

水田除草剤の流出制御における適正圃場管理とその普及の提案

東京農工大学 大学院農学府 国際環境農学専攻 渡邊裕純

1. はじめに

近年、水田で使用された農薬の河川への流出については、飲料水汚染への懸念の面から（松井, 2008）、また河川や湖水の生態への影響の面から等、多くの調査研究がなされてきている。農業環境技術研究所による茨城県の一級河川・桜川での2001年度からの経年的調査では、河川中の水稲用農薬は使用方法や時期に対応して検出され、農薬検出実態の年次変動は農薬出荷量とほぼ一致している（石原ら, 2006；岩船ら, 2008）。桜川河川水中では18種の水田用除草剤が0～約9ppbの濃度で検出され、その河川中農薬濃度における藻類の成長への影響の可能性が指摘された（石原ら, 2006）。一方、農薬散布直後の水田流出水中の農薬濃度は千ppb以上（渡邊ら, 2007b）にまで達し、水田地帯を流れる小河川では数十ppb（渡邊・石原, 2007）に達することがある。茨城県つくば市の水田集水域では、田植え後約1ヶ月間の比較的高い濃度で除草剤が検出され、その間の大きな降雨流出に伴い多量の除草剤が流出する傾向にあった（渡邊・石原, 2007）。

2005年には農薬登録保留基準が改定され、農薬の水田から河川への流出と河川生態系への影響を考慮した上で、農薬等の流出管理対策を構築することが重要となってきた。また、農薬等の水系への流出の抑制に関して、2007年度

より農林水産省では、農薬の適正使用を更新し、水田での止水期間を4日から1週間程度へと延長した（農林水産省, 2007）。しかし生産現場の方では、農薬流出抑制の具体的な手法の研究や普及への取り組みが立ち遅れた状態である。環境先進地域米国カリフォルニア州では、1980年代半ばサクラメント川流域において、水田農薬が河川生態に与える影響を低減するために水田の止水管理の徹底を現地稲作農家に促し、河川中の水田農薬濃度の大幅な低減に成功した（Newhart, 2002）。

本稿では、先ず水田環境中の水稲用除草剤の動態及び除草剤の水田からの流出過程を整理する。その後モニタリング調査と農薬動態シミュレーションの結果を用いながら、農薬流出制御のための止水管理の重要性を確認し、止水管理期間中の具体的な圃場管理方法の評価とその提案を行う。

2. 水田除草剤の環境動態

2.1 水田環境中での除草剤の動態

水稲用除草剤は、現在さまざまな種類が販売されているが、ここでは一般的な粒剤を例に東京農工大学農学部附属F Sセンター・FM本町の水田圃場における2003年度農薬動態モニタリング調査の結果を用い、水田環境中での除草剤の動態について説明する。調査水田は、それ

ぞれ0.137ha (28mx49m) の2区画において、一方は自動灌水装置を用いて、灌漑水量ならびに圃場排水を制御した最適管理法としての止水管理 (AI区)、他方は、ワーストケースとしての常時灌漑排水 (掛流し) による管理 (CI区) をそれぞれの水田区画に設定した。

モニタリング期間の灌水は、AI地区では排水口の高さを7.5cmとし、自動灌水装置 (楽太郎, 日本システム) により行い、田面水深約2cmで灌水開始、田面水約4cmで灌水終了という設定にした。CI区においては、連日排水が行なわれるよう手動でバルブを調整し灌水を行った。CI区における田面の水尻の排水口の高さは2.5cmであった。

2003年5月12日の田植え後、5月27日にクミショットSM 剤 (4.5%のシメトリン4.5%のメフェナセット, 15.0%のチオベンカルブ, 2.4%のMCPBを含む) を1kg/10アールで散布を行い、薬剤散布前、散布後1, 3, 7, 14, 21, 28, 35日目に田面水及び排水を採水し、サンプル中のシメトリン, メフェナセット, チオベンカルブの濃度をガスクロマトグラフにより定量した (Watanabeら, 2007)。

モニタリング試験期間における最高濃度はシメトリンで0.95 mg/l (AI区)、チオベンカルブで0.60 mg/l (CI区)、メフェナセットで0.50 mg/l (AI区) であった (図-1)。AI区とCI区を比較すると、モニタリング期間中のほとんどで、AI区の3薬剤の濃度がCI区に比べて高い傾向にあった。CI区での大量の灌漑排水による田面水中の農薬の希釈が影響していると考えられる。またCI区では、水口付近での灌漑水による希釈の影響により区画内の平均濃度は水尻排水中の濃度より低い結果となった (渡邊ら, 2007b)。詳細はWatanabeら, (2007) を参照

されたい。以上のように、除草剤の田面水中の濃度は、一般的に散布後1日ないし数日でそのピークに達し、その後指数関数的に時間とともに減少する傾向にある。薬剤の種類や圃場管理により多少のばらつきはあるが除草剤散布後1週間から10日間は田面水の濃度が比較的高いといえる。このため、薬剤散布以後の除草剤流出管理の対策が重要である。

水稻用農薬の流出抑制に関して、2003年改正の農薬取締法では農薬の製品ラベルに表示されている3~4日の止水期間の遵守が義務付けら

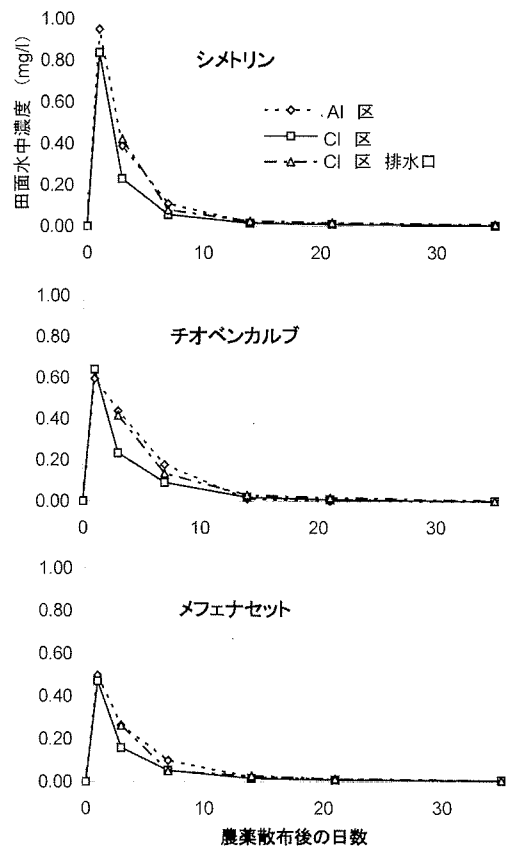


図-1 AI区およびCI区での田面水中の除草剤濃度の推移 (渡邊ら, 2007b)

表-1 水田除草剤の田面水中での半減期 (DT₅₀) および 90%減期 (DT₉₀) (Watanabe ら、2006)

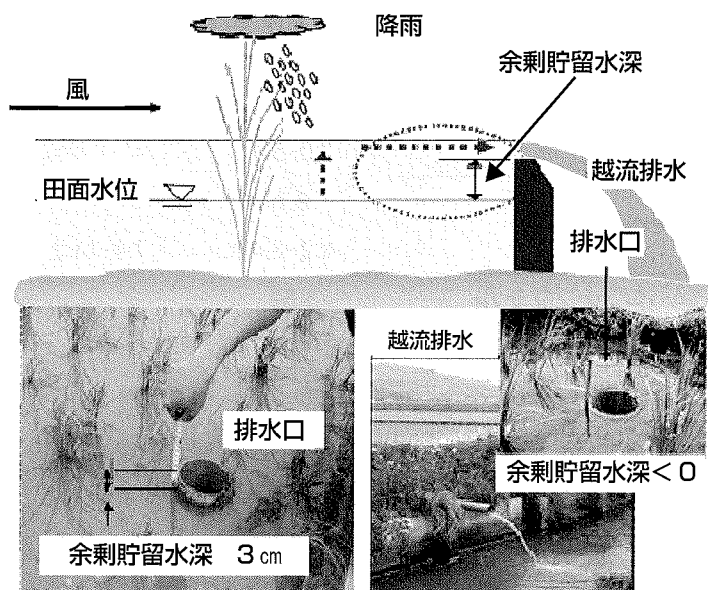
水田除草剤	DT ₅₀ (日)	DT ₉₀ (日)
モリネート	3.0-5.0	
チオベンカルブ	8.7 2.2-3.4	7.4-11.2
シハロフォブチル	1.82	
カフェントラゾンエチル	5.0-10.0	
プレチラクロール	3.0-3.6 3.3-4.1	
メフェナセット	1.8-3.4 2.8-3	6-9.7 9.4-9.8
ダイムロン	2.1	7
ピラゾスルフロンエチル	1.9 3.0-4.0	6.3
ベンスルフロンメチル	1.5-2.9 2.8 2.4-2.6	9.4 8.1-8.7
シメトリン	2.1-2.3	6.8-7.7

れたが、上述のように2007年からは1週間程度へと延長された。表-1に水田除草剤のモニタリング試験報告の中から、薬剤の散布後の田面水中での半減期 (DT₅₀) および90%減期 (DT₉₀) をまとめた (Watanabe ら、2006)。多くの薬剤で初期濃度の半分のレベルが2~5日ほどまで検出され、初期濃度の90%以上の消長が起こるのは7~10日ほどの期間であった (渡邊ら、2007b)。前節の実験結果と共に考慮すると、改訂された止水期間(1週間程度)は、水田からの農薬流出抑制にとって有効な対策であると考えられる。しかし、この対策を現場で普及し、実施することにより始めて、水環境中の農薬リスクが低減されることを忘れてはならない。

2.2 水田除草剤の流出の過程

除草剤等の農薬の流出対策の普及及び実施において、降雨や風等の天候や土壌環境に対応した水管理、土壌管理は非常に重要である。モンスーン気候の日本他アジア地域の水田では降雨を考慮し、またそれぞれの地域の稲作管理に合わせた水管理をする必要があり、技術的に多少複雑である。ここでは先ず、水田から農薬が流出する過程について整理してみる。

水田からの顕著な排水は、畦畔浸透、モグラや小動物により掘られた穴等からの漏水そして降雨時等の越流が主な要因と考えられる。図-2に降雨や強風により田面水が排水口から越流



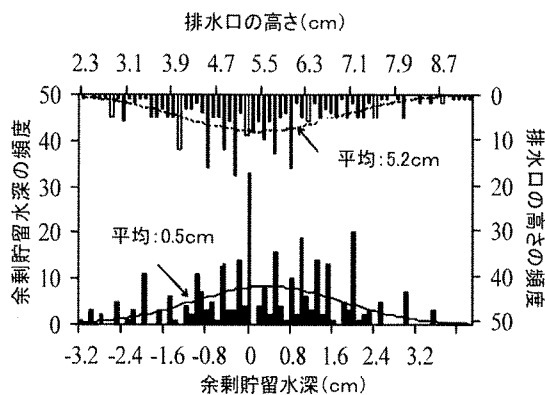
図－2 水田の余剰貯留水深に伴う田面水の越流とその抑制 (渡邊ら, 2007)

し、農薬が流出する過程が示されている。水田の田面水位と排水口の上端の差は、降雨時に雨水を貯留する余剰貯留水深となる。この余剰貯留水深がない場合(図－2右写真)、もしくは浅い場合、大きな降雨時や強風で田面水が排水口に吹き寄せられた場合などに、田面水の排水口からの越流が引き起こされる。田面水中の農薬濃度が高い場合には、その流出が河川水の農薬汚染につながる。しかし、余剰貯留水深が仮に3cm保たれていれば(図－2左写真)、3cm程の大きな降雨があったとしても、田面水の越流ないし農薬の流出を防ぐことができる(渡邊ら, 2007a)。以上のように、農薬散布後の十分な止水期間の実施が重要であることは言うまでもないが、特に日本他アジアのモンスーン地域での農薬流出制御においては、止水期間中の水田の水管理において、降雨の影響を考慮し、余剰貯留水深を十分に確保する灌漑排水管理を心がけることが重要であると考えられる。

一方、上述の農薬流出抑制のための水管理手

法を提言するに当たり、現場における水管理の状況把握を試みた。そこで、2005年に水田集水域の296筆の水田において、排水口の水田土壌表面からの高さ和田面水からの排水口の高さ、即ち余剰貯留水深を調査した(Vuら, 2006)。

図－3に296筆の水田における、排水口の水田土壌表面からの高さの頻度(上部)と余剰貯留水深(下部)の高さの頻度を示す。図中の線



図－3 水田の排水口の高さと余剰貯留水深 (渡邊・石原, 2007)

(実線および点線)は、それぞれのデータから得られた正規分布を示し、排水口の高さは平均5.2 cm、余剰貯留水深は平均で0.5 cmであった。また、余剰貯留水深が負の値を示すことは図-1 (右写真)のように越流排水が起きている状態を意味するが、本調査日(5月29日)において余剰貯留水深が0以下であった水田は調査した296筆のうち113筆であった(Vuら, 2006)。調査日の時点では、田面水中の農薬濃度がすでに減衰し、大きな農薬流出はなかったと考えられるが、もしこの状態が、農薬散布後1週間以内で行われていたならば大量の農薬流出が起こった可能性がある(渡邊・石原, 2007)。そのため、止水期間の設定、止水期間中の余剰貯留水深の確保が農薬流出抑制に有効であると考えられる。本調査地の水田群における水管理状況において、調査日は田植え数週間後の晴れた典型的な一日であったが、調査日が1日のみであり、決定的なデータとは言えない。しかし、日本植物調節剤研究協会の調査では除草剤処理後7日以内にも関わらず田面水が流出している事例が約2割の水田で見られ、その半分は掛け流しによるものであったと報告している(田中, 2008)。一方、水管理においては、地域的な水資源や気候、土壌や雑草防除の状況が影響し、現場に即した水管理方法を提案することが重要である。なお、筆者らは本調査中調査地区の農家から、たびたび農業排水の水質に関する質問を受けたが、調査地域における農家の水質に対する関心は高いと理解している。しかし、これまで環境や水質に関する情報の農家への伝達是十分とはいえない。今後、農薬流出抑制のための水管理の重要性を農家に理解していただき、水管理状況を改善するための普及活動を行う必要があると思われる(渡邊・石原, 2007)。

3. 水田除草剤の流出抑制のための適正圃場管理

前節では、水田環境における除草剤の動態、ならびに水田からの除草剤流出の過程とその要因を整理した。除草剤の濃度は一般的に散布後10日前後までの濃度が比較的高いので、その期間の止水管理が重要である。また、降雨時に伴う水田からの越流を抑制する余剰貯留水深の確保が除草剤流出抑制に有効な圃場での水管理方法であると考えられる。

本節では、筆者らが行ったモニタリング試験およびモデルシュミレーションの結果を用い、止水管理および余剰貯留水深の除草剤流出抑制効果について議論を行い、水田除草剤の流出抑制のための適正圃場管理を提案したい。

3.1 止水管理の除草剤流出抑制効果

止水管理の除草剤抑制効果において、ここでは東京農工大学農学部附属F Sセンター・FM本町の水田圃場における2001年度農薬動態モニタリング調査の結果を用い説明する。本モニタリング調査の方法は基本的に上述の2003年度調査と同じ手法で行い、止水管理区(AI)および常時灌漑排水のかけ流し区(CI)における農薬の動態及び流出の比較を行った。本試験では、使用製剤にザークD剤(3.5%のメフェナセット, 1.5%のダイムロン, 0.17%のベンスルフロンメチルを含む)を用い、サンプル中のメフェナセットとベンスルフロンメチル濃度をELISAキットを用いて定量した(Watanabeら, 2006)。

結果として、メフェナセットおよびベンスルフロンメチルの水田環境での挙動は、上述の2003年度試験の3薬剤に類似しており、田面水中除草剤平均濃度は散布直後に最高濃度(メフェナセット0.66 mg/l; ベンスルフロンメチ

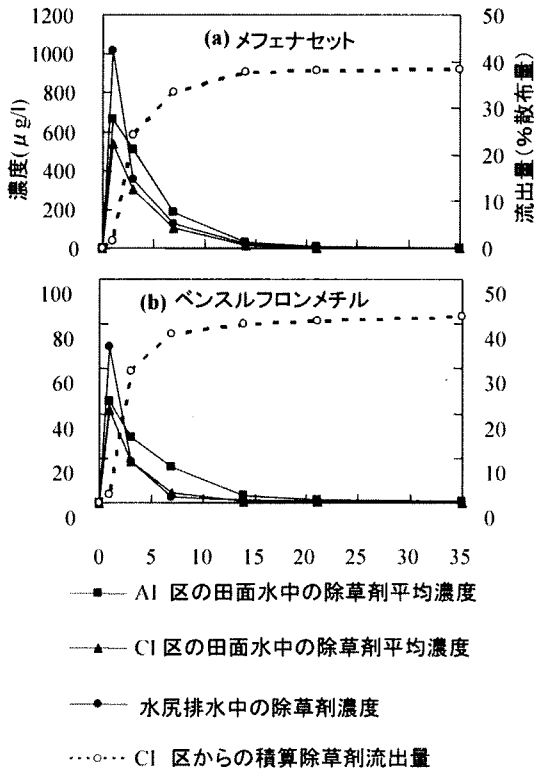


図-4 AI区およびCI区におけるメフェナセット (a) およびベンスルフロンメチル (b) の田面水中平均濃度、水尻排水中の濃度、CI区からの積算流出量 (Watanabe ら、2006)

ル 0.046 mg/l に達し、その後指数関数的に減衰していった。また、田面水の平均濃度は灌漑水による希釈効果を受けたCI区の濃度がAI区のそれよりも低かった。

農薬の流出においては、AI区は止水管理により流出はなく、CI区はかけ流し管理によりほとんど常時流出し、降雨時はさらに流出が多くなった。その結果、メフェナセットとベンスルフロンメチルのCI区からの流亡は散布量のそれぞれ38%と49%であった (Watanabe ら、2006; 渡邊ら、2007a)。尚、上述の2003年度試験では、モニタリング期間におけるシメトリン、チオベンカルブ、メフェナセットの総流亡

量はAI区ではそれぞれの散布量の3.8%、1.2%、2.7%であったが、CI区ではそれぞれ37%、12%、35%であった。

両モニタリング試験において、AI区は止水管理により流出が抑制されたが、CI区は常時灌漑排水の管理により、除草剤散布後約1週間程度、特に降雨時に急激に流出した。しかし、AI区では、十分な余剰貯留水深により、止水管理が行われていたため、大きな降雨時での圃場排水が少なく、農薬の流出が抑制されたといえる。

次に止水期間の長さや除草剤の流出抑制効果について、図-5に農薬動態シミュレーションモデルPCPF-1 (渡邊・高木、2000) によるシミュレーション結果を用い、止水期間の違いによる除草剤流出への影響を示した。止水期間以外には常時灌漑排水を行う水管理シナリオで、止水期間を0日から30日に変化させ、農薬の積算流出量を比較した。止水期間を設けずに常時灌漑排水管理を行うシナリオ (Con.Dr) では、農薬散布量の約30%が流亡すると計算され、先述の試験結果と同様の状況になった。以前規定されていた止水期間4日のシナリオでは、約25%

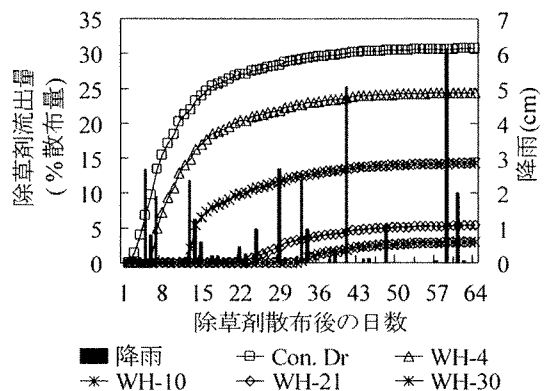


図-5 止水期間 (WH) の違いによる農薬流出への影響 (Con.Dr. は常時排水またはかけ流し灌漑、WH-4 ~ WH-30 は止水期間4日~30日) (渡邊ら、2007a)

の農薬流亡が生じ、10日の場合は約14%と計算された。このシミュレーション結果は、田中(2008)が報告した圃場実験の結果とほぼ一致している。以上のことから、常時灌漑排水を行う掛け流し等の水管理は除草剤流出の懸念からその回避が指導されるべきである。また、現行の止水管理期間(1週間程度)が現場にて実施された場合、除草剤の流出抑制が期待できる。

3.2 余剰貯留水深

本節では、再度PCPF-1モデルによるシミュレーションを用い、余剰貯留水深の違いによる除草剤の流亡への影響を比較した。シミュレーションに適用された三つのシナリオは、排水口の高さが6cmである水田圃場において、1) 田面水深4cmから6cmの間で灌漑を行い(水深が4cmになったら6cmまで灌漑を行う)、灌漑直後の余剰貯留水深(EWSD)が0cmのシナリオ、2) 田面水深3cmから5cmの間で灌漑を行い(水深が3cmになったら5cmまで灌漑を行う)、灌漑直後の余剰貯留水深(EWSD)が1cmのシナリオ、3) 田面水深2cmから4cmの間で灌漑を行い(水深

が2cmになったら4cmまで灌漑を行う)、灌漑直後の余剰貯留水深(EWSD)が2cmのシナリオである。図-6のシミュレーション結果において、灌漑直後の余剰貯留水深(EWSD)が0cmのシナリオでは、まとまった降雨が降るたびに農薬が流出し、全流出量は散布量の約7%近くに上った。一方、灌漑直後の余剰貯留水深(EWSD)が2cmのシナリオでは、初期の大きな降雨では多少排水が見られたが、それ以降は大きな降雨時の農薬流出が制御でき、全流出量は散布量の約2%近くに留まった(渡邊ら, 2007a)。本シミュレーションの結果により余剰貯留水深(EWSD)と農薬流出の関係および農薬流出抑制における余剰貯留水深の効果を多少イメージすることができる。

次に、2004年度、及び2005年度に東京農工大学農学部附属FSセンター・FM本町の水田圃場にて実施された農薬動態モニタリング調査の結果を用い、余剰貯留水深と除草剤流出抑制の効果について議論を行う。これらの試験も上述のモニタリング試験と基本的に同じ製剤および手法で行われ、2004年度は、余剰貯留水深が3cmと1cmの処理区(Thaiら, 2006)、2005年度は2cmと0cmの処理区をそれぞれモニタリングを行った(Thaiら, 2008)。尚、2005年の圃場は138m²の2つの実験圃場で行った。

2004年度、圃場1(余剰貯留水深3cm)と圃場2(余剰貯留水深1cm)のモニタリング期間中の総排水量は0.16cmと4.63cmであった。余剰貯留水深が3cmの圃場1では、顕著な排水は起こらなかったが、余剰貯留水深が1cmの圃場2では、農薬散布後4, 7, 9日目のまとまった降雨に対応して0.95cm, 2.16cm, 1.14cmの排水が起こった。同様に2005年度は圃場1(余剰貯留水深2cm)と圃場2(余剰貯留水深0cm)の

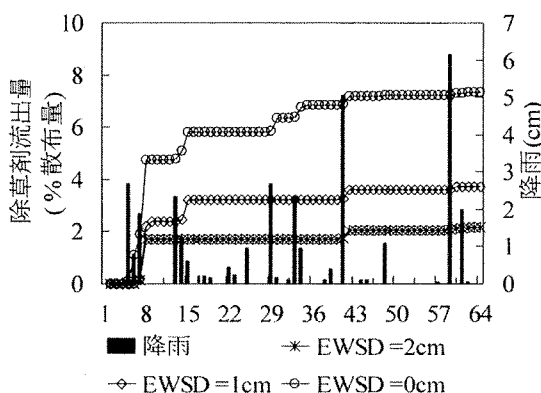


図-6 田面水の余剰貯留水深(EWSD)の違いによる農薬流出への影響(渡邊ら, 2007a)

モニタリング期間中の総排水量は4.8 cmと19.8 cmであった。余剰貯留水深が2 cmの圃場1では、農薬散布後14日目の6.3 cmの降雨に伴い顕著な排水(3.19 cm)が起こったが、余剰貯留水深が0 cmの圃場2では、農薬散布後2, 4, 7, 9, 14, 19日目の2 cm以上の降雨に対応して頻繁に排水が起こった。

2004年度のモニタリング試験期間における最高濃度は、シメトリンで496 $\mu\text{g}/\ell$ (圃場1)、チオベンカルブで247 $\mu\text{g}/\ell$ (圃場2)であった。また2005年度における最高濃度は、シメトリンで595 $\mu\text{g}/\ell$ (圃場2)、チオベンカルブで304 $\mu\text{g}/\ell$ (圃場1)であった。何れの年も余剰貯留水深の違いによる田面水中の除草剤濃度の違いは顕著ではなかった。

結果として、2004年度の圃場1(余剰貯留水深3 cm)と圃場2(余剰貯留水深1 cm)のモニタリング期間中の除草剤の総流出量はシメトリンが、それぞれ0.2%と6.7%であり、チオベン

カルブが、それぞれ0.05%と1.26%であった。一方2005年度の圃場1(余剰貯留水深2 cm)と圃場2(余剰貯留水深0 cm)のモニタリング期間中の除草剤の総流出量はシメトリンが、それぞれ0.7%と18.1%であり、チオベンカルブが、それぞれ0.1%と3.7%であった。

図-7に2004年度及び2005年度の水田圃場からの除草剤流出量と余剰貯留水深(EWSD)の関係を示す。これらのモニタリング試験では、除草剤流出量は、余剰貯留水深が増加するとともに指数関数的に減少していく傾向にあった。シメトリンはチオベンカルブに比べ流出量が大きく、シメトリンの水溶解度が高いこととチオベンカルブの水/有機炭素・分配係数(K_{oc})の値が高いことと関連があると考えられる。ただし、他の薬剤ではこの限りではない(Thaiら, 2008)。

以上のように、農薬流出抑制に関して水田の余剰貯留水深の重要性が示唆された。田面水深

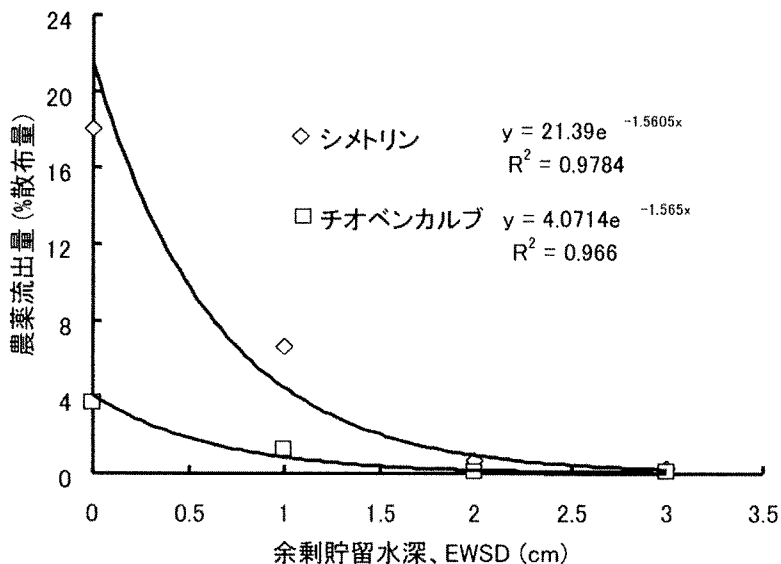


図-7 農薬流出量(%散布量)と余剰貯留水深(EWSD)の関係(Thaiら, 2008)

と作物の生長の関係を考慮しながら、最大限の余剰貯留水深を設けることで農薬流出を最小に抑えることが可能となる。自動灌水装置等を用い、止水管理期間での十分な余剰貯留水深を設けることは農薬流出抑制に有効な水管理手法の一つである(渡邊ら, 2007a)。また、新たな水田圃場整備事業や水田の補修事業等において、上記のような水管理を効率よく実施するための畦畔および排水施設の整備は水環境の保全のためにも今後必要であると考えらる。

4. まとめ

一連の研究において、水田における除草剤の水田環境中の動態およびそれに伴う除草剤の環境水への流出の過程が明らかにされた。またこれらの情報を基に除草剤流出制御のための水田管理手法に関する重要な提案ができた。一般的に農薬濃度は散布後時間とともに指数関数的に減少していくが、散布初期10日前後は田面水中の濃度が高く多量の農薬流出が起こりやすい時期である。したがって、田面水の濃度が十分低くなるまでの間(1週間以上または農薬濃度が初期濃度の10分の1以下にまで減少する期間)止水管理を行うことが、まず農薬流出抑制において重要であるといえる。

また、止水期間中の水田の適正圃場管理については、特に降雨時の農薬流出抑制に関して水田の余剰貯留水深の重要性が示唆された。田面水深と作物の生長や作業効率の関係を考慮しながら、水田の余剰貯留水深を最大に設けることで農薬流出を最小に抑えることが可能となる。自動灌水装置等による止水管理や、有効な水管理のための水田の保守整備も今後重要である。このような農薬流出抑制のための適正圃場管理を、稲作GAP(適正農業規範)のような形で、

現場の農家に技術普及することに今後努力を重ねていく必要がある。

謝辞:

本研究は以下の機関より以下の多大な援助を受けたので、感謝の意を表したい。日本システムより、自動灌水装置「楽太郎」の提供を受けた。大塚化学株式会社と株式会社ヤトロニより農薬分析用ELISAキットの提供を受けた。また、東京農工大学・本林隆氏、つくば市土地改良区、JAつくば、農家小倉寿男様には多大な協力をいただいた。最後に本研究は文部科学省科学研究費補助金13305025号(代表加藤誠)及び科研費特定領域研究(1)「内分泌かく乱物質の環境リスク」により助成を受けた。

参考文献

- 石原悟, 石坂真澄, 堀尾剛, 小原裕三, 上路雅子. (2006). 桜川及び霞ヶ浦における水稲用除草剤の挙動. 雑草研究, Vol.51 (2), 69-81.
- 岩船敬, 稻生圭哉, 堀尾剛, 横山淳史, 永井孝志. (2008). 茨城県桜川流域における水稲用農薬の挙動. 日本農薬学会, 第33回大会講演要旨集, p104.
- 田中十城. (2008). 除草剤処理後のかけ流し管理を減らすために提案する「止水管理」. 植調, 第41巻第7号, 3-9.
- 農林水産省. (2007). 農薬適正使用の指導にあつたの留意事項について, 18 消安第14701号. <http://www.maff.go.jp/nouyaku/>.
- 松井佳彦. (2008). 飲料水の水質リスク管理に関する統合的研究. -農薬分科会-平成19年度厚生労働科学研究, 分担研究報告書.
- 渡邊裕純, 石原 悟. (2007). 水稲用農薬の環境モニタリング (2) 集水域での除草剤の動態と

- その流出抑制について. 今月の農業 6 月号, 化学工業日報社, p.42 ~ 51.
- 渡邊裕純, 高木和広. (2000). 水田土壌における農薬の動態予測モデル(PCPF-1)によるプレチラクロールの動態予測と農薬流出管理への応用. 農業土木学会論文集, 209, 43-50.
- 渡邊裕純, 高木和広, 石原 悟, Vu Hong Son, Thai Khanh Phong, 田中 拓. (2007a). 水田における農薬流出制御のための適正圃場管理. 今月の農業 2 月号, 化学工業日報社, p.26 ~ 34.
- 渡邊裕純, 本林 隆, Thai Khanh Phong. (2007b). 水稻用農薬の環境モニタリング (1) 農薬のかけ流し管理と止水管理の比較, 農薬流出抑制のための田面水貯留水深について. 今月の農業, 5 月号, 化学工業日報社, p.89 ~ 97.
- Newhart, K., (2002). Rice pesticide use and surface water monitoring 2002. California Environmental Protection Agency, Department of Pesticide Regulation, Sacramento, CA, USA.
- Thai, K. P., Nguyen, H. M., Komany, S., Vu, H. S., Watanabe, H. (2006). Fate of simetryn and thiobencarb in Japanese paddy fields with different water management. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 77, 375-382
- Thai, K. P., Watanabe, H., Thai, Q. H., Vu, H. S., Tanaka, T., Dang T. T. N., Motobayashi T. (2008). Excess Water Storage Depth – A Water Management Practice to Control Simetryn and Thiobencarb Runoff from Paddy Fields. Journal of Pesticide Science, 33(2), 159-165.
- Vu H. S., Ishihara S., Watanabe H. (2006). Exposure risk assessment and evaluation of best management practices of pesticide runoff from paddy fields into rivers. Part I. Multi-scale paddy watershed monitoring. Pest Management Science, 62:1193-1206.
- Watanabe H., Youji Kakegawa Y., Vu H. S. (2006). Evaluation of the management practice for controlling pesticide runoff from paddy fields using intermittent and spillover irrigation schemes. Paddy Water Environ., 4: 21-28.
- Watanabe H., Nguyen H. M., Komany S., Vu H. S., Thai K. P., Tournebize J., Ishihara S. (2007). Effect of water management practice on pesticide behavior in paddy water, Agricultural Water Management, 88, 132-140.

2007年版

〈最新〉除草剤・生育調節剤解説

企画・編集／(財)日本植物調節剤研究協会 B5判 203頁 本体5,000円(税別)

最近の水田除草剤25剤、畑地除草剤3剤を集め、最新情報に基づいて、特長、使い方、性質などを解説するほか、登録における試験の成績も紹介。使用基準についてもできるだけ、最新情報を収録。

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
Tel.03-3833-1821 Fax.03-3883-1665
(出版部直通Tel.03-3839-9160 Fax.03-3839-9172)
<http://www.zennokyo.co.jp>