

短報

## 水田地域における農薬の流出状況

松本源生・古閑豊和・森山紗好・藤川和浩・石橋融子・馬場義輝

水田で使用された農薬が降雨などにより河川に流出することから、河川に生息する水生生物への影響が懸念されている。そこで、福岡県内の宝満川流域において農薬の流出調査を実施した。流域の水田で使用されたフラメトピル、フィプロニル、チアジニル、ピロキロンの農薬 4 成分について、水田および河川における濃度変化を追跡した。各農薬は農薬散布直後に大雨があったにもかかわらず、河川における濃度は公共用水域における農薬登録基準値を下回った。

[キーワード：農薬、水田、流出、河川、cubic-spline、リスク評価]

### 1 はじめに

水田で 사용되는農薬は農業用水路を介して河川に流出する。農薬の標的生物は、河川に生息する甲殻類、水生昆虫、藻類と生物分類上近いため、農薬は河川の水生生物に高い毒性を持っている。実際、水田において散布から一週間は止水の遵守が農薬使用者に義務付けられているが、この期間は梅雨期に当たり河川への農薬流出のリスクが懸念されている<sup>1)</sup>。

福岡県では 6 月から 7 月にかけて県内の水質環境基準点および補助点 80 箇所において河川中の農薬濃度を測定しているが、期間中に 1 回の測定であるため、農薬の散布直後や大雨などによる流出を十分に捉えることはできない。今回、水田から河川への農薬流出実態を把握する目的で調査を行ったので報告する。

### 2 調査・分析概要

#### 2・1 調査地域

福岡県筑紫野市の阿志岐地区と吉木地区を本調査の対象地域(図1)とした。この地域は筑後川水系の宝満川の左岸に位置し、土地利用の大部分を水田が占めており、水稻栽培面積は 140 ha である。また、調査水田については、対象地域のほぼ中央で宝満川に近く、取水に使う用水路の水を宝満川から直接取水するもの(面積:38 a、栽培品種:元気つくし)を選定した。

水田の調査地点は図1 に示す 3 箇所、排水口1、排水口2、田面中を選定した。河川の調査地点は、阿志岐橋及び宝満橋の 2 地点とした。更に、用水路が河川と合流する直前の地点(合流前)も調査地点として選定した。

#### 2・2 調査期間

調査時期は 2013 年 6 - 7 月で、6 月 17 日から 28 日までの 12 日間および 7 月 16 日の計 13 回採水を行った。

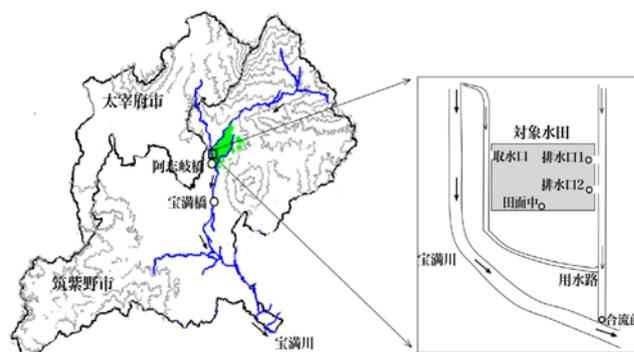


図1 調査の対象地域、対象水田および採水地点 —対象地域は灰色、採水地点は○で表記—

#### 2・3 水田の水位測定

対象水田では周囲 8 地点の水位を計測した。これらの値から貯水量を求め、水田面積で除することにより平均水位を算出した。

#### 2・4 対象農薬と物性

対象水田で散布された農薬は、殺菌殺虫剤としてブイゲットプリンスリンパー、除草剤としてコラトップジャンボの 2 種類であった。これら 2 種類の農薬製剤には、農薬成分としてフラメトピル、フィプロニル、チアジニル、ピロキロンが含まれている。各農薬成分の含有率および対象水田における使用量を表1 に示す。なお、使用量は農薬メーカー推奨の適正使用量を対象水田の面積で換算して求め

表1 農薬製剤中の農薬含有率と対象水田の使用量

農薬製剤	フラメトピル	フィプロニル	チアジニル	ピロキロン
ブイゲットプリンスリンパー	4.0%	1.0%	6.0%	
コラトップジャンボ				24.0%
対象水田の使用量	154 g	38 g	232 g	464 g

表2 農薬成分の物性値

	水溶解度 μg/L	溶出速度定数 /day	土壌吸着係数 m <sup>3</sup> /ton	加水分解性能	水中光分解性 (半減期)	密度 g/cm <sup>3</sup>
フラメトピル	2.2×10 <sup>5</sup>	1.1×10 <sup>-4</sup>	138	31日以上安定	19.6日	1.3
フィプロニル	3.7×10 <sup>3</sup>	1.5×10 <sup>-3</sup>	1125	安定	61分	1.7
チアジニル	1.3×10 <sup>4</sup>	-	1150	-	-	1.5
ピロキロン	4.6×10 <sup>6</sup>	2.5×10 <sup>-1</sup>	516	分解せず	51時間	1.3

(水溶解度: 25℃、溶出速度定数: 20℃、土壌吸着係数: 25℃下での平均、加水分解性: pH7, 25℃、水中光分解性: 自然水、25℃)

た。

各農薬成分は水溶解性、土壌吸着性、光分解性、生分解性などの物性について特有な値を有する。表2に、環境省水・大気環境局の農薬評価書<sup>2)</sup>から引用したデータを示す。ただ、溶出速度については農薬製剤に依存する数値であり、農薬メーカーはデータを公開していないため、バッチ法による溶出試験<sup>3)</sup>を実施し、(-ln(水溶解度-水中濃度)/時間)から算出した値を溶出速度定数とした。

### 2・5 農薬の散布状況

対象水田は地域で最も早い6月16日に田植えを行い、16日にブイゲットプリンスリンパー、22日にコラトップジャンボを散布した。一方、地域の大部分の水田は23日に田植えを実施し殺菌殺虫剤を散布した。ところで、対象水田の隣の水田も23日に田植えを行い、この日以降対象水田は隣の水田からの顕著な影響を受けていた。

### 2・6 農薬の分析方法

農薬の抽出・濃縮はSepPack PS-2カートリッジを用いた固相抽出法を採用した。農薬成分のうちフラメトピル、フィプロニルおよびピロキロンの同定・定量にはGC/MS(島津QP2010-PLUS)を、チアジニルの同定・定量にはHPLC(島津LC-10シリーズ)を用いた。

## 3 結果および考察

### 3・1 降水量

アメダス太宰府測定局の降水量を図2に示す。田植え前の雨の確認のため、6月14日から7月16日の降水量をグラフ化した。

6月20日、26日および7月6日は50mmを超える大雨、特に6月20日は12時間で120mmの多量の降雨

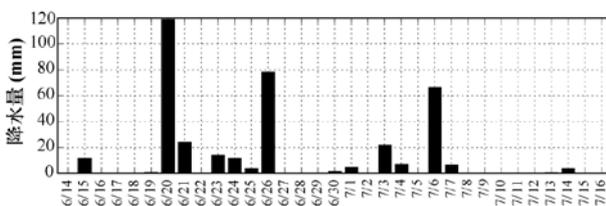


図2 調査期間の降水量

があった。また、6月23日から25日は雨が降ったり止んだりの天気であった。

### 3・2 水田における農薬の動態

#### 1) 地点間の濃度のバラつき

稲尾<sup>3)</sup>、伊藤<sup>4)</sup>は3-5地点の田面水を混合し、農薬分析を実施している。また、農業環境技術研究所の水田モニタリングのためのマニュアル<sup>5)</sup>には農薬分析のための必要な地点数について記載はない。そこで本調査の3地点の田面水の濃度差について検討した。

3地点の濃度は各日ともにバラつきが認められ、最大最小を示した地点は日によって、また農薬成分によっても異なった。図3に3地点における農薬濃度の最大値、最小値、平均値の経日変化を示す。6月18日のデータについては1地点の値しか得られなかったため、最大値、最小値はなかった。なお、チアジニルおよびピロキロンについては、未検出が多いため検討から除外した。

図3によると、最大値と最小値の濃度変化の挙動は類似しており、平均値は最大最小の中央値に近い。そのため、3地点の平均値で田面水の濃度を代表できると判断した。

#### 2) 時間変化特性

原田ら<sup>6)</sup>は農薬濃度の時間変化特性の検討に、3次の多項式関数で補間するcubic-splineの有効性を示しており、

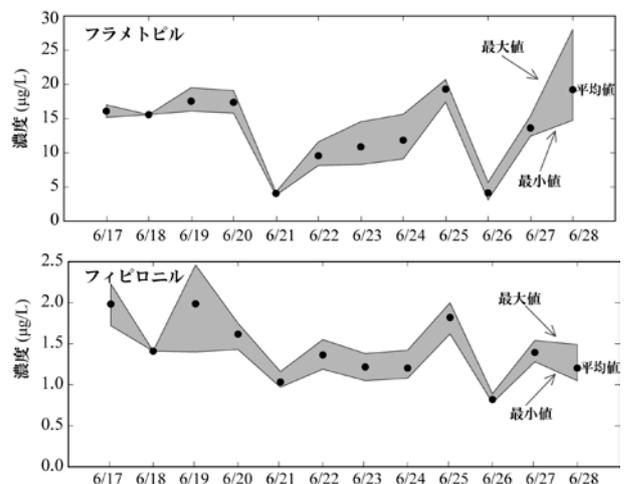


図3 田面水3地点の農薬濃度の平均値、最小値、最大値

本検討においてもcubic-splineを適用し滑らかな曲線を描いた。図4に各農薬成分の時間変化を示し、最上図には対象水田の日毎の平均水位を示す。

フラメトピルとフィプロニルの濃度は増減の傾向が似ており、水田に継続的に存在することを示した。これは、両者とも溶出速度定数が小さく、農薬製剤から緩慢に溶け出すためと考えられる。21日の急激な濃度減少は20日、21日にかけての大雨による水田貯水量の増加によるものと思われる。ただ、24日からの濃度上昇については、隣の水田から流入によるものである。

一方、チアジニルとピロキロンはスポット的な濃度変化を示した。

チアジニルは対象農薬の中で土壌吸着係数が最も高く、素早く土壌に吸着される。また、浸透移行性を持つ抵抗性誘導剤<sup>7)</sup>であるため、土壌に吸着したチアジニルは稲の根から吸収され、葉まで浸透が行き渡る。つまり、散布され

たチアジニルは速やかに土壌に吸着しさらに稲に浸透するため、スポット的な濃度変化パターンを示したと考えられる。

ピロキロンについては、対象水田における散布量が4成分中最も多いにも関わらず、濃度は4成分で最小であった。ピロキロンは吸収移行性に優れており、茎葉や芽から成分が直接吸収される<sup>8)</sup>。このため、使用量が多いにも関わらず水田水中濃度が低い値となったと考えられる。ただ、図4からは、ピロキサロンの濃度ピークが3回見て取れる。2回目のピークは対象水田にピロキサロンが散布された時期に一致していた。1回目と3回目のピークについては、それぞれ対象水田の田植え時期、隣の水田の田植え(対象水田への顕著な流入)時期に一致していたが、散布された農薬製剤にピロキサロンが含まれていたかは不明である。

### 3・3 河川における農薬モニタリング結果

#### 1) 時間変化特性

河川および合流前における農薬濃度の時間変化の検討においてもcubic-splineを適用した。各地点における農薬成分の時間変化を図5に示し、最上図に降水量を示す。なお、チアジニルは河川および合流前では検出されなかった。まず、全体的な傾向として、河川における濃度変化は、

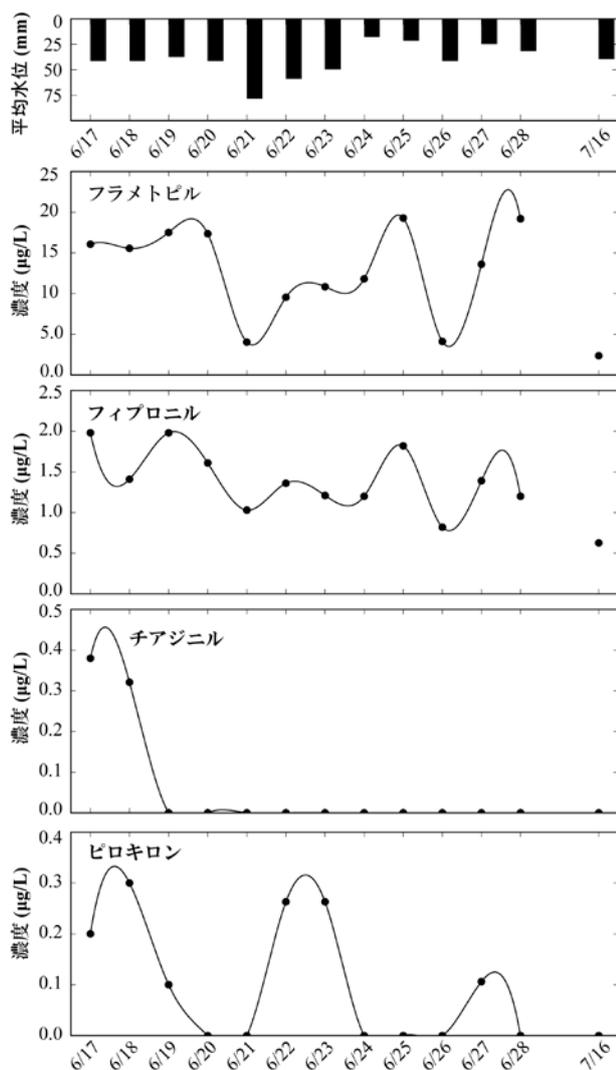


図4 水田における農薬濃度変化 (●:測定値、-:cubic-splineによる計算値)と平均水位

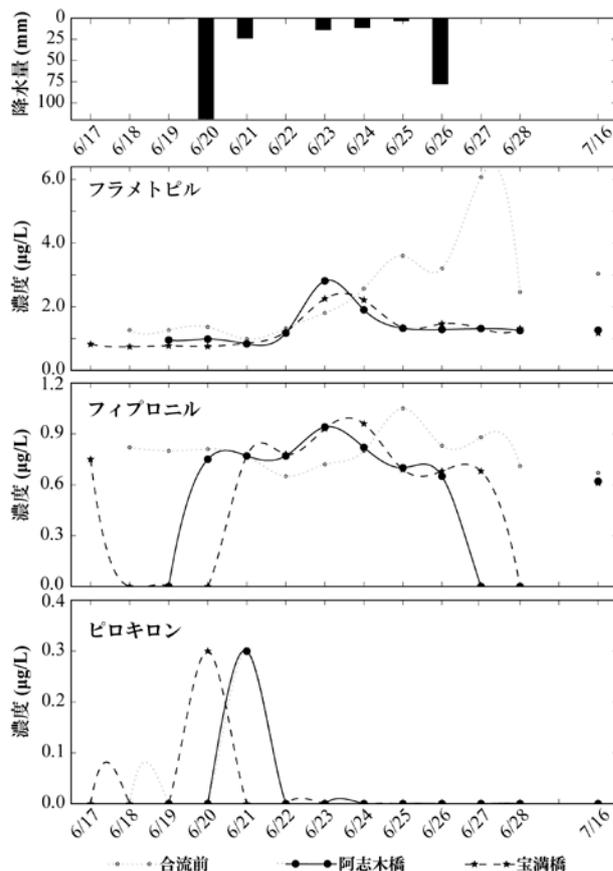


図5 河川および合流前における農薬濃度変化 (cubic-spline適用)と降水量

フラメトピルとフィプロニルは山型、ピロキロンはスポット型を示した<sup>9)</sup>。合流前については、河川と類似な変動を示す期間と水田と類似な期間が混在したが、農薬成分によって傾向が異なっており複雑な挙動を示した。

次に農薬成分ごとに見ると、河川におけるフラメトピル濃度は対象水田の濃度と比較して最大値で 1/7 程度であった。また、調査期間中に合流前と河川において 0.7 μg/L を下回ることとはなく、緩慢な濃度変化を示した。農薬製剤からの溶出が遅く、土壌吸着性が小さく、水溶解度が高いという性質は、濃度上昇の緩慢さ、環境中に長く滞留することと合致する。

河川におけるフィプロニル濃度は、対象水田の濃度と比較して最大値で 1/2 程度であった。大雨が降った 6 月 20 日と 26 日の間は濃度が上昇しており、河川の濃度は合流前の濃度とほぼ同程度で推移した。

ピロキロンについては、3・2(2)で示したとおり田面水で既に低濃度であり、河川においても最大で 0.3 μg/L であった。その最大値が出現したのも、6 月 20 日の大雨による一過性の流出と考えられる。

## 2) 水生生物への影響

河川に流出した農薬の水生生物への影響を確認するため、測定期間中の最大濃度を水産PEC(環境中予測濃度)および水生生物へのリスク評価値と比較した。

水産PECは標準モデル(標準的な農地、標準的な農薬散布)の仮定の下で計算した河川中の農薬濃度である。水生生物は急性毒性からダメージを受けることに対応して、水産PECは期間の最大値を採用している。

リスク評価値は、最大濃度をPNEC(予測無影響濃度)で除した値を用いた<sup>10)</sup>。なお、PNECとは魚類、ミジンコ、藻類の毒性値の最小値をアセスメント係数で除したものであり、本検討では“農薬登録保留基準の設定に関する資料”<sup>11)</sup>からそれぞれの急性毒性値の最小値を求め、これを急性毒性値に対応するアセスメント係数 100<sup>10)</sup>で除してPNECを求めた。リスク評価値である“最大濃度/PNEC”が 0.1 以上 1 未満のとき情報収集に努め、1 以上のとき詳細な評価を実施する候補と見なされる。

表3 に河川における調査期間中の最大濃度、公共用水域における登録保留基準値、水産PEC、“最大濃度/PNEC”を示す。河川における最大濃度は、阿志岐橋、宝満橋の両地

表3 河川における各農薬濃度と水生生物への影響

農薬名	最大濃度 (μg/L)		公共用水域における登録保留基準 (μg/L)	水産PEC (μg/L)	リスク評価値
	阿志岐橋	宝満橋			最大濃度/PNEC
フラメトピル	2.8	2.2	140	9.0	0.1
フィプロニル	0.94	0.96	19	0.3	1.1
チアジニル	未検出	未検出	-	-	-
ピロキロン	0.30	0.30	3300	30	< 0.1

点において登録保留基準値を下回っており、各農薬成分の安全性が確認できた。

しかし両地点とも、フィプロニルの最大濃度は水産PECを上回っており、フィプロニルの 最大濃度/PNEC は 1 を超えた。従って、詳細な評価を実施するため、調査継続の必要性が示唆された。

## 4 まとめと今後の課題

河川への農薬流出の実態把握のため、宝満川流域の水田地域において調査を実施した。今回対象としたフラメトピル、フィプロニル、チアジニル、ピロキロンの四つの農薬成分に関して、河川中の濃度は公共用水域における農薬登録基準値を下回ることが確認できた。

一方、河川においてはPNECを超える濃度の農薬が確認された。このため、今後も調査を継続して、対象とする農薬成分を拡張するとともに、河川への農薬流出率の算定なども試みる。

## 謝辞

本調査は福岡県農林業総合試験場の協力により実施された。関係各位に深謝致します。

## 文献

- 1) 渡邊裕純：水環境学会誌，35，8，244-248，2012.
- 2) 環境省 水・大気環境局，<http://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html>.
- 3) 稲生圭哉：農業環境技術研究所報告，23，2，27-76，2004.
- 4) 伊藤和子：栃木農試研報，51，29-36，2002.
- 5) 農業環境技術研究所：水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル 改訂版，2006.
- 6) 原田昌佳，小林裕子，吉田勲：鳥大農研報，545，5，29-34，2001.
- 7) 富田啓文：植物防疫，58，7，33-37，2004.
- 8) 住友化学の農業支援サイトi-農力，<http://www.i-nouryoku.com/prod/PDF/0890コラトトップリンパー粒.pdf>.
- 9) 吉田光方子，藤森一男：兵庫県立健康科学研究所紀要，2，6，28-35，2005.
- 10) 環境省 環境リスク評価室：化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン，2013.
- 11) 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，<http://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html>.

(英文要旨)

## **Runoff of Pesticides Around the Paddy Area**

**Gensei MATSUMOTO, Toyokazu KOGA, Sayo MORIYAMA,  
Kazuhiro FUJIKAWA, Yuko ISHIBASHI and Yoshiteru BABA**

*Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences,  
Mukaizano 39, Dazaifu, Fukuoka 818-0135, Japan*

Pesticides used in paddy fields are known to flow out to the river after occasional heavy rain, which carries a risk for some water creatures. To confirm this, we performed a daily measurement in a basin of Homan River. When Furametpyr, Fipronil, Tiadinil and Pyroquilonone were dispersed in a chosen paddy field, the maximum of concentrations were less than the pesticide registration standards. This confirmed pesticide safety in this area.

[Key words ; pesticide, paddy field, runoff, river, cubic-spline, risk assessment]