0.13 ± 0.02 mg/L, 0.16 ± 0.02 mg/Lであった(第4, 5図)。

4. 除草効果と水稻への薬害

無処理枠を設置した試験水田と設置しなかった試験水田の発生雑草本数を各々第3, 4表に示した。全23試験水田中、21水田において雑草の発生は全く見られず(0本/m²)、また、試験番号18と21で極わずかにホタルイ類(*Scirpus* spp.)、

クログワイ(*Eleocharis kurogunwai* Ohwi)、タカサブロウ(*Eclipta prostrata* (L.) L)、チョウジタデ(*Ludwigia epilobioides* Maxim.)、カヤツリグサ(*Cyperus microiria* Steud.)等の残草が見られただけであった。なお、18と21で残草が見られたのは、田面が高く露出しやすい部分であった。

全水田においていずれの供試剤とも、散布直後に有効成分の濃度が高かったと考えられるジャンボ剤の投下地点や、散布1, 2時間後に濃度の高かった風下地点を含めた水田全体で水稻への薬害は見られなかった(第3, 4表)。

考 察

著者らは1 ha規模大区画水田におけるジャンボ剤の散布は、圃場周縁の全畦畔から行わなくても、風上からの3辺、2辺または1辺畦畔からの散布が可能で、これによりさらなる省力化につながるのではないかと考え、全国各地の23筆の1 ha規模大区画水田において、市販の3種のピラクロニル含有ジャンボ剤を供試して検討した。その結果、いずれの散布法も除草効果にむらがなく、薬害も観察されなかったことから、これらの散布方法は実用可能であることが示された。除草時間はL字2辺畦畔散布では1人で1 ha当たり7分～8分、また、小L字2辺畦畔および1辺畦畔散布では3～4分と、前報(徐ら2019)の全周縁からの散布に要した13分20秒～15分40秒よりもさらに省力となった。

ジャンボ剤の拡散に影響を及ぼす風は、常に風向や風速を変えて吹いている。また、田面水は風上から風下に向けて、

第4図 ジャンボ剤L字2辺畦畔散布後の田面水中のピラクロニル濃度 (mg/L)

注) ■ジャンボ剤の投げ込みを行う畦畔部位, □投げ込みを行わない畦畔部位。

①～⑨ 圃場内での採水位置。採水位置の白抜きは濃度が0.5mg/L以上を示す。

* 9地点のピラクロニルの水中濃度の平均値±標準偏差。

図中の矢印はジャンボ剤散布時の風向を示す。

第5図 ジャンボ剤小L字2辺畦畔散布および3辺畦畔散布後の田面水中のピラクロニル濃度 (mg/L)

注) ■ジャンボ剤の投げ込みを行う畦畔部位, □投げ込みを行わない畦畔部位。

①～⑨ 圃場内での採水位置。採水位置の白抜きは濃度が0.5mg/L以上を示す。

* 9地点のピラクロニルの水中濃度の平均値±標準偏差。

図中の矢印はジャンボ剤散布時の風向を示す。

時には波打ちながら次から次へと畦畔岸に押し寄せ、畦畔岸に行き当たると押し戻され、また、砕けて方々に流れを変えていく。特に強風の時には、風下に田面水が吹き寄せられ、風上では田面が露出することもあり、風が止むと元に戻る。さらに降雨があれば、雨粒によって水面が飛び跳ね攪乱されている。このように田面水は、絶えず水田内を循環して動いている。また、薬剤の有効成分は、濃度の高い所から低い所に拡散していく。ジャンボ剤を水田に投げ入れると、水溶性パックが溶解し、その中から放出された粒は徐々に崩壊しながら、有効成分、増量剤そして展着剤などの構成成分が水中に放出し、それぞれが田面水中を拡散していく。その過程は、増量剤などによる田面水の白濁、溶出した界面活性剤・増量剤などから形成される薄い膜によってさざなみが消えたよう

に見える消波域の変化、そして散布地点より100m以上離れた風下側畦畔岸への褐色の担体のコルク、白色の増量剤などからなる浮遊物の漂着という形で確認できた。

このようなジャンボ剤の目に見える拡散過程と連動して散布1時間から2時間後の調査では、有効成分ピラクロニルは水田内の隅々にまで拡散したが、濃度分布の偏りが確認できた。試験番号15（小L字2辺畦畔散布の2辺とも風上）での散布1時間後、また試験番号8（L字2辺畦畔散布の1辺は風下を含む）での2時間後の水田内のピラクロニル濃度は、風上よりも風下側で高い傾向が見られた。これは、ジャンボ剤中の粒が風上から風下に崩壊しながら押し流されていく中で、有効成分も同様に流れていく結果、風下側で濃度が高くなるためと考えられる。すなわち、視認可能なジャンボ剤構

成分の拡散過程と、目には見えない有効成分の水中拡散が同時に進行していることが示唆され、ジャンボ剤散布後の消波域の拡大や、ジャンボ剤に由来する浮遊物の水田内の移動を確認することが、風上散布における良好な拡散の目安となりうる。一方で、より強風時の散布の場合に懸念される過剰な吹き寄せにより極端な有効成分濃度の偏りが発生することも懸念されるが、この点については、さらに試験例数を重ねて検証していく必要がある。

散布1～2時間後に確認された有効成分の濃度の水中濃度の偏りは、その後時間の経過と共に小さくなっていき濃度の均一化が進んだ。72時間後、試験圃場1, 15, 16の平均値±標準偏差は各々 0.16 ± 0.02 mg/L, 0.11 ± 0.03 mg/L, 0.13 ± 0.02 mg/Lで、これまでに報告した4辺畦畔散布における48～72時間後の 0.15 ± 0.01 mg/L, 0.12 ± 0.04 mg/L, $0.21 \sim 0.04$ mg/L (徐ら 2016, 2019) とほぼ同様な値であった。このことは、水田内の有効成分濃度のばらつきは、全周縁畦畔散布と風上を含む3辺, 2辺, 1辺畦畔散布ではほぼ同じで、72時間後の有効成分の拡散には散布方法による違いは無いものと考えられる。

一方、3辺, 2辺とジャンボ剤散布のために歩く距離を短くした場合、4辺からの全周縁畦畔散布よりも畦畔から本田内に投げ込まれる1辺当たりのパック数が多くなり、水稻への薬害の危険性が高くなることが懸念された。例えば、風上1辺畦畔散布の場合は、4辺からの全周縁散布よりも4倍多く投げ込まれる。しかし、本研究では薬害は見られず、本散布方法の安全性が確認できた。これは、パック中の粒が田面に浮遊し風下に流れながら大量の田面水と混ざって希釈されていくためと考えられるが、この点については今後さらに詳細に解明したい。以上から、風上畦畔散布は、全周縁畦畔散布と同様に高い除草効果が得られ薬害もなく実用可能な散布方法と考えられる。

なお、今回供試したジャンボ剤の拡散について良好な拡散が得られた風速は、気象庁の観測データによると(気象庁)、2辺散布試験では $1.7 \sim 9.8$ m/秒、また1辺散布では $2.4 \sim 5.5$ m/秒であった。このことから、少なくとも $1.7 \sim 9.8$ m/秒の風速であれば、1 ha 規模大区画水田において、2辺または1辺省力散布は可能であると考えられる。これよりも風が弱い場合や強い場合は、拡散の不良や極端な吹き寄せが生じることも考えられるためデータの蓄積が必要である。なお、気象庁の風力階級によれば、風速が $1.6 \sim 3.3$ m/秒に相当する風は風力2の軽風で、陸上では「顔に風を感じる。木の葉が動く。」程度の風である。

本研究は、ジャンボ剤の散布時、その拡散を妨げる藻等の浮遊物が無い状態の試験結果であるので、これらの多発条件下での検討が必要である。また、向かい風となる風下からの散布についても、風の影響を把握しておかなければならない。

現在、これらの試験事例を重ねている。

大区画水田は田面の高低差がでやすく、水深が浅いと田面が露出しやすくなることや減水深、さらには水稻への冠水の影響を考慮して、ジャンボ剤散布時の水深は、本試験で採用したやや深めの6～10 cmが適当と考える。

ジャンボ剤の種類は多く、各剤の拡散性能には違いがあると思われるので、畦畔からの投げ込み散布を含め、風上からの2辺や1辺畦畔散布が、どの剤にも適用できるかは不明である。本散布方法で薬剤を散布しようとする場合は、薬剤毎の検証を重ね、その実用性の確認が必要である。

謝 辞

本研究を実施しする上でご協力を頂きました青森県産業技術センター農林総合研究所作物部の木村利行氏、三重県松阪地域農業改良普及センターの一見幸宏氏、茨城県水戸地域農業改良普及センターの関係各位に深く感謝申し上げます。また、本研究を開始する端緒、また、試験遂行上、種々のご配慮とご助言、激励を賜りました協友アグリ株式会社上園孝雄前社長、安藤 敏副社長、池田芳治常務に対して深く御礼申し上げます。

引用文献

- 本間豊邦・谷澤欽次・藤本昌彦・染谷進三・小浦誠吾 1998. 投げ込み型水稻用除草剤の製剤化―クサトリエースジャンボ・モゲトンジャンボ―. 雑草研究 43, 186–194.
- 岩手県 2019. 雑草防除, 岩手県植物防疫協会発行 2019 度岩手県農作物病害虫・雑草防除指針. 雑草 1–45.
- 気象庁. 過去の気象データ検索. <http://www.data.jma.go.jp> (2020 年 9 月 14 日アクセス確認)
- 協友アグリ株式会社 2014. 農業抄録「ビラクロニル (除草剤)」.
- 協友アグリ農業要覧 2019. 水稻除草剤, 25–108.
- 日本植物調節剤研究協会. 水稻除草剤の適正使用. <https://japr.or.jp/tekisei/> (2020 年 9 月 14 日アクセス確認)
- 農林水産省 2018. 平成 30 年度食料・農業・農村白書. https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h30/zenbun.html (2020 年 9 月 14 日アクセス確認)
- 農林水産省 2019. 担い手農家の経営革新に資する稲作技術カタログ. 防除関係, 1 ha 規模大区画水田における除草剤散布の省力技術. http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/info/inasaku_catalog.html#boujyo (2020 年 9 月 14 日アクセス確認)
- 徐錫元・千葉丈・高橋仁久・松本直剛・松田繁・西原良一・浜谷雅司・富田享博・池田芳治・安藤敏 2016. 1 ha 規模大区画水田における水稻除草剤ジャンボ剤の水田内に入らない畦畔からの投げ入れ散布. 東北の雑草 15, 6–10.
- 徐錫元 2018. 三重県松阪市東部の 1 ha 規模大区画水田における除草剤の省力散布. 雑草研究 63, 117–118.
- 徐錫元・高橋仁久・工藤航・浦山洋二郎・西原良一・濱谷雅司・松本直剛・松田繁・川瀬英夫 2019. 1 ha 規模の大区画水田における水稻除草剤ジャンボ剤の畦畔からの投げ込み散布. 雑草研究 64, 1–5.
- 吉沢長人・小澤啓男・則武晃二・竹下孝史・鴨居道明 1998. 水稻除草剤の投げ込み方式 (ジャンボ剤) による省力化施用技術の開発. 雑草研究 43, 181–185.