

平成 20 年度環境省請負業務報告書

平成 20 年度農薬流出防止技術評価
事業調査結果報告書

平成 21 年 3 月 31 日

財団法人日本植物調節剤研究協会

目次

主たる担当者	1
農薬流出防止技術評価委員会検討委員	2
摘要（和文）	3
1. はじめに	4
1.1 農薬による水質汚染への関心と取組み	4
1.2 本事業の目的	4
2. 圃場外への主な農薬流出経路と流出メカニズムの概要	6
2.1 地表流出	6
2.2 地下浸透	6
2.3 飛散	7
2.4 揮散	7
3. 水田における農薬の流出防止技術とその効果	8
3.1 作付け前の圃場準備	8
3.1.1 畦畔管理	8
3.1.2 圃場の整備	11
3.1.3 耕起・代かき	12
3.2 農薬処理時の留意点	15
3.2.1 飛散しにくい製剤の選択	15
3.2.2 処理方法の工夫	16
3.2.3 空中散布における散布精度の向上	17
3.3 農薬処理後の水管理	18
3.3.1 止水の励行	18
3.3.2 循環灌漑および農薬の吸着	19
4. その他の圃場における農薬の流出防止技術とその効果	21
4.1 畑地における農薬の流出防止技術	21
4.2 樹園地における農薬の流出防止技術	23
5. 総合考察	26
5.1 環境中の農薬分解と検出の背景	26
5.2 流出防止技術の啓発・普及活動との連携	26
農薬使用者の養成と認定制度一覧	28
引用文献	29
Abstract（英文摘要）	38

主たる担当者

氏名	職名
高橋 宏和 ¹	(財)日本植物調節剤研究協会 事務局長兼技術部長
権田 重雄 ¹	(財)日本植物調節剤研究協会研究所 環境科学グループ長
中村 直紀 ²	(財)日本植物調節剤研究協会研究所 環境科学グループ主査研究員
穂坂 尚美 ³	(財)日本植物調節剤研究協会研究所 環境科学グループ研究員

¹ とりまとめ

² 啓発・普及パンフレット作成

³ 報告書執筆

農薬流出防止技術評価委員会検討委員

氏名	職名
上路 雅子	(社)日本植物防疫協会 技術顧問
小田中 芳次	(財)残留農薬研究所 化学部残留担当部長
酒井 長雄	長野県農事試験場 作物部主任研究員
中村 幸二	埼玉県農林総合研究センター 茶業特産研究所長
堀尾 剛	(独)農業環境技術研究所 有機化学物質研究領域主任研究員
丸 諭	(株)化学分析コンサルタント 取締役・試験企画室長
森野 真	滋賀県農業技術振興センター 普及部副主幹
渡邊 寛明	(独)農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター 雑草バイオタイプ・総合防除研究チーム長
渡邊 裕純	国立大学法人東京農工大学 大学院共生科学技術研究院准教授

摘要（和文）

農薬取締法では、農薬について登録制度を設け、登録の際に病虫害や雑草に対する効果だけではなく、毒性や残留性などの試験に基づいて、ヒトや環境におよぼす影響を審査し、農薬の安全を保証している。しかし、農薬は誤った使用方法、気象条件、水管理などによって、環境中に流出する恐れが懸念される。特に我が国では水田を基本とした農業が中心であり、水田では河川へ水が連続して移動する条件を考慮すると、水田水とともに農薬が水系に流出し、環境に影響を及ぼす可能性がある。

そこで「平成 20 年度農薬流出防止技術評価事業」では、使用者が農薬の流出防止対策を講じる上で有効な技術に関する情報を収集し、農薬の環境中動態、施用技術、製剤特性、および圃場管理技術等の専門家からなる検討委員会の評価を経て公表することによって、水環境の保全に貢献することを目指す。情報の収集は、各種データベースを併用した文献調査によって行った。収集した技術情報は農薬の使用現場(水田、畑、樹園地)ごとに整理し、「平成 20 年度農薬流出防止技術評価事業調査結果報告書」の中で網羅的に紹介する。

調査結果報告書で紹介する技術には、研究段階のものからすでに実用化されている技術までが含まれている。このうち流出防止効果、コスト、適用範囲の観点から普及の見込みが高いと判断した技術については、農薬の利用者を対象とした啓発・普及用パンフレット「農薬の流出防止技術の紹介」として取りまとめた。

1. はじめに

1.1 農薬による水質汚染への関心と取組み

農薬の使用は食糧生産が最優先課題である時代に始まったため、当初は病虫害や雑草に対する薬効の確認や、農作物への薬害防止を図ることが規制の中心であった。やがてヒトの健康へ及ぼす影響を防止する観点から、多くの毒性試験や残留試験が要求されるようになった。その後、周辺環境に配慮した農薬の使用を目的として、環境省が水系の生物を対象とした試験方法などの検討を進め、2005 年 4 月より水域生態系を対象として安全評価制度が始まった(星野 2006)。現在では、人畜毒性、農作物への残留性、土壌残留性、水産動植物に対する影響、水質汚濁性などの各種試験の実施が義務付けられ、農薬はこれらの審査を経て農林水産大臣の登録を受けなければ販売および使用ができない(農薬取締法 2 条)。

農薬の登録内容には、有効成分や剤型等の農薬そのものの性質に加え、農薬を適用する作物、場所、対象とする病虫害や雑草、使用時期、使用量、使用回数、そして処理方法が詳細に定められている。このような使用方法を守ることで、光、水、土壌の物理化学的要因や土壌中微生物の活動によって、農薬は許容できるレベルにまで代謝分解され、ヒトの健康や環境に対する安全が保証されている(金澤 1992)。逆に農薬を過剰に散布したり、既定の場所以外で使用すると、ヒトや環境に対して影響が表れる可能性が高まる。よって農薬の適正使用は非常に重要である。また、これに加えて我が国では水田農業が盛んであり、水田から河川へと水が連続して移動する条件を考慮すると、誤って使用された農薬が水系に流出し、水産動植物等を含む周辺環境に影響を及ぼす可能性がある。このため水系への流出防止技術に係る情報の提供と、農薬の使用者に対する技術の啓発・普及活動の役割は大きい(中村・片山 2004)。

1.2 本事業の目的

そこで本事業は、農薬の使用者が流出防止対策を講じる上で有効な技術に関する情報を収集し、専門家の評価を経て公表することによって、水環境の保全に貢献することを目指す。情報の収集は、ISI Web of Science™, JASI, CiNii, Google™ 等の各種データベースを併用した文献調査によって行った。収集した技術情報は農薬の使用現場(水田、畑、樹園地)ごとに整理し、本報告書の中で網羅的に紹介する。これらには研究段階のものからすでに実用化されている技術までが含まれている。このうち流出防止効果と適用範囲の観点から普及の見込みが高いと判断した技術については総合考察で言及し、さら

に農薬の利用者を対象とした啓発・普及用パンフレット「農薬の流出防止技術の紹介」
として別紙に取りまとめた。

2. 圃場外への主な農薬流出経路と流出メカニズムの概要

農薬成分の一部は、拡散や移動によって水系に到達し、水質汚染の原因となる可能性がある。農薬による汚染源や流出経路の解明については、1980 年代後半から世界的に大きな進展がみられ、EU (Holvoet et al. 2007)、アジア(Hur et al. 2005)、アフリカ (Dabrowski et al. 2002)、アメリカ (Reichenberger et al. 2007)の各地域から、農薬の流出防止技術と合わせて包括的な報告がなされている。我が国においては、ヒトの健康や環境保全を目的として、これまでに数多くの農薬成分について環境水中濃度の測定が行われてきた(日本環境毒性学会 2006)。このようなモニタリングデータの集積によって、流出経路の全体像についても明らかになりつつある(高橋・荻山 2007)。

農薬施用の主な対象は、水田・畑地・樹園地、草地、公園、ゴルフ場などの広域的な野外である。これらの土地利用形態は、農薬成分が面的に分布し、風雨などによって拡散・流出する非特定汚染源(non-point source)となりうる特徴を有する(海老瀬 2006)。これに対し、工場や畜舎の排水などは、特定汚染源(point source)として分類される(海老瀬 2006)。後者に比べ前者は、汚濁発生源が広範囲な上に流出のメカニズムが複雑であることから、農薬成分の管理や負荷の定量化が難しく、水質汚染の問題を引き起こすとされている。本章では、非特定汚染源による主要な農薬の流出経路として、表面流出、地下浸透、飛散、揮散を解説する。

2.1 地表流出

農耕地などで散布された農薬は、作物に付着・吸収される以外に、一部が飛散、揮発あるいは圃場内の水に溶解するか土壤に吸着して存在する。地表流出(runoff)では、水に溶けた農薬が圃場内の水とともに土壤表面を移動したり、土壤に吸着した農薬も圃場外へ移動する。一般的に畑地では降雨量または散水量が土壤の浸透量を上回り、地表流出が発生する。その際、雨滴や表流水によってはぎとられた表層土壤も流出する(erosion)。一方、湛水された水田では、農作業上の強制排水に加え、過剰な灌漑や降雨による溢水(overflow)、過度の圃場内浸透、畦畔浸透などが水田水の流出につながる。これらはやがて河川へ到達し、水質汚染の原因となる。溶存態・懸濁態のいずれにしても、農薬が単独で土壤中を移動するのではなく、水の移動に伴って移動するため、湛水された水田と土壤表面が露出している畑地や樹園地では、地表流出の程度や頻度が異なると考えられる(井上 2008)。

2.2 地下浸透

散布された農薬が土壤表面に到達すると、一部は土壤水に溶解した状態で圃場内に留

まる。降雨または散水に伴う土壌水の浸透により、農薬を含んだ土壌水は地下へ鉛直方向にゆっくりと移動する地下浸透 (leaching) によって、地下水として貯留される。地下水が基底流としてゆっくり河川に流出する一方、土壌表層または浅い層を流れる横浸透は、中間流として降雨後比較的速く河川に流出する可能性がある(井上 2008)。そのため、水溶性が高い農薬ほど浸透により移動しやすいと考えられる。ただし地下浸透の程度は土壌吸着の強さによっても異なり、その吸着の強さは土壌の有機物含量、粘土鉱物の種類、粘土含量や団粒構造などと農薬の化学構造との関係から特異的な作用を受ける。実際には、農薬を含んだ土壌水が移動する過程で土壌への吸着が起こるため、地下深くの土壌水からは農薬が検出されることは少ない(上路 1999)。

2.3 飛散

農薬が気中を介して水系に流出する主な経路として、飛散(drift)が挙げられる。飛散では散布時の吐出力で生じる運動エネルギーによって、あるいは気流(風力)によって農薬が圃場外に移動する(高橋・荻山 2007)。このうち運動エネルギーは使用する散布機や農薬の粒径に依存し、気流は天候に依存する。また、圃場と河川の距離が短いほど、飛散によって気中を移動した農薬は河川へ落下しやすくなる。飛散の最大の特徴は、散布時に限って発生する点にあり、他の流出経路に比べて人為的な要素が多く含まれる(日本植物防疫協会 2007)。

2.4 揮散

気中を介して農薬が水系に流出する経路には、散布後に植物体や土壌、あるいは水の表面から農薬が蒸発して大気中に拡散する揮散(evaporation)も挙げられる。農薬の気中濃度は散布直後に最高値を示し、徐々に減少するが温度の上昇とともに再び高くなる(上路 1999)。この増減は数日繰り返される。また、大気中の農薬は気体状態あるいは微粒子に取り込まれた状態で存在すると考えられており、それらが降雨によって再度地上に落下する。特に降り始めの濃度が高く、雨水中の濃度は周辺の農薬使用状況を反映する(上路 1999)。

3. 水田における農薬の流出防止技術とその効果

第 2 章では水質汚染の原因となる農薬の流出経路として、地表流出・地下浸透・飛散・揮散について記した。これらのうち特に注意が必要となる経路は、河川へと水が連続して移動する水田からの流出である。我が国では稲作が盛んであり、全国の農業地域 430 万 ha のうちイネの作付面積は 167 万 ha に達する(農林水産省 2008)。水田で使用される農薬は、国内でモニタリングの対象となった農薬成分の中でも特に関心が高く、多くのデータが蓄積している(日本環境毒性学会 2006)。

慣行の水稲作における栽培体系を概観すると、圃場の畦畔等の整備と耕起、入水、代かきに続いて移植苗の田植えを行い、湛水深を調節しながら稲を育成する。農薬は主に入水の後に本田内で使用することが多いので、流出を防止するためには散布方法や剤型を工夫して農薬が飛散しないように注意するとともに、農薬を含む水田水の管理が重要となる。

つまり水田における農薬の流出防止に係る技術は、農薬の使用時だけではなく、予め稲の作付けに先立って畦畔や水田を整備して圃場からの漏水を防ぎ、さらに農薬処理後は降雨によって溢水が生じないように給排水量を調節するなどして、栽培体系の各要素において実施することで効果をあげると考えられる。そこで本章では、耕種概要に沿って水田における流出防止技術を整理し、①作付け前の圃場準備や耕起・代かき、②農薬処理時の留意点、及び③農薬処理後の水管理の 3 つの要素に分け、各々を組み合わせる体系的に導入しやすいように示すこととした。

3.1 作付け前の圃場準備

3.1.1 畦畔管理

畦塗り

畦塗りは水田の泥土を盛って畦畔を造成し、漏水防止によって農薬の表面流出を防止する技術である。春の代かきに先立って、前年の畦畔に亀裂ができないように泥土を塗りつける畦塗りを施した圃場では、水田土壌を積み上げて粗雑な畦畔を造成した圃場に比べて、水田水の流出量が 2 割程度にまで減少することが明らかになっている(日本植物防疫協会 2008a)。ただし手作業による畦塗りは高度な技術や多大な労力を要する。さらに畦塗りを早い時期に行うと乾いて造成後に亀裂が入るなどの問題が生じることがある。

しかし近年は高機能な畦塗り機が市販されており、作業の省力化が可能となった(滋賀県 2008)。さらに地域内で農作業の委託ができれば、畦塗り機を購入しなくても請負作

業費用のみで作業をまかせることができる(日本植物防疫協会 2008a)。全国の市町村が定める畦塗り作業の標準受託賃金は 30-50 円/m が一般的である。

資材を利用した畦畔強度の増強

畦畔はモグラやザリガニ等の地中動物の孔によって漏水する場合もあり、定期的に見回って修繕する必要がある。しかし土壌硬化剤で畦畔を造成・マルチすれば、降雨による傷みに加えて、地中動物による破損も防止でき、省力的に畦畔を管理できる。土壌硬化剤の使用は、畦畔雑草を防除する除草剤を必要としないので、飛散や表面流出のリスクが増加することもない(農林水産省 2006)。

軽焼マグネシアとリン酸を主原料とするマグホワイトは、水田土壌や糊材と混和して畦畔を強化する土壌硬化剤である(藤森ら 2002)。pH は中性域で周辺環境の生物に与える影響が小さく、農薬の流出率は粗雑に造成した畦畔の圃場に比べて 94.7%ほど減少することが確認されている(日本植物防疫協会 2008a)。

さらに畦波板を設置する対策と土壌硬化剤を併用すれば、より効果的に農薬の流出を防止できる(日本植物防疫協会 2008a)。畦波板は、単独で設置しても農薬流出率を 95% 減少させる、または減水深についても 6%程度削減する効果が報告されている(湖沼環境保全専門委員会 2004; 日本植物防疫協会 2008a)。効果的に畦波板を設置するには、地中に深く差し込み、つなぎ目からの水漏れを防ぐために土留めを行うなどの配慮が必要である。その他の資材の利用では、ベントナイトを施用したり畦畔被覆シートを畦畔全体に敷設することで農薬流出率を大幅に減少させる事例が報告されている(青森県農林総合研究センター2003; 日本植物防疫協会 2008a)。

これらの資材を用いた畦畔の補強は、いずれも高い流出防止効果を示す一方で、資材の施工と撤去に必要な費用や機材などが、畦塗りや後述する植生管理に比べて大きい点が課題である(杉本・中西 2000; 日本植物防疫協会 2008a)。ただし一度導入してしまえば畦畔管理を省力化することができるので、長期的には必ずしも他の技術よりコストが大きいとは限らない。

畦畔植生の管理

畦畔の表面は資材で被覆されずに地表が露出していると、水田雑草が繁茂して農作業の障害となる、病虫害に生息場所を提供する、本田に侵入してイネと競合するなどの問題が生じる(徐 2001)。そのため被覆植物を導入して畦畔植生を管理する試みが行われている。この方法は、景観を損なうことなく畦畔を保護する上に、従来の定期的な草刈りに比べて管理作業を省力化できるという利点があり、草刈り作業に危険が伴う斜面や大規模な畦畔の管理に向いている。被覆植物の導入には、生態的特性を考慮した高度な技

術が求められるが、山口県では被覆植物に適したセンチピードグラスを用いた畦畔緑化マニュアルを作成・普及させることで、技術的な問題を克服している(山口県 2007)。他の植物の導入についても、シート苗を移植する工法が開発されている(大谷 2005; 青森県農林総合研究センター 2004)。ただし外来種を導入する場合は環境保全の観点から注意が必要である。

被覆植物として用いる草種としては、日本各地に自生するチガヤや日本シバなどの在来種が望ましい(福嶋 2003; 水口・西脇 2006; 橋本ら 2008a)。そこで畦畔雑草に抑草剤を施用することで積極的に被覆植物として活用する試みが始まった(土田 1997)。この 10 年ほどの間に畦畔で使用できる抑草剤の種類は増えて施用技術も発達し、今後の普及が期待されている(竹下 2002; 橋本ら 2008b)。2008 年に作成されたマニュアルでは、畦畔植生を在来草種へ転換すると同時に、管理を省力化する技術も紹介されている(近畿中国四国農業研究センター 2008)。ただし施用の際は、飛散防止カバーを使用し、水田や用水路に抑草剤が飛散しないように注意する必要がある。

畦畔管理に係る流出防止技術のまとめ

【表 3-1.】 畦畔管理に係る農薬防止技術の概要について防止効果別に示す。参考にコストについても記載したが、資材の種類、製造元、販売店や運搬方法によって価格は異なる。この他に技術の導入に伴う工事費、運賃、人件費が加算される場合もある。

流出防止効果	技術の概要		参考
畦畔浸透および漏水による水田水の流出防止	畦塗り	クワあるいは畦塗り機による畦畔造成および泥土塗りつけ	請負作業費(30-50 円/m)
	資材による畦畔管理	畦畔波板を造成した畦畔に沿って埋設することによる畦畔の補強	畦波板購入費 (0.5 mm×30 cm×20 m サイズで 1,180 円)
		土壌硬化剤を混和し、クワあるいは転圧機を用いて畦畔強度を増強	土壌硬化剤購入費 (マグホワイト 13,000 円/100 m)
		畦畔被覆シートを畦畔全体に敷設することによる畦畔の補強	敷設機および被覆シート購入費(畦プロシート 0.7 mm×80 cm×50 m サイズで 25,095 円)
畦畔浸透および漏水による水田水の流出防止	植生による畦畔管理	市販されている抑草剤による既存植生を利用した畦畔植生の管理	抑草剤購入費 (1-3 円/0.5 ml/m ²) 飛散防止カバー購入費(ノズル一体型 2,100 円)

【表 3-1.】 つづき

流出防止効果	技術の概要		参考
畦畔浸透および漏水による水田水の流出防止	植生による畦畔管理	被覆植生マットあるいは種子や苗の導入による畦畔の緑化および植生管理	被覆植生マット購入費など(ノシバ 280 円/m ² ; シバザクラ 2,340 円/m ²)

3.1.2 圃場の整備

農薬の使用前に行う圃場の整備についても、農薬の使用時に起こりうる流出を防止する役割を果たすことができる。耕耘期に使用するロータリのなた爪の代わりに、特殊な耕盤形成爪で耕起前の土を圧縮して耕盤を再形成すれば、減水深が減少して地下浸透のリスクが抑えられる(滋賀県 2008)。代かき時に発生した濁水は、工場排水の処理に使用する発泡プラスチックを充填した濾過装置を排水口に設置して浄化するという提案もある(小森ら 1999)。

また、予め圃場の給水口と排水口を併設しておく、湛水時に本田内の水を攪拌せずに水管理ができるので、排水中に含まれる農薬濃度が低下する(北海道環境科学研究センター 2000)。シメトリンとモリネートを対象とした調査結果では、給排水口を離して配置した場合に比べて、給排水口を併設すると圃場から流出する農薬量を通常の 3% 程度に抑える事例が報告されている(北海道環境科学研究センター 2000)。これらの圃場整備の特徴は、安定した気象条件で高い効果を期待できることだが、降雨や強風に伴って増加する農薬の流出は抑制できない。

一方、排水口や畦畔の高さを調節して圃場の余剰貯留水深を十分に確保する方法は、まとまった降雨でも排水量が増えにくく、表面流出による農薬の流出を防止できる(渡邊・石原 2007; Phong ら 2008)。余剰貯留水深の確保は、圃場内側で排水口の端を延長するなどの工夫で実施できる場合は、費用対効果も高く導入しやすい方法の一つだろう。ただし、多量の降雨が起こる西日本では、余剰貯留水深による農薬の流出防止効果は薄れる可能性があることが報告されている(Boulangé ら 2009)。

降雨時の流出に対応できる技術として、その他にも隣接した 2 筆の水田を連結し、一方を調整水田として利用する研究が行われている(北海道環境科学研究センター 2000)。この方法によって、農薬は排水路に流出する前に分解または吸着される。ただしその効果は調整水田の面積や湛水深に依存するため、十分な流出防止効果が得られる条件は限られるだろう(沼辺ら 2007)。

圃場整備に係る流出防止技術のまとめ

【表 3-2.】圃場整備に係る農薬防止技術の概要について防止効果別に示す。

流出防止効果	技術の概要	参考
地下浸透防止	耕盤形成爪により耕起前の土を圧縮し、水田水の地下浸透を防止する	耕盤形成爪は市販されていない
排水中の農薬濃度を低減	給水口の近傍に排水口を設置することにより、水田水を攪拌せずに排水することで、農薬濃度の高い水田水の流出を極力低減する	
溢水による水田水の流出防止	畦畔または排水口の高さを調節し、余剰貯留水深を確保することで水田水の溢水を防止する	
排水中の農薬成分を吸着または分解	発泡プラスチックを充填した濾過装置を排水口に設置する	
	農薬無施用水田と連結した調整水田を設置し、排水経路を一本化する	

3.1.3 耕起・代かき

浅水代かき

代かきは水田に水を引いて土壌を攪拌するため、微細土壌粒子を含む濁水が発生する。耕起前の雑草防除に使用した除草剤や代掻き時に使用した除草剤などが土壌に吸着し、懸濁態として排水に混入すれば、微量ながら農薬が表面流出する恐れもある。各県では代かき時の落水を禁止する指導によって、濁水の排出を抑える努力をしている(秋田県 2008; 滋賀県 2008)。

代かき時に浅水状態で行う浅水代かきは、田植えのために落水して湛水深を下げる必要がないので、河川等への濁水の流出を抑制し、農薬の表面流出を防止する効果が期待できる(佐賀県農業技術防除センター 2003)。また、慣行の代かきでは荒代と植代の 2 行程を実施するところを、浅水代かきは水田ハローを利用して 1 行程で行うので、濁水の発生量を抑えることができる(滋賀県 2008)。さらに余剰貯留水深が増えるため、降雨後に溢水が生じにくくなる。また、代かきから田植え前に湛水期間を設ける場合は、湛水深が 60 mm より浅ければ強風時でも水田水中の水質懸濁物質の上昇が抑えられる(原田ら 2006)。以上から浅水代かきは農薬の流出を防止することが期待される。

しかし水田水を浅水にすると、中粗粒質土の水田では作土が異常に硬くしまる「いつき」現象が生じることがある(北川ら 1988)。「いつき」現象は田畑輪換田で特に起こりやすく、水稻の生育遅延や植えつけ苗の枯死等の被害がでる例もある。被害の出ない場

合でも、田植え機の爪跡が泥で埋まらないため、入水後に散布した除草剤による薬害を生じたり、浮苗や欠株の原因となる。よって中粗粒質土の水田や田畑輪換田においては、浅水代かき以外の対策を講じることが望ましい。

表層代かき

代かき濁水の発生量を抑える技術として、表層代かき田植えも挙げられる。これは慣行の代かき作業を行わずに移植前に入水し、田植え機の直前に装着された専用のロータで表土を浅く攪拌・均平しながら移植と側条施肥を行う技術である(滋賀県 2008)。ただし、表層代かき田植えも浅水代かきと同様に、「いつき」を起しやすい圃場には適さない。また、慣行栽培と比べて畦畔漏水が多くなりやすいため、後述するように圃場周囲に畦畔シートを張るなどの対策を講じる必要がある(滋賀県 2008)。さらに代かきが十分行われないため降下浸透量が多くなり、透水性が大きい圃場には不適である。しかし透水性の問題は、稲を収穫した後の秋耕起で稲株や稲わらを十分に鋤き込んでおき、春にも砕土と除草を兼ねた二回目の耕起を行う移植前作業によって、ある程度は改善できる(中井ら 1998)。このような二回耕起は移植精度の向上にも役立つ。

無代かき

耕起・砕土に続く代かきをせずに播種または移植を行う無代かき栽培は、代かき濁水が発生しないため、農薬が懸濁態として表面流出するリスクをさらに抑えることができる。無代かき栽培の濁水の抑制効果は田畑輪換田で大きく、用排水中の水質懸濁物質の差し引き排出量は、復田後 3 年間を通して代かき栽培に比べて同等以下となることが確認されている(原田ら 2003)。また、代かき時の土塊粉碎をしないので土壌の透水性も高まり、排水不良田の土壌環境改善や作業性の向上も期待できる(秋田県 2008)。

ただし上述の技術と同様に、無代かき栽培も透水性の高い圃場には適さない。比較的透水性が小さいグライ土、黒ぼくグライ土、黒泥土、泥炭土のような土壌群で適用が可能であり、砕土率(20 mm 以下の土塊割合)は 50-60%が実用上の目安とされている(滋賀県 2008)。

また、耕起、砕土、均平、整地作業を実施した後に田植えまでの期間が長くなると、雑草の発生も懸念される。雑草はドライブハローを用いた仕上げ整地や入水前の除草剤処理で防除することも可能である。省力的かつ経済的な無代かき栽培として、千葉県 of 早期栽培では田植えまでの期間を 15 日以内とする作業計画を指導している(池田・深山 2006)。

不耕起

無代かきに加えて耕起作業も省略し、専用田植え機の回転爪で溝を作りながら苗を移植する不耕起移植栽培は、無代かきと同様に代かき濁水を発生させない技術である。用排水中の水質懸濁物質の差し引き排出量では、無代かき栽培をさらに下回るという結果も報告されている(中橋ら 1993; 原田ら 2003; 近藤ら 2004)。ただし不耕起移植栽培の圃場では、水田水の降下浸透量が増えるので(中橋ら 1993; 原田ら 2003; 近藤ら 2004)、農薬成分の地下浸透を考慮すると、不耕起栽培の流出防止効果には疑問が残る。

そこで中嶋ら(2007)は、不耕起栽培における農薬流出リスクについて、農薬挙動予測モデル(Paddy model, 稻生 2004)と圃場試験に基づいたシナリオ分析を行った。不耕起栽培の降下浸透量と有機炭素含有率は慣行栽培の 2 倍程度と仮定し、農薬 5 成分の流出リスクについて計算した。その結果不耕起条件で地下浸透による流出が慣行条件を上回ることはなく、水田水中の農薬濃度も速やかに低下すると結論した。この報告を踏まえると、不耕起移植栽培は農薬流出を防止する上で有効な技術と言えるだろう。

ただし、比較的粒径の大きい灰色低地土や灰褐色系の土壌では不耕起を連続すると減水深が非常に大きくなり、耕起移植栽培の 2 倍以上の用水が必要になることに留意しなければならない(石橋・赤井 1996)。また、不耕起による土壌中の亀裂や疎孔隙の発達により、そこを流路とする選択流が農薬の横浸透や地下浸透を促進する可能性についても考慮する必要がある。圃場を選ぶ際の目安は、慣行の代かき田における減水深で 10 mm/day 以下とされている(秋田県 2008)。さらに直播栽培をするならば、完全不耕起は難しく、漏水や密生する冬雑草への対策として冬季の代かきが必要となる(愛知県農業総合試験場 2003)。

代かき濁水の凝集沈降

代かき時に濁水が発生しても、土壌改良剤の施用によって濁水の沈降を促進することで懸濁態としての農薬の流出リスクを抑えられる。ただし資材には作物、水質、土壌に悪影響がなく、魚毒性等の問題がないものを選んで使用しなければならない。ポリ塩化アルミニウム(PAC)、EBa 等の合成凝集剤は、少量の施用でも高い濁水沈降効果が得られる一方で、高い魚毒性も指摘されている(藤原 1987)。また、硫酸第一鉄(FeSO_4)の施用は水質の酸性化が著しく、農業用水の環境基準である pH 6-8.5 の範囲から外れてしまう恐れがある(滋賀県 2008)。

濁水沈降効果が高く、実用性の高い資材としては石膏、ケイ酸石灰、塩化カルシウム、サンゴ砂などの活用が検討されている(赤江 1992; 1994; 牧野ら 2004; 大野 2005; 松本・松井 2007)。ただし施用時期や施用方法、連用による影響等については、今後さら

に検討を重ねる必要がある。

水田の耕起・代かきに係る流出防止技術のまとめ

【表 3-3.】 耕起・代かきに係る農薬の流出防止技術の概要について防止効果別に示す。参考にコストについても記載したが、資材の種類、製造元、販売店や運搬方法によって価格は異なる。この他に技術の導入に伴う工事費、運賃、人件費が加算される場合もある。

流出防止効果	技術の概要		参考
代かき濁水の流出防止	落水を禁止して代かき時に生じる濁水を圃場内にとどめる		
代かき濁水の少量化	浅水代かきとしてトラクターに水田ハローを装着し、浅水状態で代かきをする		
	表層代かきとして田植え機に専用のロータを装着し、田植えと同時に表土を浅く攪拌・均平にする		
代かき濁水の発生防止	無代かき	代かきせずに播種または移植する	
	不耕起栽培	耕起および代かきを省略し、専用田植え機によって移植する	
代かき濁水の沈降	土壌改良剤(石膏、ケイ酸石灰、塩化カルシウムなど)により代かき時の濁水を凝集および沈降させる		凝集剤購入費(塩化カルシウム 2,000 円/25 kg/10 a)

3.2 農薬処理時の留意点

3.2.1 飛散しにくい製剤の選択

育苗箱処理の場合

水稻の移植栽培において移植前に農薬を育苗箱内で施用する技術は、水田圃場外への飛散がないことから、河川への成分流出の低減が見込まれる散布法である。また、水への溶出量も少ないので、育苗箱施用の後に苗を移植しても、同じ成分を本田で使用した場合に比べて、水田水中の農薬濃度を数～数十%程度に抑えられるという特性がある(岩手県農業研究センター 2000; 2001)。そのため、もし水田水が圃場外へ流出したとしても、比較的環境負荷は小さいと考えられる。実際に岩手県雫石川水系で葉いもち病防除剤の河川水中濃度を調査したところ、育苗箱処理での利用が普及した結果、プロベナゾールの濃度が近年になって低下していることが報告されている(岩手県農業センター 2008)。ただし施用の際は育苗箱から土壌への流出防止対策としてシートを敷設するな

どの注意が必要である。

湛水処理の場合

本田内で使用する薬剤のうち、湛水処理用に開発された製剤は、比較的大きい粒径の製剤を水田水に直接投下するため、風の影響を受けにくく飛散のリスクが小さい。除草剤における顆粒水和剤・フロアブル剤・ジャンボ剤等の剤型を手振りで施用する場合は、風速 6 m 以上の強風条件でも飛散が認められない(日本植物調節剤研究協会 2005)。さらに近年は少量拡散型粒剤も開発されている。

ただし、湛水処理用の製剤は水中で拡散しやすく、散布直後に水田水中濃度が高くなりやすいため、表面流出が懸念される(園田 2004; 日本植物防疫協会 2008a)。したがって水中で拡散しやすい剤については、一定期間の止水状態を維持できる時期に限って施用するなど、水管理と組み合わせた流出防止技術が必要となる。

茎葉処理の場合

植物体の地上部に薬剤を付着させる茎葉処理剤は、水田水へ落下する割合が小さいので、表面流出が起こるリスクが幾分小さいと考えられる(日本植物防疫協会 2008a)。しかし粉剤の場合は、粒径が平均 45 μm 以下と小さく、動力散布機に装着した散布管から送風して施用するため、弱い風でも飛散してしまう。さらに粉剤は散布後も田面から二次飛散するので、1970 年代から代替技術が検討されてきた(高木 2008)。

より粒径が大きい微粒剤の利用は、飛散を効果的に低減できる。ただし微粒剤 F は、水稲用に現在登録されている製剤の数が限られていることや、粉剤または粒剤用の散布管では均一に散布しにくい点が課題である。粉剤の中でも非常に細かい粒子が少ない DL 粉剤は、慣行の粉剤より飛散しにくいのが、液剤などと比べると飛散距離が長い(日本植物防疫協会 2007)。また、飛散が少ないとされる粉剤用の散布管はあるものの、その効果については慣行散布管と飛散量の差が確認できていない(日本植物防疫協会・全農営農技術センター 2006)。

3.2.2 処理方法の工夫

本田内で薬剤を施用する場合は、飛散のリスクが比較的小さい粒剤散布でも風速 3 m 未満の条件で 1 m 程度の飛散距離が確認されている(日本植物調節剤研究協会 2005)。よって圃場の境界から 2 m 手前で散布を終えるなど、農薬無施用の緩衝帯を設けることによって圃場外への飛散を抑える努力が求められる。

水に希釈した液剤・水和剤・水溶剤などを噴霧器で施用する場合は、さらに飛散に留意する必要がある。特に水田内は足場が悪いため、畦畔から到達力のあるノズルを用い

て散布する方法が一般的に用いられており、ノズル操作の良否が飛散に大きく影響する。飛散を防止する上では、圧力・方向・位置などに配慮しながら、風の弱い時に適正な散布量で作業する基本操作の励行が最も重要である(日本植物防疫協会 2005a)。

一方、飛散しにくい散布機の開発も進み、液剤などを噴霧処理する場合は、粒径の大きいドリフト低減ノズルの使用によって、飛散距離を短くできる(生研センター 2005)。ドリフト低減ノズルは乗用管理機搭載の散布装置に装備して、大規模水田における飛散の抑制にも利用できる(生研センター 2007)。

また、少量の散布水量(25 L/10 a)で散布する少(水)量散布は、さらに飛散を抑えることが可能である(日本植物防疫協会 2007)。ただし、慣行より数倍高い濃度の薬液を扱うため、専用ノズルや速度連動散布装置を使用して均一に散布する必要がある。少(水)量散布用に登録された製剤は、まだ数が多くないので、今後さらに開発が期待される。

3.2.3 空中散布における散布精度の向上

上記の地上散布以外に、散布機としてヘリコプターを用いる空中散布も全国的に行われている。特に無人ヘリコプターによる防除面積は年々増加し、2003年には全国で55万 ha を超えるに至る(久野ら 2002; 斎藤 2004)。空中散布はヘリコプターの回転翼で生じるダウンウォッシュに乗せて農薬を吹きつける方法で、飛散による農薬流出が懸念される。また、有人ヘリコプターを用いた殺虫剤トリクロロホンの散布例では、圃場外への直接投下に起因すると思われる河川流出が5%程度あるという事例も確認されている(佐々木・寺澤 1996)。系外流出を防止するためには、技術指導指針に定められた飛行高度、飛行速度、作業時の風速等を遵守する必要がある(ドリフト対策連絡協議会 2003)。

空中散布機から薬液を噴霧する際は、展着剤ポリアクリル酸ナトリウムを加用すると微細粒子が減少し、圃場外への飛散を低減できることが確認されている(斎藤 2004)。添加量は水和剤に対して0.01~0.02%、乳剤では0.03~0.04%、これら剤の混合ではさらに増やすことが効果的である(山元ら 1977)。

その他にも、現在は無人ヘリコプターにGPSと飛行速度計と連動した薬液調節散布装置を搭載することによって、散布精度の向上や、散布境界域における風の状況に即応した散布コースの設定などが可能である。

農薬の処理に係る流出防止技術のまとめ

【表 3-4.】農薬の処理に係る流出防止技術の概要について防止効果別に示す。参考にコストについても記載したが、資材の種類、製造元、販売店や運搬方法によって価格は異なる。この他に技術の導入に伴う工事費、運賃、人件費が加算される場合もある。

流出防止効果	技術の概要		参考
製剤の選択による飛散低減	育苗箱処理	幼苗に対して移植前の 育苗箱散布 が可能な剤を施用することにより、水田水中の農薬濃度が低下する	
	湛水処理	除草剤の場合は、粒剤の代替として飛散が少ない湛水散布用の 顆粒水和剤・フロアブル剤・ジャンボ剤・少量拡散型粒剤 を使用する	
	茎葉処理	粉剤の代替として飛散が少ない茎葉散布用の 微粒剤 F を使用する	
処理方法の工夫による飛散防止	圃場周縁部に飛散に対応した農薬無施用の 緩衝帯 を設置する		
	液剤等の噴霧処理において 飛散低減ノズル を使用する		ドリフト低減ノズル購入費(1 頭口 1,300 円程度から)
	高濃度薬液 (登録のある剤のみ)を専用ノズルを用いて 少(水)量で散布 する		専用ノズル購入費 (1 頭口 1,000 円程度から)
	空中散布機から投下する薬液に 展着剤 を加用し、噴霧粒径の「やせ」を防止する		展着剤購入費 (ポリアクリル酸ナトリウム 1L 38,920 円)
	GPS 搭載型空中散布機 の使用によって飛行速度に応じた薬液散布量の調節が可能となり、散布精度を確保して対象圃場外への散布を防止する		GPS 連動式速度計 および薬液量調節 散布装置 導入費 (1,000,000 円)

3.3 農薬処理後の水管理

3.3.1 止水の励行

農薬散布後の水管理については、従来 3-4 日間の落水やかけ流しを禁止することで、農薬成分の流出を防止する指導がされてきた。しかし適正な止水期間については議論の余地があり、石井ら(2004)はダイムロン、 bensulfuron-methyl、メフェナセット剤の散布後に水田水中濃度の変化を調査した結果、止水期間を 4 日から 7 日に延長すること

で、流出割合を 1/2-1/10 に減少できると報告している。他の剤についてもシミュレーション研究に基づいた止水期間の延長効果が示されていることから(渡邊ら 2007)、国は水田で使用する農薬を対象に止水期間を 1 週間程度に変更する指導を 2006 年より始めている(農林水産省消費・安全局 2006)。

止水管理の具体的な対策としては、滋賀県では排水口に通常の止水板に加えて、塩ビ板等でできた止水板で排水マス全体を覆うように二重に設置する試みが行われている(滋賀県 2008)。水田の田面水位と排水口の高さの差は、降雨時に雨水を貯留する余剰貯留水深となる。東京で行われた 2004-2005 年の圃場実験では、除草剤の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った(渡邊 2008)。余剰貯留水深が 2 cm ある条件では、除草剤(シメトリン、チオベンカルブ)の流出が 1%以下にとどまっていた(渡邊 2008)。

止水期間中の水田では、自動給水栓による用水量の調節で湛水深を保つことができる(滋賀県 2008)。しかし一部の水田では、湛水状態を維持するために過剰な入水が続ける結果、かけ流しによる農薬成分の水系への流出を招いている。茨城県のある地域では、田植えがほぼ終了した 5 月末に調査を行ったところ、対象とした水田 296 筆のうち約 38%で水位が排水口より高い、または水位が排水口と同じであり、水田水が流出している状況であった(Vu ら 2006; 渡邊・石原 2006)。

そこで 2009 年より日本植物調節剤研究協会では、農薬処理後 7 日間は排水だけでなく給水も止める植調式止水管理の提唱を始めた(田中 2008)。同協会はこれに先立ち、まず 7 日間の止水期間中に自然減水によって田面が露出した場合に、稲の生育や除草剤の薬効及び薬害にどのような影響が及ぶかを調査した。その結果、農薬成分が水田水中に均一に拡散していれば、田面が 2-3 日露出したとしても目立った影響は見られないことを確認している(田中ら 2004; 2007)。さらに日本植物調節剤研究協会は農薬メーカー等の協力を得て、新聞紙面を利用したキャンペーンにより、農薬の流出防止が図れる止水管理の効果の周知に努めている(日本植物調節剤研究協会 2008)。

3.3.2 循環灌漑および農薬の吸着

本田からの農薬流出を防止するその他の技術としては、水田排水を再び引き込んで利用する循環灌漑によっても農薬の流出率が減少することが確認されている(中村ら 1982)。茨城県の水田集水域では、循環灌漑により集水域排水量の約 10.2%が循環灌漑され、農薬の流出率の低減に寄与したとの報告がある(Vu ら 2006; 渡邊・石原 2007)。ただし、循環灌漑では降雨条件によって排水の反復利用率が変動し、これに伴って流出防止効果も年次変動することに留意しなければならない。

その他に、糞がらを棒状に成形して炭にした吸着資材や分解菌を集積した基質を本田

に散布して農薬成分を吸着・生分解させる方法が知られているが(高木 2004; 高木・原田 2005)、対費用効果や農薬の薬効を保つ上では課題が残る。

農薬処理後の水管理に係る流出防止技術のまとめ

【表 3-5.】水田の水管理に係る流出防止技術の概要について防止効果別に示す。参考にコストについても記載したが、資材の種類、製造元、販売店や運搬方法によって価格は異なる。この他に技術の導入に伴う工事費、運賃、人件費が加算される場合もある。

流出防止効果	技術の概要		参考
農薬を含む水田水の流出防止	農薬散布後の 7 日間止水管理 (ラベルに「散布後 7 日間は落水・かけ流しをしない」とある農薬対象)	自動給水栓などを利用して適宜給水はするが、止水板を二重に設置するなどして排水をせずに農薬を含む水田水を圃場内にとどめる	自動給水栓導入費(50 mm 給水管用の本体およびセンサー総額 50,710 円から)
		給排水をせずに農薬を含む水田水を圃場内にとどめる(除草剤の場合は、止水期間中に田面が 2-3 日間露出しても除草効果に影響はない)	
	循環灌漑	排水を用水として再利用する	
水田水中の農薬濃度低下	農薬の吸着・分解資材	農薬成分を吸着または分解する籾殻成形炭粉末や分解菌集積炭素化素材を本田内に施用する	これらの資材は市販されていない

4. その他の圃場における農薬の流出防止技術と効果

第 3 章では国内でモニタリングの対象となった農薬のうち、特に多くのデータが蓄積している水田施用農薬について記したが、その他の圃場において使用する農薬の流出も考慮する必要がある。農薬の年間出荷量を分野別に集計すると、近年は水稲作に比べて野菜・畑作で使用する農薬の方が多いという報告が続いている(H20 年度報告で各 8.2 万および 9 万トン、農薬工業会平成 20 年度出荷実績表)。農薬の有効成分ごとに見ても、畑で施用する D-D やクロルピクリンは、化学物質排出移動量届け出制度において指定されている 354 物質のうち、使用量の多い物質の上位に入る(各 9.9 千および 8.2 千トン、経済産業省・環境省 2008)。実際に、畑作地帯を流れる河川からキャベツ、レタス、テンサイ、コムギなどの栽培で使用する農薬成分が検出される事例も報告されていることから(伏脇 1994; 日本植物防疫協会 2005a)、畑地において流出防止技術を導入する意義は大きい。さらに、樹園地で散布される農薬は、高い位置の葉や枝などに薬液を付着させるので、飛散が生じやすいことに留意する必要がある。本章では、水田以外の圃場(畑地、樹園地)における農薬の流出防止技術を示す。

4.1 畑地における農薬の流出防止技術

一般的に水田圃場に比べると、畑圃場で散布された農薬は表面流出によって水系に到達するリスクは小さいと考えられている。しかし、傾斜地では散布後の降雨によって農薬を含む濁水が圃場外に流出する事例も報告されているため(高橋ら 2002)、圃場の地形や河川までの距離によっては散布時期の天候に特に注意する必要がある。

畑圃場で発生する濁水量は、水田と同様に不耕起栽培によって抑えることができる。アメリカではすでにオオムギ、コムギ、トウモロコシ、穀実用モロコシの栽培で不耕起を導入したところ、濁水発生量が半減する結果が得られている(Brown et al. 1985; Jones et al. 1995; Clausen et al. 1996; Miao et al. 2004)。日本ではまだ一般的ではないが、北海道の一部では飼料用トウモロコシ栽培でプラウによる耕起やロータリハローによる碎土・整地を省略し、不耕起対応タイプの播種機で播種する技術を導入している地域もあり、今後の普及が期待される(佐藤 2007)。しかし、不耕起を繰り返すと土壌が硬くなり、根の展開力が弱いサイズでは減収する可能性も指摘されている(東田 2001)。多様な作物で不耕起栽培を実施するためには、土壌の硬化を軽減するために 1 年おきに耕起と組み合わせて対応するなどの検討が必要である。

畑圃場で散布された農薬は、飛散や揮散によって長距離を移動する可能性もある。遮蔽物がない条件では風速 5 m/s の場合でも散布地点から 30 m 離れた場所で飛散が確認

されている(Ganzelmeier et al. 1995)。飛散量は作物体が小さい生育初期など、圃場が裸地に近い条件で多くなる傾向がある(埼玉県農業総合研究センター 2005; 吉田・三角 2005)。よって畑圃場においても飛散防止に十分配慮し、水田圃場と同様に散布圧力、方向、位置などに配慮しながら風の弱い時に適正な散布量で作業したり、緩衝帯を設置するなどの基本操作の励行が重要である(ドリフト対策連絡協議会 2003; 穂坂ら 2008)。

さらに畑地施用の農薬に対応した飛散低減ノズルを使用すれば、飛散量の低減につながり、すでにキャベツ、ダイズ、ハクサイ、レタスの圃場で効果が実証されている(埼玉県農業総合研究センター 2005; 生研センター 2005; 2007; 小林・鈴木 2006)。水稻作で先行している少(水)量散布については、2003 年に畑作物に対する剤の登録が始まって以来普及が遅れてはいるものの、北海道東部を中心に一般化しつつある(清水 2007)。ノズルの先に飛散防止カバーを装着し、畦間散布することによっても、飛散を抑えることができる(木村ら 2008)。

施設園芸用にはノズル部に帯電装置を装着し、散布液の微粒子に静電気を帯電させることで、少量の高濃度薬液を効率的に作物体へ付着させる散布機が開発されているが、露地栽培への導入は諸外国に比べて遅れている(園田 2004)。青森県では試験的にバレイショ、ダイズ、ナタネの露地栽培で静電散布機を導入したところ、従来型の散布機にくらべて優れた薬液付着効率を確認した(柳野ら 1998)。ただし作物に付着しなかった薬液のうち、圃場外へ流出した割合がどの程度減少したかについては、さらに調査を要する。

その他に飛散防止における畑圃場ならではの対策としては、圃場周縁に遮蔽作物を栽培する、または防薬ネットを設置することで障壁を設ける方法が考えられる。遮蔽作物としてのソルゴー栽培はネギ、ナス、ダイズなどの圃場で全国的に飛散防止の効果が確認されている(酒井ら 2006; 藤本・横井 2006; 茨城県農業総合センター農業研究所 2008)。さらに効果的な品種や栽培間隔の検討も進み、ソルゴーの 2 条播きは網目 1 mm の防薬ネットを 2 重に設置した時と同等の飛散防止効果を示す結果が報告されている(宮坂 2008)。ただし、障壁を設けても飛散を完全に防ぐことはできないので、飛散防止の基本操作を励行し、さらに飛散低減ノズルの使用など、他の技術と組み合わせるより確実に流出を防止することが望ましい。茨城県のダイズ圃場では、ソルゴー栽培と飛散低減ノズルを併用すると、遮蔽作物なしで慣行ノズルを使用した場合に比べて飛散量を 1/10 以下に抑える効果を確認している(茨城県農業総合センター農業研究所 2008)。

畑地における農薬の流出防止技術のまとめ

【表 4-1.】畑地における農薬の流出防止技術の概要について、防止効果別に示す。参考
にコストについても記載したが、資材の種類、製造元、販売店や運搬方法によって価格
は異なる。この他に技術の導入に伴う工事費、運賃、人件費が加算される場合もある。

流出防止効果	技術の概要	参考
地表流出防止	不耕起栽培としてプラウによる耕起やロータリハローによる砕土・整地を省略し、専用播種機で播種する	
散布技術の工夫による飛散防止	農薬無施用の緩衝帯を圃場周縁に設置する	
	液剤等の噴霧処理において飛散低減ノズルを使用する	ドリフト低減ノズル購入費(1 頭口 1,300 円程度から)
	液剤等の噴霧処理において飛散低減カバーを使用する	飛散防止カバー購入費(ノズル一体型 2,100 円)
障壁設置による飛散防止	高濃度薬液(登録のある剤のみ)を専用ノズルを用いて少(水)量で散布する	専用ノズル購入費(1 頭口 1,000 円程度から)
	ソルゴーなど草丈の高い植物を障壁作物として栽培し、圃場周縁を遮蔽する	
	遮光ネットなどを防薬ネットとして圃場周縁に設置する	

4.2 樹園地における農薬の流出防止技術

樹園地における農薬散布は液剤が中心で、高い位置の葉や枝、果実等に向けて下から農薬を付着させる。そのため到達性のある動力噴霧機で微粒子化した薬液を散布することが多い。動力散布にも様々なものがあるが、据え置き型のセット動噴に噴霧量が多めのノズルを組み合わせで使用することが一般的である。複数の噴頭が取り付けられたノズルを装着する場合もあり、空間に薬液が飛び散らないように基本的な散布操作の励行を心がけるとともに、飛散低減ノズルを積極的に使用することが望ましい(日本植物防疫協会 2005a)。果樹用の飛散低減ノズルは、樹高が高い場合や近い位置から散布できない場合を想定し、概して噴霧角度が狭く勢いが強いという特徴があるが、低樹高で近くから散布できる場合は、噴霧角度が広めで勢いの弱い野菜用の飛散低減ノズルが使いやすい(日本植物防疫協会 2005a)。

高い位置に向けた散布では薬液の飛距離が長いため、風の影響を受けやすい。さらに

散布液が作物体を突き抜けたり飛び超えて風に運ばれる可能性もあるので、圃場周縁に防薬ネットを敷設して飛散を抑える対策がすでにリンゴ、モモ、ナシの栽培で採用されている(埼玉県農業総合研究センター 2005; 尾形・菅野 2006; 櫛田ら 2007; 天野ら 2008)。防薬ネットの性能については、実圃場ですでに使用されている代表的な規格を各種比較したところ、目合いが細かいほど飛散粒子の遮蔽能力が高いという試験結果が示されている(日本植物防疫協会 2005b)。

しかし一方で、目合いが細かいネットでは噴霧液が通過せずに舞い上がり、風によって遠くまで飛散する可能性も指摘されている(尾形・菅野 2006)。実際の飛散防止効果には、ネットの目合いよりネットの高さが強く影響する傾向もあり、目合い 1、2、または 4 mm のネットを高さ 2 m の条件で設置すると、いずれもネットがない場合に比べて 85%程度飛散率を低減することが確認されている(日本植物防疫協会 2007)。樹園地の防薬ネットは作物の種類に合わせて高さを確保することが重要である。

樹園地では動噴散布機による手散布の他に、数多くのノズルから散布液を送風によって作物体に吹きつけるスピードスプレーヤの使用も一般的である。スピードスプレーヤは作業性が高く果樹生産現場では不可欠な機材であるが、手散布のように樹ごとではなく画一的な散布になりやすいため、欠株や防薬ネットの切れ間から空間に向けて薬液を噴霧しないように操作し、特に飛散に注意する必要がある。

具体的にスピードスプレーヤを使用する時は散布時の天候の確認など基本的な操作の励行に加えて、①送風量は必要な範囲で可能な限り少なくする、②ノズルの配列に注意し、散布対象がない方向のノズルは止める、③旋回時には不要な噴霧を止める、④園地の端部での散布には特に注意する等の対策が重要である(日本植物防疫協会 2005a)。また、スピードスプレーヤに対応した飛散低減ノズルも開発され、実証圃での薬効や飛散防止効果の確認が全国的に進んでいる(農林水産省 2009)。さらに圃場が水路や河川に近い場合は、水辺に植栽などで遮蔽を設け、噴霧液が水面に落下しないようにすることで農薬の流出を防止することができる(Vischetti et al. 2008)。

樹園地における農薬の流出防止技術のまとめ

【表 4-2.】樹園地における農薬の流出防止技術の概要について、防止効果別に示す。参考にコストについても記載したが、資材の種類、製造元、販売店や運搬方法によって価格は異なる。この他に技術の導入に伴う工事費、運賃、人件費が加算される場合もある。

流出防止効果	技術の概要	参考
散布技術の工夫による飛散防止	農薬無施用の 緩衝帯 を圃場周縁に設置する	
	液剤等の噴霧処理において 飛散低減ノズル を使用する	飛散低減ノズルの価格は 1 頭口 1,300 円程度から。スピードスプレーや対応の飛散低減ノズルもある。
障壁設置による飛散防止	ソルゴーなど草丈の高い植物を 障壁作物 として栽培し、圃場周縁を遮蔽する	
	遮光ネットなどを 防薬ネット として圃場周縁に設置する	
	用水路などの周辺を植栽 し、水系への飛散を防止する	

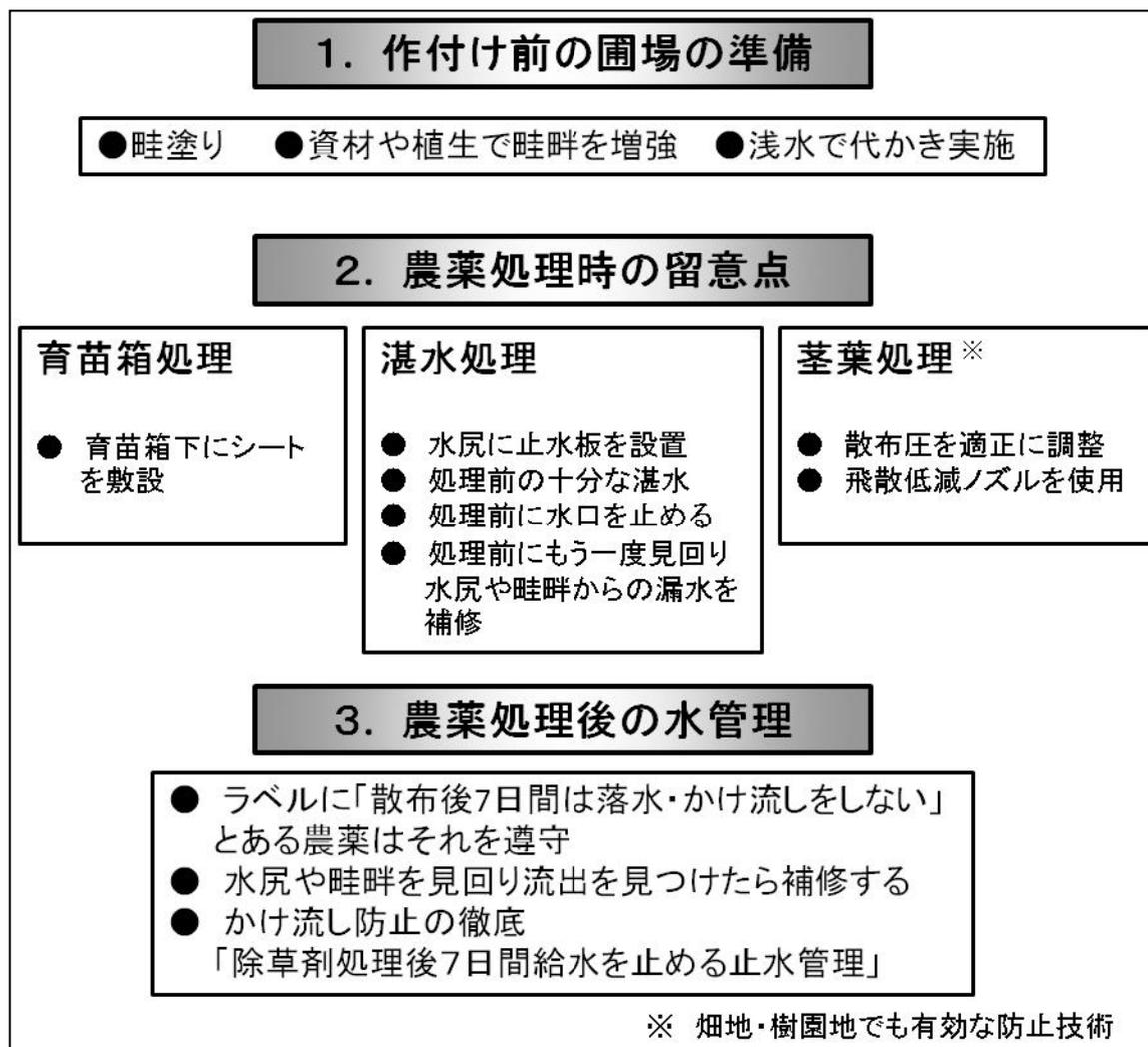
5. 総合考察

5.1 環境中の農薬分解と検出の背景

河川水中の農薬濃度については 1970 年代からモニタリングが行われ、これまでに多くのデータが蓄積されている。特に水田施用農薬の成分については、圃場から河川へと水が連続して移動するため、畑地などに比べて流出率が高いことが知られている（丸 1991）。ただし、環境省が日本植物防疫協会に委託した事業において、年間を通じて水田から排水路を経て小河川に到る農薬濃度の推移を 7 府県で調査したところ、河川水中の農薬濃度は検出限界未満であることが多いと報告されている（日本植物防疫協会 2008b）。同様の傾向は千葉県や茨城県で実施した調査においても確認されている（丸 1985; 石原ら 2006）。しかし使用最盛期には数十 ppb 程度の農薬が河川水中で検出され、慢性的ではないものの流出した農薬が周辺環境へ影響を及ぼす可能性がある（丸 1985; 井上 2006; 石原ら 2006）。

5.2 流出防止技術の啓発・普及活動との連携

このように農薬の流出防止は水環境を保全する上で重視すべき要素であり、本報告書では国内外で提案されている流出防止技術を掲載した。ここでは研究段階の技術からすでに実用化されている技術までが網羅的に紹介されている。対象とした圃場には水田、畑地、樹園地が含まれている。このうち圃場から河川へと水が連続して移動する水田では、農薬を含む水田水の扱いによっては水系に直接的な影響が表れる。そこで止水管理を中心とした汎用性の高い技術に注目し、①作付け前の圃場準備、②農薬処理時の留意点、③農薬処理後の水管理について【図 5.1】に整理した。ここで採り上げた技術は、流出防止効果が高い上に省力的に実施できるので農薬の使用者に対する啓発・普及に値する。そこでこれらの技術については別紙パンフレット「農薬の流出防止技術の紹介」にまとめ、具体的な実施例を栽培体系に沿って掲載した。



【図 5.1】汎用性のある農薬流出防止技術

農薬使用者の育成と認定一覧

【表 6-1.】農薬の使用者に対する資格認定の名称、条件と目的、認定実施者を示す。

資格の名称	資格条件と活動目的	研修または資格認定実施者
緑の安全管理士 (緑地・ゴルフ場分野)	ゴルフ場、公園等の緑地保全に係る病虫害・雑草防除と農薬に関する知識や防除技術を修得し、農薬の使用現場で指導的役割を果たすことができる適格者として試験に合格した者	社団法人緑の安全推進協会 http://www.midori-kyokai.com/kanrisi/index.html
植物防疫研修修了者 ↓ 農薬安全コンサルタント 緑の安全管理士 (農耕地分野)	植物防疫に関する知識・技術の向上を図り、植物防疫事業の推進に資するための知識と農薬の安全適正使用について研修を修了し試験に合格した者	社団法人日本植物防疫協会 http://www.sp.jppa.or.jp/about/kenshu.html
農薬管理指導士 (県により名称の異なることがある)	農薬の販売者、防除業者の中で農薬の危害防止等、農薬の取扱いにおいて指導的役割を果たすための研修を受けた者 (またはさらに試験に合格した者) ゴルフ場等での農薬管理責任者を対象に、指導要綱や防除指針などを踏まえ農薬適正使用をはかる研修を修了した者 (またはさらに試験に合格した者)	都道府県
農薬適正使用アドバイザー (県により名称の異なることがある)	農薬の使用現場に近いところで農業者等に適正使用を助言・指導するための研修を受けた者 (またはさらに試験に合格した者)	都道府県
防除指導員	営農指導員のなかで、農作物の病虫害・雑草に関する知識と防除法に関する知識技術を研修し、防除指導の役割を果たせる者として試験に合格した者	JA 全農
技術士 (植物保護)	技術士法に基づく国家資格で、農業分野において植物保護の選択科目が設けられている。出題事項は病虫害防除、雑草防除、発生予察、農薬その他植物保護に関する事項	国家試験 http://www.engineer.or.jp/examination_center/pejseido.pdf

緑の安全推進協会 (2005) より改変

引用文献

- Boulangé, J., Kumar, S., 近藤圭, 玉正訓, Thuyet, D. Q., & 渡邊裕純 (2009)
Application of Monte Carlo simulation for evaluation of water management practices on controlling herbicide discharge from ricepaddy. 日本農薬学会講演要旨集, **34**, 85.
- Brown, D. F., Mc Cool, D. K., Papendick, R. I. & Mc Donough, L. M. (1985) Herbicide residues from winter wheat plots: Effect of tillage and crop management. *Journal of Environmental Quality*, **14**, 521-532.
- Clausen, J. C., Jokela, W. E., Potter, F. I., III & Williams, J. W. (1996) Paired watershed comparison of tillage effects on runoff, sediment, and pesticide losses. *Journal of Environmental Quality*, **25**, 1000-1007.
- Dabrowski, J. M., Peall, S. K. C., Reinecke, A. J., Liess, M. & Schulz, R. (2002) Runoff-related pesticide input into the Lourens river, South Africa: Basic data for exposure assessment and risk mitigation at the catchment scale. *Water, Air, & Soil Pollution*, **135**, 265-283.
- Ganzelmeier, H., Rautmann, D., Spangenberg, R., Streloke, M., Herrmann, M., Wenzelburger, H.-J., & Walter, H.-F. (1995) Studies on the Spray Drift of Plant Protection Products. Blackwell Wissenschafts. Berlin.
- Holvoet, K. M. A., Seuntjens, P. & Vanrolleghem, P. A. (2007) Monitoring and modeling pesticide fate in surface waters at the catchment scale. *Ecological Modelling*, **209**, 53-64.
- Hur, S. O., Jung, K. H., Sonn, Y. K., Hong, S. Y. & Ha, S. K. (2005) Water and soil management for water conservation in a watershed. OECD Workshop on Agriculture and Water: Sustainability, Markets and Policies (eds OECD). South Australia.
- Jones, O. R., Smith, S. J., Southwick, L. M. & Sharpley, A. N. (1995) Environmental impacts of dryland residue management systems in the Southern High Plains. *Journal of Environmental Quality*, **24**, 453-460.
- Miao, Z., Vicari, A., Capri, E., Ventura, F., Padovani, L. & Trevisan, M. (2004) Modeling the effects of tillage management practices on herbicide runoff in northern Italy. *Journal of Environmental Quality*, **33**, 1720-1732.
- Phong, T. K., Watanabe, H., Hien, T. Q., Vu, S. H., Tanaka, T., Nhung, D. T. T. &

- 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**, 159-165.
- Reichenberger, S., Bach, M., Skitschak, A. & Frede, H. G. (2007) Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground-and surface water and their effectiveness; A review. *Science of the Total Environment*, **384**, 1-35.
- Vischetti, C., Cardinali, A., Monaci, E., Nicelli, M., Ferrari, F., Trevisan, M., & Capri, E. (2008) Measures to reduce pesticide spray drift in a small aquatic ecosystem in vineyard estate. *Science of the Total Environment*, **389**, 497-502.
- Vu, H. S., Ishihara, S., & Watanabe, H. (2006) Exposure risk assessment and evaluation of best management practice of pesticide runoff from paddy fields into rivers. Part I. Multi-scale paddy watershed monitoring. *Pest Management Science*, **62**, 1193-1206.
- 愛知県農業総合試験場 (2003) 不耕起V溝直播栽培の手引き. 農業の新技术, **74**, 1-69.
- 青森県農林総合研究センター (2003) ベントナイトを用いた水田畦畔漏水防止法と省力水管理法. 平成15年度指導奨励事項・指導参考資料.
<http://apple.net.pref.aomori.jp/home/08000401/promote/H15/H15-002.htm>
- 青森県農林総合研究センター (2004) 水田畦はん被覆植物及び被覆資材の特性. 平成15年度指導奨励事項・指導参考資料.
<http://apple.net.pref.aomori.jp/home/08000401/promote/H15/H15-044.htm>.
- 赤江剛夫 (1992) 代かき濁水の凝集沈降剤の検索と施用法の検討—代かき濁水のカルシウム塩添加による凝集沈降浄化法(2)—. 土壌の物理性, **64**, 45-52.
- 赤江剛夫 (1994) 現地試験による石膏の代掻き濁水浄化効果の検討—代掻き濁水のカルシウム塩添加による凝集沈降浄化法(3)—. 土壌の物理性 **69**, 3-10.
- 秋田県 (2008) 平成20年度稲作指導指針.
<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1206927203631/files/H20sisin.pdf>
- 天野昭子・神尾真司・須賀しのぶ・桑原圭司・澤野定憲 (2008) スピードスプレーヤ散布における防風ネットの農薬飛散防止効果について. 関西病虫研報 **50**, 189-191.
- 池田清一・深山弘志 (2006) 普及指導員調査研究成績書. (千葉県農業改良課技術指導室).
<http://www.pref.chiba.lg.jp/fukyu/gijutu/2006gijutuhp/H17chouken-pdf/H17m usirokaki.pdf>
- 石井康雄・稲生圭哉・小原裕三 (2004) 田面水および土壌中における水田除草剤の経時

- 的濃度変化に基づく止水期間の検討. 農業環境技術研究所報告, **23**, 15-25.
- 石橋英二・赤井直彦 (1996) 不耕起栽培圃場における減水深と漏水対策の効果 (長期不耕起継続田実態調査, 岡山県立農業試験場・化学部・土壤保全).
http://www.affrc.go.jp/ja/research/seika/data_cgk/h08/cgk96070
- 石原 悟・石坂真澄・堀尾 剛・小原裕三・上路雅子 (2006) 桜川および霞ヶ浦における水稲用除草剤の挙動. 雑草研究, **51**, 69-81.
- 稲生圭哉 (2004) 水田環境における農薬の挙動予測モデルの開発と有効性の検証. 農業環境技術研究所報告, **23**, 27-76.
- 井上 隆信 (2008) 水系における農薬検出と流出制御. 植物防疫, **62**, 115-118.
- 茨城県農業総合センター農業研究所 (2008) 大豆薬剤散布におけるドリフト低減ノズル及び遮蔽作物の効果 (主要な研究成果).
<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/noken/>
- 岩手県農業研究センター (2000) 葉いもち予防粒剤の育苗箱施用による河川への薬剤成分流出の低減化. <http://www.pref.iwate.jp/~hp2088/index.html>
- 岩手県農業研究センター (2001) 育苗箱施用粒剤 (殺虫成分) の田面水濃度.
<http://www.pref.iwate.jp/~hp2088/index.html>
- 岩手県農業研究センター (2008) 防除体系等の変化に伴ういもち病防除剤の水系負荷変動 (研究レポート). <http://www.pref.iwate.jp/~hp2088/index.html>
- 上路雅子 (1999) 農薬の環境影響と対策. 農林水産技術研究ジャーナル, **22**, 12-19.
- 海老瀬潜一 (2006) 水域流出の実態と背景. (鼻山成久編) 化学物質の生態リスク評価と規制－農薬編－. pp. 29-31. アイピーシー, 東京.
- 大谷一郎 (2005) 防草シートを利用した被覆植物のシート苗による畦畔法面への省力施工法. 植調, **39**, 277-282.
- 大野智史・八木麻子・田村美佳 (2005) ケイ酸石灰施用による代かき濁水由来の水質汚濁の低減. 懸濁物質の凝集による田面排水に由来する栄養塩類の流出抑制技術の開発 (中央農業総合研究センター).
http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/result/result22/result22_28.pdf
- 尾形 正・菅野英二 (2006) スピードスプレーヤ利用による防除方法と農薬飛散防止ネットの効果. 東北農業研究 **59**, 157-158.
- 金澤 純 (1992) 農薬の環境科学. 合同出版, 東京.
- 北川靖夫・岡山清司・東城真治 (1988) 輪換田における「いつき」現象の発現. 日本土壤

肥料学雑誌, **59**, 149-155.

木村義彰・石井耕太・原 圭祐・白井康裕 (2008) 飛散防止カバー付き畦間散布装置を用いた除草剤の低飛散・畦間散布技術 (北海道農業研究センター北海道農業研究成果情報). <http://cryo.naro.affrc.go.jp/seika/h19/006.html>

近畿中国四国農業研究センター (2008) 在来草種への植生転換と多段テラス造成による畦畔法面の省力管理マニュアル.
http://wenarc.naro.affrc.go.jp/tech-i/covercrop/covercrop_200801.pdf

櫛田俊明・雪田金助・大川郁子 (2007) 現地リンゴ園でのスピードスプレーヤを用いた農薬散布時のドリフト低減対策の組み合わせによる効果実証. 北日本病害虫研究会報 **58**, 161-165.

経済産業省・環境省 (2008) 平成18年度PRTRデータの概要. 経済産業省製造産業局化学物質管理課. <http://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/gaiyo.html>

湖沼環境保全専門委員会 (2004) 非特定汚染源対策による排出負荷量削減効果 B. 農業地域 (水田) における面源対策効果. 中央環境審議会水環境部会第3回湖沼環境保全専門委員会参考資料-1 (環境省ホームページ).
<http://www.env.go.jp/council/09water/y098-03/ref01-4.pdf>

小林富雄・鈴木尚俊 (2006) ブームスプレーヤ防除におけるドリフトレスノズルの評価. 日本農薬学会講演要旨集, **31**, 45.

小森信明・徳田祐二・岡本佐和子・大橋恭一 (1999) 発泡プラスチックろ材による代かき濁水の浄化試験. 滋賀県農業試験場研究報告, **40**, 88-91.

近藤 正・田代 卓・神宮字寛・佐藤照男 (2004) 八郎潟干拓地に展開する多様な水田農法と汚濁負荷発生量. 農業農村工学講演要旨集, 462-463.

埼玉県農業総合研究センター (2005) 農薬散布時のドリフト実態について.
<http://www.pref.saitama.lg.jp/A06/BQ05/tantou/anzen/anzen017/017pdf/017-3-05p.pdf>

斎藤武司(2004) 航空防除・無人ヘリ防除. 農薬の環境科学の最前線 (上路雅子・片山新太・星野敏明・山本広基編), pp. 286-298. ソフトサイエンス社, 東京.

酒井 宏・富田真佐男・吉岡正明・關 匡房 (2006) 緑肥作物のほ場周縁部植栽による農薬飛散 (ドリフト) 防止効果. 関東東山病害虫研究会報, **53**, 157-161.

佐賀県農業技術防除センター (2003) 代かき時の濁水発生等の防止. 持続的農業技術情報, 47.

佐々木一敏・寺沢潤一 (1997) 水田地帯に空中散布された農薬の河川への流出. 長野県衛

- 生公害研究所研究報告, **19**, 45-48.
- 佐藤尚親 (2007) 北海道における飼料用とうもろこしの栽培技術 (環境リサイクル肉牛協議会ホームページ). http://www.recycle-gyu.com/pdf_file/071105sinpo3.pdf
- 滋賀県 (2008) 農業排水対策営農技術集 (滋賀県ホームページ).
<http://www.pref.shiga.jp/g/kodawari/nohai/index.html>
- 清水基滋 (2007) 水稻・畑作の少量散布技術の展開. シンポジウム散布技術を考える講演要旨, 31-38. 日本植物防疫協会.
- 杉本彰揮・中西幸峰(2000) 畦畔被覆シートの営農的施工技術. 水田営農における環境保全型省力機械化技術の確立 (三重県科学技術振興センター).
<http://www.mpstpc.pref.mie.jp/pdf/500427.pdf>
- 生研センター (2005) 農業機械等緊急開発事業・環境保全型汎用薬液散布装置(ドリフト低減型ノズル)(農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター). http://brain.naro.affrc.go.jp/iam/Urgent/iam_upro127.htm
- 生研センター (2007) 農業機械等緊急開発事業・環境保全型汎用薬液散布装置 (農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター).
http://brain.naro.affrc.go.jp/iam/Urgent/iam_upro132.htm
- 徐 錫元 (2001) 日本の水田畦畔管理について (2)畦畔の雑草防除とその地域的特徴. 植調, **35**, 278-287.
- 園田正則 (2004) 施用法の開発 3-1 地上散布. 農薬の環境科学の最前線 (上路雅子・片山新太・星野敏明・山本広基編), pp. 279-285. ソフトサイエンス社, 東京.
- 高木和広 (2004) PCPF-1モデルともみ殻成形炭粉末を用いた水稻用除草剤の系外流出削減ーゼロエミッション・循環型水田農業を目指してー. 植調, **38**, 248-254.
- 高木和広・原田直樹 (2005) シマジン分解細菌群CD7の構成種とその機能. 農業環境研究成果情報, **21**, 22-23.
- 高木 豊 (2008) 水稻用微粒剤Fの特徴と開発動向. シンポジウム散布技術を考える講演要旨. pp. 39-47. 日本植物防疫協会.
- 高橋義行・高田正司・小田中芳次 (2002) 畑地圃場における自然降雨による農薬の地表流出. 日本農薬学会誌, **27**, 378-382.
- 高橋義行・荻山和祐 (2007) 農耕地における農薬の動態解析と評価法の開発. 日本農薬学会誌, **32**, 157-163.
- 竹下孝史 (2002) 「抑草剤」の開発 ; 2001年までの要約 ー畦畔雑草に対する抑草剤の

- 開発を中心に－. 植調, **36**, 239-259.
- 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, **42**, 85-91.
- 田中十城・村岡哲也・高橋宏和・竹下孝史 (2007) 除草剤の水田系外流出低減を目的とした水管理方法：除草剤処理後の田面露出の影響. 雑草研究, **52**, 28-35.
- 土田邦夫 (1997) 水田畦畔における雑草管理の新技术. 植調, **31**, 463-469.
- ドリフト対策連絡協議会 (2003) 農薬散布時のドリフト防止対策ガイダンス.
<http://www.jppn.ne.jp/jpp/data/dorihuto.pdf>
- 中井譲・大橋恭一・山下勝男 (1998) 表層代かき田植機による濁水流出軽減技術. 滋賀県農業試験場研究報告, **39**, 1-6.
- 中嶋一郎・原田昌佳・平松和昭・森 牧人・望月俊宏・松尾直樹 (2007) Paddyモデルによる水田散布除草剤の流出特性の評価. 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, **62**, 19-30.
- 中橋富久・山下勝男・大橋恭一 (1993) 不耕起田植機の性能と濁水発生軽減効果. 滋賀県農業試験場研究報告, **34**, 1-9.
- 中村廣明・片山新太 (2004) 農薬と環境. 農薬の環境科学の最前線 (上路雅子・片山新太・星野敏明・山本広基編), pp. 2-6. ソフトサイエンス社, 東京.
- 中村稔・小林正幸・長谷川清善 (1982) 水田における循環かんがいと水質汚濁成分の収支(2). 滋賀県農業試験場研究報告, **24**, 79-86.
- 日本環境毒性学会 (2006) 化学物質の生態リスク評価と規制 ー農薬編ー. アイピーシー, 東京.
- 日本植物調節剤研究協会 (2005) 農薬飛散影響防止対策事業に関する調査報告.
- 日本植物調節剤研究協会 (2008) 平成20年度・水田除草剤適正使用キャンペーンについて. <http://www.japr.or.jp/wadai/index.html>
- 日本植物防疫協会 (2005) 地上防除ドリフト対策マニュアル.
<http://www.sp.jpqa.or.jp/information/tecinfo/data/doriftmanual.pdf>
- 日本植物防疫協会 (2005) ネットによるドリフト低減効果の調査. pp. 4-6. 平成17年度農薬飛散対策に関する調査研究報告.
- 日本植物防疫協会 (2007) 平成18年度農薬流出防止技術評価事業調査報告結果.
<http://www.env.go.jp/water/report/h19-01/full.pdf>

日本植物防疫協会（2008）平成19年度農薬流出防止技術評価事業調査報告結果。

<http://www.env.go.jp/water/report/h20-02/full.pdf>

日本植物防疫協会（2008）平成19年度農薬残留対策総合調査委託業務結果報告書。

日本植物防疫協会・全農営農技術センター（2006）水田パイプダスタのドリフト調査。平成17年度農薬飛散対策に関する調査研究報告書。pp. 127-132。日本植物防疫協会。

沼辺明博・永洞真一郎・國松孝男（2007）かけ流し灌漑水田からの農薬排出量の削減。水環境学会誌, **30**, 651-656。

農薬工業会（2008）平成20農薬年度出荷実績表（9月末出荷実績表）。

<http://www.jcpa.or.jp/data/pdf/2008/200809.pdf>

農薬取締法（2007年3月30日法律第8号）

農林水産省消費・安全局農産安全管理課農薬対策室（2006）農薬適正使用の指導に当たっての留意事項について。18 消安第 14701 号。

農林水産省（2006）食料・農業・農農村政策審議会農村振興分科会農村整備部会。平成18年度第3回技術小委員会資料4-2（農林水産省ホームページ）。

http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/nousin/gizyutu/h18_3/pdf/data04-2.pdf

農林水産省（2008）平成19年農作物作付(栽培)延べ面積及び耕地利用率（農林水産省ホームページ）。

<http://www.maff.go.jp/toukei/sokuhou/data/nobemenseki2007/nobemenseki2007.pdf>

農林水産省（2009）農薬の飛散低減対策に関する調査研究・事例等の取り組み事例。第4回農薬の飛散低減対策協議会資料2。

橋本仁一・山木義賢・高橋宏和・川西孝秀・垣内 仁（2008）水田畦畔法面における抑草剤、除草剤を利用した芝優占植生への誘導1。薬剤反復処理による植生変化。雑草研究, **53**, 36。

橋本仁一・高橋宏和・林 伸英・川西孝秀・垣内 仁・小林正典（2008）水田畦畔法面における抑草剤、除草剤を利用した芝優占植生への誘導2。効率的な誘導プログラム。雑草研究, **53**, 37。

原田久富美・太田健・村上 章・進藤勇人・小林ひとみ・藤井芳一（2003）復田時の不耕起、無代かき移植栽培における水質汚濁物質負荷の特徴（閉鎖水系水田地帯における環境負荷物質の動態と環境保全機能の定量的解明）。

http://www.affrc.go.jp/ja/research/seika/data_common/h15/kyotu15/ho4/do5010

- 原田久富美・太田 健・進藤勇人・小林ひとみ (2006) 水稻移植前落水時の湛水深を 60 mm 以下にすると水質汚濁負荷が半減する. 秋田県農業試験場研究時報 **45**, 27-28.
- 東田修司 (2001) 不耕起処理が土壤微生物活性と作物生育に及ぼす影響. 日本土壤肥料学会講演要旨集, **47**, 292.
- 久野範高・榊 祐子・三角正俊 (2002) 産業用無人ヘリコプター防除における農薬の周辺環境への影響. 九州農業研究, **64**, 94.
- 福島 昭 (2003) 日本シバ裁断茎の機械吹き付け植栽技術. 植調, **37**, 318-323.
- 藤本伸・横井弘善 (2006) 青ネギにおける農薬飛散防止対策の取組み. 平成18年度普及活動の成果 (事例).
<http://www.pref.kagawa.jp/agrinet/dougubako/center/katudou/18/pdf/35.pdf>
- 藤森新作・谷本岳・若杉晃介 (2002) 軽焼マグネシア系土壤硬化剤による地表面マルチング技術. 湖沼等の環境浄化処理技術の開発 (農業工学研究所).
http://www.affrc.go.jp/ja/research/seika/data_nkk/h14/html/22/22
- 藤原公一 (1987) 凝集沈降剤 EB-a 145 および PAC のニゴロブナ、ホンモロコおよびアユに対する毒性. 滋賀県水産試験場研究報告, **39**, 54-59.
- 伏脇裕一 (1994) 野菜栽培地域における殺菌剤ペンタクロロニトロベンゼン及び分解代謝物質の動態. 国立環境研究所研究報告, **133**, 51-56.
- 穂坂尚美・池田浩明・相田美喜 (2008) 外来植物の防除に利用する除草剤フルアジホップの生態影響評価. 日本生態学会要旨, **55**, 377.
- 星野敏明 (2006) 農薬概論. 化学物質の生態リスク評価と規制—農薬編—. pp. 3-12. アイピーシー, 東京.
- 北海道環境科学研究センター (2000) 環境中における農薬の動態及び環境影響の遁減に関する研究. 平成11年度共同研究報告.
- 牧野知之・大谷 卓・清家伸康・菅原和夫 (2004) 凝集剤による水田からのダイオキシン類の流出防止法. 農業環境研究成果情報, **20**, 4-5.
- 松本佑介・松井宏之 (2007) サンゴ砂を活用した水田濁水の抑制に関する基礎的検討. 農業農村工学講演要旨集, 384-385.
- 丸 諭 (1985) 千葉県内河川のモニタリング. 生態化学, **8**, 3-10.
- 丸 諭 (1991) 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, **18**, 1-62.
- 水口亜樹・西脇亜也 (2006) チガヤ 2 タイプ間の形態・生態・遺伝子における変異. 植調,

40, 307-314.

緑の安全推進協会 (2005) 人の健康や環境へのリスクを低減した樹木等の病虫害防除に関する手引き. <http://www.midori-kyokai.com/pdf/jyumoku-tebikiB.pdf>.

宮坂幸弘 (2008) 飼料用ソルガムによる野菜ほ場における農薬ドリフト低減効果 (平成 19年度「関東東海北陸農業」研究成果情報).
http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryuu/kankou/seika/kanto19/03/19_03_59.html

柳野利哉・熊谷憲治・細田洋一 (1998) トラクタ装着型空気・静電散布防除機の畑作物への散布特性. 東北農業研究, **51**, 207-208.

山口県 (2007) 「芝をもって雑草を制す！」やまぐち型畦畔法面緑化工法マニュアル (山口県農林水産部 農村整備課 整備班).
http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a17500/osirase/norimen/apd1_1_2007020704140036.pdf

山元四朗・野口松一・斎藤武司 (1977) 昭和51年度農林水産航空技術合理化試験成績書 (社団法人農林水産航空協会).

吉田達雄・三角正俊 (2005) ブームスプレーヤによる農薬散布時のドリフト量. 九州農業研究, **67**, 73.

渡邊裕純・高木和広・石原 悟 (2007) 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, **51**, 26-34.

渡邊裕純・石原 悟 (2007) 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, **51**, 42-51.

渡邊裕純 (2008) 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. 植調, **42**, 157-166.

Assessment of Measures to Reduce the Emission of Agricultural Chemicals from Cropland

The report by The Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (JAPR) under a contract from the Ministry of the Environment (MOE)

JAPR author: Dr. Naomi Hosaka (JAPR).

Edited by: Drs. Masako Ueji, Yoshitsugu Odanaka, Nagao Sakai, Kouji Nakamura, Takeshi Horio, Satoshi Maru, Makoto Morino, Hiroaki Watanabe, and Hirozumi Watanabe (Review Board).

Prepared for publication by: Hirokazu Takahashi and Shigeo Gonda (JAPR).

Picture research for leaflet: Dr. Naoki Nakamura (JAPR).

Published by: MOE in association with JAPR, on March 31, 2009.

Available from: Ministry of the Environment, No. 5 Godochosha, 1-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8975. Also from MOE's website: <http://www.env.go.jp/>.

Abstract

In the process of registering an agricultural chemical, the Agricultural Chemical Regulation Law requires the use of a wide variety of tests to evaluate toxicity, persistence, and efficacy against the target diseases, pests, or weeds. When the product is used as approved, adverse effects on human health and environment are sufficiently small as to be deemed acceptable. However, if improperly used, used under unfavorable weather conditions, or used in inadequately irrigated fields, the agricultural chemical may discharge from the focal area and contaminate the nearby environment. The risk of contamination is high especially for paddy fields where applied chemicals can flow through channels directly connected to adjacent creeks or rivers.

The goal of the Assessment of Measures to Reduce the Emission of Agricultural Chemicals from Cropland project is to contribute to the conservation of the water environment by providing information on techniques for preventing the discharge of agricultural chemicals from runoff, erosion, leaching, or spray drift. After an evaluation by a review board of experts, the technical information is presented here comprehensively by location in which agricultural chemicals are applied (paddy field, upland field, and orchard).

The technical information presented in this report includes techniques from research and those already in practical use. A series of highly effective and easy to adopt at low cost techniques are excerpted from this report and summarized in the *Introduction of Measures to Reduce the Emission of Agricultural Chemicals*, a leaflet for users of agricultural chemicals.

平成 20 年度環境省請負業務報告書

平成 20 年度農薬流出防止技術評価事業調査結果報告書

発注者 環境省 水・大気環境局 土壤環境課農薬環境管理室

〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2 中央合同庁舎 5 号館

Tel. 03-3581-3351 (代表)

<http://www.env.go.jp/water/noyaku.html>

請負者 財団法人 日本植物調節剤研究協会

〒110-0016 東京都台東区台東 1-26-6

Tel. 03-3832-4188 Fax. 03-3833-1807

<http://www.japr.or.jp>

