

秋田県内の水田と汽水域における農薬残留調査について

玉田将文 小林貴司

秋田県内の水田で使用された農薬の環境への影響を把握するために、農薬の水田内での挙動と水田系外への流出実態について調査した。水田に散布された2種類の農薬は、水田水に溶解した後、土壌へ速やかに吸着し、大半が水田土壌中で消失した。本調査により算出した農薬流出率は、プレチラクロールが0.02%、ペントキサゾンが0.2%と非常に低い値であり、散布後の水田水を一定期間止水することで、農薬流出量は大幅に削減できることを示す結果であった。農薬の最終到達地点である汽水域でのモニタリング調査では、秋田県で使用されている主な農薬類は全ての調査地点で検出されなかった。

1. 緒言

農薬は、病虫害の防除や農作物の生長促進、除草等を目的とした薬剤であり¹⁾、その主な使用場所は、水田や畑地等の広域な開放系の環境である。そのため、農地で使用された農薬は、意図せずとも、隣接する河川へ自然に排出されてしまうことになり、公共用水域に生息する動植物への悪影響が懸念されている²⁾。特に、水田で使用された農薬は、畑地に比べて、排水とともに河川へ流出する割合が大きい³⁾ため、自然環境の生態系へ及ぼす影響も大きい可能性がある。

日本は、稲作を中心とした農業が盛んである。特に秋田県は、水田面積が約13万ha(全国第3位)であり、県内の農地全体に占める水田の割合が86.6%⁴⁾の日本有数の稲作地帯である。そのため、例年多くの農薬が使用されており、平成19年度には、6,320トン⁵⁾もの量が県内で販売された。これらの多くは水田で使用され、水田農薬が環境へ流出しやすいことも考慮すると、稲作地帯である秋田県での水田農薬の挙動や流出実態の把握は非常に重要である。これまで、秋田県での水田農薬調査について、おおよその排出量を算出するための広域的な調査⁶⁾は実施されているが、農薬散布量と排出量を正確に把握し、水田内の水や土壌中での農薬挙動を精密に調査した報告例はない。そこで当センターは、平成20年度に環境省主体の農薬残留対策総合調査に参加し、水田農薬の挙動と流出実態を把握するための調査を実施した。また、農薬の最終到達地点である汽水域での残留性を把握するために、秋田県沿岸で農薬類のモニタリング調査も実施したので、その結果について報告する。

2. 方法

2.1. 水田農薬精密モニタリング調査

農薬の水田内での挙動を把握するために、水と土壌中での農薬濃度変化について調べた。また、水田から系外への農薬流出量を算出するために、落水時の排水量とその農薬濃度について調べた。

調査対象水田は、他の水田からの影響を避け、散布した農薬量、排水量等を正確に把握するため、貯水池に隣接した1枚の水田とした(図1)。

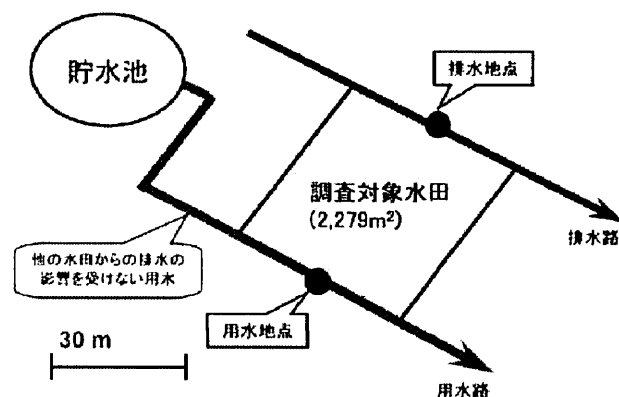


図1 調査対象水田の概略図

試料の採取は、農作業の日程に合わせ、表1に示す日程で行った。水田水試料、水田土壌試料は農薬散布日から連日採取し、落水時には水田排水試料を採取した。

調査対象農薬は、秋田県の水田で主に使用されている水稻用除草剤のプレチラクロールとペントキサゾンである(図2)。プレチラクロールは5月12日に120g、ペントキサゾンは5月19日に97.5g散布された。

水田水試料は、500 mL ガラス瓶に直接採取した。水田土壌試料は、複数箇所の表層をステンレ

スバットへ採取し、混合後に 500 mL ガラス瓶に詰めた。落水時の排水試料は、水面付近に設置した排水管から 1 L ガラス瓶に直接採取した。9 月 4 日に採取した暗渠排水は、水田土壌深層部での農薬濃度を評価するためであり、水田底部の排水管から排出される水を 1 L ガラス瓶に直接採取

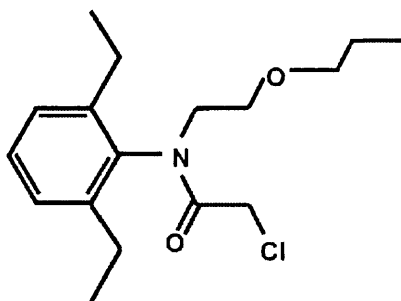
した。

試料採取時には、天候、気温、水温のほか、土壌の外観、色相、臭気を観察、計測した。落水時には、8 L のバケツを用いて排水量の計測を行った。

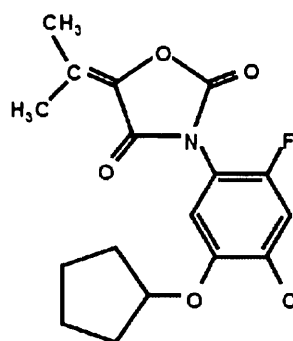
表1 農作業と水田試料採取の日程(平成20年度)

	5/7	5/12	5/13	5/14	5/15	5/19	5/20	5/22	5/26	6/2	6/9	7/28	9/4
農作業内容	代掻き	プレチラクロール散布				排水田ペン えトキサ ゾン散布						排水	排水暗 渠排水 *
プレチラクロール散布後の日数	-	0	1日後	2日後	3日後	7日後	8日後	10日後	14日後	21日後	28日後	77日後	115日後
ペントキサゾン散布後の日数	-	-	-	-	-	0	1日後	3日後	7日後	14日後	21日後	70日後	108日後

*暗渠排水:水田土壌浸透水の水田底部の管からの排水



プレチラクロール



ペントキサゾン

図2 水田に散布した農薬の化学構造式

2.2 試料前処理方法

採取した試料は、直ちに前処理を行った。前処理の方法は、農薬の多成分一斉分析法⁷⁾を参考にした。水田水試料および排水試料の前処理方法を図3に示した。試料水 500 mL をガラス繊維濾紙(ADVANTEC GC-50, 保留粒子径 0.5 μm)で濾過し、濾液を 3M 社製 Empore ディスク SDB-XD により固相抽出し、アセトン/酢酸エチル混合溶媒(1:1) 30 mL で溶出した。ガラス繊維濾紙上の残渣は、アセトン/酢酸エチル混合溶媒(1:1) 30 mL により超音波抽

出(30℃, 15 分)した。濾液と残渣の抽出液を合わせて濃縮し、無水硫酸ナトリウムによる脱水を行った。次に、濃縮液をグラファイトカーボン(GL サイエンス社製, InertSep Slim GC 400 mg)に負荷し、酢酸エチル 80 mL で溶出し、クリーンアップを行った。溶出液を 0.5 mL 以下まで濃縮し、シリンジスパイクとして 100 mg/mL の *p*-ターフェニル-*d*₁₄を 5 μL 添加後、酢酸エチルにより 0.5 mL に定容し、これを GC/MS の測定試料とした。

水田土壌試料の前処理方法を図4に示した。土

壤試料は、孔径 2 mm のステンレス製ふるいに通した後、100 mL 遠沈管に約 40 g (湿重) 秤取り、アセトン 25 mL による超音波抽出(30℃, 15 分)を 2 回行った。抽出液を遠心分離(3000 rpm, 10 分間)し、上澄み液を 1000 mL 分液ロートに移し、5 %塩化ナトリウム水溶液 400 mL を加えた。液液抽出はジクロロメタン 100 mL により行った。抽出液を濃縮後、酢酸エチ

ル約 50 mL を加えて再濃縮することで溶媒の転溶を行った。以後の操作は、水田水試料と同様に、クリーンアップ、内標準添加を行うことで測定試料の調製を行った。

農薬の測定は、GC/MS (Varian Saturn 2000) を用い、表 2 に示す条件で行った。

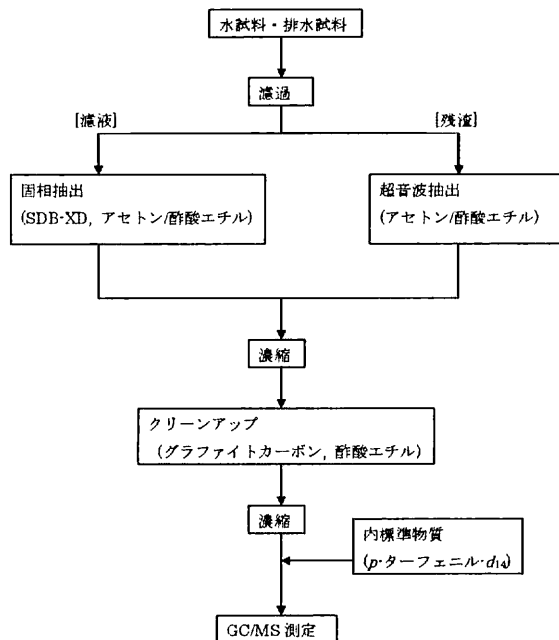


図 3 水試料・排水試料の前処理方法

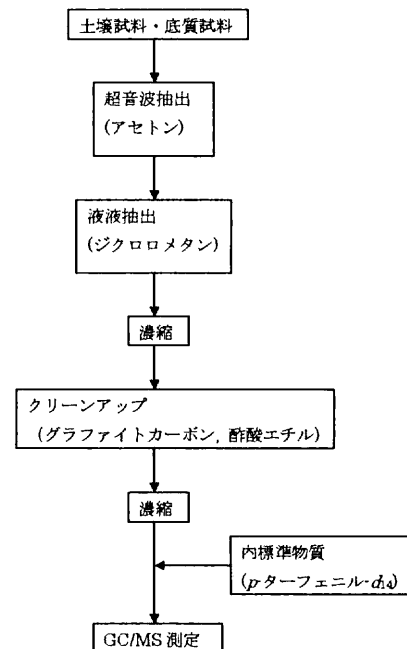


図 4 土壌試料・底質試料の前処理方法

表2 GC/MSによる農薬の測定条件

使用機器	GC/MS (Varian Saturn 2000) Scan Range 50-650 (m/z)
カラム	VARIAN FactorFour VF-5ms 5%フェニル95%ジメチルポリシロキサン液相 内径 0.25 (mm), 膜厚 0.25 (mm), 長さ 30 (m)
温度条件	カラム 60 °C (1 min)→20 °C/min→180 °C→10 °C/min→300 °C (21 min) 注入口 80 °C (0.2 min)→100 °C/min→280 °C (15 min)
キャリアガス (流量)	He (1.2 mL/min, Constant Flow)
イオン化法	EI
注入量	1 μL
注入方法	スプリット法

2.3 汽水域におけるモニタリング調査

秋田県内で使用されている主な農薬の汽水域での残留性を把握するために、20 種類の農薬を選定し、汽水域水試料および底質試料中の農薬濃度を調べた。

汽水域の調査地点を図 5 に示した。調査地点は、雄物川河口付近 (No.1)、追分沿岸 (No.2)、船越水道付近 (No.3) の 3 地点である。調査地点 No.1 は、県土の約半分の流域面積をもつ雄物川の河口付

近であり、調査地点 No.3 は、農業用水の調整池となっている八郎潟から淡水が流入している船越水道付近である。調査地点 No.2 は、No.1 と No.3 の中間に設定した。

調査期間は、4 月から 10 月 (9 月を除く) とし、月に 1 回、水試料と底質試料を採取した。

表 3 に調査対象農薬と定量下限値を示した。PRTR 秋田県データと県内販売量から、秋田県で使用され

ている主な農薬を13種類、そしてそれらのオキシソ
ン体（分解生成物）を7種類、計20種類を選定した。

水試料は10 Lのステンレス製バケツで表層水を
採取し、1 Lのガラス容器に入れた。底質試料はエ
クマンバー型採泥器を用いて複数回採取し、混合
後に500 mLガラス瓶に詰めた。試料採取時には、
天候、気温、水温、そして底質の外観、色相、臭気
を観察、計測した。採取した試料は、直ちに2.2と同
様の前処理を行い、測定試料の調製を行った。

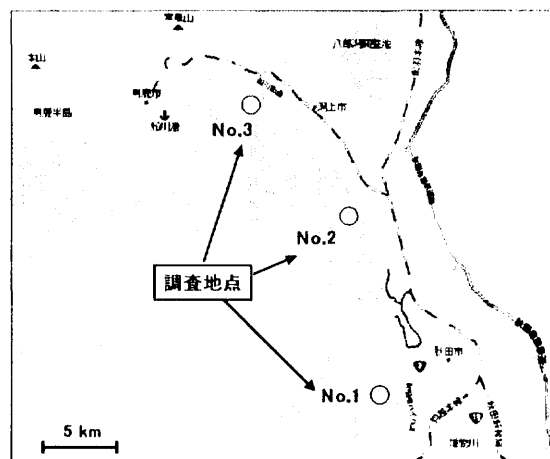


図5 汽水域調査地点

表3 汽水域での調査対象農薬とそのオキシソンの定量下限値

農薬	定量下限値		オキシソンの体	定量下限値	
	水試料 (μg/L)	底質試料 (mg/kg)		水試料 (μg/L)	底質試料 (mg/kg)
トリクロロホン	0.05	0.0006	ダイアジノンオキシソ	0.02	0.0003
トリフルラリン	0.02	0.0003	フェニトロチオンオキシソ	0.02	0.0003
ダイアジノン	0.02	0.0003	フェンチオンオキシソ	0.02	0.0003
エチルチオメトン	0.02	0.0003	フェンチオンオキシソスルホキシド	0.02	0.0003
クロタラニル	0.02	0.0003	フェンチオンオキシソスルホン	0.02	0.0003
フェニトロチオン	0.02	0.0003	フェンチオンスルホキシド	0.02	0.0003
エスプロカルブ	0.02	0.0003	フェンチオンスルホン	0.02	0.0003
プロベナゾール	0.02	0.0003			
フェンチオン	0.02	0.0003			
ジクロシメット	0.02	0.0003			
プレチラクロール	0.02	0.0003			
ペントキサゾン	0.1	0.0013			
シハロホップブチル	0.02	0.0003			

3. 結果・考察

3.1 水田農薬精密モニタリング調査

図6にプレチラクロールの水田水、水田土壌中
での濃度変化を、図7にペントキサゾンの水田
水、水田土壌中での濃度変化を示した。

プレチラクロールの水中濃度は、散布翌日に
398 μg/Lの最大値を示した後、急激に低下し、排
水日である7日後には3.11 μg/Lまで減少した。
土壌中濃度は、散布3日後に0.204 mg/kg-dryの
最大値を示した後、半減期7.4日のペースでゆっ
くりと減少した。

ペントキサゾンの水中濃度は、散布翌日に27.6
μg/Lの最大値を示した後、急激に低下し、14日
後には2.1 μg/Lまで減少した。土壌中濃度は、散
布3日後に0.097 μg/kg-dryの最大値を示した後、
半減期13.9日のペースでゆっくりと減少した。
土壌中濃度に着目すると、農薬散布後70日経過
しているにもかかわらず、0.01 μg/kg-dry検出され
ており、ペントキサゾンが水田土壌へ残留しやす

いことを示す結果となっている。

プレチラクロールとペントキサゾンの減少傾
向は共に、散布後に水中濃度が急激に減少、続い
て3日後に土壌が最大値を示し、その後はゆっく
り減少するという結果であった。この傾向は、薬
剤としての作用方式に関係しており、これらの農
薬が、一旦水中へ拡散した後、速やかに土壌表層
へ吸着し、除草効果を示す⁸⁾ように設計されて
いるためである。

表4に、水田排水中のプレチラクロールとペン
トキサゾンの濃度および排水量を示した。落水時
のプレチラクロールの濃度は、14.1 μg/Lであり、
公共用水域等における水質評価指針値40 μg/L⁹⁾
を下回っていた。

水田系外への農薬流出量を、排水中濃度と排水
量を積算し算出すると、プレチラクロールは25
mg、ペントキサゾンは220 mgであった。また、
農薬流出率を、実際の散布量を基に算出すると、
プレチラクロールは0.02%、ペントキサゾンは

0.2%であった。

本調査で算出したプレチラクロールの流出率0.02%は、秋田県内で同時期に行われた河川モニタリング調査で算出された流出率（2.2－18.6%）¹⁰⁾と比べて、低い値であった。河川モニタリング調査の流出率は、実際の環境中濃度を計測して算出した値であるため、より現実的に環境への農

薬の排出実態を示す値であり、本調査の流出率が非常に低く算出されたのは、散布後の水田水を一定期間止水し農薬濃度が十分に低下した後の排水を評価しているためである。よって、広範囲な水田群においても止水管理をより徹底することができれば、水田農薬の環境への排出量は大幅に削減できるものと考えられる。

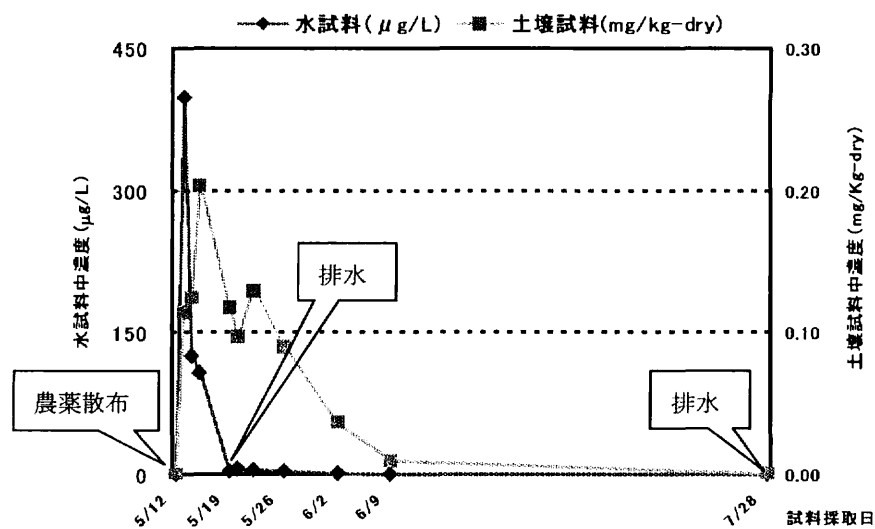


図6 プレチラクロールの水田水、水田土壌中での濃度変化

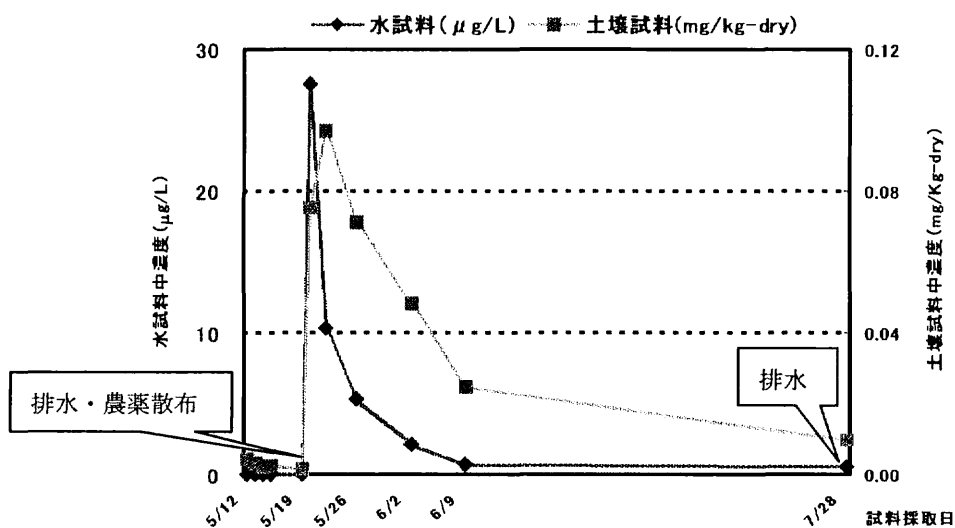


図7 ペントキサゾンの水田水、水田土壌中での濃度変化

表4 落水時の排水中農薬濃度および排水量

試料採取日	農薬濃度 (µg/L)		排水量 (L)
	プレチラクロール	ペントキサゾン	
5月19日	14.1	< 0.1	1,752
7月28日	0.06	3.3	66,000
9月4日	< 0.02	< 0.1	158
9月4日 *	< 0.02	< 0.1	100

*暗渠排水

3.2 汽水域におけるモニタリング調査

汽水域のモニタリングでは、全ての調査地点の水試料および底質試料から、秋田県内で使用されている主な農薬類（表 3）は、全く検出されなかった。これらの農薬は、河川を経由し、汽水域へ到達するまでに希釈・分解していると考えられる。

4. まとめ

県内の水田で使用された農薬の環境への影響を把握するために、農薬の水田内での挙動と水田系外への流出実態について調査した。水田に散布したプレチラクロールとペントキサゾン、水中に溶解した後、土壌へ吸着し、大半が水田土壌中で消失していることがわかった。本調査で算出した農薬流出率は、プレチラクロールが 0.02%、ペントキサゾンが 0.2%と非常に低い値であり、散布後の水田水を一定期間止水することにより、農薬流出量は大幅に削減できることを示す結果であった。

また、汽水域でのモニタリング調査では、秋田県で使用されている主な農薬は、全ての調査地点で検出されなかった。これらの農薬は、河川を経由し、汽水域へ到達するまでに希釈・分解されたと考えられる。

参考文献

- 1) 農林水産省：農薬取締法。
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S23/S23HO082.html>
- 2) 環境省：水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準について，2005。
<http://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html>
- 3) 丸論：水系環境における農薬の動態に関する研究，千葉県農業試験場特別報告，1991，18，1-62.
- 4) 農林水産省：平成 21 年耕地面積調査，2009。
http://www.maff.go.jp/toukei/sokuhou/data/kouti_09/kouti_09.xls
- 5) 全国農業協同組合連合会，農薬販売協会：平成 19 年度 農薬販売量（秋田県）。
- 6) 環境省：農薬残留対策総合調査，2005-2009。
<http://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/report2/index.html>
- 7) 前田恒昭ほか：環境化学物質の最新計測技術，リライズ理工センター，2001，309-322, 382-388.
- 8) 科研製薬株式会社：ペントキサゾン。
http://www.kaken.co.jp/nou_doubutsu/agro/gentai/pe ntokisazon.html
- 9) 環境庁：公共用水域等における農薬の水質評価指針，1994，環水土第 86 号。
- 10) 環境省：平成 20 年度農薬残留対策総合調査報告書（水田農薬河川モニタリング調査），2009，4-6.