

環境省請負業務結果報告書

平成 17 年度水質汚濁に係る環境中予測濃度
(水濁 PEC) 算定方法検討調査

平成 18 年 3 月

株式会社三菱化学安全科学研究所

平成 17 年度水質汚濁に係る環境中予測濃度（水濁 PEC）算定方法検討調査

目的

本調査は、改正された水質汚濁に係る登録保留基準の施行(平成 18 年 8 月 3 日)に伴い、現行の水田のみならず非水田における使用農薬も規制対象とすること、また評価方法として従来の水産動植物への毒性のみに着目した基準から、水経由の人体への農薬暴露を考慮することを踏まえ、基準値との比較のための算定方法を検討及び算定式を作成することにより、改正された登録保留基準の円滑な施行を確保することを目的とする。

調査内容

専門家・有識者からなる「水質汚濁に係る環境中予測濃度推算方法検討会」を 4 回開催し、その指導のもと、関連資料を収集し、環境省から資料の提供を受け、下記の 2 事項について、調査・検討を実施した。

- (1) 水質汚濁に係る環境中予測濃度算定式の作成
- (2) 文献調査・データ収集

実施場所、名称および調査に従事した主な職員

〒105-0014 東京都港区芝二丁目 1 番 30 号

株式会社三菱化学安全科学研究所 リスク評価研究センター

大井川淳子 村澤香織

平成 17 年度水質汚濁に係る環境中予測濃度（水濁 PEC）算定方法検討調査

目次

第 1 章 はじめに

1.1 目的.....	1-1
1.2 調査内容.....	1-1

第 2 章 方法

2.1 概要.....	2-1
2.2 検討会について.....	2-1
2.2.1 委員.....	2-1
2.2.2 開催日程.....	2-1

第 3 章 水濁 PEC 算定方法のまとめ

I. 水濁 PEC 算定の考え方について.....	3-1
II. 水濁 PEC 算定方法.....	3-9
. モニタリング結果からの試算.....	3-18
. 水濁 PEC の算出例（数値計算）.....	3-44
. モニタリング結果からの試算値と数値計算からの試算値比較.....	3-57
. 参考資料.....	3-58
(1) 水産動植物に対する毒性に係る登録保留基準の改定について.....	3-58
(2) 土壌残留及び水質汚濁に係る農薬登録保留基準の改定について（抄）.....	3-80
(3) 農薬取締法第三条第一項第四号から第 7 号までに掲げる場合に該当するか どうかの基準を定める件（抄）.....	3-84
(4) 農薬の地表流出と地下浸透.....	3-86

第1章 はじめに

1.1 目的

本調査は、改正された水質汚濁に係る登録保留基準の施行(平成18年8月3日)に伴い、現行の水田のみならず非水田における使用農薬も規制対象とすること、また評価方法として従来の水産動植物への毒性のみに着目した基準から、水経由の人体への農薬暴露を考慮することを踏まえ、基準値との比較のための算定方法を検討及び算定式を作成することにより、改正された登録保留基準の円滑な施行を確保することを目的とする。

1.2 調査内容

以下の(1)および(2)について調査を行った。

(1) 水質汚濁に係る環境中予測濃度(以下、「水濁 PEC」という)算定式の作成

水質汚濁に関する登録保留基準は、従来は農薬の水産動植物への毒性のみに着目した基準であったが、今回の改正でヒトへの環境経由の農薬暴露を考慮することとなった。したがって、水濁 PEC 算定式(案)の検討にあたっては、水産動植物にかかる登録保留基準の試験ガイドライン、関連する文献・データ等を参考としつつ、農薬の飛散及び表面流出、生物濃縮性等の環境中における挙動を含む人体への暴露評価と農薬の毒性評価を比較した結果が登録保留の判断基準となることを考慮し、算定方法の検討を行い、水濁 PEC 算定式(案)を作成した。水濁 PEC 算定式(案)は、水田の場合と非水田の場合に区分し、それぞれの数値計算から実圃場試験結果によって環境中における予測濃度を計算する段階まで概ね三段階程度の段階制をとることとした。また、算定式(案)の作成過程において、シミュレーション等を行い、算定式(案)の妥当性を確認した。

(2) 文献調査・データ収集

(1)の作成に係るデータの収集及び文献調査を行った。

第2章 方法

2.1 概要

本調査においては、専門家・有識者からなる「水質汚濁に係る環境中予測濃度推算方法検討会」を4回開催し、その指導のもと、関連資料を収集し、環境省から資料の提供を受け、検討を行った。なお、当該検討会等は環境省職員立ち会いのもと開催し、また、必要に応じ環境省が指定する関係者をオブザーバーとして招いた。

2.2 検討会について

2.2.1 委員

以下の9名の専門家・有識者を委員として、本検討会に参加いただいた。(敬称略)

座長	細見 正明	東京農工大学大学院共生科学技術研究部 教授
	井上 隆信	豊橋技術科学大学建設工学系 教授
	上路 雅子	農業環境技術研究所 理事
	清水 喜一	千葉県農林水産部農業改良課技術指導室 主席普及指導員
	高橋 宏和	日本植物調節剤研究協会研究所 研究企画部長
	高橋 義行	日本植物防疫協会研究所環境科学グループ 環境分析チームマネージャー
	中村 幸二	埼玉県農林総合研究センター 副所長
	福島 武彦	筑波大学大学院生命環境科学研究科 教授
	星野 敏明	農薬工業会 環境部会長

2.2.2 開催日程

以下の日程で検討会を開催した。

第1回検討会：平成17年11月1日(火)

基本の方針について

第2回検討会：平成17年12月27日(火)

水濁PEC算定方法(1次案)について

第3回検討会：平成18年2月20日（月）

水濁PEC算定方法（2次案）について

第4回検討会：平成18年3月30日（木）

平成17年度水質汚濁に係る環境中予測濃度（水濁PEC）算定方法
検討調査報告書（案）について

第3章

水質汚濁に係る環境中予測濃度（水濁PEC） 算定方法のまとめ

目 次

・ 水濁 P E C 算定の考え方について	3-1
・ 水濁 P E C 算定方法	3-9
・ モニタリング結果からの試算	3-18
・ 水濁 P E C の算出例 (数値計算)	3-44
・ モニタリング結果からの試算値と数値計算からの試算値比較	3-57
・ 参考資料	3-58
(1) 水産動植物に対する毒性に係る登録保留基準の改定について	3-58
(2) 土壌残留及び水質汚濁に係る農薬登録保留基準の改定について (抄)	3-80
(3) 農薬取締法第三条第一項第四号から第 7 号までに掲げる場合に該当するかどうかの基準を定める件 (抄)	3-84
(4) 農薬の地表流出と地下浸透	3-86

．水濁 P E C 算定の考え方について

1．基本的事項

公共用水域への農薬の暴露経路としては地表流出およびドリフト(水路等への直接飛散)が主なものであり、水質汚濁による人畜への慢性毒性影響を評価する P E C (環境中予測濃度(以下「水濁 P E C」という。))の算定に当たっては、地表流出およびドリフトを考慮することとする。

水濁 P E C の算定方法は3段階とし、第1段階は数値計算による算定、第2段階は水質汚濁性試験等のデータを用いることとし、第3段階では圃場での試験データを用いることとする(表1参照)。これらの段階制試験は、より高次の段階の試験を要しないためのスクリーニング試験である。

水濁 P E C は水質汚濁に係る人の長期的な健康影響を評価するために算出するものであるため、公共用水域における年間平均の予測濃度を算定することとする。

また、水濁 P E C の算定は以下に示す環境モデルおよび標準的シナリオにより行うこととし、水田・非水田の両者に適用のある農薬については、同じ公共用水域に流入する場合があることから、当該使用方法でもっとも流出濃度の高いケースの値を合算して評価することとする。

なお、水濁 P E C 算定上の環境モデル及び標準的シナリオは、水産動植物に対する毒性影響を評価するための P E C (以下「水産 P E C」という。)算定のために設定したモデル及びシナリオを踏襲することを基本とする。しかしながら、水質汚濁に係る登録保留基準は、水質汚濁に係る環境基準(人の健康の保護に関する環境基準)と同等の基準であり、かつ当該環境基準は、全公共用水域で適用されることを考慮し、水濁 P E C を算定する際の評価地点を水産 P E C での評価地点から最も影響を受けやすい評価地点(すなわち、支川上流部)に変更するとともに、評価地点や評価期間の変更に伴うシナリオの追加・修正を行うこととする。

表1．段階的評価における水濁 P E C 算出の根拠データ

暴露経路	使用場面	第1段階	第2段階	第3段階
表面流出	水田	数値計算	土壌吸着試験(水質汚濁性試験)	ほ場試験
	非水田	数値計算	土壌中半減期試験	地表流出試験
河川へのドリフト	水田・非水田	ドリフト表	同左	ほ場試験
排水路へのドリフト(水田のみ)	地上防除	ドリフト表	同左	ほ場試験
	航空防除	一定値(100%)	同左	同左

(注1) 第1段階で算出された P E C を用いたリスク評価の結果、登録保留基準に適合している場合には、第2段階の試験を要しない。第2段階試験についても同様である。

(注2) 既登録剤については、別途定めるモニタリング試験結果で得られた農薬流出率に基づき算出した水濁 P E C、または、農薬の登録申請に係る試験成績について(平

成 12 年 11 月 24 日付け 12 農産第 8147 号農林水産省農産園芸局長通知) に定める河川における農薬濃度のモニタリング(2-11-5) に準じて別途定めるモニタリング試験の結果を評価に用いることができるものとする。

2 . 水濁 P E C 算定に用いる環境モデル及び標準的シナリオ

(1) 環境モデル (図 1 参照)

我が国では農耕地等を流れた地表水はそのほとんどが河川等の公共用水域に流入する。このような我が国の地形条件等に鑑み、環境モデルは圃場と河川で構成する。具体的には、

ア) 面積 100km² のモデル流域の中に国土面積に占める水稻作付面積及び農耕地面積の割合を考慮して、一定の圃場群 (水田の場合は 500ha、畑地の場合は 750ha) を配置する。

イ) さらに、モデル河川は国土面積に占める河川面積を考慮した 2.0 km² とし、このうち 6 割を本川、 4 割を支川とする。

ウ) なお、本川中の流量は、 a) 一級河川の中下流域における流域面積 100 km² 当たりの平水流量 (50% 値) の平均が 3.0? /s、低水流量 (75% 値) が 1.9? /s、平均水量が 5.0? /s であること、 b) また、流域に農耕地を抱える上流域においては流量が更に少なく、また、上流域においては河川の漁業利用も多いことも考慮し、モデル河川の本川の流量は、原則 3? /s とする。

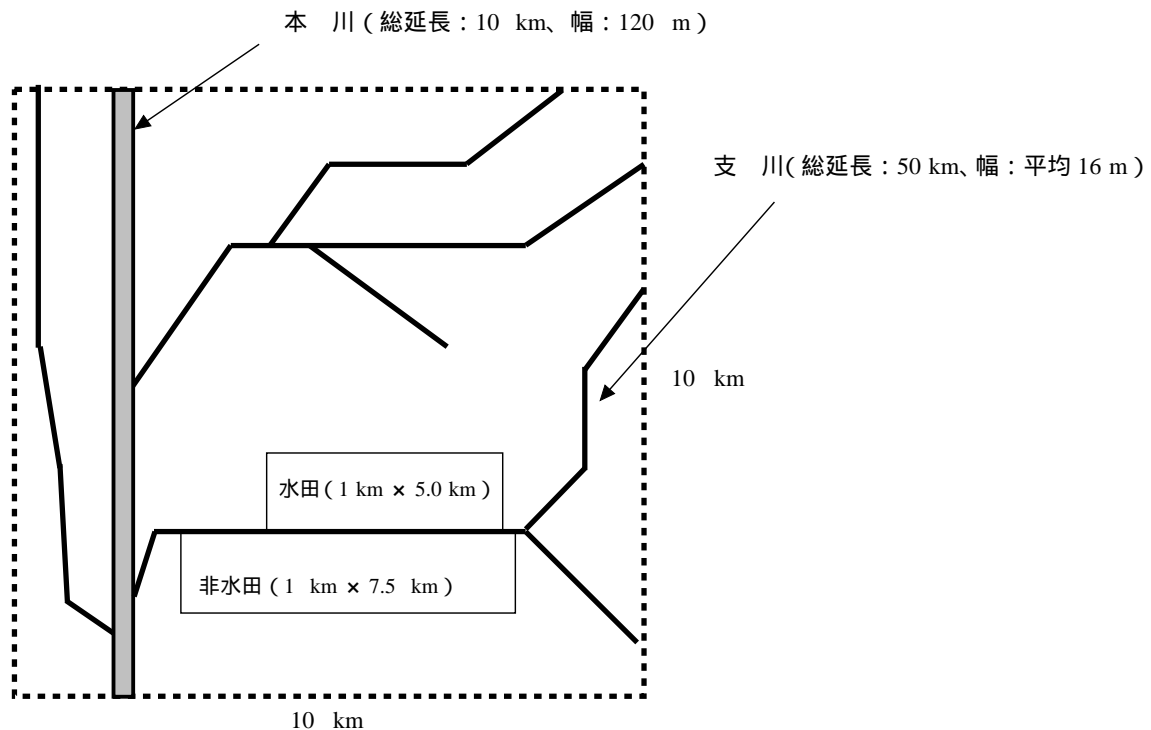


図 1 . P E C 算定に用いる環境モデルの概念図

(2) 標準的シナリオの設定

評価対象農薬散布面積

現実の圃場群では、水田と非水田が混在し、しかも一種の農薬が相当程度普及した場合であっても同一の種類農薬が一斉に全面使用されるケースは想定されない。このため、評価対象農薬の普及率は、水田使用農薬で10%、畑地使用農薬で5%とする。

さらに、に示す評価地点でのPECを適切に算定するため、評価対象農薬は、支川最上流部の水田(50ha)及び非水田(37.5ha)で散布されるものとする。ただし、水濁PECは公共用水域での短期間の農薬濃度を評価するものではないことから、水産PECで考慮した散布日のばらつきは考慮しない。

表2. 農薬使用場面の具体的な状況

使用場面	圃場面積 (ha)	支川河川に接する圃場長さ (km)	普及率 (%)	農薬散布面積 (ha)	支川河川に接する農薬散布圃場の長さ
水田	500	5.0	10	50	5.0km × 0.1=500m
非水田	750	7.5	5	37.5	7.5km × 0.05=375m

農薬の暴露経路

水田使用農薬について、地表流出は定常状態で田面水が一定の表面排水率(1日当たり10%)でモデル河川に流入し、ドリフトは散布時に生じ直接モデル河川の支川等に流入するものとする。一方、畑地で使用された農薬は、ドリフトが散布時に生じ、地表流出が規模の大きな降雨の発生時に生じ、ともにモデル河川に流入するものとする(表3)。

表3. 標準的シナリオの種類及び考え方

水田のみで使用する農薬	地表流出については、定常状態で田面水が一定の表面排水率(1日当たり10%)でモデル河川に流入。申請書の記載に従い止水期間を設定。
	ドリフト経路によるモデル河川への流入については、圃場群からモデル河川の支川へ一定率のドリフト排水路へドリフト(スプレードリフト)したものがモデル河川に流入 圃場群の一部から排水路へオーバー・スプレイ(航空防除の場合)
非水田のみで使用する農薬	地表流出は、相当規模の降雨によって表流水が発生し地表流出となってモデル河川に流入。
	ドリフトは水田使用農薬の に準じる(排水路を考慮しない)。
水田、非水田の両者に適用がある場合	水田、非水田両者のシナリオで算定し、合算する。

田面水の流出

田面水の公共用水域への流出期間は、水田に水のある期間(湛水期間)を考慮し、150日間とする。さらに、田面水は常時 5cm の水深が維持されるものとし、1日あたり 10% の田面水が流出するものとする。

非水田での地表流出発生回数及び時期

非水田使用農薬の地表流出については、非水田から農薬が流出するレベルの降雨の発生状況を踏まえ、年 11 回(5月から10月までの間に10回、1月末に1回)発生するものとする。

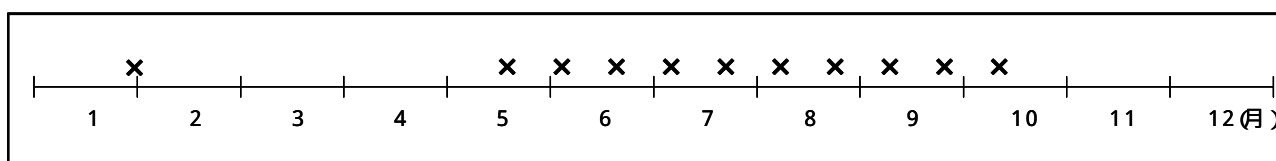


図2 . 年間の月別地表流出が想定される降雨発生時期 (× は地表流出発生時期を示す)

農薬の使用時期

ア) 水田

田面水からの農薬の流出は、使用時期に応じた変動は基本的にはないと考えられることから、水濁 P E C 算定式の簡便化を図る観点から、水田に水を張った初日(湛水初日)に全量(複数回使用できる農薬にあっては、単回使用量ではなく使用回数分の全量)使用するものとして農薬の流出量を算定する。

なお、水稻に適用する農薬であっても、水稻栽培終了後の使用以外の使用が想定されない農薬は、非水田使用農薬とみなして水濁 P E C を算定する。

イ) 非水田

非水田使用農薬の地表流出量は、地表流出の発生時期と農薬使用時期が密接に関係する。このため、農薬の使用時期が特定できない農薬にあっては、水濁 P E C は人健康に係るものであり、地表流出量をワースト的なシナリオで見込むことが適切と考えられることから、地表流出が集中する5月から10月までの150日間で均等に農薬が散布されるものとして農薬の流出量を算定する。すなわち、農薬散布回数が5回の農薬の場合、シナリオの起点日(図3注参照)から30日毎に農薬が散布されることとする。

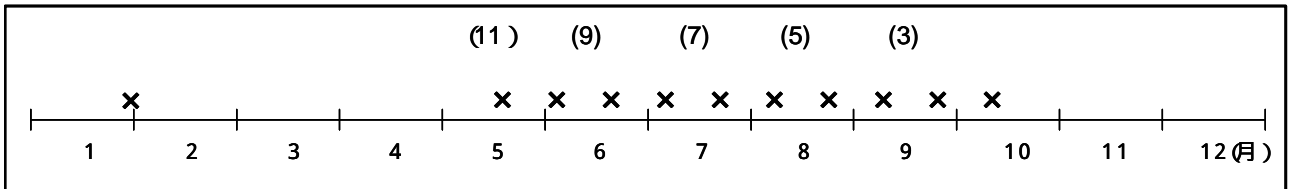


図3．地表流出頻度の高い時期に農薬全使用回数（5回）が散布される場合のパターン（ \times は農薬散布日、その上段（ ）内数値は地表流出寄与回数を示す）

注）シナリオの起点となる農薬散布日を5月の農薬散布日とし、地表流出発生日の7日前とする。

なお、麦の雪腐病防除剤のように根雪前以外の使用が想定されない農薬等、使用時期を特定できる農薬にあっては、使用時期について別のシナリオを設定することができるものとする。

評価地点

水質汚濁に係る登録保留基準は、水質汚濁に係る環境基準（健康項目）と同等の基準であり、かつ当該環境基準は、全公共用水域で維持することが望ましい基準として設定されていることを踏まえ、水濁PECの評価地点は、評価対象農薬散布水田及び非水田からの排水が支川で合流する地点とする（図4）。

注）このため、水産PECで考慮した支流河川底質への吸着等は水濁PECの算定において考慮しない。

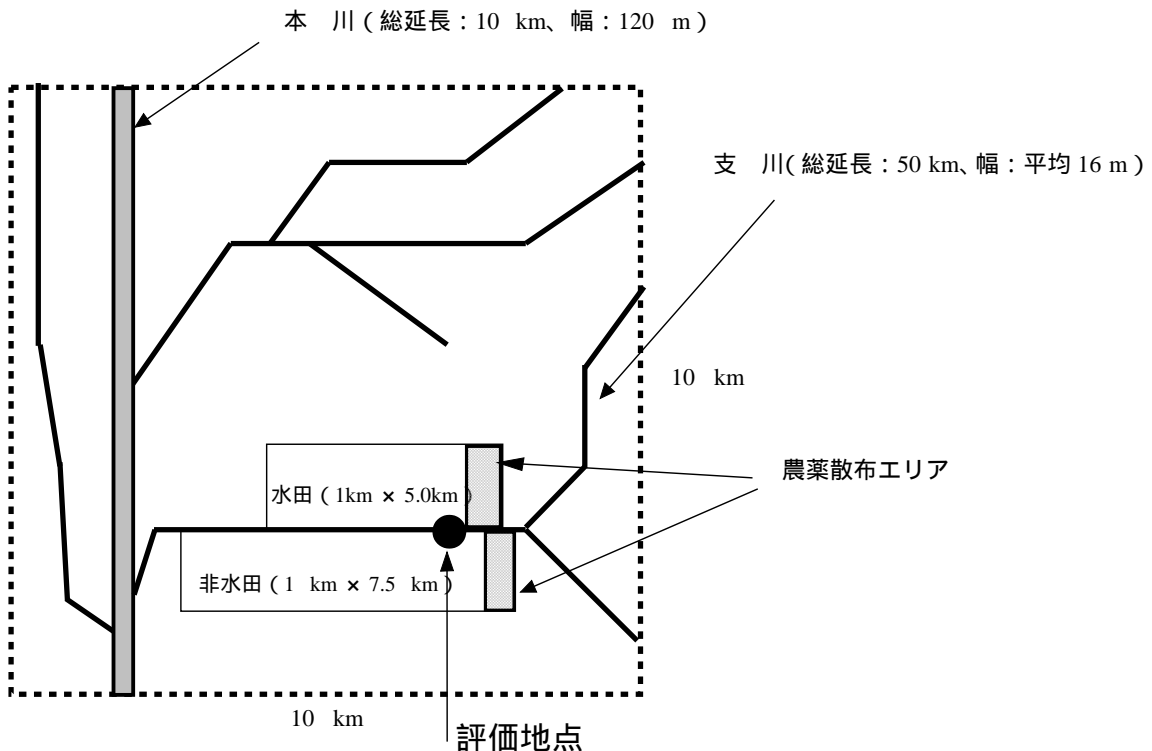


図4．環境モデルにおける評価地点の位置

評価地点の公共用水域における年間流量

評価地点での年間流量は、評価対象農薬散布水田（50ha）及び非水田（37.5ha）から排水される年間排水量が10倍に希釈される流量とする。

(a) 水田からの排水量（湛水期間のみ排水する）

$$\text{年間流量} = 50 \text{ t/ha/日} \times 50 \text{ ha} \times 150 \text{ 日}$$

(b) 非水田からの排水量（降雨時の1回・面積あたりの排水量の数値は「農薬の地表流出と地下浸透」(藤田俊一)より引用)

$$\text{年間流量} = 1.5 \text{ L/m}^2 \times 37.5 \text{ ha/回} \times 10\% (\text{寄与率}) \times 11 \text{ 回}$$

$$\begin{aligned} \text{評価地点の年間流量} &= (\text{水田からの排水量} + \text{非水田からの排水量}) \times 10 \text{ 倍} \\ &= 3,756,000 \text{ t} \end{aligned}$$

この流量を毎秒の流量に換算すれば、0.12 t/s となる。

(3) ドリフト率の算出等

ア) ドリフトの算出対象

ドリフトの算出にあたっては、水産PECで用いた数値・考え方をを用いることとする。

水田使用農薬の場合は河川及び排水路へのドリフトを、非水田使用農薬の場合は河川のみへのドリフトを算出する。地上防除と航空防除によって、それぞれドリフト率を算出する。ドリフトが考えられない粒剤及びフロアブル剤（ドリフトしない使用法に限る）、土壌処理剤、くん蒸剤は、原則としてドリフトの算出の対象としない。

イ) スプレードリフト（地上防除）

地上防除による河川へのドリフト率の算定基礎となる川幅については、農薬使用地点を支川最上流部のほ場としたことから、支川の平均川幅（16m）より小さく設定することが適当である。このため、支川に相当する河川での川幅の変化率の実態やモデル流量の推移を踏まえ、支川の川幅を3 mとしてドイツのドリフト表（表4）の距離に対応したドリフト率（水田の場合は $5 \text{ m} + 3 \text{ m} / 2 = 6.5 \text{ m}$ 、非水田の場合は $10 \text{ m} + 3 \text{ m} / 2 = 11.5 \text{ m}$ ）を用いる。

注）ほ場と河川の間には、農道等により一定の距離を有することが一般的であると考えられることから、水産PECの場合と同様に、水田から河川までの距離を5m、非水田から河川までの距離を10mとする。

表4．地上防除における農薬ドリフト率の設定

使用場面	ドリフト率	設定根拠
水田	0.5%	耕種作物 6.5 m の値（補間値）
非水田(果樹を除く)	0.2%	耕種作物 11.5 m の値（補間値）
果樹	5.8%	果樹 11.5 m の値(生育初期及び後期の平均、補間値)

ただし粒剤、フロアブル剤（ドリフトしない使用法に限る）及び土壌処理剤、くん蒸剤では

ドリフト率 = 0%。

表5 . 農薬ドリフト（スプレードリフト）の割合（%、デフォルト値）

距離 (m)	耕種作物	ぶどう		果樹		ホップ	
	生育初期 / 後期	生育初期	生育後期	生育初期	生育後期	生育初期	生育後期
1	4						
2	1.6						
3	1.0	4.9	7.5	29.6	19.6		
4	0.9						
5	0.6	1.6	5.2	19.5	10.1	18	12.7
7.5	0.4	1	2.6	14.1	6.4	8.5	10.8
10	0.4	0.4	1.7	10.6	4.4	4.8	8.9
15	0.2	0.2	0.8	6.2	2.5	1.7	4.7
20	0.1	0.1	0.4	4.2	1.4	0.8	3.8
30	0.1	0.1	0.2	2.0	0.6	0.3	2.1
40		0.1		0.4			
50		0.1		0.2		0.1	0.3

出典：ドイツにおけるドリフト調査（Ganzelmeier et. al., 1995）

ウ) スプレードリフト（航空防除）

航空防除による農薬のドリフト率は、航空ヘリ防除における農薬散布が、a) ヘリコプター特有の押し下げ効果（ダウンウォッシュ）を利用し、b) 風下側においてより散布境界の内側で行われることを考慮し、ドリフト率設定のために調査した下表の結果に基づいてドリフト率を設定する。

表6 . 航空防除における散布境界からの地点別の農薬ドリフト率（%）

	散布区域境界からの距離（m）			
	0	10	25	50
平均値（3地点）	23.2	2.1	1.3	1.3

出典：平成13年度農薬生態影響野外調査（環境中残留調査）

表6の値を基に、散布区域境界からの距離とドリフト率の回帰式を求めると、

$$y = 4.6597 \cdot x^{-0.3451} \quad (R^2 = 0.9926)$$

となり、6.5 mのドリフト率は2.4%となり、11.5 mのドリフト率は2.0%となる。

エ) 排水路へのドリフト（水田のみ）

水田にあっては圃場群から排水路へのドリフトを算定する。なお、水田圃場群における排水路敷率を1/150、排水路幅は1 mとする。

地上防除の場合、排水路へのドリフトは距離1 mのドリフト率（4%）を用いる。

航空防除の場合、農薬は排水路に直接落下する（オーバースプレー）ので、排水路へのドリフト率は100%とする。

．水濁 P E C 算定方法

1 水濁 PEC の一般式

$$\text{河川予測濃度} = \frac{\text{地表流出量} + \text{河川ドリフト量} + \text{排水路ドリフト量}}{\text{年間河川流量}}$$

2 水田

第 1 段階

水田からの農薬の流出については、農薬の使用面積を 50ha とし、水尻・畦からの流出を考慮する。水尻・畦からの流出については、評価期間（365 日）水尻・畦より 1 日あたり 10%（水深 5mm 相当）排水するとする。しかしながら、第 1 段階においては土壌吸着等はないものと仮定するため、使用した農薬は全量河川に流出することとして計算する。

なお、評価地点における年間河川流量は、3,756,000? とする。

< 水田第 1 段階 >

$$\text{河川予測濃度} = \frac{1 \text{ 回当たり農薬使用量(g/ha)} \times \text{使用回数} \times \text{農薬散布面積}}{3,756,000?}$$

第 2 段階

第 2 段階では、当該農薬の水質汚濁性試験及びその性状、安定性、分解性等に関する試験結果を用いて、止水期間を設定しない場合と、止水期間を設定する場合に分けて算出する。なお、河川底質への吸着等は考慮しない。

止水期間がない場合

農薬の地表流出量は、水田水尻（ M_{out} ）と畦（ $M_{seepage}$ ）からの排水によるもの、並びに河川及び排水路へのドリフトの和である。

< 水田第 2 段階：止水期間なし >

$$\text{河川予測濃度} = \frac{\text{水尻からの流出量}(M_{out}) + \text{畦からの流出量}(M_{seepage}) + \text{河川ドリフト量}(M_{dr}) + \text{排水路ドリフト量}(M_{dd})}{3,756,000?}$$

【記号の説明】

M_{out} : 水田水尻からの農薬流出量(g)

$$= 50ha \times C_i \times Q_{out}$$

(i : 農薬使用日から 150 日目まで。すなわち $0 \leq i \leq 150$ 。)

$M_{seepage}$: 畦からの農薬流出量(g)

$$= 50ha \times (C_i \times Q_{seepage}) / K_{levee}$$

(i : 使用初日から 150 日目まで。すなわち $0 \leq i \leq 150$ 。)

M_{dr} : 河川へのドリフト農薬量(g)

$$= I \times D_{river} / 100 \times Z_{river}$$

M_{dd} : 排水路へのドリフト農薬量(g)

$$= I \times D_{ditch} / 100 \times Z_{ditch}$$

C_i : i 日目の田面水中農薬濃度 (水質汚濁性試験から計算した半減期と水替率(10% : 0.1/日)使用) (mg/L)

$0 \leq i \leq 14$ のとき

$$C_i = (i \text{ 日目の水濁試験田面水中濃度実測値}) \times \exp\{- (\text{水替率} \times i)\}$$

$14 < i$ のとき

$$C_i = C_0 \times \exp\{- \{(\ln 2 / \text{水濁試験田面水中半減期}) + \text{水替率}\} \times i\}$$

$$C_0 = \{(\text{農薬使用量(g/ha)} \times 50ha - M_{dr} - M_{dd}) \times F_p\}$$

$$/ 500ha \times 10\% \times \text{田面水深さ(0.05m)} \times 10^{-4}(\text{m}^2/\text{ha})$$

15 日目以降の水質汚濁性試験データがある場合には、そのデータを用いて算出できる。

水田パラメータ

Q_{out} : 1 日あたりの水田水尻からの流出水量 (30? /ha/day)

$Q_{seepage}$: 1 日あたりの畦からの流出水量 (20? /ha/day)

(水田 1ha あたりの水量 (500? /ha: 100m × 100m × 5cm) のうち、10% (50?) が毎日流出する。うち 30? は水尻から、20? は畦からとする。)

F_p : 水田における施用方法による農薬流出補正係数

(地上防除 : 湛水散布=1、茎葉散布=0.5、箱処理=0.2
航空防除 : 茎葉散布=0.3、茎葉散布以外=1)

I : 1 作あたりの農薬使用量(g/ha)

D_{river} : 河川ドリフト率 (地上防除 : 0.5%、航空防除:2.4%。ただし粒剤、70アブル剤、土壌処理剤、くん蒸剤は 0%。)

D_{ditch} : 排水路ドリフト率 (地上防除 : 4%、航空防除:100%。ただし粒剤、70アブル剤、土壌処理剤、くん蒸剤は 0%。)

Z_{river} : 河川ドリフト面積(ha)

$$= \text{水田の支川隣接長さ(5000m)} \times \text{普及率(10 \%)} \times \text{支川幅(3m)} \times \text{換算係数}(10^{-4}\text{ha/m}^2) = 0.15ha$$

$$Z_{\text{ditch}} : \text{排水路ドリフト面積(ha)}$$

$$\left[\begin{array}{l} = 500\text{ha} \times 10\% / 150 = 0.33\text{ha} \\ (1/150 = \text{ほ場面積に対する排水路の敷設率}) \end{array} \right]$$

$$K_{\text{levee}} : \text{畦吸着係数(-)}$$

$$K_{\text{levee}} = \checkmark_{\text{levee}} / R_{\text{ws}} \times K_{\text{oc}} \times \text{OC}_{\text{levee}} / 100 + 1$$

$$\left[\begin{array}{l} \checkmark_{\text{levee}} : \text{畦土壌の比重 (1.0g/c?)} \\ R_{\text{ws}} : \text{接触水と接触土の体積比 (2.4)} \\ K_{\text{oc}} : \text{土壌吸着定数(c? /g)} \\ \text{OC}_{\text{levee}} : \text{畦土壌の有機炭素含有率 (2.9\%)} \end{array} \right]$$

止水期間がある場合

農薬の地表流出量は、止水中 (M_1) は畦 (M_{seepage}) からの排水によるものおよび河川及び排水路へのドリフトの和、止水後 (M_2) は水田水尻 (M_{out}) と畦 (M_{seepage}) からの排水によるものである。

< 水田第2段階：止水期間あり >

$$\text{河川予測濃度} = \frac{\begin{array}{cccc} \text{止水中} & \text{止水後} & \text{河川} & \text{排水路} \\ \text{流出量}(M_1) & + \text{流出量}(M_2) & + \text{ドリフト量}(M_{\text{dr}}) & + \text{ドリフト量}(M_{\text{dd}}) \end{array}}{3,756,000?}$$

【記号の説明】

M_1 : 止水中の農薬流出量 (g)

$$= M_{\text{seepage}}$$

$$= 50\text{ha} \times (C_i \times Q_{\text{seepage}}) / K_{\text{levee}}$$

(i : 農薬使用日から止水終了日まで。すなわち $0 \leq i < \text{止水期間 } k$ 。)

C_i : i 日目の田面水中農薬濃度 (水質汚濁性試験から計算した半減期と止水期間水替率 (4%(畦のみ) : 0.04/日) 使用) (mg/L)

$0 \leq i < 14$ (かつ $i < \text{止水期間 } k$) のとき

$$C_i = (i \text{ 日目の水濁試験田面水中濃度実測値}) \times \exp\{- (\text{止水期間水替率} \times i)\}$$

$14 < i < \text{止水期間 } k$ のとき

$$C_i = C_0 \times \exp[- \{(\text{Ln}2 / \text{水濁試験田面水中半減期}) + \text{止水期間水替率}\} \times i]$$

$$C_0 = \{(\text{農薬使用量(g/ha)} \times 50\text{ha} - M_{\text{dr}} - M_{\text{dd}}) \times F_p\}$$

$$/ 50\text{ha} \times \text{田面水深さ}(0.05\text{m}) \times 10^4(\text{m}^2/\text{ha})$$

15日目以降の水質汚濁性試験データがある場合には、そのデータを用いて算出できる。

M_2 : 止水後の農薬流出量(g)

$$= M_{out} + M_{seepage}$$

$$= (50ha \times C_i \times Q_{out}) + 50ha \times (C_i \times Q_{seepage})/K_{levee}$$

(i : 止水終了日(k)から農薬使用後 150 日まで、すなわち止水期間 $k < i < 150$ 。)

C_i : 水質汚濁性試験から計算した半減期と水替率 (10% : 0.1/日) を考慮した i 日目の田面水中農薬濃度

$$i < 14 \text{ (かつ止水期間 } k < i \text{) のとき}$$

$$C_i = (i \text{ 日目の水濁試験田面水中濃度実測値}) \times \exp[-\{\text{止水期間水替率} \times k + \text{水替率} \times (i - k)\}]$$

$$14 < i \text{ (かつ止水期間 } k < i < 150 \text{) のとき}$$

$$C_i = C_k \times \exp[-\{(\text{Ln}2/\text{水濁試験田面水中半減期}) + \text{水替率}\} \times (i - k)]$$

$$C_k (\text{止水終了日}(k)\text{の田面水中濃度}) = C_0 \times \exp[-\{(\text{Ln}2/\text{水濁試験田面水中半減期}) + \text{止水期間水替率}\} \times k]$$

15 日目以降の水質汚濁性試験データがある場合には、そのデータを用いて算出できる。

M_{dr} : 河川へのドリフト農薬量 (g)

$$= I \times D_{river}/100 \times Z_{river}$$

M_{dd} : 排水路へのドリフト農薬量 (g)

$$= I \times D_{ditch}/100 \times Z_{ditch}$$

第 3 段階

水田ほ場を用いた試験を行い、第 2 段階の手法に準じて算定。

3 非水田

第 1 段階

農地からの流出については降雨による流出と使用時のドリフトを考えることとし、降雨による流出率、寄与率(河川に地表流出水が流れ込む率)及びドリフト率については、いずれも水産 PEC で用いた数値・考え方を使用することとする。

なお、第 1 段階では農薬の使用時期及び降雨時期を考慮するが、降雨に至るまでの期間における土壌における分解等は考慮しない。

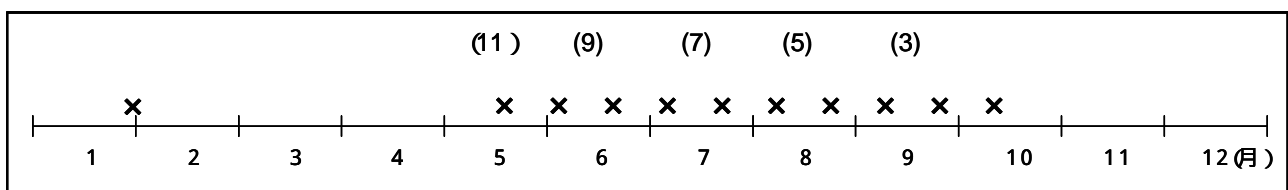


図 5 . 地表流出頻度の高い時期に農薬全使用回数 ($N_{app}=5$ 回) が使用される場合のパターン

(x は農薬使用日、その上段 () 内数値は翌年 5 月までの降雨による地表流出回数を示す)

注) シナリオの起点となる農薬使用日を5月の農薬使用日とし、地表流出発生日の7日前(初回農薬使用から初回降雨までの日数 $t_{rain1}=7$ 日)とする。

降雨については農薬使用日から t_{rain1} 日目に1回目の降雨、その後 ϕ_{rainA} 日毎に10回目までの降雨があり、さらにその ϕ_{rainB} 日後に11回目の降雨が生じる条件を基本設定とする。

非水田使用農薬の地表流出量は、地表流出の発生時期と農薬使用時期が密接に関係する。このため、農薬の使用時期が特定できない農薬にあっては、地表流出が集中する5月から10月までの150日間で均等に農薬が使用されるものとして農薬の流出量を算定する。すなわち、農薬使用回数(N_{app})が5回の農薬の場合、シナリオの起点日(図3注参照)から30日毎に農薬が使用されることとする(すなわち、農薬使用間隔 $\phi_{app}=150/N_{app}=30$ 日)。

< 非水田第1段階 >

$$\text{河川予測濃度} = \frac{\text{非水田からの流出量}(M_{out-u}) + \text{河川ドリフト量}(M_{dr-u})}{3,756,000?}$$

【記号の説明】

M_{out-u} : 非水田からの農薬流出量(g)

$$= (750\text{ha}(\text{畑地面積}) \times 5\%(\text{寄与率}) \times (I - M_{dr-u}) \times W_{rain} \times R_u \times F_u$$

M_{dr-u} : 河川へのドリフト農薬量(g)

$$= I \times D_{river} \times Z_{river}$$

非水田パラメータ

I : 1作あたりの農薬使用量(g/ha)

W_{rain} : 評価期間中(365日間)に農薬全使用回数に発生する農薬流出が起きる降雨回数の和。すなわち農薬使用回数が複数回の場合、 W_{rain} は1回目から m 回目までのそれぞれの使用分に対して農薬流出が起こる降雨回数の和。

R_u : 非水田からの農薬流出率(流出率0.2% × 寄与率(河川に地表流出水が流れ込む面積の割合)10%=0.02%)

F_u : 非水田における施用法による農薬流出補正係数

$$\left[\begin{array}{l} \text{地上防除: 土壌混和・灌注}=0.1、\text{それ以外}=1 \\ \text{航空防除: 茎葉散布}=0.3、\text{それ以外}=1 \end{array} \right]$$

D_{river} : 河川ドリフト率(果樹以外:0.2%、果樹:5.8%、航空防除:2.0%。ただし粒剤、70アブル剤、土壌処理剤、くん蒸剤は0%。)

Z_{river} : 河川ドリフト面積

$$= \text{畑地の支川隣接長さ}(7500\text{m}) \times \text{普及率}(5\%) \times \text{支川幅}(3\text{m}) \times \text{換算係数}$$

$$(10^{-4} \text{ ha/m}^2) = 0.11 \text{ ha}$$

第2段階

第1段階に加え、土壌中における分解を考慮する。

なお、ここで用いる土壌中半減期は、土壌残留性試験（ほ場試験）で得られた値のうち、もっとも長いものを用いることとする。

< 非水田第2段階 >

$$\text{河川予測濃度} = \frac{\text{非水田からの農薬流出量}(M_{\text{out-u}}) + \text{河川ドリフト量}(M_{\text{dr-u}})}{3,756,000?}$$

【記号の説明】

$M_{\text{out-u}}$: 降雨による非水田からの農薬流出量(g)

$$\begin{aligned} &= M_{\text{out-u,m}} \\ &= \{ U_{m,n} \times 750 \text{ha(畑地面積)} \times 5\%(\text{普及率}) \times R_u \times F_u \} \\ &= U_{m,n} \times 750 \text{ha(畑地面積)} \times 5\%(\text{普及率}) \times R_u \times F_u \end{aligned}$$

$U_{m,n}$: m 回目使用分にかかる n 回目降雨流出時の流出対象（流出寄与域内）
ほ場中農薬量の総和(g/ha)

$M_{\text{dr-u}}$: 河川へのドリフト農薬量(g)

$$= M_{\text{dr-u,m}} = I \times D_{\text{river}} \times Z_{\text{river}}$$

〔参考〕

使用回数 m=1 において

n=1 のとき、すなわち 1 回目農薬使用にかかる 1 回目降雨流出時

1 回目降雨流出時の流出対象ほ場中濃度 :

$U_{1,1}$ = 1 回目使用にかかるほ場中初濃度 $\times \exp\{ - (\text{ほ場中減少速度定数}) \times 1 \text{ 回目降雨までの日数} \}$

$$= U_{1,0} \times \exp\{ - (\text{Ln}2/\text{土壌中半減期}) \times t_{\text{rain}1} \}$$

ここで、 $U_{1,0} = (\text{単回使用量(g/ha)} \times 750 \text{ha} \times 5\% - M_{\text{dr-u,1}}) / (750 \text{ha} \times 5\%)$

$$M_{\text{dr-u,1}} = \text{単回使用量(g/ha)} \times D_{\text{river}} \times Z_{\text{river}}$$

2 n 10 のとき、すなわち 1 回目農薬使用にかかる n 回目降雨流出時
n 回目降雨流出時の流出対象ほ場中濃度 :

$$U_{1,n} = U_{1,n-1} \times (1 - \text{流出率 } 0.2 \times F_u) \times \exp\{ - (\text{Ln}2/\text{土壌中半減期}) \times t_{\text{rain}n} \}$$

n=11 のとき、すなわち 1 回目農薬使用にかかる 11 回目降雨流出時
11 回目降雨流出時の流出対象ほ場中濃度：

$$U_{1,11}=U_{1,10} \times (1 - \text{流出率 } 0.2 \times F_v) \times \exp\{- (\text{Ln}2/\text{土壤中半減期}) \times \phi_{\text{rainB}}\}$$

使用回数 m (1 ~ m 総農薬使用回数 N_{app}) において

n=1 のとき、すなわち m 回目農薬使用にかかる 1 回目降雨流出時
1 回目降雨流出時の流出対象ほ場中濃度：

U_{m,1}=m 回目使用にかかるほ場中初濃度 × exp{ - (ほ場中減少速度定数) × 1 回目
降雨までの日数}

$$=U_{m,0} \times \exp\{- (\text{Ln}2/\text{土壤中半減期}) \times t_{\text{rain},m}\}$$

ここで、U_{m,0}=(単回使用量(g/ha) × 750ha × 5% - M_{dr-u,m}) / (750ha × 5%)

$$M_{\text{dr-u,m}}=\text{単回使用量(g/ha)} \times D_{\text{river}} \times Z_{\text{river}}$$

2 n のとき、すなわち m 回目農薬使用にかかる n 回目降雨流出時
-i) n 回目降雨日 年間における 11 回目降雨日するとき (すなわち $\phi_{\text{app}} \times$
(m - 1) + t_{rain,m} + $\phi_{\text{rainA}} \times (n - 1)$ t_{rain1} + $\phi_{\text{rainA}} \times 10$)

n 回目降雨流出時の流出対象ほ場中濃度：

U_{m,n}=(n - 1)回目降雨時のほ場中濃度 × (1 - 降雨流出する比率)

$$\times \exp\{- (\text{ほ場中減少速度定数}) \times \text{降雨間隔}\}$$

$$=U_{m,n-1} \times (1 - \text{流出率 } 0.2 \times F_v) \times \exp\{- (\text{Ln}2/\text{土壤中半減期}) \times \phi_{\text{rainA}}\}$$

-ii) n 回目降雨日 = 年間における 11 回目降雨日するとき (すなわち $\phi_{\text{app}} \times$
(m - 1) + t_{rain,m} + $\phi_{\text{rainA}} \times (n - 1)$)

$$U_{m,n}=U_{m,n-1} \times (1 - \text{流出率 } 0.2 \times F_v) \times \exp\{- (\text{Ln}2/\text{土壤中半減期}) \times \phi_{\text{rainB}}\}$$

m：農薬使用回数 (m=1 ~ N_{app})

n：m 回目農薬使用分にかかる降雨の回数 (n=0 ~ 11。最大値は m 回目使用日
による。)

N_{app}：年間の農薬使用回数

t_{rain1}：初回農薬使用日から最初の降雨日までの日数。t_{rain1}=7 日。

t_{rain,m}：m 回目農薬使用日から最初の降雨日までの日数。0 ≤ t_{rain,m} ≤ 15。

ϕ_{rainA} ：1 回目 ~ 10 回目までの降雨間隔。 ϕ_{rainA} =15 日。

ϕ_{rainB} ：10 回目 ~ 11 回目までの降雨間隔。 ϕ_{rainB} =120 日。

ϕ_{app} ：農薬使用間隔。150/N_{app}

シナリオ案に沿った場合の計算式例

< 前提 >

評価期間 365日。初回の農薬使用日から期間の開始とする。

地表流出が起きる降雨の時期

1月末、5月後半、6月～9月：月2回、10月前半 計11回

(初回の使用7日目以降に降雨があり($t_{rain1}=7$)、10回目までは15日おきに降雨が起きる($\phi_{rainA}=15$)、11回目は10回目降雨後120日目とする($\phi_{rainB}=120$))

農薬使用スケジュール(5回使用。5月後半に使用開始)

0日目、30日目、60日目、90日目、120日目 計5回($N_{app}=5$)

< 考え方 >

使用1回目・・・5月後半から15日毎に流出(10回) + 1月末の流出 = 11回
($m=1, n=1 \sim 11$)

使用2回目・・・6月前半から15日毎に流出(8回) + 1月末の流出 = 9回
($m=2, n=1 \sim 9$)

(中略)

使用5回目・・・9月後半、10月前半、1月末 = 3回($m=5, n=1 \sim 3$)

以上の農薬使用5回分の地表流出およびそれぞれのドリフト分を合算する。

< 非水田第2段階 >

$$\text{河川予測濃度} = \frac{M_{\text{out-u,m}} + M_{\text{dr-u,m}}}{3,756,000?}$$

【記号の説明】

$M_{\text{out-u,m}}$: 降雨による非水田からの農薬流出量

$$= 37.5\text{ha} \times 0.02\% \times F_u \times U_{m,n}$$

$M_{\text{dr-u,m}}$: 河川へのドリフト量

$$= I \times D_{\text{river}} \times Z_{\text{river}}$$

$U_{m,n}$: 降雨時のほ場中濃度(2 n 10の例。)

$$= (n - 1)\text{回目の降雨時のほ場中濃度} \times (1 - \text{降雨による流出する比率}) \times \exp(-\text{ほ場中の減少速度定数} \times \text{降雨間隔})$$

$$= U_{m,n-1} \times 0.998 \times \exp(-1 \times \text{Ln}2/\text{土壌中半減期} \times 15)$$

(1回目はほ場中の初期濃度を用いる)

第3段階

地表流出試験、ドリフトのほ場試験を行い、第2段階の手法に準じて算定。

4 既登録剤においてモニタリング結果を用いて水濁P E Cを計算する場合

既登録剤については、別途定めるモニタリング結果で得られた農薬流出率に基づき算出した水濁P E C、または、農薬の登録申請に係る試験成績について（平成 12 年 11 月 24 日付け 12 農産第 8147 号農林水産省農産園芸局長通知）に定める河川における農薬濃度のモニタリング（2-11-5）に準じて別途定めるモニタリング法の結果を評価に用いることができるものとする。

. モニタリング結果からの試算

モニタリング結果からそれぞれの農薬の流出率を算出し、その結果を水濁 P E C 算定モデルに当てはめた場合の試算値を算出した。

A . DEP

1 . 水田：航空防除

(1) 使用状況等

調査：平成 13 年度農薬生態影響調査野外調査

農薬散布日：8 月 3 日

使用農薬：A 乳剤 (D E P 50 %) 30L/ha 20 倍希釈
有効成分 750g/ha

使用回数：1 回

止水期間：なし

散布面積：361.52ha (有人ヘリコプター)

有効成分量：271,140 g . . .

(2) 河川中農薬濃度 (調査地点：H 川下流)

測定日	8/3	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8
濃度 °g/L	15.2	16.4	9.1	2.6	1.8	0.9
流量 L/s	348	365	344	350	1738	1310
流出量 (測定日) mg/日	457,021	517,190	270,467	78,624	270,294	101,866
(測定日間) mg/日数	228,511	487,106	393,838	174,545	174,459	186,080

8/9	8/10	8/14	8/20	8/28	9/26	10/23	計
0.7	0.5	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
880	446	799	237	722	261	659	-
53,222	19,267	6,903	0	0	0	0	-
77,544	36,245	52,341	20,710	0	0	0	1,831,369

(注 1) 8 月 3 日 ~ 5 日までは 2、3 時間毎に測定した。

8 月 6 日以降は測定日につき 1 回測定した。

表中の濃度及び流量は平均値。

(注 2) 8 月 7 日、9 日は補完値。

(注 3) 「流出量 (測定日)」は計測毎の濃度と流量の積。

(注 4) 「流出量 (測定日間)」は計測区間で台形近似したもの。

(注 5) 「流出量 (測定日)」の計算においては「<0.1 °g/L」は 0 °g/L とした。

農薬流出量：1,831,369 mg・・・

農薬流出率（ / ）：0.68%

（ 3 ）水濁 P E C 算定モデルへの当てはめ

農薬流出量：750g × 50ha × 0.68% × 4回 = 1,017 g

水濁 P E C 試算値：1,017g/3,756,000? = 0.27mg/? = 0.27ppb

2. 水田：地上防除（1）

（1）使用状況等

調査：平成14年度農薬生態影響調査野外調査
 農薬散布日：8月4日（15.3ha）、12日（24.2ha）
 使用農薬：A乳剤（DEP50%）8L/ha 5倍希釈
 有効成分 800g/ha
 使用回数：1回
 止水期間：なし
 散布面積：39.5ha（無人ヘリコプター）
 有効分量：31,600g・・・

（2）河川中農薬濃度（調査地点：H川上流）

測定日	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8	8/9
濃度 °g/L	1.88	1.56	0.54	0.24	0.12	0.09
流量 L/s	46	55	49	39	47	42
流出量（測定日） mg/日	6,820	7,670	2,000	840	490	310
（測定日間）mg/日数	3,410	7,245	4,835	1,420	665	400

8/10	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15	8/16	8/17
<0.02	<0.02	1.63	2.37	0.41	0.33	0.21	0.06
43	35	50	72	76	59	55	54
40	30	8,600	15,240	2,470	1,730	1,010	260
175	35	4,315	7,620	1,235	865	505	130

8/18	8/19	8/20	8/21	8/28	9/4	9/25	10/23	計
0.02	<0.02	<0.02	0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
45	60	45	15	58	32	26	49	-
40	50	40	30	0	0	0	0	-
20	25	45	35	105	0	0	0	33,085

（注1）8月4日～9日、12日～17日は2、3時間毎に測定した。
 8月10日～11日、18日～19日は1日複数回測定した。
 8月20日以降は測定日につき、1回測定した。
 表中の濃度及び流量は平均値。

（注2）「流出量（測定日）」は報告書記載の数値。

（注3）「流出量（測定日間）」は測定日間で台形近似したもの。

（注4）8月21日までは「流出量（測定日）」の計算は、濃度が「<0.02 °g/L」は0.01 °g/L（農薬流出調査）とし、8月28日以降の「流出量（測定日）」の計算においては「<0.01 °g/L」は0 °g/L（河川水中農薬濃度調査）とした。

農薬流出量:33,085mg・・・

農薬流出率 (/) :0.10%

(3) 水濁 PEC 算定モデルへの当てはめ

農薬流出量 : $800\text{g} \times 50\text{ha} \times 0.10\% \times 4\text{回} = 167\text{g}$

水濁 PEC 試算値 : $167\text{g}/3,756,000? = 0.044\text{mg}/\text{m}^3 = 0.044\text{ppb}$

3. 水田：地上防除（2）

（1）使用状況等

調査：平成15年度農薬生態影響調査野外調査
 農薬散布日：8月4日（40ha）、13日（40ha） A地区
 8月6日（130ha） B地区
 使用農薬：A乳剤（DEP50%）8L/ha 5倍希釈
 有効成分 800g/ha
 使用回数：1回
 止水期間：なし
 散布面積： 80ha A地区（無人ヘリコプター）
 130ha B地区（無人ヘリコプター）
 有効成分量：64,000g A地区
 104,000g B地区

計 168,000g

（2）河川中農薬濃度

調査地点：H川中流

測定対象 作付面積:ha	測定期間中 検出頻度 / 測定回数	最高検出濃度 ($\mu\text{g/L}$)	農薬流出量 (mg)
210(80+130)	6 / 10	18.9	1,722,197

（注1）「測定回数」は濃度及び流量の双方のデータがあるもの、「検出頻度」はその中で定量限界を超えたものを数えた。日毎の流量・濃度については参考1参照。

（注2）農薬流出量は測定日毎の濃度と流量の積を測定日間で台形近似したものの和。

農薬流出率（ / ）:1.0%

（3）水濁 PEC 算定モデルへの当てはめ

農薬流出量：800g × 50ha × 1.0% × 4回 = 1640g

水濁 PEC 試算値：1,640g/3,756,000? = 0.44mg/m³ = 0.44ppb

B. トリシクラゾール

1. 水田：航空防除

(1) 使用状況等

調査:平成13年度農薬生態影響調査野外調査

農薬散布日:8月3日

使用農薬:B(トリシクラゾール20%)30L/ha 30倍希釈

有効成分 200g/ha

使用回数:1回

止水期間:なし

散布面積:361.52ha(有人ヘリコプター)

有効成分量:72,304g・・・

(2) 河川中農薬濃度(調査地点:H川下流)

測定日	8/3	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8
濃度 °g/L	11.4	9.7	7.1	<0.9	1.0	1.1
流量 L/s	348	365	344	350	1738	1310
流出量(測定日) mg/日	342,766	305,899	211,023	27,216	150,163	124,502
(測定日間) mg/日数	171,383	324,333	258,461	119,120	88,690	137,333

8/9	8/10	8/14	8/20	8/28	9/26	10/23	計
1.4	1.7	1.1	0.6	0.2	<0.1	0.1	-
880	446	799	237	722	261	659	-
106,445	65,508	69,034	12,286	12,476	0	5,694	-
115,474	85,977	282,891	264,669	99,049	180,904	76,866	2,205,148

(注1) 8月3日～5日までは2、3時間毎に測定した。

8月6日以降は測定日につき1回測定した。

表中の濃度及び流量は平均値。

(注2) 8月7日、9日は補完値

(注3) 「流出量(測定日)」は計測毎の濃度と流量の積。

(注4) 「流出量(測定日間)」は計測区間で台形近似したもの。

(注5) 8月3日～10日の「流出量(測定日)」の計算では「<0.9 °g/L」を0.9 °g/L(航空防除における圃場群からの農薬流出調査)とし、8月14日の「流出量(測定日)」の計算では「<0.1 °g/L」を0 °g/L(河川等水中農薬濃度及び水質調査)とした。

農薬流出量:2,205,148mg・・・

農薬流出率 (/) :3.0%

(3) 水濁 P E C 算定モデルへの当てはめ

農薬流出量 : $200\text{g} \times 50\text{ha} \times 3.0\% \times 3\text{回} = 900\text{g}$

水濁 P E C 試算値 : $900\text{g} / 3,756,000\text{?} = 0.24\text{mg}/\text{m}^3 = 0.24\text{ppb}$

2. 水田：地上防除（1）

（1）使用状況等

調査：平成14年度農薬生態影響調査野外調査

農薬散布日：8月4日（15.3ha）、12日（24.2ha）

使用農薬：B（トリシクラゾール20%）8L/ha 8倍希釈

有効成分 200g/ha

使用回数：1回

止水期間：なし

散布面積：39.5ha（無人ヘリコプター）

有効分量：7,900g・・・

（2）河川中農薬濃度（調査地点：H川上流）

測定日	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8	8/9
濃度 °g/L	5.2	5.5	3.0	4.0	2.2	2.1
流量 L/s	46	56	49	39	47	42
流出量（測定日） mg/日	18,850	26,430	10,960	13,920	8,770	7,350
（測定日間）mg/日数	6,820	22,640	18,695	12,440	11,345	8,060

8/10	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15	8/16	8/17
1.8	1.2	3.9	12.0	4.9	5.0	9.8	5.1
43	35	50	72	76	59	55	54
6,500	3,530	19,390	74,110	28,670	25,230	46,770	22,960
6,925	5,015	11,460	46,750	51,390	26,950	36,000	34,865

8/18	8/19	8/20	8/21	8/28	9/4	9/25	10/23	計
3.4	2.7	3.2	2.9	1.1	1.7	<0.1	<0.1	-
45	60	45	15	58	32	26	49	-
12,270	13,820	12,440	3,760	5,512	4,700	0	0	-
17,615	13,045	13,130	8,100	32,453	35,744	49,352	0	468,793

（注1）8月4日～9日、12日～17日は2、3時間毎に測定した。

8月10日～11日、18日～19日は測定日につき複数回測定した。

8月20日以降は測定日につき、1回測定した。

表中の濃度及び流量は平均値。

(注2)「流出量(測定日)」は報告書記載の数値。

(注3)「流出量(測定日間)」は測定日間で台形近似したもの。

(注4)流出量(測定日)の計算においては、「 $<0.01 \text{ g/L}$ 」は 0 g/L とした。

農薬流出量：468,793mg・・・

農薬流出率(/): 5.9 %

(3) 水濁 P E C 算定モデルへの当てはめ

農薬流出量： $200\text{g} \times 50\text{ha} \times 5.9\% \times 3\text{回} = 1,780\text{g}$

水濁 P E C 試算値： $1,780\text{g}/3,756,000? = 0.47\text{mg/m}^3 = 0.47\text{ppb}$

3. 水田：地上防除（2）

（1）使用状況等

調査：平成15年度農薬生態影響調査野外調査

農薬散布日：8月4日（40ha）、13日（40ha） A地区

8月6日（130ha） B地区

使用農薬：B（トリシクラゾール20%）8L/ha 8倍希釈

有効成分 200g/ha

使用回数：1回

止水期間：なし

散布面積： 80ha A地区（無人ヘリコプター）

130ha B地区（無人ヘリコプター）

有効成分量： 16,000g A地区

26,000g B地区

計 42,000g

（2）河川中農薬濃度

調査地点：H川中流

測定対象 作付面積:ha	測定期間中 検出頻度 / 測定回数	最高検出濃度 ($\mu\text{g/L}$)	農薬流出量 (mg)
210(80+130)	6 / 10	1.4	205,656

（注1）「測定回数」は濃度及び流量の双方のデータがあるもの、「検出頻度」はその中で定量限界を超えたものを数えた。日毎の流量・濃度については参考1参照。

（注2）農薬流出量は測定日毎の濃度と流量の積を測定日間で台形近似したものの和。

農薬流出率（ / ）:0.49%

（3）水濁 PEC 算定モデルへの当てはめ

農薬流出量：200g × 50ha × 0.49% × 3回 = 147g

水濁 PEC 試算値：147g/3,756,000? = 0.039mg/m³ = 0.039ppb

C . ペンシクロン

非水田：地上防除

(1) 使用状況等

調査:平成 16 年度水質農薬残留に係る調査

農薬散布日:6月中旬、7月中旬

使用農薬： C 顆粒水和剤 (ペンシクロン : 50%)

農協における平成 16 年農薬販売量 2,353.0kg (ペンシクロンとして 1,176.50kg)
(農協管内の甜菜作付面積 1980.3ha)

(注) C 顆粒水和剤は甜菜及びバレイシヨの浸漬消毒に適用がある。しかしながら、事務局で調査した限り当該地域でバレイシヨの浸漬消毒に C 顆粒水和剤は用いていないこと、甜菜は契約栽培のため毎年の栽培面積の変動が少なく農薬使用量に大きな変動はないと考えられることから、調査結果記載の農薬販売量を使用量と仮定した。これを甜菜作付面積で案分し、当該地区におけるペンシクロンの使用量を推定した。

甜菜作付面積及び有効成分量

調査地点	作付面積	推定有効成分量
T K 2	330.4ha	196kg
T K 3	615.7ha	366kg
T K 4	743.7ha	441kg

(2) 河川中農薬濃度 (調査地点 : H 川下流)

調査地点	作付面積 (ha)	測定期間中 検出頻度 / 測定回数	最高検出濃度 (°g/L)	農薬流出量 (mg)
TK2	330.4	9 / 24	0.298	192,886
TK3	615.7	7 / 28	0.140	71,658
TK4	743.7	5 / 17	0.082	81,842

(注 1) 「測定回数」は濃度及び流量の双方のデータがあるもの、「検出頻度」はその中で定量限界を超えたものを数えた。日毎の流量・濃度については参考 2 参照。

(注 2) 農薬流出量は測定日毎の濃度と流量の積を測定日間で台形近似したものの和。

農薬流出率 (/)

TK2 0.098%

TK3 0.020%

TK4 0.019% したがって、流出率 : 0.019% ~ 0.098%

(3) 水濁 P E C 算定モデルへの当てはめ

面積あたりの最大有効成分量 (C 顆粒水和剤 : ペンシクロン 50%)

使用方法 : 1000 倍希釈、150-300L/10a、4 回使用可能

$$\begin{aligned} \text{有効成分量} &= 50\% \times 300\text{L}/10\text{a}/1000 \text{ 倍} \times 4 \text{ 回} \\ &= 6000\text{g}/\text{ha} \end{aligned}$$

$$\text{農薬流出量} : 6,000\text{g} \times 37.5\text{ha} \times (0.019\% \sim 0.098\%) = 41.8\text{g} \sim 221\text{g}$$

$$\text{水濁 P E C 試算値} : 0.011\text{ppb} \sim 0.059\text{ppb}$$

D. テニルクロール

水田除草剤

(1) 使用状況等

調査：平成 15 年度農薬生態影響調査野外調査

農薬散布日：5 月上旬～下旬

使用農薬：D 乳剤、I フロアブル、J 粒剤、K フロアブル

調査対象地区の水田面積 300ha

使用量については、農薬使用に関するアンケート結果から試算した。

回収率： 130 戸 (131 回答) / 1000 戸

回答のあったほ場面積 : 6143.4a

うち除草剤に関する記載有り : 5,412.3a (88%)

なし : 731.1a (12%)

(考察において、除草剤の記載のない部分は委託等で使用実態を把握していない農家であり、実際は大部分のほ場で使用されていると考えられる、となっている。)

< 移植前の除草剤散布 (アンケート結果) >

成分名	使用面積	備考
テニルクロール	1,053.0a	当該成分を含む農薬が使用された面積
D 乳剤	1,053.0a	有効成分量 250g/ha
農薬計	1,919.0a	農薬使用のべ面積
不明 / 記載なし	3,834.8a	

< 移植直後～移植後 15 日 (アンケート結果) >

成分名	使用面積	備考
テニルクロール	348.0a	当該成分を含む農薬が使用された面積
K フロアブル	290.0a	有効成分量 200g/ha
I フロアブル	33.0a	210g/ha
J 粒剤	25.0a	210g/ha
農薬計	4,488.3a	農薬使用のべ面積
不明 / 記載なし	2,119.7a	

以上から、全ほ場で除草剤が散布され、アンケート回答の比率で各除草剤が使用されていると仮定し、製剤毎の有効成分量及び使用量から、調査対象全域でのテニルクロール量を推定した。

テニルクロール推定有効成分量 18,482g

(2) 河川中農薬濃度 (調査地点 : H 川)

調査地点 : H 川中流

測定対象 作付面積:ha	測定期間中 検出頻度 / 測定回数	最高検出濃度 (°g/L)	農薬流出量 (mg)
300	4 / 9	0.88	310,919

(注 1) 「測定回数」は濃度及び流量の双方のデータがあるもの、「検出頻度」はその中で定量限界を超えたものを数えた。日毎の流量・濃度については参考 1 参照。

(注 2) 農薬流出量は測定日毎の濃度と流量の積を測定日間で台形近似したものの和。

流出率 (/) 1.7%

(3) 水濁 P E C 算定モデルへの当てはめ

面積あたりの有効成分量 (D 乳剤 : テニルクロール 5%)

使用方法 : 0.5L/10a、1 回使用可能

$$\begin{aligned} \text{有効成分量} &= 5\% \times 0.5\text{L}/10\text{a} \times 1 \text{ 回} \\ &= 250\text{g}/\text{ha} \end{aligned}$$

$$\text{農薬流出量} : 250\text{g} \times 50\text{ha} \times 1.7\% = 210\text{g}$$

$$\text{水濁 P E C 試算値} : 210\text{g}/3,756,000? = 0.056\text{mg}/\text{m}^3 = 0.056\text{ppb}$$

E . カフェンストロール

水田除草剤

(1) 使用状況等

調査：平成 15 年度農薬生態影響調査野外調査

農薬散布日：5 月下旬

使用農薬：L 粒剤、E 粒剤、M 粒剤

調査対象地区の水田面積 300ha

使用量については、農薬使用に関するアンケート結果から試算した。

回収率： 130 戸 (131 回答) / 1000 戸

回答のあったほ場面積 : 6143.4a

うち除草剤に関する記載有り : 5,412.3a (88%)

なし : 731.1a (12%)

(考察において、除草剤の記載のない部分は委託等で使用実態を把握していない農家であり、実際は大部分のほ場で使用されていると考えられる、となっている。)

< 移植直後 ~ 移植後 15 日 (アンケート結果) >

成分名	使用面積	備考
カフェンストロール	1,328.6a	当該成分を含む農薬が使用された面積
L 粒剤	903.9a	有効成分量 210g/ha
E 粒剤	399.7a	300g/ha
M 粒剤	25.0a	210g/ha
農薬計	4,488.3a	農薬使用のべ面積
不明 / 記載なし	2,119.7a	

以上から、全ほ場で除草剤が散布され、アンケート回答の比率で各除草剤が使用されていると仮定し、製剤毎の成分量及び使用量から、調査対象全域でのカフェンストロール量を推定した。

カフェンストロール推定有効成分量 17,459g

(2) 河川中農薬濃度(調査地点:H川)

調査地点:H川中流

測定対象 作付面積:ha	測定期間中 検出頻度/測定回数	最高検出濃度 ($\mu\text{g/L}$)	農薬流出量 (mg)
300	5 / 8	0.28	190,458

(注1)「測定回数」は濃度及び流量の双方のデータがあるもの、「検出頻度」はその中で定量限界を超えたものを数えた。日毎の流量・濃度については参考1参照。

(注2)農薬流出量は測定日毎の濃度と流量の積を測定日間で台形近似したものの和。

農薬流出率(/) 1.1%

(3) 水濁PEC算定モデルへの当てはめ

面積あたりの有効成分量(E粒剤:カフェンストロール 3%)

使用方法:1kg/10a、1回使用可能

$$\begin{aligned} \text{有効成分量} &= 3\% \times 1000\text{g}/10\text{a} \times 1\text{回} \\ &= 300\text{g}/\text{ha} \end{aligned}$$

$$\text{農薬流出量} : 300\text{g} \times 50\text{ha} \times 1.1\% = 164\text{g}$$

$$\text{水濁PEC試算値} : 164\text{g}/3,756,000? = 0.044\text{mg}/\text{m}^3 = 0.044\text{ppb}$$

F.シメトリン

水田除草剤

(1) 使用状況等

調査：平成 15 年度農薬生態影響調査野外調査

農薬散布日：6 月 10 日以降

使用農薬：N 粒剤、F 粒剤

調査対象地区の水田面積 300ha

使用量については、農薬使用に関するアンケート結果から試算した。

回収率： 130 戸 (131 回答) / 1000 戸

回答のあったほ場面積 : 6143.4a

うち除草剤に関する記載有り : 5,412.3a (88%)

なし : 731.1a (12%)

(考察において、除草剤の記載のない部分は委託等で使用実態を把握していない農家であり、実際は大部分のほ場で使用されていると考えられる、となっている。)

< 移植後 20 日以降 (アンケート結果) >

成分名	使用面積	備考
シメトリン	1,770.7a	当該成分を含む農薬が使用された面積
N 粒剤	1,162.7a	有効成分量 450g/ha
F 粒剤	608.0a	450g/ha ~ 600g/ha
農薬計	2,007.3a	農薬使用のべ面積
不明 / 記載なし	4,086.6a	

以上から、全ほ場で除草剤が散布され、アンケート回答の比率で各除草剤が使用されていると仮定し、製剤毎の成分量及び使用量から、調査対象全域でのシメトリン量を推定した。

シメトリン推定有効成分量 46,694g

(2) 河川中農薬濃度 (調査地点 : H 川)

調査地点 : H 川中流

測定対象 作付面積:ha	測定期間中 検出頻度 / 測定回数	最高検出濃度 (°g/L)	農薬流出量 (mg)
300	9 / 10	8.6	3,247,362

(注 1) 「測定回数」は濃度及び流量の双方のデータがあるもの、「検出頻度」はその中で定量限界を超えたものを数えた。日毎の流量・濃度については参考 1 参照。

(注 2) 農薬流出量は測定日毎の濃度と流量の積を測定日間で台形近似したものの和。

(注 3) 製剤の一つは散布量に幅がある (3kg ~ 4kg/10a) ため、その製剤については中間値 (3.5kg/10a) で散布したと仮定する。

農薬流出率 (/) 7.0%

(3) 水濁 P E C 算定モデルへの当てはめ

面積あたりの有効成分量 (F 粒剤 : シメトリン 1.5%)

使用方法 : 3kg/10a ~ 4kg/10a なのでここでは 4kg/10a とする。 1 回使用可能

有効成分量 = 1.5% × 4000g/10a × 1 回

= 600g/ha

農薬流出量 : 600g × 50ha × 7.0% = 2,086g

水濁 P E C 試算値 : 2,086g/3,756,000? = 0.56mg/m³ = 0.56ppb

(参考1) 平成15年度農薬生態影響調査野外調査に係る農薬の検出時期及び検出濃度

調査日	流量 (m ³ /日)	テニルクロ ール (°g/L)	カフェンス トロール (°g/L)	シメトリン (°g/L)	D E P (°g/L)	トリシクラ ゾール (°g/L)
5/ 6	493	0.09	<0.05	0.09	<0.05	<0.05
13	330	<0.05				
20	340	0.87	<0.05			
27	209	0.88	0.11			
6/ 3	203	0.06	0.37	0.56		
10	216	<0.05	0.44	8.6		
16	369					
17	(369)	<0.05	0.31	4.2		
24	123			7.8		
7/ 1	275	<0.05	0.06	0.93		
8	354			1.3		
15	391			0.28		
22	458			0.09		
29	271				<0.05	<0.05
8/ 5	121				1.38	0.20
6	137				18.9	0.99
9	224				5.19	1.4
12	(133)				0.95	0.18
13	133					
19	1045				1.16	0.06
26	407				0.26	0.09
9/ 16	118				<0.05	<0.05
10/ 21	122	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

(注) 各成分とも定量限界は0.05ppb

カフェンストロールは脱カルバモル体を含む。

D E PはD D V Pを含む。

6/17、8/12の流量データはないので6/16、8/13のデータを使用。

空欄は測定なし。

(参考2) 平成16年度水質農薬残留に係る調査に係る農薬の検出時期及び検出濃度

調査日	T K 2		T K 3		T K 4	
	流量 (m ³ /日)	ペンシクロン (°g/L)	流量 (m ³ /日)	ペンシクロン (°g/L)	流量 (m ³ /日)	ペンシクロン (°g/L)
6/1	450	0.053	700	0.038	1205	0.022
8	314	<0.020	573	<0.020	890	<0.020
15	496	0.279	763	<0.020	1074	<0.020
21(18:00)			440	<0.020		
22	649	0.101			1277	0.061
22			570	0.107		
24(5:00)			525	0.040		
24(14:30)			521			
24	313	<0.020				
29	252	<0.020	414	<0.020	622	<0.020
7/ 5	257	0.033	406	<0.020		
6	277	<0.020	407	<0.020	621	0.028
12	591	0.026	877	0.024		
13	447	0.023	706	<0.020	975	0.021
20	294		474	<0.020	698	<0.020
26	470	0.298		0.094		
26(14:25)			611	0.094		
27	246	0.049			658	0.082
27(7:30)			484	0.027		
27(10:25)			471	<0.020	520	
8/ 3	191	<0.020	311	<0.020	338	<0.020
10	257	<0.020	259	<0.020	258	<0.020
17	150	<0.020	235	<0.020	724	<0.020
24	331	<0.020	502	<0.020	920	<0.020
30	288	<0.020				<0.020
30(13:50)			430	<0.020		
31	299	<0.020				
31(14:00)			815	0.136		
9/ 2	353	<0.020				
2 (6:00)			505	<0.020		
2(15:00)			552	<0.020		
6	276	<0.020	408	<0.020		
7	224	<0.020	450	<0.020	577	<0.020
13			(912)	0.043		
14	660	<0.020	912	<0.020	1123	
21	388	0.027	587	<0.020	858	<0.020
28	483	<0.020	852	<0.020	1007	<0.020

(注) 定量限界は0.020ppb。

T K 3の9/13の流量データはないので9/14のデータを使用。

空欄は測定なし。

(参考3) 平成14年度農薬残留総合調査にかかる農薬の検出時期及び検出濃度

調査日	Y川			S川		
	流量 (m ³ /日)	プロチアコール (°g/L)	加ホ [®] フアン (°g/L)	流量 (m ³ /日)	プロチアコール (°g/L)	加ホ [®] フアン (°g/L)
4/28	18144	0.7	<0.2	46656	1.6	0.4
29	23328			47520		
30	19872			52704		
5/ 1	864	1.8	0.5	63072	3.4	0.4
2	3456			47520		
3	14688			39774		
4	23328			42336		
5	25056			41472		
6	25056	0.9	0.9	41472	1.4	1.2
7	10368			50704		
8	51840			246240		
9	2592	1.1	0.8	82080	1.0	0.8
10	2592			71712		
11	111912			257472		
12	30240			127008		
13	3456	1.8	0.4	63072	1.6	0.5
14	3456			63072		
15	4320			56160		
16	6048			56160		
17	6912	0.8	0.3	64800	1.7	0.4
18	170208			538272		
19	68256			310176		
20	30240			187488		
21	11232	0.9	0.2	116640	1.4	0.3
22	1728			69684		
23	864			60480		
24	864	0.7	<0.2	57024	1.1	0.3
25	4320			57024		
26	7776			60480		
27	7776			60480		
28	1728	0.5	0.3	64800	0.5	0.3
29	2592			62208		
30	6048			57888		
31	7776			56160		
6/ 1	7776			47520		
2	6912			41472		
3	9504			38016		
4	10368	0.4	<0.2	38016	<0.2	0.2
5	10368			40608		
6	12096			38016		
7	12960			35424		

調査日	Y川			S川		
	流量 (m ³ /日)	フ ^o レチクロール (^o g/L)	加ホ ^o フ ^o ン (^o g/L)	流量 (m ³ /日)	フ ^o レチクロール (^o g/L)	加ホ ^o フ ^o ン (^o g/L)
6/ 8	11232			35424		
9	10368			36288		
10	11232			39744		
11	6048			41472		
12	864	0.4	<0.2	53568	0.5	0.3
13	<864			63072		
14	864			61344		
15	864			51840		
16	<864			66528		
17	864			51840		
18	209952			588384		
19	179712			601344		
20	36288			130464		
21	33696			135648		
22	6912	0.3	0.2	161568	0.2	<0.2
23	864			203904		
24	2592			61344		
25	5184			62208		
26	3456			69102		
27	3456			71712		
28	864			72576		
29	864			69120		
30	864			73440		
7/ 1	1728			72576		
2	<864			75168		
3	<864			70848		
4	1728	<0.2	<0.2	65664	<0.2	<0.2
平均	19262			98344		

(参考4) 平成15年度農薬残留総合調査にかかる農薬の検出時期及び検出濃度

調査日	Y川		S川		K川	
	流量 (m ³ /日)	プロチアコ-ル °g/L	流量 (m ³ /日)	プロチアコ-ル °g/L	流量 (m ³ /日)	プロチアコ-ル °g/L
4/24	2592	0.13	190944	0.31	1187136	0.12
25	2592		169344		1126656	
26	31104		163296		1324512	
27	32832		146880		1272672	
28	13824		114048		954720	
29	8640		112320		866592	
30	34560	1.31	157248	2.18	1137024	1.24
5/ 1	29376	0.63	179712	1.08	1118016	1.00
2	2592	1.06	133920	2.03	869184	0.95
3	<864		135648		993600	
4	<864		127872		998784	
5	<864	0.23	118368	1.09	983282	0.81
6	<864	2.51	121824	1.20	844922	1.21
7	<864	0.54	140832	0.95	805248	0.82
8	864		173664		1243296	
9	12960		215136		1164672	
10	<864		144288		820800	
11	<864	1.40	138240	1.16	715392	1.45
12	<864	2.49	159840	1.21	781056	1.60
13	<864	1.69	153792	1.23	849312	1.46
14	<864		150336		972864	
15	13824		205632		1125792	
16	31968		311040		2067552	
17	7776		209088		1597536	
18	864		166752		1639872	
19	<864	1.52	171072	1.48	1410912	1.22
20	39744		184032		1488672	
21	450144		613440		3766176	
22	125280		282528		2119392	
23	41472		171936		936576	
24	19872		152064		1002240	
25	7776		143424		908928	
26	5184	0.41	135648	0.58	871776	0.70
7/22 までの 平均	88157		253190		2035219	

．水濁 P E C の算出例（数値計算）

水濁 P E C の算定方法の妥当性を検証するため、 のモニタリング調査と可能な限り同じ条件を設定し、 の水濁 P E C の算定方法に基づき農薬毎の水濁 P E C を算出した。

A . D E P

1 . 水田（航空防除）の算出例

（ 1 ）使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： A 乳剤（ D E P 50% ）
使用方法： 30/ha 20 倍希釈
有効成分量： 750g/ha
使用回数： 4 回（初回に全量使用とする）
止水期間： なし

（ 2 ）水田第 1 段階（ Tier 1 ）の算出

PEC(T1) = 農薬使用量 / 年間河川流量
= 750g/ha × 50ha × 4 回 / 3,756,000m³ = 40mg/m³ = 40ppb

（ 3 ）水田第 2 段階（ Tier 2 ）の算出

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 0.3（航空防除の茎葉散布）
河川ドリフト率： 2.4 %
排水路ドリフト率： 100 %

ii) 農薬流出量の算出

水田水尻からの流出量 (M_{out})： 1,586g
畦からの流出量 (M_{seepage})： 852g
河川へのドリフト量 (M_{dr})： 10.8g
排水路へのドリフト量 (M_{dd})： 1,000g

農薬流出量計： 3,449g（端数処理のため小数は一致しない）

PEC(T2) = 農薬流出量 / 年間河川流量
= 3,449g / 3,756,000m³ = 0.92mg/m³ = 0.92ppb

【参考】 Tier2（水田航空防除）における計算例

水田水尻からの農薬流出量 (M_{out})

= 使用面積 × 水尻からの農薬流出量 (田面水中濃度の和 × 水尻からの流出量)

$$\begin{aligned}
& + \text{使用面積} \times \text{水稻栽培終了時田面水中濃度} \times \text{面積あたりの田面水量} \\
& = 50\text{ha} \times C_i \times Q_{\text{out}} + 50\text{ha} \times C_{150} \times 500? \\
& = 1,586\text{g}
\end{aligned}$$

畦からの農薬流出量 (M_{seepage})

$$\begin{aligned}
& = \text{使用面積} \times \text{畦からの農薬流出量} \\
& = 50\text{ha} \times (C_i \times Q_{\text{seepage}}) / K_{\text{levee}} \\
& = 50 \times (C_i \times 20) / 1.24 \\
& = 852\text{g}
\end{aligned}$$

河川へのドリフト量 (M_{dr})

$$\begin{aligned}
& = 1 \text{作あたりの農薬使用量} \times \text{河川へのドリフト量} \\
& = I \times D_{\text{river}} / 100 \times Z_{\text{river}} \\
& = 3,000 \times 2.4 / 100 \times 0.15 \\
& = 10.8\text{g}
\end{aligned}$$

排水路へのドリフト量 (M_{dd})

$$\begin{aligned}
& = 1 \text{作あたりの農薬使用量} \times \text{排水路へのドリフト量} \\
& = I \times D_{\text{ditch}} / 100 \times Z_{\text{ditch}} \\
& = 3,000 \times 100 / 100 \times 1/3 \\
& = 1,000\text{g}
\end{aligned}$$

パラメータ等

(物性)

田面水中半減期: 0.24 日

土壌吸着係数 (K_{oc}): 20

(農薬使用量)

750g/ha × 4 回 = 3,000g/ha

(定数)

水田水尻からの流出水量 (Q_{out}): 30? /ha/day

畦からの流出水量 (Q_{seepage}): 20? /ha/day

河川へのドリフト面積 (Z_{river}): 0.15ha

排水路へのドリフト面積 (Z_{ditch}): 0.33ha (1/3ha)

畦吸着係数 (K_{levee}): $1.0 / 2.4 \times 20 \times 2.9 / 100 + 1 = 1.24$

水質汚濁性試験における田面水中濃度の実測値の取り扱い

水田の水尻 (M_{out}) 及び畦 (M_{seepage}) からの農薬流出量の算出において、田面水中農薬濃度 (C_i) は、農薬使用後 0 日から 14 日までは水質汚濁性試験の実測値を用いて計算する。ただし、有効成分の使用量を本試算と水質汚濁性試験時で揃える必要がある。

水質汚濁性試験における農薬使用量：A乳剤（D E P 50%）

500倍希釈液を200L/10a使用

= 2,000g/ha

したがって、A乳剤の場合、実測値については3,000/2,000倍して計算する。

田面水中濃度（ C_i ）の計算

C_i ：i日目の田面水中濃度(mg/L)

1) $0 \leq i \leq 14$ の時

$$C_i = [(i \text{ 日目の水濁試験田面水中濃度実測値}) \times \exp \{ -(\text{水替率} \times i) \}]$$

$$C_i = 1.06$$

2) $14 < i$ の時

$$C_i = 14 \text{ 日目の田面水中濃度} / \text{減少速度定数}^{(1)}$$

$$\times [1 - \exp \{ -\text{減少速度定数}^{(1)} \times (150 \text{ 日間} - 14 \text{ 日}) \}]$$

$$C_i = 0$$

3) 計 ($0 \leq i \leq 150$) $C_i = 1.06$

注) 減少速度定数⁽¹⁾ = $\ln(2) / (\text{田面水中半減期} + \text{水替率})$

2. 水田（地上防除）の算出例

(1) 使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： A乳剤（DEP 50%）
使用方法： 8 L/ha 5倍希釈
有効成分量： 800g/ha
使用回数： 4回
止水期間： なし

(2) 水田第1段階（Tier 1）の算出

$$\begin{aligned} \text{PEC(T1)} &= \text{農薬使用量} / \text{年間河川流量} \\ &= 800\text{g/ha} \times 50\text{ha} \times 4\text{回} / 3,756,000\text{m}^3 = 43\text{mg/m}^3 = 43\text{ppb} \end{aligned}$$

(3) 水田第2段階（Tier 2）の算出

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 0.5（地上防除の茎葉散布）
河川ドリフト率： 0.5%
排水路ドリフト率： 4%
土壌吸着係数（ K_{oc} ）： 20

ii) 農薬流出量の算出

水田水尻からの流出量（ M_{out} ）：	1,692g
畦からの流出量（ $M_{seepage}$ ）：	909g
河川へのドリフト量（ M_{dr} ）：	2.4g
排水路へのドリフト量（ M_{dd} ）：	43g
農薬流出量計	2,646g（端数処理のため小数は一致しない）

$$\begin{aligned} \text{PEC(T2)} &= \text{農薬流出量} / \text{年間河川流量} \\ &= 2,646\text{g} / 3,756,000\text{m}^3 = 0.70\text{mg/m}^3 = 0.70\text{ppb} \end{aligned}$$

トリシクラゾール

1. 水田（航空防除）の算出例

(1) 使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： B水和剤（トリシクラゾール 20%）
使用方法： 30L/ha 30倍希釈
有効成分量： 200g/ha
使用回数： 3回
止水期間： なし

(2) 水田第1段階（Tier 1）の算出

$$\begin{aligned} \text{PEC(T1)} &= \text{農薬使用量} / \text{年間河川流量} \\ &= 200\text{g/ha} \times 50\text{ha} \times 3\text{回} / 3,756,000\text{m}^3 = 8.0\text{mg/m}^3 = 8.0\text{ppb} \end{aligned}$$

(3) 水田第2段階（Tier 2）の算出

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 0.3（航空防除の茎葉散布）
河川ドリフト率： 2.4%
排水路ドリフト率： 100%
土壌吸着係数（ K_{oc} ）： 840

ii) 農薬の流出量の算出

水田水尻からの流出量（ M_{out} ）：	2,194g
畦からの流出量（ $M_{seepage}$ ）：	131g
河川へのドリフト量（ M_{dr} ）：	2.2g
排水路へのドリフト量（ M_{dd} ）：	200g
農薬流出量計：	2,527g（端数処理のため小数は一致しない）

$$\begin{aligned} \text{PEC(T2)} &= \text{農薬の流出量} / \text{年間河川流量} \\ &= 2,527\text{g} / 3,756,000\text{m}^3 = 0.67\text{mg/m}^3 = 0.67\text{ppb} \end{aligned}$$

2. 水田（地上防除）の算出例

（1）使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： B水和剤（トリシクラゾール 20%）
使用方法： 30L/ha 30倍希釈
有効成分量：200g/ha
使用回数： 3回
止水期間： なし

（2）水田第1段階（Tier 1）の算出

$$\begin{aligned} \text{PEC(T1)} &= \text{農薬使用量} / \text{年間河川流量} \\ &= 200\text{g/ha} \times 50\text{ha} \times 3\text{回} / 3,756,000\text{m}^3 = 8.0\text{mg/m}^3 = 8.0\text{ppb} \end{aligned}$$

（3）水田第2段階（Tier 2）の算出

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数：0.5（地上防除の茎葉散布）
河川ドリフト率： 0.5%
排水路ドリフト率： 4%
土壌吸着係数（ K_{oc} ）：840

ii) 農薬流出量の算出

水田水尻流出量（ M_{out} ）：	2,198g
畦流出量（ $M_{seepage}$ ）：	131g
河川ドリフト量（ M_{dr} ）：	0.5g
排水路ドリフト量（ M_{dd} ）：	8g
<hr/>	
農薬流出量計：	2,338g（端数処理のため小数は一致しない）

$$\begin{aligned} \text{PEC(T2)} &= \text{農薬流出量} / \text{年間河川流量} \\ &= 2,338\text{g} / 3,756,000\text{m}^3 = 0.62\text{mg/m}^3 = 0.62\text{ppb} \end{aligned}$$

ペンシクロン

(1) 使用状況等

使用面積： 37.5ha
使用農薬： C 顆粒水和剤（ペンシクロン 50 %）
使用方法： 3kg/ha
有効成分量： 1,500g/ha
使用回数： 4 回
栽培作物： テンサイ

(2) 非水田第 1 段階（Tier 1）の算出

$$\begin{aligned} \text{PEC(T1)} &= \text{非水田からの流出量}^2 + \text{河川ドリフト量}^4 / \text{年間河川流量} \\ &= (315\text{g} + 1.3\text{g}) / 3,756,000\text{m}^3 = 0.084\text{mg}/\text{m}^3 = 0.084\text{ppb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{非水田からの流出量}(\text{M}_{\text{out-u}})^2 &= \text{単回の非水田への農薬使用量}^3 \times \text{地表流出率} \times \text{河川への} \\ &\quad \text{流出寄与率} \times \text{施用法による農薬流出補正係数} \times \text{降雨回数} \\ &= 56,249\text{g} \times 0.2\% \times 10\% \times 1 \times 28 \text{ 回} \\ &= 315\text{g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{単回の非水田への農薬使用量}^3 &= \text{有効成分量} \times \text{使用回数} \times \text{使用面積} - \text{河川ドリフト量}^4 \\ &= 1,500\text{g} \times 37.5\text{ha} - 0.33\text{g} \\ &= 56,250\text{g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{単回の河川ドリフト量}^4 &= \text{非水田への農薬使用量} \times \text{河川ドリフト率} \times \text{河川ドリフト面積} \\ &= 1,500\text{g}/\text{ha} \times 0.2\% \times 0.11\text{ha} \\ &= 0.33\text{g} \end{aligned}$$

(3) 非水田第 2 段階（Tier 2）の算出

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 1（地上防除：土壌混和・灌漑以外）
降雨による農薬流出率： 0.2 %
寄与率： 10 %
河川ドリフト率： 0.2 %（果樹以外）

ii) 農薬流出量の算出

降雨による農薬地表流出量（ $\text{M}_{\text{out-u}}$ ）： 141g

河川へのドリフト量（ $\text{M}_{\text{dr-u}}$ ）： 1.3g

農薬流出量計 ： 142g（端数処理のため小数は一致しない）

$$\begin{aligned} \text{PEC(T2)} &= \text{農薬流出量} / \text{年間河川流量} \\ &= 142\text{g} / 3,756,000\text{m}^3 = 0.038\text{mg}/\text{m}^3 = 0.038\text{ppb} \end{aligned}$$

【参考】Tier2（非水田地上防除）における計算例

$$\begin{aligned}
 \text{降雨による流出量 (M}_{\text{rain}}) &= \text{農薬使用面積} \times \text{寄与率} \times \text{地表流出率} \times \text{施用法による補正係数} \times \text{土壤中農薬量合計} \\
 &= 37.5\text{ha} \times 10\% \times 0.2\% \times 1 \times 18,746 \\
 &= 141\text{g}
 \end{aligned}$$

パラメータ等

(物性)

土壌中半減期：50 日

土壌吸着係数 (K_{oc}): 24

(使用量)

1,500g/ha × 4 回 = 6,000g/ha

(定数等)

使用スケジュール：0 日、3 8 日、7 6 日、1 1 4 日

降雨：初回は使用後 7 日目、あとは 1 5 日おきに降雨とする。1 1 回目の降雨は規則的降雨 1 0 回目の 1 2 0 日後。

土壤中農薬量 (U_i) の計算

U_i : i 日目の土壤中農薬量

U_i (i 回目の降雨時の土壤中農薬量)

= 使用当初のほ場中農薬量 × exp(- 1 × ほ場中減少速度定数 × 初回降雨までの日数)

1) i=1 の場合

$$U_1 = (\text{使用量} \times \text{使用面積} - \text{その回の使用に係る河川ドリフト量}) / \text{使用面積} \times \exp(- 1 \times \text{ほ場中減少速度定数} \times \text{初回降雨までの日数})$$

$$= (1,500\text{g/ha} \times 37.5\text{ha} - 0.3\text{g}) / 37.5\text{ha} \times \exp(- 1 \times \text{Ln}(2)/50 \text{日} \times 7 \text{日})$$

2) 1 < i 10 の場合

$$U_i = U_{i-1} \times (1 - 0.2\%) \times \exp(- 1 \times \text{Ln}(2)/50 \text{日} \times \text{降雨間隔}(15 \text{日}))$$

使用日別の土壤中農薬量 U の算出

使用スケジュール	規則的降雨回数	U(g/ha) (1 ~ 10 回目)	11 回目 U(g/ha)
0 日目使用分	1 0 回	6,308	39
3 8 日	7 回	5,023	66
7 6 日	5 回	4,737	113
1 1 4 日	2 回	2,268	192

土壤中農薬量の合計 18,746

テニルクロール

(1) 使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： D乳剤 (テニルクロール 5%)
使用方法： 5L/ha
有効成分量： 250g/ha
使用回数： 1回
止水期間： 3日間

(2) 水田第 1 段階 (Tier 1)

$$\begin{aligned} \text{PEC(T1)} &= \text{農薬流出量} \times \text{年間河川流量} \\ &= 250\text{g} / \text{ha} \times 50\text{ha} \times 1\text{回} / 3,756,000\text{m}^3 = 3.3\text{mg}/\text{m}^3 = 3.3\text{ppb} \end{aligned}$$

(3) 水田第 2 段階 (Tier 2)

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 1 (地上防除の湛水散布)
河川へのドリフト率： 0.5%
排水路へのドリフト率： 4%
土壌吸着係数 (K_{oc})： 1,663

ii) 農薬流出量の算出

止水期間の農薬流出量 (M_1)： 16g
非止水期間の農薬流出量 (M_2)： 183g
河川へのドリフト量 (M_{dr})： 0.2g
排水路ドリフト量 (M_{dd})： 3g

農薬流出量計 ： 203g (端数処理のため小数は一致しない)

$$\begin{aligned} \text{PEC(T2)} &= \text{農薬流出量} / \text{年間河川流量} \\ &= 203\text{g} / 3,756,000\text{m}^3 = 0.054\text{mg}/\text{m}^3 = 0.054\text{ppb} \end{aligned}$$

カフェンストロール

(1) 使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： E 粒剤 (カフェンストロール 3%)
使用方法： 10kg/ha
有効成分量： 300g/ha
使用回数： 1 回
止水期間： 3 日間

(2) 水田第 1 段階 (Tier 1)

$$\begin{aligned} \text{PEC(T1)} &= \text{農薬流出量} / \text{年間河川流量} \\ &= 300\text{g/ha} \times 50\text{ha} \times 1 \text{ 回} / 3,756,000\text{m}^3 = 4.0\text{mg/m}^3 = 4.0\text{ppb} \end{aligned}$$

(3) 水田第 2 段階 (Tier 2)

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 1 (地上防除の湛水散布)
土壌吸着係数 (K_{oc}) : 9,424

ii) 農薬流出量の算出

止水期間の農薬流出量 (M_1) : 2g

非止水期間の農薬流出量 (M_2) : 227g

農薬流出量計： 229g (端数処理のため小数は一致しない)

PEC(T2) = 農薬流出量 / 年間河川流量

$$= 229\text{g} / 3,756,000\text{m}^3 = 0.061\text{mg/m}^3 = 0.061\text{ppb}$$

シメトリン

(1) 使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： F 粒剤 (シメトリン 1.5%)
使用方法： 40kg/ha
有効成分量： 600g/ha
使用回数： 1 回
止水期間： 3 日間

(2) 水田第 1 段階 (Tier 1)

$$\begin{aligned} \text{PEC(T1)} &= \text{農薬使用量} / \text{年間河川流量} \\ &= 600\text{g/ha} \times 50\text{ha} \times 1 \text{ 回} / 3,756,000\text{m}^3 = 8.0\text{mg/m}^3 = 8.0\text{ppb} \end{aligned}$$

(3) 水田第 2 段階 (Tier 2)

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 1 (地上防除の湛水散布)
土壌吸着係数 (K_{oc}) : 333

ii) 農薬流出量の算出

止水期間の農薬流出量 (M_1) : 239g

非止水期間の農薬流出量 (M_2) : 2,022g

農薬流出量計： 2,261g (端数処理のため小数は一致しない)

$$\text{PEC(T2)} = \text{農薬流出量} / \text{年間河川流量}$$

$$= 2,261\text{g} / 3,756,000\text{m}^3 = 0.60\text{mg/m}^3 = 0.60\text{ppb}$$

プレチラクロール

(1) 使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： G粒剤 (プレチラクロール 6%)
使用方法： 30kg/ha
有効成分量： 1,800g/ha
使用回数： 1回
止水期間： 3日間

(2) 水田第 1 段階 (Tier 1)

PEC(T1) = 農薬使用量 / 年間河川流量
= 1,800g/ha × 50ha × 1回 / 3,756,000m³ = 24mg/m³ = 24ppb

(3) 水田第 2 段階 (Tier 2)

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 1 (地上防除の湛水散布)
土壌吸着係数 (K_{oc}) : 628

ii) 農薬流出量の算出

止水期間の農薬流出量 (M₁) : 552g

非止水期間の農薬流出量 (M₂) : 3,135g

農薬流出量計 : 3,686g (端数処理のため小数は一致しない)

PEC(T2) = 農薬流出量 / 年間河川流量

= 3,686g / 3,756,000m³ = 0.98mg/m³ = 0.98ppb

ペンフラカルブ、カルボスルファン（カルボフラン）

(1) 使用状況

使用面積： 50ha
使用農薬： H粒剤（カルボスルファン 5%）
使用方法： 14.9kg/ha
有効成分量： 745g/ha
使用回数： 1回
止水期間： 3日間

(2) 水田第 1 段階 (Tier 1)

PEC(T1) = 農薬使用量 / 年間河川流量
= 745g/ha × 50ha × 1回 / 3,756,000m³ = 9.9mg/m³ = 9.9ppb

(3) 水田第 2 段階 (Tier 2)

i) 主なパラメータ

施用法による農薬流出補正係数： 0.2（箱施用）
土壌吸着係数 (K_{oc}) : 22

ii) 農薬流出量の算出

止水期間の農薬流出量 (M₁) : 77g
非止水期間の農薬流出量 (M₂) : 1,657g

農薬流出量計 : 1,734g（端数処理のため小数は一致しない）

PEC(T2) = 農薬流出量 / 年間河川流量
= 1,734g / 3,756,000m³ = 0.46mg/m³ = 0.46ppb

引用文献（農薬の物性データ出典）

- ・ Clive Thomson ed. (2003) The Pesticide Manual 13th ed. The British Crop Protection Council.
- ・ 金澤純(1996)農薬の環境特性と毒性データ集、合同出版（株）

・モニタリング結果からの試算値と数値計算からの試算値比較

単位：ppb

農薬	類別	モニタリング試算値	水濁P E C 値案	
			Tier1	Tier2
DEP (水田：殺虫剤)	航空防除	0.27	40	0.92
	地上散布	0.044 0.44	43	0.70
トリシクラゾール (水田：殺菌剤)	航空防除	0.24	8.0	0.67
	地上防除	0.039 0.47	8.0	0.62
ペンシクロン (非水田：殺菌剤)		0.011 ~ 0.059	0.084	0.038
テニルクロール (水田：除草剤)		0.056	3.3	0.054
カフェンストロール (水田：除草剤)		0.044	4.0	0.061
シメトリン (水田：除草剤)		0.56	8.0	0.60
プレチラクロール (水田：除草剤)		0.18 ~ 0.81	24	0.98
		0.16 ~ 0.82		
ベンフラカルブ、 カルボスルファン (水田：箱施用)		0.036 ~ 0.14	9.9	0.46

(注1) 同一の調査で複数值がある場合は「~」とし、異なる調査の結果がある場合は別の数値として併記した。

(注2) 田面水中濃度は14日目までは実測値、15日以降は半減期により試算した。

(注3) ベンフラカルブ、カルボスルファンはカルボフランとして検出されているため、田面水中半減期をカルボフランの実測値より求めた。

(注4) DEPとトリシクラゾールは止水なし、その他は止水3日間とした。

. 參考資料

(1) 水産動植物に対する毒性に係る登録保留基準の改定について

平成 1 5 年度 1 月 3 0 日 第 6 回 農業資材審議会 農薬分科会資料 水産動植物に対する毒性に係る登録保留基準の改定について

1 背景

新しい環境基本計画では、持続可能な社会の構築のために、すべての社会経済活動は、生態系の構造と機能を維持できるような範囲内で、またその価値を将来にわたって減ずることのないように行われる必要があるとしており、また、農薬を含めた様々な化学物質による生態系に対する影響の適切な評価と管理を視野に入れて化学物質対策を推進する必要があるとしている。

このような観点を踏まえ、環境省環境管理局水環境部に設置した農薬生態影響評価検討会（座長：須藤隆一東北工業大学客員教授）は、平成 1 4 年 5 月に、我が国における農薬生態影響評価の在り方について第 2 次中間報告を取りまとめた。その中で、持続可能な社会の構築を実現する上で、従来に対応に加え農薬の環境リスクの評価・管理制度の中に生態系の保全を視野に入れた取組を強化することは喫緊の課題であり、具体化できるところから一部でも早く具体化していくことが重要であるとの認識に立って、技術的手法が確立している水域生態系において、当面の施策の更なる具体化を図る必要があるとしている。

このような状況を踏まえ、現行の登録段階でのリスク管理措置である農薬取締法第 3 条第 2 項に基づき環境大臣が定める「水産動植物に対する毒性に係る登録保留基準」を改定する必要がある。

2 現行のリスク管理措置

(1) 登録段階（上市前段階）のリスク管理措置（水産動植物に対する毒性に係る登録保留基準の設定）

農薬は、農薬取締法に基づき農林水産大臣の登録を受けなければ製造、販売等ができない。登録するか否かの判断項目は 1 0 項目あるが、そのうち、水産動植物の被害を未然に防止する観点からは、以下に該当する場合に、登録を保留することとしている。また、その基準については、環境大臣が定めることとなっている。

農薬取締法（昭和 2 3 年法律第 8 2 号）第 3 条第 1 項第 6 号の規定

当該種類の農薬が、その相当の普及状態のもとに前条第 2 項第 3 号の事項についての申請書の記載に従い一般的に使用されたとした場合に、その水産動植物に対する毒性の強さ及びその毒性の相当日数にわたる持続性からみて、多くの場合、その使用に伴うと認められる水産動植物の被害が発生し、かつ、その被害が著しいものとなるおそれがあるとき。

環境大臣が定める具体的な基準（以下「登録保留基準」という。）は、告示により、

水田で使用される農薬であって、以下の要件のすべてを満たす場合に登録を保留するものとされている。

(a) 10 a 当たりの有効成分投下量 0.1kgの場合
コイに対する 4 8 時間の半数致死濃度 (LC₅₀) が 0.1ppm 以下

(b) 10 a 当たりの有効成分投下量 > 0.1kgの場合
コイに対する 4 8 時間の LC₅₀ (ppm)

$$\frac{\text{10 a 当たりの有効成分投下量 (kg)}}{1}$$

コイに対する毒性の消失日数 (注) がその通常の使用に近い条件下における試験において 7 日以上であること。

注：コイに対する毒性がコイの致死レベル以下に達する日数

なお、「農薬の登録申請に係る試験成績について」(平成 12 年 12 月農林水産省)によって、農薬取締法に基づく農薬の登録申請時には、魚類急性毒性試験の他、ミジンコ類急性遊泳阻害試験、ミジンコ類繁殖試験及び藻類成長阻害試験からなる水産動植物影響試験成績を提出することとされている。また、その結果等を踏まえて水産動植物に対する影響の程度に応じた注意事項を製品ラベル等に記載することとされている。

(2) 使用段階でのリスク管理措置

農薬取締法では、登録段階のみでなく、使用段階においてもリスク管理を行う仕組みとなっている。

具体的には、農薬使用者が遵守すべき基準を定めるとともに、相当広範囲でまとめて使用されるときに、水産動植物に著しい被害が発生するおそれがあるものは、政令により水質汚濁性農薬 (注) として指定し、一定地域における使用の許可制等の措置を講じることができることとされている。

注：現在、水産動植物の被害防止の観点から、テロドリン、エンドリン等の 5 つを有効成分とする薬剤が水質汚濁性農薬に指定されている。このうち登録のあるものはベンゾエピンとロテノンの 2 つを有効成分とする薬剤である。

3 現行のリスク管理措置の課題及び農薬による生態系への影響の実態

(1) 現行のリスク管理措置の課題

現行のリスク管理措置は、農薬による水産動植物への被害の防止に一定の役割を果たしてきたが、一方、登録保留基準については、昭和 38 年に農林省 (当時) が定めたものがそのまま踏襲されており、現在の知見等を踏まえると、以下のような課題があるものと考えられる。

比較的感受性の低いコイの魚毒性のみに着目した基準であり、他の魚種への影響を考慮していないこと。また、甲殻類や藻類への影響を評価していないため、

水産動植物に対する影響を評価する観点からみても不十分であること。

種類によって大きく異なる農薬の毒性の強さを考慮しない一律の基準として設定され、使用方法や剤型によっても異なる環境中での農薬の曝露量についても十分考慮されていないこと。

畑や果樹園等水田以外で使用される農薬については、水田で使用されるものに比べ、水系への流入の可能性が低く水産動植物の被害は相対的に小さいと判断されたことから、水田以外で使用される場合には適用されないこと。

(2) 農薬による生態系への影響の実態

農薬による水域生態系への影響について、環境省がこれまでに実施した調査によると以下のようになっている。

野外調査では農薬の散布前後で水中プランクトン等の個体数や種数の減少が一部で見られたが、自然のサイクル（例えば羽化）によるものか、農薬によるものか定かでない。降雨の影響、他の環境要因の変化等があること、対照区を設定し難いこともあり、現在の野外調査から農薬の影響のみを評価・区別することは困難であった。

一方、農薬散布後の河川水を採取して水生生物毒性試験を実施した結果では、河川水中の農薬濃度がミジンコの EC_{50} 値（半数遊泳障害濃度）を超え、100%の遊泳障害を示すデータも得られた。この影響は大河川水でも見られ、農薬が農地周辺の水生生物に影響を与えている可能性がある。

これらのことから、その程度は不明であるが、農薬が我が国の水域生態系に何らかの影響を与えている可能性は否定し得ないものとなっている。

4 欧米主要国における制度の現状

欧米主要国における農薬の生態影響評価に関する制度は、以下のように我が国と比較すると整備されており、これらの考え方も参考にしつつ我が国の現行の制度を早急に見直すことが必要と考えられる。ただし、我が国特有の生態系の成立条件、気候条件等を十分に踏まえる必要がある。

(1) 登録申請に必要な試験

登録申請に必要な水生生物の室内生態毒性試験については国による試験生物種はほぼ一致している。総じて、魚類、ミジンコ、藻類の急性毒性試験を必須としており、また、ケースに応じてマイクロコズム試験、メソコズム試験、野外試験、環境中モニタリング等の結果を用いて評価している。

(2) 評価手法

毒性学的有害性（毒性値）と、通常の使用方法で使用した場合に想定される環境中での農薬濃度（環境中予測濃度（PEC：Predicted Environmental Concentration））とを比較して評価する手法が一般的である。また、生態影響評価に段階的（Tier）システ

ムを採用している。このシステムは、第1段階においては費用がかからない簡便な試験等で精度は低いもののかなり安全サイドに立った結果が得られるような試験方法等に基づく結果により評価を行い、その結果がある評価基準をクリアできない場合には、順次、次の段階に移行し、より費用がかかるが精度が高い結果が得られるような精密な試験等に基づく結果による評価を行うものである。

生態毒性試験法についての国際調和は進んでいるが、評価に用いる毒性値（エンドポイント）は国によって異なる。また、生態系に影響がないと考えられる濃度（予測無影響濃度；PNEC）はこれらの毒性値から推定されるが、半数致死濃度（LC₅₀）、半数影響濃度（EC₅₀）、最大無作用量（NOEC）を評価に用いている国が多い。

曝露経路として米国では地表流出とドリフトを考慮しているが、ドイツではドリフトのみを対象としており、作物の種類、生育状態及び散布地点からの距離に応じて散布した農薬が水系に流入する割合を示す標準表が作成されている。これらの国々においては、環境中の農薬濃度を予測する手法として数理モデルの導入が進んでいる。

（3）リスク判定

農薬の生態影響評価は、有害性と環境曝露をそれぞれ定量化し、その毒性曝露比（PNEC/PEC=TER）を、評価基準に照らしリスク判定を行っている。

このTER値では生物に対する安全性が確保できないと判断された場合、曝露量をより低い値とするため使用量の削減や使用方法の制限が検討されるが、ドイツや米国では、使用の制限に対応した安全距離として散布地と水系との間に緩衝帯（バッファゾーン）を設定するという考え方を採用している。

（4）リスク便益分析

生態影響評価において、農薬の便益を評価する考え方は我が国の制度では採用されていないが、多くの農薬登録国では支持されている。例えば、米国、ドイツ等では、生態影響の面で否定的評価がなされた農薬であっても、それを使用することによる生態学的、社会的、経済的な便益及び代替剤のリスクと便益とを比較分析しその登録の可否を総合的に判断するとされる。ただし、リスク便益分析に関してはいずれの国も明確なガイドラインを整備していない。

5 登録保留基準の改定の必要性及び方向

以上のような状況を踏まえると、農薬の水域生態系への影響を未然に防止する観点から、現行の登録保留基準について、生態系への影響を評価する視点を取り入れ、より注意深く登録段階での評価を行う必要がある。具体的には、以下のような観点から登録保留基準を改定する必要がある。

評価対象生物種を増やすこと。

毒性値と曝露量を比較する評価方法に改めること。

水田使用農薬の他、畑や果樹で使用される農薬についても評価対象とすること。

6 登録保留基準の改定の内容

(1) 基本的考え方

ア 生態系保全の目標及び評価の基本的考え方

農薬の生態系への影響の程度を実環境において定量的に分離・特定することが困難な現状においては、少なくとも河川等の公共用水域の水質環境基準点のあるような地点においては、農薬取締法が保全対象としている水産動植物への影響がでないように現状の評価手法を改善することによって、農薬による生態系への影響の可能性を現状より小さくすることを当面の目標とすることが適当である。

イ 評価手法等

現行の農薬取締法第3条第1項第6号に基づく登録保留要件は、「水産動植物の被害が発生し、かつ、その被害が著しい」場合であることから、当面、現行の登録保留基準と同様、急性毒性に着目することとする。

評価対象生物種は、藻類、甲殻類及び魚類それぞれの代表種とする。

一定の環境モデルのもとで農薬を農地等に単回散布し公共用水域に流出又は飛散した場合の公共用水域中での当該農薬の環境中予測濃度(PEC)と、藻類、甲殻類及び魚類の代表種の急性毒性試験から得られた急性影響濃度(AEC: Acute Effect Concentration)とを比較することによりリスク評価を行うものとする。農薬の成分ごとのAECを登録保留基準値とする。

PECの算定は、試験及び評価コストの効率化を図るため、段階制を採用する。

リスク評価の結果、PECがAECを上回る場合には登録を保留する。

なお、PECがAECを下回る場合であっても、リスク評価の結果を踏まえて、使用方法や使用場所の制限といった注意事項のラベル表示への反映、環境モニタリングの実施等が必要である。

(2) 登録保留基準の内容

以上を踏まえ、登録保留基準は以下のように考えることが適当である。

ア 基本告示(農薬取締法第3条第1項第4号から第7号までに掲げる場合に該当するかどうかの基準を定める等の件)

予測濃度(法第2条第2項第3号の事項についての申請書の記載に従い当該農薬を使用することにより、当該農薬が公共用水域(水質汚濁防止法(昭和45年法律第138号)第2条第1項に規定する公共用水域をいう。以下この号において同じ。)に流出し、又は飛散した場合の当該公共用水域の水中における当該種類の農薬の成分の濃度として予測されるものをいう。以下同じ。)が、当該種類の農薬の毒性に関する試験成績に基づき環境大臣が定める基準に適合しない場合は、法第3条第1項第6号(法第15条の2第6項において準用する場合を含む。)に掲げる場合に該当するものとする。

備考

予測濃度は、当該農薬がその相当の普及状態のもとに、法第2条第2項第3号の事項についての申請書の記載に従い一般的に使用されたとした場合に、次の要件のすべてを満たす地点の河川の水中における当該種類の農薬の成分の濃度を予測することにより算出するものとする。

当該地点より上流の部分の流域面積が概ね100平方キロメートルであること。

当該地点より上流の部分の流域内の農地の面積が、水田にあっては概ね500ヘクタール、畑地等にあっては概ね750ヘクタールであること。

イ 基本告示を受けて新たに設ける告示（農薬取締法第3条第1項第4号から第7号までに掲げる場合に該当するかどうかの基準を定める等の件第3号の環境大臣の定める基準）

予測濃度（法第2条第2項第3号の事項についての申請書の記載に従い、当該種類の農薬を使用することにより、当該種類の農薬が公共用水域（水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）第2条第1項に規定する公共用水域をいう。以下この号において同じ。）に流出し、又は飛散した場合の当該公共用水域における当該種類の農薬の成分の濃度として予測されるものをいう。以下同じ。）は、次の表の農薬の成分の欄に掲げる農薬の成分にあっては、同表の基準値の欄に掲げる濃度を超えることとなってはならない。

農薬の成分	基準値
	mg/L

備考

（アの基本告示の備考と同様の内容を記載。）

（3）（2）における予測濃度（PEC）の具体的な算出方法
（別紙1）

（4）（2）における「当該種類の農薬の毒性に関する試験成績に基づき環境大臣が定める基準」（AEC）の具体的な設定

個別農薬について、藻類、甲殻類、魚類の3生物群を代表する種類の生物に関する毒性試験成績を基に、専門家による検討を行い、中央環境審議会土壌農薬部会への諮問・答申を経て基準値を設定する（別紙2）。

（5）評価スキーム体系図（別紙3）

(6) 登録後のリスク管理

登録後においても、環境モニタリング等の結果を踏まえたリスク評価を行い、必要に応じ、水質汚濁性農薬の指定等のリスク管理措置を講ずることが重要である。

(7) 既登録農薬の取り扱い

既登録農薬についても、同様のリスク評価を行うものとするが、PECの算定に代えて、使用現場周辺の公共用水域におけるモニタリング調査の結果を活用できることとする。

7 今後の課題

(1) 段階的評価を充実させるための各種試験方法の作成

今回の評価スキームの中で位置付けられている高次のPECを算定するために必要な試験方法のうち、現在作成されていないもの（非水田使用農薬における地表流出試験等、水田使用農薬における圃場を用いた水田水中濃度試験等）については早急に作成する必要がある。また、農薬使用地域周辺の一般環境中における農薬の濃度を調査するためのモニタリングの方法についても、早急に作成する必要がある。

(2) より実環境に近い試験系による試験方法の開発

生態影響を考慮した登録保留基準値の設定は、現時点における知見にかんがみ、当面6(4)による毒性試験結果に基づいて行うこととするが、これらの試験方法よりもより実環境に近い試験系による試験方法（マイクロコズム試験等）の開発が進められていることから、当該試験方法についても早急に検討を行い、国際的に整合がとれたものが確立した場合には導入することが適当である。

(3) 一過性の散布の際の回復性試験の必要性和具体的な手法の検討

農薬は、その対象とする農作物により散布時期を決め、散布は一定期間のみ実施されることから、一定期間を経た後に生物が回復する可能性は否めない。したがって、農薬の水産動植物への影響を捉えるためには、回復性試験も念頭においた調査を行うことが必要である。しかしながら、一定期間の生態影響の評価についてはさらに検討を要する上、回復性試験については、現時点では試験方法が確立されていないことから、今後具体的な手法等を検討する必要がある。

(4) 慢性毒性と他の生物種の導入の是非と具体的な手法

今回の登録保留基準の改定は、急性影響の観点から行おうとするものである。しかしながら、環境省が平成12年度及び13年度に実施した野外調査でも明らかのように、一定濃度の農薬が比較的長期間（例えば、ミジンコの繁殖期間である14日以上）検出されている現状を考えれば、今後は水生生物に対する慢性的な影響を踏まえた検討を行う必要がある。

また、慢性的な影響をみる上では、欧米で取り入れられている手法も考慮して、影響をできるだけ正確に把握する手法を用いることはもとより、費用面についても配慮した手法を検討する必要がある。

さらに、評価対象生物については、圃場から流出した農薬が底質に吸着し、そこに生息する生物に影響を与えている可能性も想定されることから、底質に生息する生物も含めて幅広く、その影響の可能性を試験法を含めて検討する必要がある。

(5) 複数農薬による相加的・相乗的あるいは拮抗的な影響に関する検討

現在、農作物の生産現場では、複数の農薬が散布されており、それらは、河川水中で混合し、公共用水域に流出する。野外水を用いた既往の試験によれば、複数農薬による相乗的な影響を指摘しているものもある。しかしながら、実際に用いられている農薬は多種多様であることから、今後は、複数農薬による影響を捉えるための基本的な考え方を明確にする必要がある。

(6) 水域生態系をめぐるその他の課題

さらに、水域生態系の影響の評価方法の充実に向けて、慢性毒性影響に対応するシミュレーションモデルを含めた長期PEC算定手法の検討、水域生態系への影響が懸念されている内分泌かく乱作用に係る試験法及び評価法の開発、これまでの調査研究で明らかになった藻類等に代表される、種間及び発育段階による薬剤感受性の違いに関する研究を進める必要がある。

また、実フィールドにおける生態影響については更に精度の高い実態把握調査に努める必要があり、PEC算定については水田における複雑な水循環メカニズムを反映しより実態に即した方式について検討を深め、今後、一層の精度改善努力を継続する必要がある。なお、我が国におけるリスク便益分析の考え方も検討していく必要がある。

P E C 算定の考え方について

1. 基本的事項

公共用水域への農薬の曝露経路としては地表流出とドリフト（水路等への直接飛散）が主なものであり、従来は地表流出のみを扱ってきたが、水生生物への影響を評価する P E C（環境中予測濃度）の算定に当たっては、地表流出のほかに散布時のドリフトも考慮する。

水田使用農薬の水質濃度の推定方法は 3 段階とし、第 1 段階は数値計算による算定、第 2 段階は水質汚濁性試験等のデータを用いることとし、第 3 段階では水田圃場での試験データを用いることとする。非水田使用農薬に関しては 2 段階とし、第 1 段階は数値計算による算定、第 2 段階では地表流出試験等のデータを用いることとする（表 1 参照）。これらの段階制試験は、より高次の段階の試験を要しないためのスクリーニング試験である。

なお、P E C の算定は水質環境基準点の置かれている下流域の河川を想定し、以下に示す環境モデル及び標準的シナリオにより行う。

また、各生態毒性試験の期間に対応した期間の予測濃度を算定することとする。

表 1 . 段階的評価における P E C 算出の根拠データ

曝露経路	使用場面	第 1 段階	第 2 段階	第 3 段階
表面流出 (Runoff)	水田	数値計算	水質汚濁性試験	水田圃場試験
	非水田	一定値 (0.02%)	地表流出試験	-
河川へのドリフト	水田 (地上防除)	ドリフト表 (表 5)	同左	水田圃場試験
	非水田 (地上防除)	ドリフト表 (表 5)	圃場試験	-
	航空防除	ドリフト表 (表 6)	同左	同左 (水田のみ)
排水路へのドリフト (水田のみ)	地上防除	ドリフト表 (表 5)	同左	同左
	航空防除	一定値 (100%)	同左	同左

(注) 第 1 段階で算出された P E C を用いたリスク評価の結果、登録保留基準に適合している場合には、第 2 段階の試験を要しない。第 2 段階試験についても同様である。

2 . P E C 算定に用いる環境モデル及び標準的シナリオ

(1) 環境モデル (図 1 参照)

我が国では農耕地等を流れた地表水はそのほとんどが河川等の公共水域に流入する。このような我が国の地形条件等に鑑み、環境モデルは圃場と河川で構成する。

具体的には、

ア) 面積 100 km^2 のモデル流域の中に国土面積に占める水稲作付面積及び農耕地面積の割合を考慮して、一定の圃場群 (水田の場合は 500 ha 、畑地の場合は 750 ha) を配置する。

イ) さらに、モデル河川は国土面積に占める河川面積を考慮した 2.0 km^2 とし、このうち 6 割を本川、4 割を支川とする。

ウ) なお、本川中の流量は、a) 一級河川の中下流域における流域面積 100 km^2 当たりの平水流量 (50% 値) の平均が $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 、低水流量 (75% 値) が $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 、平均水量が $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ であること、b) また、流域に農耕地を抱える上流域においては流量が更に少なく、また、上流域においては河川の漁業利用も多いことも考慮し、モデル河川の本川の流量は、原則 $3 \text{ m}^3/\text{s}$ とすることが適当である。

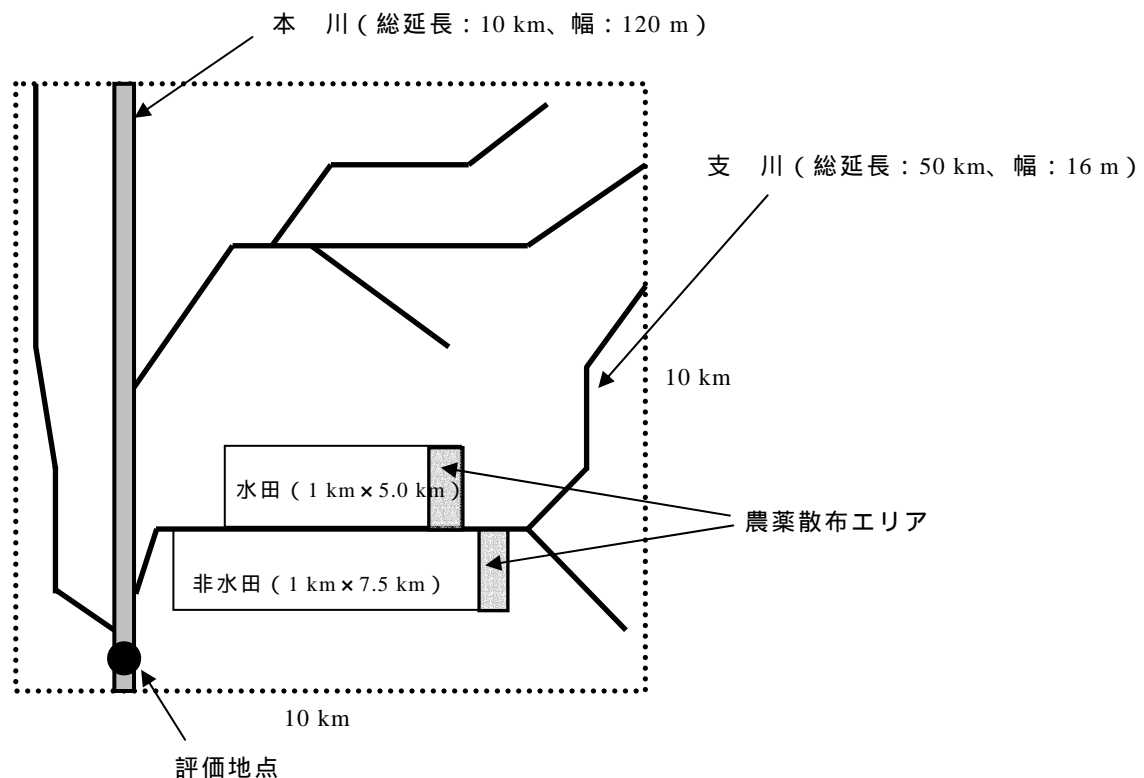


図 1 . P E C 算定に用いる環境モデルの概念図

(2) 標準的シナリオの設定

ア) 現実の圃場群では、水田と非水田が混在し、しかも一種の農薬が相当程度普及した場合であっても同一の種類農薬が一斉に全面使用されるケースは想定されない。農薬の普及率は、水田使用農薬で10%、畑地使用農薬で5%とする。また、農薬は適期に一斉に散布されるものであるが、地上散布の場合、現実には作物の栽培管理状況に合わせて農薬が散布されることを考慮し、水田、非水田とも5日程度散布日がばらつくとする。航空防除の場合は水田、非水田とも1日で当該面積に農薬が散布されるとする(表2)。

表2 . 農薬使用場面の具体的な状況

使用場面	防除方法	圃場面積 (ha)	支線河川に接する圃場長さ (km)	普及率 (%)	農薬散布面積 (ha)	農薬散布期間(日)	支川河川に接する農薬散布圃場の長さ (1日あたり)
水田	地上防除	500	5.0	10	50	5	$5.0\text{km} \times 0.1 \div 5 \text{日} = 100\text{m}$
	航空防除					1	$5.0\text{km} \times 0.1 \div 1 \text{日} = 500\text{m}$
非水田	地上防除	750	7.5	5	37.5	5	$7.5\text{km} \times 0.05 \div 5 \text{日} = 75\text{m}$
	航空防除					1	$7.5\text{km} \times 0.05 \div 1 \text{日} = 375\text{m}$

イ) 水田使用農薬について、地表流出は定常状態で田面水が一定の表面排水率でモデル河川に流入し、ドリフトは散布時に生じ直接モデル河川の支川等に流入するものとする。一方、畑地で使用された農薬は、ドリフトが散布時に生じ、地表流出が規模の大きな降雨の発生時に生じ、ともにモデル河川に流入するが、農薬は降雨時には散布しないことから、別々に発生するものとしてPECを算定する(表3)。

表3 . 標準的シナリオの種類及び考え方

水田のみで使用する農薬	地表流出については、定常状態で田面水が一定の表面排水率でモデル河川に流入。申請書の記載に従い止水期間を設定。
	ドリフト経路によるモデル河川への流入については、圃場群からモデル河川の支川へ一定率の飛散排水路へ飛散(スプレードリフト)したものがモデル河川に流入圃場群の一部から排水路へホバースプレイ(航空防除の場合)
非水田のみで使用する農薬	地表流出は、相当規模の降雨によって表流水が発生し地表流出となってモデル河川に流入。
	ドリフトは水田使用農薬の に準じる。
水田、非水田の両者に適用がある場合	水田、非水田両者のシナリオで算定。

(3) ドリフト率の算出等

ア) ドリフトの算出対象

水田使用農薬の場合、河川及び排水路へのドリフトを、非水田使用農薬の場合、河川のみへのドリフトを算出する。地上防除と航空防除によって、それぞれドリフト率を算出する。

なお、ドリフトが考えられない粒剤及びフロアブル剤(飛散しない使用法に限る)、土壌処理剤、くん蒸剤は、原則としてドリフトの算出の対象としない。

イ) スプレ-ドリフト(地上防除)

地上防除による河川へのドリフト率は、支川の川幅を16 mとしてドイツのドリフト表(表5)の距離に対応した値(水田の場合は $5\text{ m} + 16\text{ m} / 2 = 13\text{ m}$ 、非水田の場合は $10\text{ m} + 16\text{ m} / 2 = 18\text{ m}$)を用いる。

表4 . 地上防除における農薬ドリフト率の設定

使用場面	ドリフト率	設定根拠
水田	0.3%	耕種作物13 mの値(補間値)
非水田(果樹を除く)	0.1%	耕種作物18 mの値(補間値)
果樹	3.4%	果樹18 mの値(生育初期及び後期の平均、補間値)

なお、これまでに我が国で行われたドリフト調査の結果によれば、ドイツのドリフト表を最大値とみなしてドリフト率を設定することにおおむね問題はないものと考えられている。

表5 . 農薬飛散(スプレードリフト)の割合(%、デフォルト値)

距離 (m)	耕種作物	ぶどう		果樹		ホップ	
	生育初期/後期	生育初期	生育後期	生育初期	生育後期	生育初期	生育後期
1	4						
2	1.6						
3	1.0	4.9	7.5	29.6	19.6		
4	0.9						
5	0.6	1.6	5.2	19.5	10.1	18	12.7
7.5	0.4	1	2.6	14.1	6.4	8.5	10.8
10	0.4	0.4	1.7	10.6	4.4	4.8	8.9
15	0.2	0.2	0.8	6.2	2.5	1.7	4.7
20	0.1	0.1	0.4	4.2	1.4	0.8	3.8
30	0.1	0.1	0.2	2.0	0.6	0.3	2.1
40		0.1		0.4			
50		0.1		0.2		0.1	0.3

出典：ドイツにおけるドリフト調査 (Ganzelmeier et. al., 1995)

ウ) スプレードリフト (航空防除)

航空防除による農薬のドリフト率は、航空ヘリ防除における農薬散布が、a) ヘリコプター特有の押し下げ効果 (ダウンウォッシュ) を利用し、b) 風下側においてより散布境界の内側で行われることを考慮し、ドリフト率設定のために調査した下表の結果に基づいてドリフト率を設定する。

表6 . 航空防除における散布境界からの地点別の農薬ドリフト率 (%)

	散布区域境界からの距離 (m)			
	0	10	25	50
平均値 (3地点)	23.2	2.1	1.3	1.3

出典：平成13年度農薬生態影響野外調査 (環境中残留調査)

表6の値を基に、散布区域境界からの距離とドリフト率の回帰式を求めると、

$$y = 4.6597 \cdot x^{-0.3451} \quad (R^2 = 0.9926)$$

となり、13 mのドリフト率は1.9%となり、18 mのドリフト率は1.7%となる。

エ) 排水路へのドリフト (水田のみ)

水田にあっては圃場群から排水路へのドリフトを算定する。なお、水田圃場群における排水路敷率を1/150、排水路幅は1 mとする。

地上防除の場合、排水路へのドリフトは距離1 mのドリフト率 (4%) を用いる。

航空防除の場合、農薬は排水路に直接落下する (オーバースプレー) ので、排水路へのドリフト率は100%とする。

P E C 算定方法

第 1 段階

1. 水田使用農薬の予測濃度の考え方

第 1 段階における水田使用農薬の河川予測濃度は以下により求める。

$$\text{河川予測濃度} = (\text{最大地表流出量} + \text{河川ドリフト量} + \text{排水路ドリフト量}) \\ \div (3 \times \text{毒性試験期間})$$

具体的な計算式

$$PEC_{\text{Tier1}} = \frac{M_{\text{runoff}} + M_{\text{Dr}} + M_{\text{Dd}}}{3 \times 86400 \times T_e} \quad (1)$$

ここで、

- PEC_{Tier1} : 第 1 段階河川予測濃度 (g/m³)
- M_{runoff} : 最大地表流出量 (g)
- M_{Dr} : 寄与日数分河川ドリフト量 (g)
- M_{Dd} : 寄与日数分排水路ドリフト量 (g)
- T_e : 毒性試験期間 (day)

を表し、それぞれ以下のように求められる。

$$M_{\text{runoff}} = I \times \frac{R_p}{100} \times A_p \times f_p \quad (2)$$

$$M_{\text{Dr}} = I \times \frac{D_{\text{river}}}{100} \times Z_{\text{river}} \times N_{\text{drift}} \quad (3)$$

$$M_{\text{Dd}} = I \times \frac{D_{\text{ditch}}}{100} \times Z_{\text{ditch}} \times N_{\text{drift}} \quad (4)$$

ここで、

- I : 申請書に基づく単回の農薬散布量 (g/ha)
- R_p : 水田からの農薬流出率 (%)
- A_p : 農薬散布面積 (ha)
- D_{river} : 河川ドリフト率 (%)
- Z_{river} : 1 日当たりの河川ドリフト面積 (ha/day)
- D_{ditch} : 排水路ドリフト率 (%)
- Z_{ditch} : 1 日当たりの排水路ドリフト面積 (ha/day)
- N_{drift} : ドリフト寄与日数 (day)
- f_p : 水田における施用法による農薬流出補正係数 (-)

表 1 . 水田使用農薬における各パラメータの値 (第 1 段階)

パラメータ (単位)	地上防除	航空防除
A_p (ha)	50	50
R_p (%)	$T_e = 2$ days	15.6
	$T_e = 3$ days	22.4
	$T_e = 4$ days	29.1
D_{river} (%)	0.3	1.9
Z_{river} (ha/day)	0.16	0.8
D_{ditch} (%)	4	100
N_{drift}	$T_e = 2$ days	1
	$T_e = 3$ days	2
	$T_e = 4$ days	2
f_p (-)	1 (湛水散布)	0.3 (茎葉散布)
	0.5 (茎葉散布)	1 (上記以外)
	0.2 (箱処理)	

2 . 畑地使用農薬の予測濃度の考え方

第 1 段階における畑地使用農薬の河川予測濃度は、以下のうち大きい方とする。

$$\text{河川予測濃度} = \begin{cases} \text{最大地表流出量} \div (11 \times \text{毒性試験期間}) \\ \text{又は} \\ \text{河川ドリフト量} \div (3 \times \text{毒性試験期間}) \end{cases}$$

具体的な計算式

$$PEC_{\text{Tier1}} = \frac{M_{\text{runoff}}}{11 \times 86400 \times T_e} \quad \text{又は} \quad PEC_{\text{Tier1}} = \frac{M_{\text{Dr}}}{3 \times 86400 \times T_e} \quad (5)$$

ここで、

PEC_{Tier1} : 河川予測濃度 (g/m³)

M_{runoff} : 最大地表流出量 (g)

M_{Dr} : 寄与日数分河川ドリフト量 (g)

を表し、それぞれ以下のように求められる。

$$M_{\text{runoff}} = I \times \frac{R_u}{100} \times A_u \times f_u \quad (6)$$

$$M_{Dr} = I \times \frac{D_{river}}{100} \times Z_{river} \times N_{drift} \quad (7)$$

ここで、

- I : 申請書に基づく単回の農薬散布量 (g/ha)
- D_{river} : 河川ドリフト率 (%)
- Z_{river} : 1日当たりの河川ドリフト面積 (ha/day)
- N_{drift} : ドリフト寄与日数 (day)
- R_u : 畑地からの農薬流出率 (%)
- A_u : 農薬散布面積 (ha)
- f_u : 畑地における施用法による農薬流出補正係数 (-)

表2 . 畑地使用農薬における各パラメータの値 (第1段階)

パラメータ (単位)	地上防除	航空防除
A_u (ha)	37.5	37.5
R_u (%)	0.02	0.02
D_{river} (%)	0.1 (果樹以外) 3.4 (果樹)	1.7
Z_{river} (ha/day)	0.12	0.6
N_{drift} (day)	T_e	1
f_u (-)	0.1 (土壌混和・灌注) 1 (上記以外)	0.3 (茎葉散布) 1 (上記以外)

第2段階

1 . 水田使用農薬の予測濃度の考え方

第2段階における水田使用農薬の河川予測濃度は、原則として以下により求める。

$$\text{河川予測濃度} = (\text{水田水尻からの最大流出量} + \text{畦畔浸透による最大流出量} + \text{河川ドリフト量} + \text{排水路ドリフト量} - \text{支川河川底質への吸着量}) \div (3 \times \text{毒性試験期間})$$

河川予測濃度の算出は、(1) 止水期間を設定しない場合と、(2) 止水期間を設定する場合に分けて算出する。なお、当該農薬が河川水中で速やかに分解する特性を有する場合、(3) 分解を考慮した予測濃度の算出を行う。

具体的な計算式

(1) 止水期間を設定しない場合

$$PEC_{Tier2} = \frac{M_{out} + M_{seepage} + M_{Dr} + M_{Dd} - M_{se}}{3 \times 86400 \times T_e} \quad (8)$$

ここで、

- PEC_{Tier2} : 第2段階河川予測濃度 (g/m³)
- M_{out} : 水田水尻からの最大流出量 (g)
- $M_{seepage}$: 畦畔浸透による最大流出量 (g)
- M_{Dr} : 河川ドリフト量 (g)
- M_{Dd} : 排水路ドリフト量 (g)
- M_{se} : 支川河川底質への吸着量 (g)

を表し、それぞれ以下のように求められる。

$$M_{out} = \begin{cases} \frac{\sum \sum C_i}{5} \times Q_{out} \times A_p \times f_p & \text{(地上防除の場合)} \\ \sum_{i=0}^{T_e-1} C_i \times Q_{out} \times A_p \times f_p & \text{(航空防除の場合)} \end{cases} \quad (9)$$

$$M_{seepage} = \begin{cases} \left(\frac{\sum \sum C_i}{5} \times Q_{seepage} \times A_p \times f_p \right) / K_{levee} & \text{(地上防除の場合)} \\ \left(\sum_{i=0}^{T_e-1} C_i \times Q_{seepage} \times A_p \times f_p \right) / K_{levee} & \text{(航空防除の場合)} \end{cases} \quad (10)$$

$$M_{Dr} = I \times \frac{D_{river}}{100} \times Z_{river} \times N_{drift} \quad (11)$$

$$M_{Dd} = I \times \frac{D_{ditch}}{100} \times Z_{ditch} \times N_{drift} \quad (12)$$

$$M_{se} = (M_{out} + M_{seepage} + M_{Dr} + M_{Dd}) \times \frac{K_{oc} \times oc_{se} / 100 \times \rho_{se} \times V_{se}}{K_{oc} \times oc_{se} / 100 \times \rho_{se} \times V_{se} + V_w} \quad (13)$$

ここで、

- Q_{out} : 1日当たりの水田水尻からの流出水量 (m³/ha/day)
- $Q_{seepage}$: 1日当たりの畦畔浸透による流出水量 (m³/ha/day)
- C_i : 水質汚濁性試験による*i*日の田面水中農薬濃度 (g/m³)
- K_{levee} : 畦吸着係数 (-)
- V_w : 支川河川の水量 (m³)
- V_{se} : 支川河川の底質量 (m³)
- ρ_{se} : 底質の比重 (g/cm³)
- oc_{se} : 支川河川底質の有機炭素含有率 (%)

である。なお、畦吸着係数は次式で求められる。

$$K_{levee} = \frac{r_{leee}}{r_{ws}} \times K_{oc} \times oc_{levee} / 100 + 1 \quad (14)$$

ここで、

- ρ_{levee} : 畦土壌の比重 (g/cm³)
 r_{ws} : 接触水と接触土の体積比 (-)
 K_{oc} : 土壌吸着定数 (cm³/g)
 OC_{levee} : 畦土壌の有機炭素含有率 (%)

である。

(2) 止水期間を設定する場合

止水期間を設定することとした場合は、散布時に発生するドリフト量と散布直後より発生する畦畔浸透に伴う流出量の和 (止水期間の設定状況により一部の水田水尻からの排水に伴う流出量が加算される場合がある。) が最大となる時期と、止水期間終了後から発生する水田水尻からの排水に伴う流出量と畦畔浸透に伴う流出量の和が最大となる時期が異なる。そこで、のそれぞれについて最大農薬流出量を算出し、大きい方を河川予測濃度とする。

・地上防除の場合 (別紙1参照)

$$PEC_{Tier2} = \frac{\sum \frac{m_{out,i}}{5} + \sum \frac{m_{seepage,i}}{5} + M_{Dr} + M_{Dd} - M_{se}}{3 \times 86400 \times T_e}$$

又は

$$PEC_{Tier2} = \frac{\sum \frac{m_{out,i}}{5} + \sum \frac{m_{seepage,i}}{5} - M_{se}}{3 \times 86400 \times T_e} \quad (15)$$

ここで、

$m_{out,i}$: 散布*i*日後における水田水尻からの流出量 (g)

$m_{seepage,i}$: 散布*i*日後における畦畔浸透による流出量 (g)

を表し、それぞれ以下のように求められる。

$$m_{out,i} = C_i \times Q_{out} \times A_p \times f_p \quad (16)$$

$$m_{seepage,i} = (C_i \times Q_{seepage} \times A_p \times f_p) / K_{levee} \quad (17)$$

なお、 M_{Dr} 、 M_{Dd} 、 M_{se} については、それぞれ式(11)、(12)、(13)により求められる。

・航空防除の場合

$$PEC_{\text{Tier2}} = \frac{M_{\text{out}} + M_{\text{seepage}} + M_{\text{Dr}} + M_{\text{Dd}} - M_{\text{se}}}{3 \times 86400 \times T_e}$$

又は

(18)

$$PEC_{\text{Tier2}} = \frac{M_{\text{out}} + M_{\text{seepage}} - M_{\text{se}}}{3 \times 86400 \times T_e}$$

ここで、 M_{out} 、 M_{seepage} は、それぞれ以下により求められる。

$$M_{\text{out}} = \sum C_i \times Q_{\text{out}} \times A_p \times f_p \quad (19)$$

$$M_{\text{seepage}} = \left(\sum C_i \times Q_{\text{seepage}} \times A_p \times f_p \right) / K_{\text{levee}} \quad (20)$$

なお、 M_{Dr} 、 M_{Dd} 、 M_{se} については、それぞれ式(11)、(12)、(13)により求められる。

(3) 河川水中における分解を考慮する場合

$$PEC_{\text{Tier2-deg}} = PEC_{\text{Tier2}} \times e^{-0.17 \times k} \quad (21)$$

ここで、

$PEC_{\text{Tier2-deg}}$: 分解を考慮した場合の河川予測濃度 (g/m³)
 k : 水中分解速度定数 (1/day)

である。なお、水中分解速度定数は次式で求められる。

$$k = \frac{\ln 2}{DT50_h} + \frac{\ln 2}{DT50_p} \quad (22)$$

ここで、

$DT50_h$: 加水分解半減期 (day)
 $DT50_p$: 水中光分解半減期 (day)

である。

表3 . 水田使用農薬における各パラメータの値 (第2段階)

パラメータ (単位)	地上防除	航空防除
A_p (ha)	50	50
Q_{out} (m ³ /ha/day)	30	30
$Q_{seepage}$ (m ³ /ha/day)	20	20
D_{river} (%)	0.3	1.9
Z_{river} (ha/day)	0.16	0.8
D_{ditch} (%)	4	100
Z_{ditch} (ha/day)	0.07	0.33
N_{drift} (day)	PEC _{Tier2} が最大となる場合の日数を設定	
V_w (m ³)	1(m ³ /s × 86400 × T _e (day))	1(m ³ /s) × 86400 × T _e (day)
V_{se} (m ³)	2000	2000
ρ_{se} (g/cm ³)	1.0	1.0
OC_{se} (%)	1.2	1.2
ρ_{levee} (g/cm ³)	1.0	1.0
r_{ws} (-)	2.4	2.4
OC_{levee} (%)	2.9	2.9
f_p (-)	1 (湛水散布)	0.3 (茎葉散布)
	0.5 (茎葉散布)	1 (上記以外)
	0.2 (箱処理)	

2 . 畑地使用農薬の予測濃度の考え方

より実態に近い地表流出率及びドリフト率のデータに基づく必要がある場合は、圃場試験等を行い、その結果を用いて河川予測濃度を第1段階の手法に準じて算定する。なお、河川底質への農薬の吸着および分解の取扱いについては、「1 . 水田使用農薬の予測濃度の考え方」に準ずる。ただし、具体的な算出方法は現時点で開発されていない。

第3段階

より実態に近い田面水農薬濃度及びドリフト率のデータ等に基づく必要がある場合は、水田圃場を用いた試験を行い、河川予測濃度を第2段階の手法に準じて算定する。ただし、具体的な試験方法は、現時点で開発されていない。

(別紙1 続き)

毒性試験期間 = 2 日間の場合

ケース1 (散布直後に伴う予測)

$$PEC_{\text{Tier2}} = \frac{\sum m_{\text{out},i} + \sum m_{\text{seepage},i} + M_{Dr} + M_{Dd} - M_{se}}{3 \times 86400 \times T_e}$$

$$\sum m_{\text{out},i} = (C_3 + C_3 + C_4) \div 5 \times Q_{\text{out}} \times A_p \times f_p$$

$$\sum m_{\text{seepage},i} = (C_0 + C_1 + C_2 + C_3 + C_0 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4) \div 5 \times Q_{\text{seepage}} \times A_p \times f_p / K_{\text{levee}}$$

$$M_{Dr} = I \times \frac{D_{\text{river}}}{100} \times Z_{\text{river}} \times 2$$

$$M_{Dd} = I \times \frac{D_{\text{ditch}}}{100} \times Z_{\text{ditch}} \times 2$$

ケース2 (止水終了後に伴う予測)

$$PEC_{\text{Tier2}} = \frac{\sum m_{\text{out},i} + \sum m_{\text{seepage},i} - M_{se}}{3 \times 86400 \times T_e}$$

$$\sum m_{\text{out},i} = (C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8) \div 5 \times Q_{\text{out}} \times A_p \times f_p$$

$$\sum m_{\text{seepage},i} = (C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8) \div 5 \times Q_{\text{seepage}} \times A_p \times f_p / K_{\text{levee}}$$

(2) 土壤残留及び水質汚濁に係る農薬登録保留基準の改定について (抄)

平成 1 7 年度 6 月 2 2 日 第 1 0 回 農業資材審議会 農薬分科会資料

**土壤残留及び水質汚濁に係る農薬登録保留基準
の改定について (抄)**

1～3 背景及び現状等（略）

4 農薬登録保留基準の改定の考え方

以上のような状況を踏まえ、環境中における残留性や生物濃縮性の観点から、より適切なリスク管理を行っていくため、土壌残留及び水質汚濁に係る登録保留基準について以下のように見直すことが適当である。

(1) 土壌残留（略）

(2) 水質汚濁

水質汚濁に係る登録保留基準において設定する基準値は、現行の当該農薬を使用する場合の水田の水中における150日間の平均濃度から、当該農薬を使用する場合の公共用水域の水中における濃度に変更する。

水質汚濁に係る登録保留基準を、当該農薬を使用する場合の公共用水域の水中における予測濃度（PEC）が上回る場合に登録保留とする。なお、PECについては、平成17年4月から施行する水産動植物に係る登録保留基準において採用しているPEC（短期曝露）の算出法を参考にしつつ長期曝露を考慮して算定することとする。

現行の水質汚濁に係る登録保留基準では、水田使用農薬についてのみ、農取法で規定された「汚染された水の利用により人畜に被害が生じるおそれ」を考慮して基準値を設定しているところである。しかしながら、環境省による化学物質環境調査（黒本）等の結果では、水田で使用されない農薬についても水質等から検出されている（別添9）。このため、非水田使用農薬も規制対象とする。

生物濃縮性の高い農薬については、魚類体内の農薬の含有量を、基準値X(mg/l)と同一の水中濃度に生物濃縮係数を乗じた値として求め、従来の飲料水及び作物由来の摂取と併せて曝露量を評価してADIの範囲内となるよう、以下の式により基準値X(mg/l)を定めることとする。

$$\begin{array}{l} \text{基準値 } X(\text{mg/L}) \times \text{国民の1日当たり飲水量}(2\text{L}) \\ + \text{基準値 } X(\text{mg/L}) \times \text{生物濃縮係数} \times \text{内水面漁業・養殖業由来の魚介類摂取量}(0.0021\text{kg})(\text{注1}) \\ + \text{基準値 } X(\text{mg/L}) \times \text{海域における希釈倍率}(1/5)(\text{注2}) \times \text{生物濃縮係数} \times \text{海面漁業・養殖業由来の魚介類摂取量}(0.045\text{kg})(\text{注1}) \\ \text{農薬のADI}(\text{mg/kg/日}) \times \text{平均体重}(53.3\text{kg}) \times 10(\%) \\ + \text{農薬のADI}(\text{mg/kg/日}) \times \text{平均体重}(53.3\text{kg}) \times 5(\%)(\text{注3}) \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{飲料水経由の当該農薬の1日摂取量} \\ \text{魚介類経由の当該農薬の1日摂取量} \\ \text{飲料水経由へのADI配分} \\ \text{魚介類経由へのADI配分} \end{array} \right\}$$

以上から、基準値X(mg/L)の算出式は以下のとおり。

$$X(\text{mg/L}) = \frac{\text{農薬のADI}(\text{mg/kg/日}) \times \text{平均体重}(53.3\text{kg}) \times \text{配分係数}(10\%(\text{飲料水経由}) + 5\%(\text{魚介類経由}))}{\text{国民の1日当たり飲水量}(2\text{L}) + ((\text{内水面漁業・養殖業由来の魚介類摂取量}(0.0021\text{kg}) + \text{海域における希釈倍率}(1/5) \times \text{海面漁業・養殖業由来の魚介類摂取量}(0.045\text{kg})) \times \text{生物濃縮係数}}$$

注1 魚介類の摂取量について

環境省による化学物質環境調査（黒本）等の結果では、農地で使用される農薬が内水面だけでなく、海域の魚介類からも検出されている（別添9）。このことを踏まえ、魚介類経由の農薬曝露量の考慮に当たっては、内水面漁業・養殖業由来の魚介類摂取量に加え、海面漁業・養殖業由来の摂取量のうち、遠洋沖合魚介類を除いたものを対象とする。

具体的には、総漁業・養殖業生産量に占める内水面・養殖業生産量の割合及びPCBの暫定的規制値設定時の分類（別添10）を用いて遠洋沖合魚介類を除いた海面漁業・養殖業生産量の占める割合を算出したところ、それぞれ2.3%及び48.2%となった。この割合で国民の1日あたり魚介類摂取量である93.4g（平成11～13年度国民栄養調査の平均）を按分し、海面漁業・養殖業由来の魚介類摂取量として45.0g、内水面漁業・養殖業由来の魚介類摂取量として2.1gを魚介類経由の農薬曝露量の評価に用いることとする（別添11）。

注2 海域における希釈倍率について

海域においては、内水面に比べ農薬濃度が希釈されていると考えられる。このため、海面漁業・養殖業由来の魚介類摂取量については、希釈を考慮することとする。希釈倍率については、東京湾、伊勢湾、尾鷲湾及び瀬戸内海におけるデータから、当該湾等に流入する河川水域の化学物質の濃度と、調査河川の河口沖における当該物質の濃度を比較したところ、化学物質が河川から河口沖の海域に流入することにより、平均約5倍程度希釈されている（別添12）。そのため、海面漁業・養殖業由来の魚介類摂取に伴う農薬曝露量の算出に当たっては、河川水中の農薬濃度が海域において5倍に希釈されることとする。

注3 魚介類経由曝露へのADIの配分について

現在、作物残留に係る登録保留基準設定において用いられている国民の1日あたり平均農作物摂取量940.9g（別添13）に対しては、ADIの80%が配分されている。曝露評価対象である魚介類の平均摂取量47.1gに対しては、以下の式により、ADIの5%を配分することとする（ただし、原則として、作物、飲料水及び魚介類経由の農薬曝露量の合計が、ADIの90%以内に収めることとする。）

$$\text{農作物へのADI配分} \times \frac{\text{1日あたり魚介類の摂取量（曝露評価対象分のみ）}}{\text{1日あたり農作物の摂取量}} = 80[\%] \times \frac{47.1[\text{g}]}{940.9[\text{g}]} = 4[\%] \quad 5[\%]$$

生物濃縮性を考慮する対象農薬について

生物濃縮性のクライテリアについても、国際的に合意されたPOPs条約の附属書D基準等を考慮し、生物濃縮係数が5,000を超える場合（注）に生物濃縮性を考慮して水質汚濁に係る登録保留基準を設定することとする。生物濃縮性に関する試験はOECDのテストガイドラインに準拠して実施する。

注

現行の「試験ガイドライン」では、登録申請時に「オクタノール/水分配係数に関する試験」の成績を提出するよう義務付けているが、生物濃縮性に係る試験成績の提出は求めている。化審法においては、logPowが3.5未満でない場合に、濃縮倍率により、高濃縮性かどうかの判定を行っている（別添5）ことから、logPowが3.5以上の農薬について生物濃縮性に係る試験成績の提出を義務付けることとする。

5 告示改正後の施行等に向けた課題等

土壌残留及び水質汚濁に係る登録保留基準について、告示の改正・施行に向け以下の点について検討する必要がある。

なお、生物濃縮性の高い農薬に適用する基準値の算出式において用いる希釈倍率等については、現時点における知見に基づき設定したものであるが、改正告示の施行後においても知見の集積に努め、必要に応じて当該数値の見直しを検討する。

(1) 生物濃縮性を考慮した水質汚濁に係る登録保留基準値との比較に用いるPECの算出法の検討

4(2) におけるPECについては、以下を踏まえ、適切な算出方法となるよう検討する。

環境水中の農薬濃度については散布直後に高くなり、その後減衰すること
農薬の散布時期についても農作物等の種類や栽培方法によって異なること
当該登録保留基準が、人の健康保護に係る環境基準に対応する項目であることを考慮すれば、PECの評価対象には小河川等を含む公共用水域を広範に含める必要があること

注

水産動植物の被害防止に係る登録保留基準で用いられているPECにおいては、水産動植物に対する急性毒性試験期間に対応した評価期間中の濃度を対象としており、散布直後2～4日間における環境基準点に相当する地点での予測濃度を算出することとしている。

(2) 生物濃縮係数5,000以下の農薬への対応

生物濃縮性を考慮した水質汚濁に係る登録保留基準においては、生物濃縮係数が5,000を超える農薬のみを対象としているが、生物濃縮係数が5,000以下であっても、魚類体内へ蓄積される場合があることが想定される。このため、生物濃縮係数が1,000以上5,000以下の農薬については、国において一般環境中の魚介類の体内中に当該農薬が蓄積していないかモニタリングを行い、検出状況によって必要な対策を講じることを検討する。

以下別添略

(3) 農薬取締法第三条第一項第四号から第七号までに掲げる場合に該当するかどうかの基準を定める件(抄)

農薬取締法第三条第一項第四号から第七号までに掲げる場合に該当するかどうかの基準を定める等の件(抄)

(昭和四十六年三月二日農林省告示三百四十六号)

最終改正 平成十七年八月三日環境省告示第八十三号

農薬取締法(昭和三十二年法律第八十二号)第三条第二項(同法第十五条の二第六項において準用する場合を含む。)の規定に基づき、同法第三条第一項第四号から第七号まで(同法第十五条の二第六項において準用する場合を含む。)の各号の一に掲げる場合に該当するかどうかの基準を次のように定め、昭和三十八年五月一日農林省告示第五百五十三号(農薬取締法第三条第一項第四号に掲げる場合に該当するかどうかの基準を定める件)は、廃止する。

一~二(略)

三 法第二条第二項第三号の事項についての申請書の記載に従い当該農薬を使用することにより、当該農薬が公共用水域(水質汚濁防止法(昭和四十五年法律第百三十八号)第二条第一項に規定する公共用水域をいう。以下同じ。)に流出し、又は飛散した場合に水産動植物の被害の観点から予測される当該公共用水域の水中における当該種類の農薬の成分の濃度(以下「水産動植物被害予測濃度」という。)が、当該種類の農薬の毒性に関する試験成績に基づき環境大臣が定める基準に適合しない場合は、法第三条第一項第六号(法第十五条の二第六項において準用する場合を含む。)に掲げる場合に該当するものとする。

四 法第二条第二項第三号の事項についての申請書の記載に従い当該農薬を使用した場合に、当該農薬が公共用水域に流出し、又は飛散した場合に水質汚濁の観点から予測され

る当該公共用水域の水中における当該種類の農薬の成分の濃度（以下「水質汚濁予測濃度」という。）が、当該種類の農薬の毒性及び残留性に関する試験成績に基づき環境大臣が定める基準に適合しない場合は、法第三条第一項第七号（法第十五条の二第六項において準用する場合を含む。）に掲げる場合に該当するものとする。

備 考

1～2（略）

3 水産動植物被害予測濃度は、当該種類の農薬が、その相当の普及状態のもとに法第二条第二項第三号の事項についての申請書の記載に従い一般的に使用されたとした場合に、次の要件のすべてを満たす地点の河川の水中における当該種類の農薬の成分の濃度を予測することにより算出するものとする。

イ 当該地点より上流の流域面積が概ね百平方キロメートルであること。

ロ 当該地点より上流の流域内の農地の面積が、水田にあっては概ね五百ヘクタール、畑地等にあっては概ね七百五十ヘクタールであること。

4 水質汚濁予測濃度は、当該種類の農薬が、法第二条第二項第三号の事項についての申請書の記載に従い一般的に使用されたとした場合に予測されるほ場から公共用水域への流出水中における当該種類の農薬の成分の濃度の十分の一に相当する濃度に当該農薬の公共用水域への飛散を勘案して算出するものとする。

別 表（略）

（注）平成一八年八月三日より施行

(4) 農薬の地表流出と地下浸透

農薬の地表流出と地下浸透

社団法人日本植物防疫協会 藤田 俊一

1. 農薬の環境中曝露経路

農薬は一般に野外環境中で使用される化学物質であり、圃場に投下された農薬成分は様々な経路で系外に拡散/移動し、それらは多くの場合それぞれの環境中で分解等を受けてやがて消失する。系外への曝露経路は多様であるが、おおまかにいうと、ドリフト、土壌表面からの流出、地下浸透に分類できる。

ドリフトは農薬の散布によって生じ、それ自体の運動エネルギーによって、あるいは気流によって系外に拡散するが、その状況は農薬の剤型、散布方法及び気象条件によって大きく異なる。一方、散布等によって土壌表面に直接又は間接的に落下した農薬は、その初期には土壌表層に存在しているが、やがて灌水や降雨によって土壌中にゆっくり浸透していく(地下浸透)。土壌表面に農薬が留まっている間に極めて強い降雨があれば、土壌表面にあふれた雨水(表流水)によって農薬成分は系外に流亡する可能性がある(地表流出)。

それぞれの曝露経路によって、その系外拡散がもたらす問題の意味は異なる。ドリフトはまず散布作業、周辺住環境、有用動植物への直接的被害の観点で問題となるが、水系への直接混入による水質影響も重要となる。地表流出も主に水系への混入による水質影響である。地下浸透は、中間流出による表層水との関連づけもあるが、主体は地下水影響である。極論すれば、ドリフトと地表流出は表層水の飲料水質保全と水系生態保全、地下浸透は地下水質保全と土壌生態保全というように整理できるものと思う。

本稿では、畑地を中心とし、これらの曝露経路のうち地表流出と地下浸透について、筆者が携わった調査・検討から得られたフィールドレベルでの知見を紹介する。

2. 地表流出

2-1. 表流水の発生条件

農薬の地表流出に関与する要因は複雑かつ多岐にわたるが、表流水が媒体となることから、まずどのような条件で降雨が表流水となるのかを知る必要がある。農耕地に関するこうした研究は、これまで農地造成、例えばエロージョン防止対策等の分野で取り組まれてきている。

これらの研究から、表流水が発生しやすい農耕地の要件としては、①傾斜圃場、②透水性が悪く表土が堅い圃場、③傾斜線にそった縦畝栽培、④裸地圃場、のように整理することができる。また、当然のことながら、圃場が水系に隣接したり直結していれば、表流水が水系に影響を及ぼしやすいといえる。

降雨条件は圃場要件と並んで極めて大きな要因である。これまでの調査では、傾斜畑では、裸地の場合鈹質土壌では積算雨量10-70mmに達したのちに3mm/30分の降雨で、火山灰土壌では同15-20mmののち2-3mm/30分の降雨でそれぞれ発生し、作付けがあるとその2倍

程度で発生する、と報告されている¹⁾。また、斜面ライシメーターを用いた研究から、表流水と年間降雨量が正の相関を有するとの報告もある²⁾。

我が国は南北に長く、地域によって降雨条件はかなり異なる。そこで、筆者らは全国各地の過去10年間のアメダスデータを解析し、地域ごとの潜在的な地表流出発生頻度のおおまかな推定を試みた(表1)。その結果、①発生はおおむね5~10月に集中する。②頻度は概ね西高東低であり、年間降水量と正の相関がある。③表流水発現の降雨条件は年平均1.6回(北海道)~20.8回(宮崎)、全国平均10.6回となった。いうまでもなく降雨には様々なパターンがあり、またある圃場で表流水が発生したからといってその地域の多くの圃場で発生するとは限らない。

表1) 畑地からの推定表流水発現回数(10年間の平均)

場所	年降水量	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
芽室	890	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0.9	0.3	0.1	0	0	1.6
奥中山	1142	0	0	0	0.1	0	0	1.2	1.4	1.1	0.1	0	0	3.9
福島	1125	0	0.1	0	0.1	0.1	0.3	0.7	1.6	0.9	0.3	0	0	4.1
竜ヶ崎	1389	0.1	0.1	0.2	0.5	0.5	1.0	0.6	1.9	1.8	1.0	0.5	0.1	8.3
前橋	1256	0	0	0	0	0.2	0.6	1.5	2.7	1.9	0.2	0.4	0	7.5
野辺山	1459	0.1	0	0	0	0.1	0.5	1.1	1.2	1.2	0.3	0.1	0	4.6
豊橋	1711	0.2	0.7	0.6	1.0	1.4	1.9	1.2	1.6	2.7	1.1	0.8	0.4	13.6
岐阜	1901	0	0.2	0.3	0.3	0.8	2.4	3.6	1.6	2.5	0.5	0.8	0	13.0
金沢	2462	0	0	0.1	0.1	0.8	2.0	2.7	1.2	1.8	0.8	0.9	0.4	10.8
福知山	1612	0	0	0.1	0.7	0.4	1.8	2.4	1.5	2.1	0.5	0.3	0	9.8
米子	1824	0	0	0	0.1	0.1	1.6	2.6	1.6	1.7	1.0	0.4	0	9.1
津山	1528	0	0	0	0.3	0.5	1.9	3.0	1.0	1.3	0.5	0.4	0	8.9
世羅	1428	0	0	0	0.3	0.6	2.5	1.9	1.4	1.5	0.5	0.4	0.2	9.3
徳島	1499	0	0.1	0.2	1.0	0.6	1.5	0.5	2.3	1.5	0.7	0.7	0.1	9.2
宇和島	1725	0.1	0.2	0.4	0.8	0.8	3.1	1.8	2.2	1.7	0.7	0.2	0	12.0
日田	1950	0.1	0.2	0.5	0.4	1.6	4.3	3.7	1.9	1.3	0.3	0.1	0	14.4
高森	2607	0.4	0.4	0.8	0.8	2.4	4.6	5.8	2.4	1.8	0.4	0.3	0	20.1
宮崎	2630	0.1	0.5	0.8	0.9	1.7	4.5	3.7	3.4	2.9	1.6	0.4	0.3	20.8
大隅	2409	0.2	0.7	1.2	1.2	2.3	4.5	3.3	3.3	2.7	0.7	0.2	0.2	20.5
平均	1713	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	2.1	2.2	1.8	1.7	0.6	0.4	0.1	10.6

注) 全国の畑作園芸地帯を代表すると思われるアメダス観測地点19か所について、1984-1993年の10年間のアメダスデータを検討し、連続積算降雨量が30mmに達したのちの時間降雨量が10mm以上のとき、又は積算雨量にかかわらず時間降雨量が20mm以上のとき、を表流水発現条件と仮定し、年平均条件発現回数を月別に表示した。連続2日以上にわたる場合も1回として集計したが、おおむね回数=日数である。

発生する表流水量はこれまた千差万別であるが、大胆な平均として、5-10°の傾斜圃場で年間降水量の2.8%という報告がある¹⁾。1回当たりの降雨と表流水量の関係では、最近の環境庁委託調査により当協会研究所をはじめ幾つかの県試験場で得られたデータ(表流水が発生しやすい傾斜圃場、耕作条件で実施)を概観すると、おおむね降水量の数%以下である。この調査における各圃場からの表流水量も千差万別であるが、大胆に平均すると1回の発生につき1m²当たり1.5Lほどになっている。

実際の農耕地では、強い降雨中であっても大規模な表流水を目にすることはまずない。

そもそも表流水が生じやすい雨の多い傾斜地帯では、エロージョン防止の観点から一般に農地造成や耕作に工夫がなされている場合が多いからである。従って、表流水が認められる場合でも、圃場全面からではなく、踏み固められた通路等からの流出を目にすることのほうがより一般的と思われる。

表2) 雨の強さと降雨状況

通称	雨の強さmm/hr	降雨状況
小雨	1未満	地面がほとんど濡れないか、かすかに湿る程度。
弱い雨	1-3未満	地面がすっかり湿る。
雨	3-8未満	地面に水たまりができる。
やや強い雨	8-15未満	雨の降る音が聞こえる。
強い雨	15-20未満	地面に一面水溜りができる。雨の音で話がよく聞き取れない。寝ている人の半数くらいが気づく。
激しい雨	20-30未満	どしゃ降りになり傘をさしていても濡れる。側溝がたちまちあふれる。小川の氾濫が始まる。大雨注意報が出る。
非常に激しい雨	30-50未満	バケツをひっくり返したように降る。都市では下水管があふれる。大雨警報が出る。山崩れ・がけ崩れが起こりやすい。場合により避難の準備を始める。
猛烈な雨	50以上	滝のように降る。雨しぶきで辺りが白っぽくなる。土石流が起こりやすい。

2-2. 農薬の地表流出

農薬の地表流出は上記の表流水によって発生する（我が国の場合、積雪地帯の融雪では表流水は認められないとの報告がある。¹⁾）。

農薬の散布直後に豪雨にあい、表流水が発生した場合に農薬の地表流出は一般に最も多くなるが、散布後数日も経過すると農薬濃度は圧倒的に減少してしまう。これは、散布された農薬が時間とともに土壌表層から下方移動したり、土壌吸着がすすんだり、作物に吸収されたり、農薬そのものの分解がすすんだりすることによって、地表面の潜在流出可能量が減少することによる。

これらのことは、農薬サイドの要因、すなわち化合物の物理化学性、及び農薬の剤型等と密接に関係する。これまで得られた知見をもとにその概略を表3にまとめたが、それぞれの要因のなかでも、ある条件では相反する性状を示すことがあり、必ずしも単純ではない。例えば、土壌吸着性の高い農薬は一般に地表流出されにくいと考えがちであるが、表流水に含まれる微細な土壌粒子(SS)が多い場合には、むしろ圃場からの流出率は高まる傾向がある。

散布された農薬は実際にどの程度地表流出するのであろうか？ 流出量は表流水の状態で左右されるため一般化は難しいが、これまでの調査（注：表流水が発生しやすい耕作条件で実施）の範囲では、散布直後で散布量のおおむね0.4%程度、散布から数日経過するとかなり減少し、一週間もするとほとんど無視できる程度の流出量となることが示されている（表4）。この調査の範囲では、流出傾向は農薬の要因よりも圃場の要因、例えば表流水の発生しやすさ、SS混入率といった影響をむしろ強く受けている。但し圃場間の土壌特性との相関までは明確ではない。

表3) 地表流出に関する農薬サイドの主な要因

要因	影響
分解性	分解の早い農薬では散布後の早いうちに潜在流出量は減少する。
土壌吸着性	土壌への吸着が高い農薬は、表流水による地表流出が相対的に発生しにくいといえるが、細かな表面土壌粒子（SS）が混入しやすい圃場では、土壌に吸着されたまま流出しやすくなる。
水溶解性	水溶解度の高い農薬は、表流水に溶解して流出しやすい。一方、雨水や土壌水に溶解して下方移動しやすい性質も併せ持つ。
剤型	粒剤やマイクロカプセルなど徐放性の製剤では、処理後の潜在流出可能量の推移が液剤と異なる。またフロアブル剤も散布後の短時間の範囲では、その他の液剤と異なる。
処理形態	処理回数が多ければ地表流出の遭遇確率が相対的に高まる。茎葉散布では土壌表面への落下量は減少するが散布直後の強雨があると茎葉からのwash-offが生ずる。灌漑等の土壌中への処理は表層での潜在流出量は減少するが、土壌表面処理はその反対である。

この種の調査を大規模かつ精緻に行うのは難しいため、我が国における上記の調査も1枚の圃場単位で期間を限定して実施したものであるが、最近デンマークでかなり大がかりな試験が行われている³⁾。試験は0.55haの冬小麦栽培農地（平均斜度約7度）の下部に表流水の採取・観測装置を設置して行われた。冬小麦作付けの秋に除草剤のmecopropを散布し、翌春には除草剤のdichlorpropを散布、出穂後に殺虫剤のalpha-cypermethrinを散布するという年間サイクルを2か年つづけ、その間得られた表流水をその都度分析したものである。その結果、小規模な流出は頻繁に記録されたが、農薬の流出上問題となる表流水は4回記録され、それらによる各農薬の流出状況は以下のとおりである。

農薬名	表流水中最高濃度	2年間での合計流出率
mecoprop	0.00615ppm	0.08%
dichlorprop	0.00464ppm	0.002%
alpha-cypermethrin	0.00013ppm	0.001%

デンマークの試験も含め、これらの試験はいずれも圃場（畑地等）の水尻を排水ポイントにみため、その地点で圃場からどの程度農薬が流出したかを調査したものである。実際の農地では、そのようなポイントが水路に直結している場合も確かにあるが、圃場の一角に留まったままであったり、流れ出た先で土壌に浸透してしまうような場合も少なくないと思われる。従って、地表流出した農薬が直接水系に混入する割合は、調査で得られた流出率より実際にはかなり少ないものと推測される。

表4) 農薬の地表流出に関する圃場試験結果の概要¹⁾

年 場所 (作目)	農薬名	投下量 (mg)	処理後 日数	表流水 量(L)	流出量 (mg)	表流水中 濃度(mg/L)	流出率 (%)	
H9 青森 (リンゴ)	ダイアジノン	238,000	6	30	4.05	0.1350	0.0017	
			11	(217)	5.56	0.0256	0.0023	
			16	2.5	0.07	0.0280	<0.0001	
			32	(107)	0.27	0.0025	0.0001	
			35	5	0.01	0.0032	<0.0001	
	MEP	238,000	6	2.3	0.03	0.0152	<0.0001	
			350,000	4	2.5	0.17	0.0680	<0.0001
		350,000	21	(107)	0.61	0.0057	0.0002	
			24	5	0.02	0.0040	<0.0001	
			6	2.3	0.03	0.0148	<0.0001	
		ケルビリホス	175,000	7	(107)	0.13	0.0012	<0.0001
				10	5	0.003	0.0006	<0.0001
			16	2.3	0.0004	0.0002	<0.0001	
H8 茨城 (ハクサイ)	ダイアジノン	24,000	1	13.5	0.167	0.0124	0.0007	
			3	168	0.4875	0.0029	0.002	
		32,000	1<15>	114.1	1.78	0.0156	0.0056 *	
			2<16>	1320	4.659	0.0035	0.0146 *	
	TPN	24,000	1	13.5	0.119	0.0088	0.0005	
			3	168	0.254	0.0015	0.0011	
		32,000	1<15>	114.1	2.63	0.023	0.0082 *	
			2<16>	1320	40.56	0.0307	0.1268 *	
H8 JPPA	TPN	34,100	2	1420	15.97	0.0112	0.0468	
	牛久 (ダイコン)	ダイアジノン	34,100	2	1420	2.47	0.0017	0.0072
	シメトエト	36,700	2	1420	3.78	0.0027	0.0103	
H8 JPPA	TPN	46,800	1	0.56	0.0019	0.0034	<0.0001	
	牛久 (キャベツ)	ダイアジノン	46,800	1	0.56	0.0016	0.0028	<0.0001
	シメトエト	50,400	1	0.56	0.0005	0.0008	<0.0001	
H7 千葉 (ニンジン)	メトクロル(G)	55,200	13	0.425	0.0017	0.004	<0.0001	
			14	0.185	0.0011	0.006	<0.0001	
			50	1.5	0.006	0.004	<0.0001	
			52	34	0.102	0.003	0.0002	
			66	35	N.D.	N.D.	0.0000	
			73	3.5	0.0105	0.003	<0.0001	
			89	35	0.105	0.003	0.0002	
H6 山梨 (苺)	MEP	220,000	2	107	5.5	0.0514	0.0025	
H8 長野 (キャベツ)	TPN	69,600	0-1<14>	124	254.3	2.0508	0.3654 *	
	PAP	87,000	0-1	124	95.9	0.7734	0.1102	
	ヒリタフエンチオン	69,600	0-1	124	104.5	0.8427	0.1501	
	シメトエト	69,600	0-1<14>	124	74.7	0.6024	0.1073 *	
H9 長野 (ハクサイ)	ヘルメリン	10,472	3	102	4.2	0.041	0.0401	
			14,280	1<14>	22	3.82	0.1736	0.0268 *
	PAP	52,360	3	102	1.30	0.0127	0.0025	
			71,400	1<14>	22	0.97	0.0441	0.0014 *
			シメトエト	45,030	3	102	3.83	0.0375
		61,400	1<14>	22	4.01	0.1823	0.0065 *	
H8 島根 (ダイズ)	TPN	16,800	0-1	2900	9.6	0.0033	0.0571	
	ダイアジノン	16,800	0-1	2900	60.5	0.0209	0.3601	
	MEP	21,000	0-1	2900	64.6	0.0223	0.3076	

(つづき)

年 場所 (作目)	農薬名	投下量 (mg)	処理後 日数	表流水 量(L)	流出量 (mg)	表流水中 濃度(mg/L)	流出率 (%)
H9 島根 (キャハツ)	TPN	16,800	7	3508	24.9	0.0071	0.1482
		16,800	0-1<19>	3000	165.2	0.055	0.983 *
			1-2<20>	1825	1.12	0.0006	0.0067 *
			5-6<24>	7550	54.79	0.0073	0.3261 *
			9-10	1700	0.8	0.00047	0.0048
	ダイアジノン	16,800	7	3508	92.7	0.0264	0.5518
		16,800	0-1<19>	3000	304.9	0.1016	1.8149 *
			1-2<20>	1825	43.4	0.0238	0.2583 *
			5-6<24>	7550	73.0	0.0097	0.4345 *
			9-10	1700	3.8	0.0022	0.0226
	ジメト	18,100	7	3508	70.5	0.0201	0.3895
		16,800	0-1<19>	3000	72.8	0.0243	0.4022 *
			1-2<20>	1825	18.2	0.0100	0.1006 *
			5-6<24>	7550	21.4	0.0028	0.1182 *
			9-10	1700	3.1	0.0018	0.0171
		13-14	6800	2.2	0.0003	0.0122	
H9 JPPA	ダイアジノン(G)	150,000	56	477	N.D.	N.D.	0.0000
宮崎 (キャハツ)	TPN	47,800	7-8	477	1.33	0.0028	0.0028
		44,800	0<7>	1438.5	270.67	0.1882	0.6042 *
		1<8>	72.5	2.04	0.0281	0.0045 *	
	ジメト	51,385	7-8	477	22.92	0.0480	0.0446
		48,160	0<7>	1438.5	1725.17	1.1993	3.5822 *
	1<8>	72.5	10.93	0.1507	0.0227 *		
ダイアジノン	44,800	0	1438.5	99.33	0.0691	0.2217	
		1	72.5	0.99	0.0137	0.0022	
平均			0-1				0.3517
			2-4				0.0419
			5-7				0.1681
			8-21				0.0080
			21以上				<0.0001

注) 実圃場規模で自然降雨下で得られたデータのうち、計算可能なものを抽出し整理した。
 (G)は粒剤であるが、それ以外は液剤の散布処理である。処理後日数の<>は前回散布からの日数を表す。表流量中の()は推定。流出量と表流水濃度にはSSが含まれる。流出率の*は前回散布の影響があると考えられるが、1回投下量に対する割合で表示した。平均は各事例の単純平均で表示した。島根及びJPPA宮崎の調査圃場は降水量に対する表流量の割合が極めて高い特殊な圃場である。

2-3 水田からの地表流出

我が国特有の農業形態である水田からの農薬の地表流出は、掛け流しや落水といった人為的な排水によるものであるが、降雨によっても影響を受ける⁵⁾。一般に畑地よりも問題になりやすい要因を有するといえるが、すでに多くの研究報告例があるので本稿では触れない。

3. 地下浸透

地表流出が強い降雨によってもたらされる突発的な現象であるのに対し、地下浸透は灌水や降雨等によってじわじわとすすんでいく。地表流出と地下浸透は、一見とくに関係なさそうであるが、大量の降雨があると一旦地表下に浸透した農薬があふれた雨水によって地表流出される場合もある。降雨のあと晴天がつづけば地表面からの蒸発が活発となり、土壌中では上向きの水の流れが生ずる。このように、浸透をはじめた農薬は、ときとして上方への移動もとりまぜながら、徐々に下方に移動していく。

農薬の地下浸透に関与する要因は、すでによく知られているとおり、農薬サイドの要因としては水溶解度、土壌吸着性、分解性等が関係し、欧米ではそれぞれ地下浸透能評価の目安とされている。我が国ではこれらの検証は本格的に行われていないが、本質的にはさほど違わないと考えられる。

すなわち、水溶解度が高く土壌吸着性の低い農薬は土壌中での移動性が高く、土壌中での分解が遅いものほど地中深くに浸透し存在しつづけるリスクが大きいといえる。反対に、土壌吸着性が極めて強い農薬は土壌表層付近に留まり、しかも分解が早いものであればそのようなリスクは極めて小さいといえる。

周知のとおり土壌吸着は土壌によって異なる。一般に、我が国の農耕地の多くを占める黒ボク土では土壌吸着性は高く、砂質土壌では低いとされる。従って後者の場合に農薬の地下浸透は高まると考えられる。このことに加え、圃場の土性や地下構造等の土壌特性も農薬の地下浸透に影響を及ぼす。実際の農地では必ずしも均質な地下構造とはなっておらず、トラクタ等による耕耘や作物栽培などによって地表に近い層は比較的やわらかく維持される一方、その直下は鎮圧された固い層となっている場合がある。このとき鎮圧された固い層で遮断された浸透水は、横方向への移動のほか、地表の蒸発散に引っ張られて上方へも移動し、蒸発で失われるものも少なくないと推測される。このように、圃場ごとの土壌条件、降雨等の気象条件によって地下浸透のすすみかたは異なると考えられる。

平成5年に当協会研究所で実施した調査結果を表5に示す。この試験は試行錯誤の部分もあったが、調査の範囲ではD-D以外は下層には到達せず、時間経過とともに消失していく傾向が示されている。また、農薬の物性（水溶解度、土壌吸着性、土壌中半減期）を比較的良好に反映した結果になっている。

表5) 農薬の鉛直浸透試験の一例(日植防研究所(1993)⁶⁾)

農薬名 処理内容	深度	処理後経過日数					
		土壤中農薬濃度 (ppm)					
D-D		3	7	14	30	45	62
牛久		ガス抜前/後					
裸地	0-15cm	14.20	12.80 / 10.50	1.410	0.606	0.461	0.466
40L/10a	20-30cm	3.260	1.760/ 3.220	0.688	0.310	0.190	0.244
1回	35-45cm	0.182	0.674/ 0.630	0.554	0.048	0.018	0.030
ビニル被覆	50-60cm	0.040	0.670/ 0.163	0.075	0.011	0.010	0.010
高知	0-15cm	16.90	12.60 / 14.80	11.60	6.640	2.780	2.230
処理同上	20-30cm	9.920	12.50 / 15.20	10.00	8.170	7.500	4.690
	35-45cm	0.970	1.440/ 1.680	1.660	2.200	1.230	1.240
	50-60cm	0.846	0.666/ 0.398	1.040	1.060	0.656	0.924
シマジンWP		0	7	14	30	61	
牛久	0-15cm	0.282	0.354	0.258	0.252	0.181	
小麦	20-30cm	0.006	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	
100L/10a	35-45cm	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	
1回	50-60cm	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	
高知	0-15cm	0	8	14	30	61	
処理同上	20-30cm	0.433	0.202	0.196	0.107	0.076	
	35-45cm	0.120	0.004	0.014	<0.003	0.003	
	50-60cm	0.040	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	
ハンチカーブEC		0	8	14	30		
高知	0-15cm	6.02	2.09	3.15	0.35		
裸地	20-30cm	0.38	0.12	0.05	<0.02		
1L/10a	35-45cm	0.21	0.05	0.11	0.05		
1回	50-60cm	0.54	<0.02	0.02	<0.02		
フラムWP		0	7	14	30		
牛久	0-15cm	7.838	14.858	8.598	6.458		
芝地	20-30cm	0.040	0.034	0.009	<0.006		
4g/L/m ²	35-45cm	0.020	<0.006	0.135	<0.006		
3回散布	50-60cm	0.033	<0.006	0.095	<0.006		

注) 11-12月の低温期の試験である。牛久は火山灰土壌、高知は鉍質土壌である。処理量はいずれも製剤ベース (D-D:92%, シマジン:50%, ハンチカーブ:50%, フラム:80%)。濃度は乾土当たりの計算値。D-DはE体Zと体の合計値。フラムでは処理前の土壌での検出値を差し引いて表示した。D-D/高知では被覆時に多量の降雨があり、またガス抜き時にロータリー耕耘しており、結果に影響したと思われる。

供試農薬の物性

	水溶解度	Koc	土壤中半減期
D-D	2 g/L (20C)		6- 17day
シマジン	6.2mg/L(pH7, 20C)	103-277	27-102day
ハンチカーブ	30 mg/L(20C)	3170	2-3 week
フラム	18 mg/L(室温)		0.5day

出典) The Pesticide Manual, 11th Edition(1997)

水田では湛水の影響によって比較的浅い土壌層では浸透が容易と思われるが、不透水層が形成されているため、深部に浸透する割合は少ないのではないかとと思われる。

農薬の地下浸透を調査する手段はいくつか考案されているが、大別すると浸透水を採取

する方法と農薬の地中移動を調べる方法があり、それぞれ一長一短がある。

前者では、地中に埋設するタイプのパンライシメータ、キャピラリライシメータがあり、これらは圃場で利用できる可能性がある⁷⁾。実験的にはいわゆるライシメータを用いる方法がある。欧州で推奨されているモノリスライシメータは圃場から土壌の固まりをそっくり掘抜いてライシメータとして使う方法であるが、浸透水ばかりでなく、深度別に土壌中の挙動も調べる模様である。農業用井戸水の調査はモニタリング手段として有効であるが、井戸自体が不完全であったり、調査区域の地下水を反映しない場合もあると聞くので注意を要しよう。

後者の方法としてよく知られているのは、長さ1mほどの採土管を用いて定期的に土壌を採取し、層別に経時的に土壌中農薬量を調査するものである。この方法は土壌中半減期に関する情報のほか、野外条件下での移動性や分解性といった情報が得られるため、米国では地下水汚染の可能性を評価する必須試験として位置づけられている⁸⁾。

当協会研究所では、現在この試験から土壌水を採取して浸透水評価に応用する検討を行っており、良好な中間結果を得ている。

よく整備された圃場では、暗渠排水機能が備わっている場合がある。暗渠は通常比較的浅い地点に設置されるため、浸透水とともに溶脱した農薬がこれによって排水される可能性もある。こうした暗渠排水の行き先は一般に河川等の地表水であることが多いことから、ある程度の深さまで地下浸透した農薬が暗渠によって地表水として排出される場合があると推測される。

4. ゴルフ場での農薬の地表流出と地下浸透

ゴルフ場は一般に優れた排水機構を有しており、暗渠によりグリーンやフェアウェイから直接調整池に排水できる仕組みが多く取り入れられている。このため散布された農薬は、降雨に伴う表流水のほか、暗渠による浸透水の排水、及び一部はより深部に地下浸透、といった経路で移動する可能性が考えられる。すなわち、地下浸透のかなりの部分が地表流出として排出される点が特徴的といえる。

これまでの研究でも、表面排出と浸透排出が主たる流出になり、それらは降雨に伴って発生することが明らかにされている⁹⁾。また、これらの流出濃度は農薬の水溶解度と高い相関があり、畑地の場合と同様に散布直後の流出が最も濃度が高いとされている^{9,10)}。この点について、ゴルフ場の表流水は畑地と異なりSSの含有率が低くなると考えられるため、農薬の物性を反映しやすくなるのではないかと思われる。

表流水も暗渠排水もその到達先は場内の調整池である場合が多いが、調整池に流入した農薬はそこで一旦滞留したのちに排水として公共用水域に放出される。

表6に調整池と排水口での農薬濃度の調査結果を、表7に排水口での指針値超過状況を示す。

これらのことから、ゴルフ場内では降雨があると表流水と浸透排水によって農薬の流出が生じ、散布に近接した降雨があるとその割合は大きくなるが、流出した農薬は調整池等を経由し場外へ流出するまでの間に減衰し、一般に排水口での農薬濃度は指針値に比べと

くに問題がないレベルになっていると考えることができる。

表6) ゴルフ場の調整池と排水口での農薬の調査事例

農薬名	最高濃度(mg/l)		(指針値)	備考
	調整池	排水口		
シメジン	0.0097	0.0058	(0.03)	1990, 千葉
	0.020	0.016	(0.03)	1990, 神奈川
プロピザミド	0.016	0.0065	(0.08)	1990, 千葉
	0.024	0.030	(0.08)	1990, 神奈川
イソプロチオン	0.015	0.0046	(0.4)	1990, 千葉
	0.033	0.0008	(0.4)	1990, 神奈川
フルトラニル	0.032	0.0092	(2)	1990, 千葉
	0.027	0.0047	(2)	1990, 神奈川
アトラジン	0.0031	0.0005		1990, 千葉
タイアジノン	0.0017	0.017	(0.05)	1990, 千葉
	0.0034	0.00051	(0.05)	1990, 神奈川
イキサチオン	0.00001	0.00003	(0.08)	1990, 神奈川
イソフェホス	0.00001	0.00004	(0.01)	1990, 神奈川
ケルビリホス	0.000004	0.00090	(0.04)	1990, 神奈川
フェニロチオン	0.00002	0.0001	(0.1)	1990, 神奈川
キャブタン	0.0004	0.0005	(3)	1990, 神奈川
クロタロニル	0.00008	0.00012	(0.4)	1990, 神奈川
トルクロホスメチル	0.0027	0.0010	(0.8)	1990, 神奈川
ペンフルリン	0.0002	0.0001	(0.8)	1990, 神奈川
イプロシオン	0.004	0.003	(3)	1991, 長崎
アシュラム	0.014	0.002	(2)	1991, 長崎
トリクロホス	0.0001	0.0141	(0.3)	1990, 宮崎
DDVP	0.0107	0.0186		1990, 宮崎
イソプロチオン	0.0003	0.0070	(0.4)	1991, 宮崎
テルブカルブ	0.0081	0.0021	(0.2)	1990, 宮崎

注) 伏脇・浦野(1993)⁹⁾から調整池と排水口のデータが併記されているもののみ抜粋し改変。

表7) ゴルフ場排水の調査結果(環境庁公表)

調査年度	調査対象 ゴルフ場総数	調査対象 農薬数	総検体数	指針超過 検体数	超過率 (%)
H3	1,734	30	89,713	14	0.016
H4	1,783	30	110,701	7	0.006
H5	1,877	30	111,489	3	0.003
H6	1,898	30	106,895	1	0.0009
H7	1,937	30	108,563	1	0.0009
H8	1,984	30	102,846	1	0.001
H9	1,990	35	120,774	5	0.0041

5. 公共用水域での農薬の検出実態

河川等における農薬の実態調査はこれまで数多く行われている。参考までにいくつかの

比較的大がかりな調査から畑作用農薬（ゴルフ場用途も含む）の調査データを表8にまとめたが、大づかみにみると畑作用農薬の検出レベルは全体に低く、検出されないか基準値を大きく下回る場合がほとんどである。また、参考として地下水からの検出状況を表9に示す。

表8) 公共用水域での畑作用農薬の検出実態

単位：ppb

農薬名	水質基準 (ppb)	調査事例1		調査事例2		調査事例3		調査事例4			
		年度	検出数 /調査数	最高濃度	検出数 /調査数	最高濃度	検出数 /調査数	濃度範囲	A川平均濃度 6月	E川平均濃度 6月	9月
フェニトチオン	3(監)	S58	0/30	ND	50/269	3.32	34/68	0.004-0.026	0.0067	0.068	0.134
マリン	10(公)	H5	0/51	ND	(ND)		2/68	0.015-0.026			
DDVP	10(監)	S58	0/30	ND	12/220	0.66	40/68	0.003-0.13			
タ・イシ・ン	5(監)	S58	0/30	ND	65/277	0.72	49/68	0.002-0.78	0.0735	0.232	0.022
クロピリホス	30(公)	S63	0/72	ND	4/185	2	18/68	0.007-0.20			
トルクロホスチル	200(公)				8/109	3.33	(ND)				
トリクロホス	30(保)	H5	0/33	ND	(ND)		(ND)				
DBCP	1(WHO)	H1	0/66	ND							
アセフェート	(75)	H5	0/30	ND							
シメエート	(50)	H5	0/30	ND	(ND)		(ND)				
DMTP(メチタチオン)	(12.5)	H5	0/54	ND	1/16	0.06	2/68	0.013-0.036			
ホロン	(15)	H5	0/54	ND	12/220	0.66	40/68	0.003-0.13			
ホザミル	(75)	H4	0/33	ND							
メソミル	(75)	H4	0/33	ND	(ND)		(ND)				
DCIP		S59	0/24	ND							
BRP(サト)		S59	0/24	ND	(ND)		(ND)				
クロタニル	40(監)	H3	0/57	ND	3/141	0.66	(ND)				
チラム(TMTD)	6	S60	0/27	ND							
クロネフ	50(コ)				(ND)		6/68	0.003-0.024			
エクロメニール	4(コ)				(ND)		1/68	0.007			
プロシミン	(250)				(ND)		1/68	0.35			
トリアシメホ	(75)				(ND)		1/68	0.035			
1,3-ジクロロプロパン 2		S59	0/21	ND							
PCNB	(17.5)	H3	0/57	ND	59/76	5.5	(ND)				
クロピクリン		S54	0/24	ND							
臭化メチル		S51	0/60	ND							
シマジン	3	S58	0/57	ND	74/208	0.32	57/68	0.005-0.14	0.145	0.698	0.207
プロピサミト	8(監)				(ND)		4/68	0.006-0.021			
アトラジン	2(WHO)	H3	0/57	ND	(ND)		29/68	0.005-0.0067			
トリフルリン	20(WHO)	H6	0/30	ND	(ND)		(ND)				
ケリホサート	(375)	H5	0/33	ND							
メトラクロール					(ND)		(ND)		0.0025	0.0084	0.0008
DPA		S59	2/21	1	(ND)		(ND)				

注) 水質基準は、(公)：水質評価指針/公共用水域/評価指針値、(監)：水道水質基準/監視項目指針値、無印：水道水質基準/基準項目基準値、(保)：登録保留基準(水田の1/10倍として表示)、WHO：WHOの飲料水基準値、()つきの数値はADIからの推定値。

調査事例1：化学物質の環境調査結果(環境庁,S49-H7)¹¹⁾からまとめ。調査時期は9-11月である。

調査事例2：高木(1988-1991)による各水道事業体の調査結果のまとめ。高橋(1997)¹²⁾から引用。

調査事例3：琵琶湖・淀川での調査結果(1991)。高橋(1997)¹²⁾から引用。

調査事例4：高橋¹²⁾による調査結果。A河川は1991年6月。E河川は1990年の調査である。

これらのデータから畑地やゴルフ場からの流出がどの程度寄与しているのかを検討する場合、いくつか考慮しなければならない点がある。

まず、河川への農薬の曝露経路は地表流出のほかにドリフト、さらに一部は中間流出が関与すると考えられる。従って、単一の曝露経路の寄与率を推定することはなかなか困難である。詳しいデータはないが、ドリフトのほうが大きく関与する場合があるように思う。

つぎに、畑地からの地表流出は豪雨時に限られるが、そうしたタイミングでの調査が現実にはなかなか行われにくいことである。仮に実施されたとしても、河川水量は大幅に増水している点にも注意が必要である。

また、河川流域には水田、畑、果樹園、施設、ゴルフ場などが点在しており、農薬の使用場所と使用量の推定は実際には困難を伴う。このほか、調査が行われた時期も重要である。

これらのことを総合すると、既存のモニタリングデータから曝露経路ごとに汚染源を特定し、実態を把握することは実際にはなかなか難しい。しかし、複数の曝露経路の総体としてみた場合でも、畑地用農薬の検出実態や地表流出の発生頻度からみて、畑地からの地表流出がさほど大きく寄与しているとは考えにくい。

一般に、流域で広域に使用されている、主用途が水田である、空中散布が行われる、といった場合に水系からの農薬の検出頻度は高まる。しかし、我が国のモザイク的な土地利用の実態からみてそのような地区はむしろ限られている。そのため畑地に限って言えば、特定の農薬が年間降水量の多い大規模な傾斜畑作地帯で頻繁に使用されない限り、地表流出は問題になりにくいのではないかと思われる。ゴルフ場の場合は、前述した調査結果からみると現実的な問題はさほどないものと考えられ、今後も想定しにくいように思う。

表9) 地下水測定結果(環境庁まとめ)

	H8			H7	H6	H5
	総数 (本)	検出数 (本)	超過数 (本)	超過数 / 総数	超過数 / 総数	超過数 / 総数
1,3-ジクロロベンゼン	2572	6 (2)	0	0 / 2574	0 / 2359	0 / 908
チウラム	2405	0 (0)	0	0 / 2459	0 / 2307	0 / 892
シメジ	2380	5 (1)	0	0 / 2445	0 / 2284	0 / 892
チオベンカルブ	2377	0 (0)	0	0 / 2444	0 / 2287	0 / 892

出典) 平成8年度地下水質測定結果について(環境庁水質保全局, H9年12月)より地下水質評価基準が定められている4農薬化合物の概況調査を抜粋。検出数の()は検出数のうち飲用に供されているものを示す。

6. 事前予測評価について

地表流出や地下浸透の潜在的なリスクを事前に予測し評価することは重要な課題であるが、それを論ずるのは本稿の目的ではないので、ここではそのような評価を行おうとした場合の基本的な課題をいくつか指摘するにとどめる。

地表流出については、これまで述べたとおり、農薬の物性から単純に類推することはできない（但しゴルフ場農薬では可能性があるように思う）。仮に野外試験を行おうとした場合、自然の降雨、それも突発的な豪雨という極めて標準化しにくい要素をどのように取り扱うのが問題となる。しかも農薬散布から地表流出発生までの時間経過が結果に大きく影響する。つぎに、圃場からの流出を把握できたとしても、流入先の公共用水域での状態を推測（河川中予測濃度）しなくてはならないが、圃場と河川のスケール、河川水中での動態など、ここでも様々な要因がある。すなわち、評価系全体に多くの不確定要因が含まれることになる。そのため、一部の試験を限定した条件のもとで精緻に行っても、全体の評価の精度の向上にはつながりにくいように思われる。

特定の分野では、こうした複雑な環境要因をも考慮した予測モデルが検討されている模様であるが、一方、米国のように簡単な環境モデルを用いて評価を始めていく方法もある。

いずれにしても、河川中のモニタリングデータ等との比較検討によって予測結果が著しくかけはなれないようにしなくてはならないが、畑作用農薬では利用可能なデータがさほど多くないように思われる。

一方地下水影響については、まず農薬が地中深くに移動し存在しつづける可能性を検討し、懸念がある場合には浸透水を実験的に精査するような進め方が考えられる。前者の検討には、野外での土壤中消失試験が積極的に利用できるものと思う。

7. 謝 辞

本稿のうち、アメダスデータの解析には当協会桜井昭寿主査に、公共用水域での実態調査については当協会研究所竹田 勇調査役の協力をいただいた。また、当協会研究所スタッフには各種助言をいただいた。ここに記して感謝申し上げる。

8. 引用文献

- 1) 農林水産省農蚕園芸局農産課：わが国の耕地に於ける水蝕と風蝕，(1979)
- 2) 上村春美・五十嵐正次・渋谷勤治郎：斜面ライシメーターにおける水収支の研究，農業土木試験場技報 A9,1-17,(1973)
- 3) Gitte Felding et al.: Surface Run-off Pesticides from Farmland to Streams and Lakes, Pesticides Research No.29, Danish Environmental Protection Agency, (1997)
- 4) 環境庁水質保全局土壌農薬課：平成6~9年度農薬残留対策調査試験成績（未定稿）
- 5) 井上隆信・海老瀬潜一：水田からの農薬流出の定量評価，農業環境科学研究, 4, 13-25, (1996)
- 6) 環境庁水質保全局土壌農薬課：平成5年度農薬残留対策調査試験成績（未定稿）
- 7) 山本幸洋・金子文宣・尾崎保夫・高橋 強：砂質露地畑における農薬鉛直浸透量のキャピラリライシメータ法とパンライシメータ法による測定と比較，平成9年度日本農薬学会第22回大会講要, 98, (1997)
- 8) US EPA: Standard Evaluation Procedures/Terrestrial Field Dissipation, (1990)
- 9) 伏脇裕一・浦野紘平：ゴルフ場農薬による環境汚染の現状と今後の動向，用水と廃水 35, No. 9, 39-51, (1993)
- 10) Y. Odanaka et al.: Runoff and Leaching of Pesticides in Golf Course, J. Pesticide Sci. 19, 1-10, (1994)
- 11) 環境庁：化学物質の環境調査結果, (1996)
- 12) 高橋保雄：水道原水及び水道水中の残留農薬について，1997年度東京理科大学分析化学セミナー講要, 39-59, (1997)