

ブームスプレーヤによる水田からの農薬の環境負荷低減効果

山本 幸洋 ・ 大谷 徹 ・ 在原 克之 ・ 松丸 恒夫

キーワード：ブームスプレーヤ, 水田, 農薬, ほ場外飛散, 農薬被ばく

I 緒 言

農薬は、戦後の食糧増産と農家経営の安定に大きく貢献してきた。今後、世界的には人口の大幅な増加による食糧不足、国内では生産者人口の減少とその高齢化が予想され、農薬が担う役割は依然大きいと考えられる。

しかし、農薬は、ほ場という開放系で使用される化学物質であるため、水や大気、土壌を介してほ場外へ流出し、人体や非標的生物へ影響を及ぼすことが懸念される。一方、病害虫及び雑草防除という農薬本来の目的から見ると、農薬のほ場外流出は、ほ場への農薬投入量の減少を意味し、防除効果が低下する要因となる。これらのことから、農薬のほ場外流出を抑制する技術開発とその効果の評価は、農薬による環境負荷低減と農薬の合理的使用を進める上で重要と考えられる。

水田からの農薬の流亡経路として農薬のほ場外飛散と散布後の水尻排水を介した水系への流出が挙げられる(金澤, 1992)。水田からの農薬のほ場外飛散量は散布位置が高いほど多くなることから(植田ら, 1988)、その量を低減する技術として水稻草冠から数十cmの位置に噴口があるブームスプレーヤによる農薬散布が考えられる。さらに、ブームスプレーヤによる農薬散布は、作業者と噴口との距離が離れること、作業者がほ場内を直接歩行しないことから、作業者の農薬被ばく量の低減化が期待される。

このような視点からブームスプレーヤによる農薬散布と他の散布法を比較した事例としては、現在までに日本植物防疫協会(1993)及び徳能(1994)による報告がある。両報告ともブームスプレーヤを用いることにより、農薬のほ場外飛散量と作業者の農薬被ばく量が低減したことを報告している。しかし、両報告は、いずれも対照区を畦畔ノズル(鉄砲噴口)としている。また、水尻排水を介した水系への流出に直接影響する田面水中濃度の比較は行っていない。

そこで、本研究では、ブームスプレーヤによる水田からの農薬の環境負荷低減効果を農薬のほ場外飛散量、農薬の田面水中濃度、作業者の農薬被ばく量の面から総合的に、また、数種の散布法と比較することで評価する。

本研究を実施するに当たり、千葉県農業大学校主幹梅本清作博士(元 千葉県農業試験場病理研究室室長)、千葉県福祉ふれあい財団主幹本間宏基氏(元 同昆虫研究室主任研究員)に多大なる御協力を賜った。また、生研機構生産システム研究部戸崎紘一氏、当センター企画情報室首席研究員鶴岡康夫氏には貴重な御助言を賜った。とりまとめに当たっては当センター企画情報室青柳森一室長に御校閲を賜った。ここに記して深く感謝の意を表する。

II 材料及び方法

1. 試験区の概要

(1) ブームスプレーヤと鉄砲噴口の比較(試験1)

試験日は1998年7月7日とし、試験場所は千葉県農業試験場(現千葉県農業総合研究センター)水田作研究室ほ場(ほ場面積54a)とした。水稻は、乾田直播栽培により品種「ひとめぼれ」を4月13日にドライブハローシードで播種した。試験時の平均草丈は72cmであった。

試験区は、ブームスプレーヤ(井関農機社製JK11-120GWT65、噴口：新広角直一頭口D-6型、26個、散布幅7.8m)により薬液を59.5L/10a散布するブームスプレーヤ区(面積42a)と、動力噴霧機に装着した鉄砲噴口(永田製作所製I.2型)により薬液を100L/10a散布する鉄砲噴口区(面積12a)とした。

散布は、ブームスプレーヤ区では水稻草冠から30cmの高さで鉛直方向に行い、鉄砲噴口区では水稻草冠から20cmの高さで水平方向に最大4mの範囲で行った。

供試農薬は、フルトラニル20%フロアブル剤(商品名：モンカットフロアブル)とし、薬液の希釈倍率は両区とも1,000倍とした。

(2) ブームスプレーヤーとパイプダスタ及び2頭噴口の比較 (試験2、3)

時期を変えて2回の試験を実施した。1回目は1999年7月23日に実施した(試験2)。試験場所と試験ほ場は試験1と同様である。水稻は、乾田直播栽培により品種「コシヒカリ」を4月15日にドライバローシードで播種した。試験時は出穂始めであり、平均草丈は86cmであった。

試験区は、ブームスプレーヤー(機種と噴口は試験1と同じ)により薬液を100L/10a散布するブームスプレーヤー区(面積15a)と背負式動力噴霧機に装着した20mのパイプダスタ(井関農機社製DIH32160)により粉剤を3kg/10a散布するパイプダスタ区(面積5a)、及び背負式動力噴霧機に装着した2頭噴口(永田製作所製ワイドセラミック自在2頭噴口)により薬液を100L/10a散布する2頭噴口区(面積2.9a)を設けた。散布は、ブームスプレーヤー区では水稻草冠の高さで鉛直方向に、パイプダスタ区では水稻草冠から30cmの高さで鉛直方向に、2頭噴口区では条間に噴口を差し入れ、水面の上方5~60cmの位置から水稻の側方に向けて行った。

ブームスプレーヤー区と2頭噴口区の供試農薬は、試験1と同じである。パイプダスタ区の供試農薬は、フルトラニル2%粉剤(商品名:モンカットファイン粉剤20DL)である。

2回目の試験は1999年8月9日に実施した(試験3)。試験場所と試験ほ場は試験1及び試験2と、水稻の品種、播種日等は試験2と同様である。試験時は穂揃い期であり、平均草丈は114cmであった。

試験区は、ブームスプレーヤー(機種と噴口は試験1と同じ)により薬液を90L/10a散布するブームスプレーヤー区(面積42a)と背負式動力噴霧機に装着した20mのパイプダスタ(噴口は試験2と同じ)により粉剤を3kg/10a散布するパイプダスタ区(面積5a)、及び背負式動力噴霧機に装着した2頭噴口(噴口は試験2と同じ)により薬液を100L/10a散布する2頭噴口区(面積2.9a)を設けた。散布は、ブームスプレーヤー区では水稻草冠の高さで鉛直方向に、パイプダスタ区では水稻草冠から30cmの高さで鉛直方向に、2頭噴口区では水稻草冠の高さで鉛直方向に行った。

ブームスプレーヤー区と2頭噴口区の供試農薬は、フェントエート50%乳剤(商品名:エルサン乳剤)とし、薬液の希釈倍率は両区とも1,000倍とした。パイプダスタ区の供試農薬は、フェントエート3%粉剤(商品名:エルサン粉剤3DL)である。

2. 農薬のほ場外飛散量、農薬の田面水中濃度及び作業者の農薬被ばく量の調査方法

全ての試験で農薬のほ場外飛散量と農薬の田面水中濃度を、さらに試験2と試験3では作業者の農薬被ばく量を測定した。

(1) 農薬のほ場外飛散量

ほ場外縁から0~5mの地点において地表から80cmの高さに直径9cmガラス繊維ろ紙(アドバンテック社製GA-100)を水平に設置し、ろ紙に付着した供試農薬量を測定した(第1図)。ろ紙を酢酸エチルで抽出し、脱水、濃縮後アセトンで1mLに定容し、GC/NPD(ヒューレット・パッカード社製HP-6890)法で定量した。

供試農薬散布時の風速、気温及び湿度は、携帯型気象観測装置(日本科学工業社製、クリモマスター風速計6511型)を用いて測定した。

(2) 農薬の田面水中濃度

田面水の採取日は、試験1で散布当日、及び散布から1、3、6、9、17日後、試験2で散布当日、及び散布から10、14日後、試験3で散布当日、及び散布から1、3、8、14日後である。分析試料は、田面水をステンレス製容器を用いて土壌が混入しないように採取し、約500mLをガラス容器に分取したものである。

分析は、試料100mLに10%の塩化ナトリウムを加え、酢酸エチルで転溶し、脱水、濃縮後アセトンで1mLに定容し、試験1ではGC/NPD(ヒューレット・パッカード社製HP-6890)法で、試験2と3ではGC/MS/SIM(ヒューレット・パッカード社製HP-5971)法で定量した。

(3) 作業者の農薬被ばく量

直径11cmのガラス繊維ろ紙(アドバンテック社製GA-100)を作業者の口(マスク)、胸、背、及び両肩に装着し、付着した供試農薬量を測定した。分析法は農薬のほ場外飛散量と同様である。

作業者の農薬被ばく量は、10a当りに換算して示した。また、パイプダスタ区では動噴保持者を作業者A、補助者を作業者Bとして示した。

III 結 果

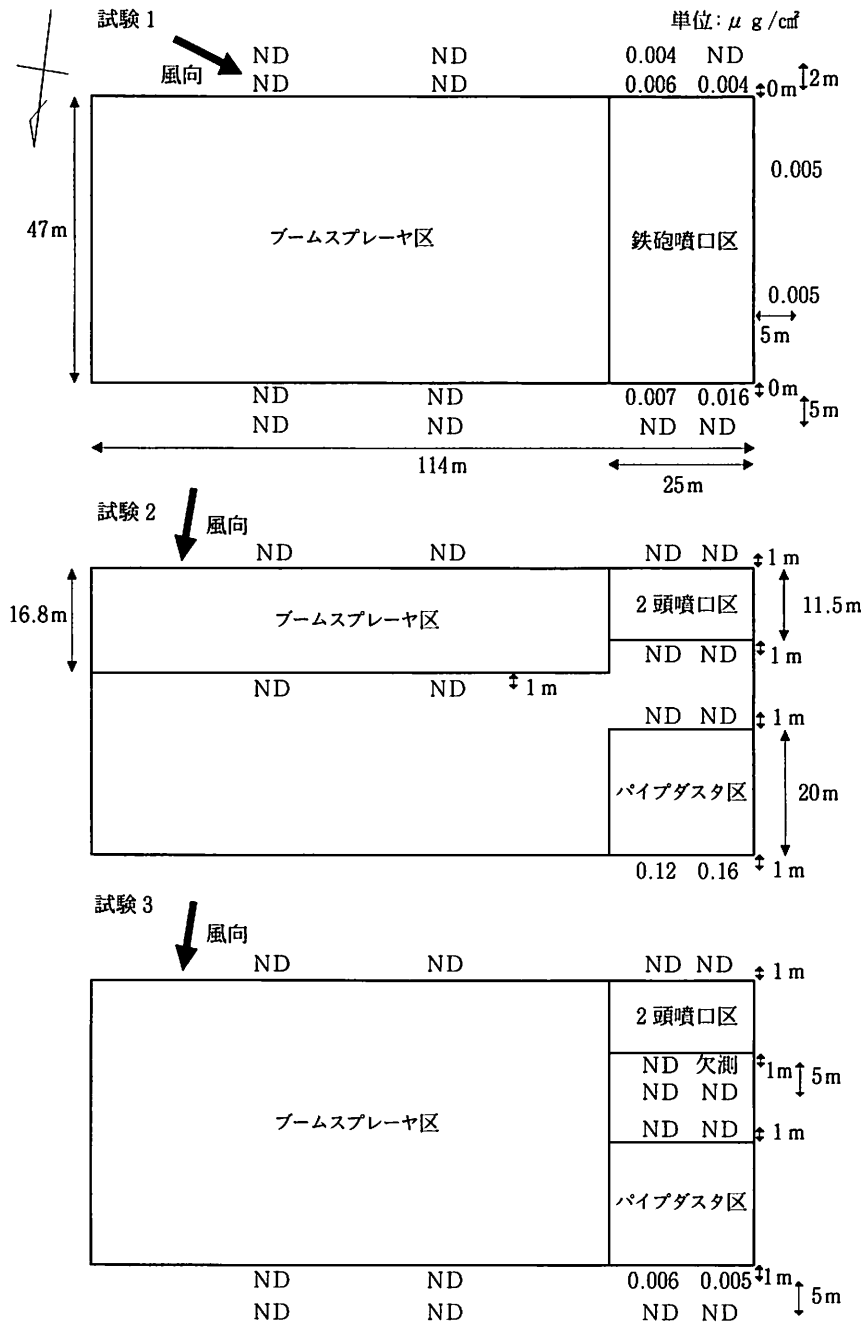
1. ブームスプレーヤーと鉄砲噴口の比較 (試験1)

試験時の平均風速は、ブームスプレーヤー区で1.04m/s、鉄砲噴口区で2.30m/sであった(第1表)。

鉄砲噴口区における農薬のほ場外飛散は、測定した10地点のうち7地点で認められた。農薬のほ場外飛散量が多かったのは、風下側のほ場に近接した地点であり、最高値は0.016 μ g/cm²であった。これに対し、ブームスブ

第1表 試験時の気象条件

試験名	試験日	試験区	風向	平均風速 (m/s)	気温 (°C)	湿度 (%)
試験1	1998/7/7	ブームスプレーヤ区	南東～東北東	1.04	32.8	57.3
		鉄砲噴口区	南東～東北東	2.30	27.5	76.9
試験2	1999/7/23	ブームスプレーヤ区	南	3.76	31.5	60.8
		パイプダスタ区	南	3.44	31.2	61.0
		2頭噴口区	南	4.54	31.3	60.0
試験3	1999/8/9	ブームスプレーヤ区	南	2.04	32.6	52.6
		パイプダスタ区	南	4.11	30.8	61.6
		2頭噴口区	南	3.37	30.6	60.4



第1図 農薬のは場外飛散量

注) 検出限界値は、試験1が $0.002\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、試験2が $0.02\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、試験3が $0.004\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。

レーヤ区は、全ての測定地点で検出限界値以下であり、鉄砲噴口区と比べて少なかった (第1図上段)。

農薬の田面水中濃度調査期間における田面水深の平均は、ブームスプレーヤ区が4.2cm、鉄砲噴口区が6.9cmであった。鉄砲噴口区における農薬の田面水中濃度は、散布当日で60.3 $\mu\text{g/L}$ 、その後低下して6日後で9.8 $\mu\text{g/L}$ 、17日後で2.3 $\mu\text{g/L}$ となった。これに対し、ブームスプレーヤ区は、散布当日で43.9 $\mu\text{g/L}$ 、その後低下して6日後で7.5 $\mu\text{g/L}$ 、17日後で1.5 $\mu\text{g/L}$ となり、鉄砲噴口区と比べて低かった (第2図上段)。

2. ブームスプレーヤとパイプダスタ及び2頭噴口の比較 (試験2、試験3)

試験2実施時の平均風速は、ブームスプレーヤ区で3.76m/s、パイプダスタ区で3.44m/s、2頭噴口区で4.54m/sであった (第1表)。

パイプダスタ区における農薬のほ場外飛散は、測定した4地点のうち風下側の2地点で認められ、最高値は0.16 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。2頭噴口区とブームスプレーヤ区は、全ての測定地点で検出限界値以下であった。ブームスプレーヤ区における農薬のほ場外飛散量は、パイプダスタ区と比べて少なかった (第1図中段)。

農薬の田面水中濃度調査期間における田面水深の平均は、ブームスプレーヤ区と2頭噴口区が4.1cm、パイプダスタ区が1.3cmであった。パイプダスタ区における農薬の田面水中濃度は、散布当日で42.7 $\mu\text{g/L}$ であり、その後低下して10日後で2.8 $\mu\text{g/L}$ 、14日後で1.5 $\mu\text{g/L}$ となった。2頭噴口区は、散布当日で74.5 $\mu\text{g/L}$ であり、その後低下して10日後で3.8 $\mu\text{g/L}$ 、14日後で1.9 $\mu\text{g/L}$ となった。これらに対し、ブームスプレーヤ区は、散布当日で322.5 $\mu\text{g/L}$ 、その後低下して10日後で17.5 $\mu\text{g/L}$ 、14日後で4.5 $\mu\text{g/L}$ となり、パイプダスタ区及び2頭噴口区と比べて高かった (第2図中段)。

パイプダスタ区における作業者の位置は、作業員Aが風下側、作業員Bが風上側であった。作業員の農薬被ばく量は、作業員Aで0.11~0.22 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、作業員BでND~0.09 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲にあった。2頭噴口区は、0.05~0.40 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲にあった。これらに対し、ブームスプレーヤ区は、全ての測定部位で検出限界値以下であり、パイプダスタ区及び2頭噴口区と比べて少なかった (第2表)。

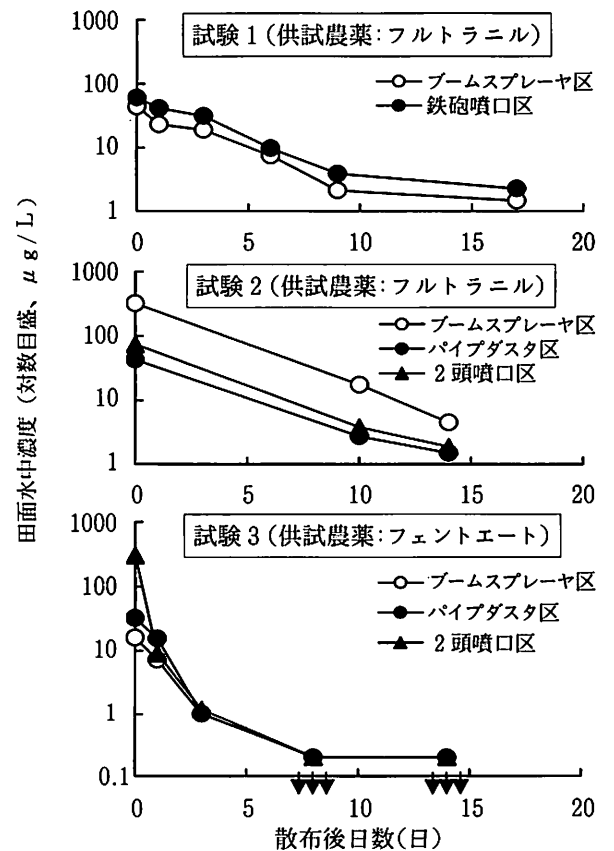
試験3実施時の平均風速は、ブームスプレーヤ区で2.04m/s、パイプダスタ区で4.11m/s、2頭噴口区で3.37m/sであった (第1表)。

パイプダスタ区における農薬のほ場外飛散は、測定した6地点のうち、風下側のほ場に近接した2地点におい

て認められ、最高値は0.006 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。2頭噴口区とブームスプレーヤ区は、全ての測定地点で検出限界値以下であった。ブームスプレーヤ区における農薬のほ場外飛散量は、パイプダスタ区と比べて少なかった (第1図下段)。

農薬の田面水中濃度調査期間における田面水深の平均は、ブームスプレーヤ区とパイプダスタ区が1.0cm、2頭噴口区が11.3cmであった。パイプダスタ区における農薬の田面水中濃度は、散布当日で32.4 $\mu\text{g/L}$ であり、その後低下して3日後で1.0 $\mu\text{g/L}$ 、8日後と14日後では検出限界値以下となった。2頭噴口区は、散布当日で301.2 $\mu\text{g/L}$ であり、その後低下して3日後で1.2 $\mu\text{g/L}$ 、8日後と14日後では検出限界値以下となった。ブームスプレーヤ区は、散布当日で16.2 $\mu\text{g/L}$ であり、その後低下して3日後で1.0 $\mu\text{g/L}$ 、8日後と14日後では検出限界値以下となった。ブームスプレーヤ区における農薬の田面水中濃度は、散布当日ではパイプダスタ区及び2頭噴口区と比べて低かったが、3日後以降では同等であった (第2図下段)。

パイプダスタ区における作業者の位置は、作業員Aが風下側、作業員Bが風上側であった。パイプダスタ区に



第2図 農薬の田面水中濃度
注) ↓印は、検出限界値 (フェントエート0.2 $\mu\text{g}/\text{L}$) 以下を示す。

第2表 作業者の農薬被ばく量

試験名	試験区	作業者の農薬被ばく量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) ¹⁾				
		口	胸	背	左肩	右肩
試験2	ブームスプレーヤ区	ND ²⁾	ND	ND	ND	ND
	パイプダスタ区A ³⁾	0.15	0.22	0.14	0.18	0.11
	パイプダスタ区B ⁴⁾	0.06	0.09	ND	0.05	0.05
	2頭噴口区	0.09	0.32	0.05	0.40	0.11
試験3	ブームスプレーヤ区	0.0008	0.0012	0.0007	0.0009	0.0012
	パイプダスタ区A ³⁾	0.028	0.016	0.019	0.020	0.049
	パイプダスタ区B ⁴⁾	0.032	0.015	0.020	0.019	0.010
	2頭噴口区	0.16	0.17	3.30	0.21	6.78

注1) 10aあたりに換算した値。

2) ろ紙1枚あたりの検出限界は、試験2で $0.009\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。

3) パイプダスタ区作業者A：動噴保持者、風下。

4) パイプダスタ区作業者B：補助者、風上。

おける作業者の農薬被ばく量は、作業者Aで $0.016\sim 0.049\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、作業者Bで $0.010\sim 0.032\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲にあった。2頭噴口区は、 $0.16\sim 6.78\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲にあり、特に背と右肩における被ばく量が多かった。これらに対し、ブームスプレーヤ区は、 $0.0007\sim 0.0012\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲にあり、パイプダスタ区及び2頭噴口区と比べて少なかった(第2表)。

IV 考 察

本研究において、ブームスプレーヤ区における農薬のは場外飛散量は、鉄砲噴口区及びパイプダスタ区と比べて少なかった。ブームスプレーヤ区における作業者の農薬被ばく量は、パイプダスタ区及び2頭噴口区と比べて少なかった。ブームスプレーヤ区における農薬の田面水中濃度は、試験1と試験3では他区と比べて同等もしくは低かったが、試験2では他区と比べて高く、はっきりした傾向が認められなかった。

試験1において、鉄砲噴口区で散布した農薬の有効成分量は $20\text{g}/10\text{a}$ であり、ブームスプレーヤ区の散布量 $12\text{g}/10\text{a}$ の約1.7倍に相当する。しかし、鉄砲噴口区における農薬のは場外飛散量は、最高で $0.016\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、ブームスプレーヤ区の測定値である検出限界値($0.002\mu\text{g}/\text{cm}^2$)以下の8倍以上に相当する。このことから、両区で散布した農薬の有効成分量の相違を考慮しても、ブームスプレーヤ区における農薬のは場外飛散量は、鉄砲噴口区と比べて少ないと考えられる。また、試験2において、パイプダスタ区で散布した農薬の有効成分量は、 $60\text{g}/10\text{a}$ であり、ブームスプレーヤ区の散布量 $20\text{g}/10\text{a}$ の3倍に相当する。しかし、パイプダスタ区にお

ける農薬のは場外飛散量は、最高で $0.16\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、ブームスプレーヤ区の測定値である検出限界値($0.02\mu\text{g}/\text{cm}^2$)以下の8倍以上に相当する。このことから、両区で散布した農薬の有効成分量の相違を考慮しても、ブームスプレーヤ区における農薬のは場外飛散量は、パイプダスタ区と比べて少ないと考えられる。

試験1において、ブームスプレーヤ区における農薬のは場外飛散量が鉄砲噴口区と比べて少なかった理由としては、両区の噴口の向き、及び噴口と水稻との距離の違いが挙げられる。すなわち、ブームスプレーヤ区では、水稻草冠から30cmの高さで鉛直方向に散布した。このため、薬液粒子は、噴霧圧と重力との合力により方向性を失うことなく水稻草冠より下部に到達したものと考えられる。これに対し、鉄砲噴口区では、水稻草冠から20cmの高さで水平方向に最大4mの範囲で散布した。このため、薬液粒子は、噴口と水稻との水平距離が大きいほど水稻草冠に達する以前に噴霧圧による運動エネルギーを失い、風によりは場外へ運ばれたものと考えられる。

試験2と試験3において、ブームスプレーヤ区における農薬のは場外飛散量と作業者の農薬被ばく量がパイプダスタ区と比べて少なかった理由としては、噴口の向きがいずれの区でも鉛直方向であることから、散布した薬剤の剤型の違いが挙げられる。すなわち、ブームスプレーヤ区で散布した剤型はフロアブル剤や乳剤といった液剤であったのに対し、パイプダスタ区で散布した剤型は散布時の凝集粒の見掛け比重が小さい粉剤であった(長澤・石井, 1971)。

試験2と試験3において、ブームスプレーヤ区における作業者の農薬被ばく量が2頭噴口区と比べて少なかった理由としては、作業者と噴口との距離、遮へい物の有

無、及び作業者と水稲との接触頻度の相違が考えられる。すなわち、ブームスプレーヤ区の作業者と噴口との距離は、最長で約4 m、最短でも約1.5 mであった。これに対し、2頭噴口区の作業者と噴口との距離は約1 mであった。さらに、ブームスプレーヤ区では、作業者と最も近接した噴口との間に発動機等が存在し、遮へい物の役割をしたものと考えられる。これらの理由により、ブームスプレーヤ区は、噴口からの薬液による直接的な被ばく量が2頭噴口区と比べて少なかったものと考えられる。また、ブームスプレーヤ区は、作業を操縦席で行うため水稲と接触しないのに対し、2頭噴口区では作業を常に水稲と接触する条間で行う。このため、2頭噴口区では、作業者と薬液が付着した水稲との接触による間接的な被ばくを受けたものと考えられる。また、試験3の2頭噴口区において背と右肩の被ばく量が特に多かった理由は、薬液タンクを作業者が背負う際にタンクが動揺し、薬液が漏洩したためと考えられる。

ブームスプレーヤ区における農薬の田面水中濃度が他区と比べてはっきりした傾向が認められなかった理由は、田面水に達する農薬量が散布位置や噴口の向き、農薬のは場外飛散量の多寡、水稲の生育状況等複数の要因により変化するためと考えられる。

以上から、ブームスプレーヤによる農薬散布は、鉄砲噴口及びパイプダスタによる散布と比べて農薬のは場外飛散量を減少させ、パイプダスタ及び2頭噴口による散布と比べて作業者の農薬被ばく量を減少させる効果があると考えられる。また、ブームスプレーヤによる農薬散布は、鉄砲噴口、パイプダスタ、及び2頭噴口による散布と比べて農薬の田面水中濃度を低減する効果が明確ではないと考えられる。

ブームスプレーヤによる農薬散布を導入する際に注意すべき事項としては、ほ場においてブームスプレーヤが安定して走行できる地耐力と方向転換するための枕地を確保することが挙げられる。また、ブームスプレーヤに

よる農薬散布は、他の散布法と比べて農薬の田面水中濃度を低減する効果が明確ではない。このことから、散布した農薬を排水路へ流出させないために、散布後数日間は水尻から排水しないことが重要と考えられる。

V 摘 要

ブームスプレーヤによる水田からの農薬の環境負荷低減効果を農薬のは場外飛散量、農薬の田面水中濃度、作業者の農薬被ばく量の面から鉄砲噴口、パイプダスタ、及び2頭噴口と比較することで評価した。ブームスプレーヤ区における農薬のは場外飛散量は、鉄砲噴口区及びパイプダスタ区と比べて少なかった。ブームスプレーヤ区における作業者の農薬被ばく量は、パイプダスタ区及び2頭噴口区と比べて少なかった。ブームスプレーヤ区における農薬の田面水中濃度は、他の試験区と比べてはっきりした傾向が認められなかった。

VI 引用文献

- 金澤 純 (1992). 農薬の環境科学. 11-22. 合同出版. 東京.
- 長澤正雄・石井義男 (1971). 農薬の化学. 155-160. 大日本図書. 東京.
- 日本植物防疫協会 (1993). 平成5年度乗用田植機装着式ブームスプレーヤ (パンクルスプレーヤ) に関する試験成績. 95-99. 日本植物防疫協会. 東京.
- 徳能愷八 (1994). 乗用田植機装着式ブームスプレーヤ (パンクルスプレーヤ) の研究・開発. 植物防疫. 48 : 207-210.
- 植田 博・花井義道・加藤龍夫 (1986). 水田における空中散布農薬の大気汚染. 横浜国大環境研紀要. 15 : 29-48.

Reducing Effects of Pesticides Application
by a Boom Sprayer in a Paddy Field
on Release to the Environment and Worker Exposure

Yukihiro YAMAMOTO, Tohru OHTANI, Katsuyuki ARIHARA and Tsuneo MATSUMARU

Key words : boom sprayer, paddy field, pesticide, drift, exposure

Summary

The application of pesticides by a boom sprayer in a paddy field was evaluated as a technique for reducing release to the environment and the exposure of workers. The amount of drift that occurred when using a boom sprayer was less than that when using a gun nozzle and pipe duster. Workers were exposed to less pesticides when a boom sprayer was used than when a pipe duster and double swivel nozzle were used. Dependence was not observed between the applicators and the concentrations of pesticides in surface water on the paddy field. These results suggest that application by a boom sprayer reduces drift and workers' exposure to pesticides.