

原著論文

奈良県内大和川水系における水稲用農薬の河川水中濃度

山本英治・西川 学

Pesticide Monitoring in River Water Flowing from Paddy Fields into Yamatogawa River Basin in Nara Prefecture

YAMAMOTO Eiji and NISHIKAWA Manabu

Summary

A monitoring survey of river water was conducted to assess the runoff of pesticide components into the aquatic environments of three rivers within Nara Prefecture. To perform a risk assessment, the detected concentrations of these pesticide components were compared against the aquatic environmental standards and Predicted Environmental Concentrations (PEC), as well as the water pollution standards and PEC.

The survey target components were five widely used chemicals in rice paddies: butachlor (an herbicide component), and imidacloprid, clothianidin, dinotefuran, and BPMC (insecticide components). The survey was administered during 2021–2024 and was conducted during May–November each year. The peak concentration of each river water component was observed during the period when the pesticide containing that component was applied to paddy fields, suggesting that the timing of application influenced the concentration trends in river water. These results suggest generally similar trends during each of the four years. Furthermore, regarding the risk assessment comparing concentrations with both the standard values and PEC, the annual average concentrations of all components remained below the water pollution standard values and PEC, indicating only slight water-pollution related effects on human health exerted through drinking water and ingested seafood. Moreover, the maximum detected concentrations of all components fell below the aquatic environmental standard values, suggesting only a slight effect on aquatic living organisms. However, components such as butachlor and BPMC were observed to exceed the aquatic environmental PEC temporarily depending on the year or season. Therefore, it was considered necessary to elucidate pesticide behaviors in the environment through continuous monitoring surveys, and to ensure compliance with proper pesticide application and water management practices in paddy fields.

Key Words: aquatic environmental standards, predicted environmental concentrations, risk assessment, water pollution standards

キーワード：環境中予測濃度，リスク評価，水濁基準，水域基準

緒言

奈良県における 2023 年の農業産出額の第 1 位は水稲で 87 億円あり，全体の約 21%を占める（農林水産省，2025b）。主食用米は，主に奈良盆地の平坦部および県東部の中山間部で栽培されており，2024 年の作付面積は 8,000 ha である（農林水産省，2025a）。平坦部の主要品種は，中生品種「ヒノヒカリ」であり，5 月上旬に播種，6 月上中旬に田植え，10 月上中旬に収穫される（奈良県，2009）。

一般的な水稲栽培においては，播種期から収穫期までの各段階で，水稲を病害虫や雑草から守り，生産性を高めるために，化学農薬（以下，農薬）が使用されている（一般社団法人日本植物防疫協会，2024a）。農薬は，商品ごとに定められた対象作物，適用病害虫と雑草，使用時期，処理量などの登録内容に従って適切に使用する必要がある。

作物に使用された農薬は，目的とする効果を発揮しながら，紫外線，雨水，作物体や微生物の働きによってその多くは分解・消失していくが（一般社団法人日本植物防疫協会，2024b），一部は収穫物に残留し，一部は地表流出や飛散などにより，農地外へ流出することもある（環境省，2007）。特に水田においては，降雨によるオーバーフローや落水などの水管理を介して，農薬成分を含む田面水の一部が，河川などの水域環境へ流出する場合がある（丸，1991）。

河川への農薬流出に関するリスク管理に直接関わる基準として，生態系保全の観点から適切なリスク管理を行うことを目的とする「水域の生活環境動植物の被害防止に係る農薬登録基準」（以下，水域基準）と（環境省，2005），公共用水域の水質汚濁防止を目的とする「水質汚濁に係る農薬登録基準」（以下，水濁基準）がある（環境省，2025）。農薬

による環境リスクの評価は、上記の基準値と公共用水域における環境中予測濃度（以下、PEC）を比較することにより、評価することができる（環境省、2023）。

水域基準値は、水域の生活環境動植物を保護する観点から、魚類、甲殻類、藻類などの水生生物に対する毒性試験の結果を基に算定される（環境省、2005）。一方、水濁基準値は、公共用水域における水質汚濁による飲料水や魚介類を通じた人への健康被害を防止する観点から、動物試験の結果に基づき算定される（環境省、2025）。PECは、一定の環境モデルにおいて標準的なシナリオに基づき、登録内容通りに農薬を使用した場合に環境中へ流出する濃度を、算定式によって算出したもので、水域基準値との比較に水域PECが、水濁基準値との比較に水濁PECが用いられる。PECが基準値を超過すれば登録は認められず、基準値に近傍する場合には、環境中で超過が発生するリスクが懸念される（環境省、2023）。このため環境省は、登録された農薬の中で基準値とPECが近接する農薬について、全国的な河川水質モニタリングを実施し、実測データの収集を行っている。このデータは、農薬取締法に基づく農薬登録の再評価の際に参考情報として活用され、必要に応じて使用条件の見直しや登録の取り消しといったリスク管理措置に反映されている（環境省、2023）。

そこで本研究は、環境省が実施している「農薬残留対策総合調査」（環境省、2024）に参画し、奈良盆地の水田地帯を流域に含む3河川において、水稲で使用される農薬成分を対象に、2021年から2024年の4カ年に亘って5～11月の河川水中の農薬成分濃度を経時的に測定し、その濃度の推移を明らかにした。また、得られた濃度データを基に、基準値およびPECとの比較を通じて水域におけるリスク評価をした。

なお、この研究の一部は、環境省の農薬残留対策総合調査により行ったが、本公表資料は環境省の見解ではなく事業実施者がとりまとめたものである。

材料および方法

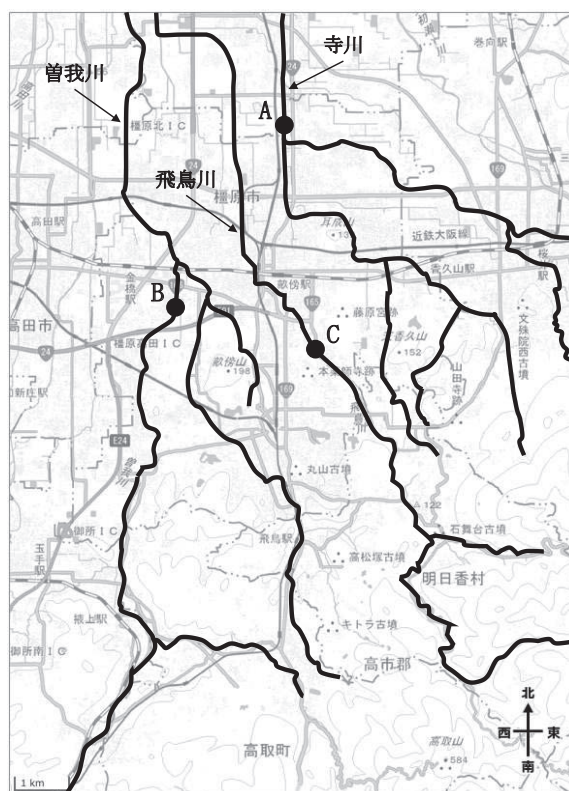
1. 調査河川と地点および期間

奈良盆地の水田地帯を流れる大和川水系の曾我川、飛鳥川および寺川を対象河川とした。各河川の調査

地点は、河川の中流付近にあたる地点として、環境基準点の曾我川橋、環境基準点近傍の四分橋、補足地点の興仁橋に設定した（第1図）。なお、環境基準点とは、ある水域の環境基準の維持達成状況を把握するため、環境省通知を踏まえ地方自治体が選定することと定められた地点である（環境省、2018）。具体的な環境基準点および補足地点は、公共用水域の水質汚濁や利水の状況等を勘案して、各地方自治体により効率的・効果的に水域の状況を把握できる地点が選定されている。

採水地点より上流を流域とする各地点の調査流域は、曾我川橋は御所市の一部、橿原市の一部および高取町の一部、四分橋は橿原市の一部および明日香村、興仁橋は桜井市の一部および橿原市の一部である。

調査期間は、2021年から2024年の4カ年において、いずれも水稲の栽培期間である5～11月とした。調査頻度は、調査対象成分の農薬散布が行われる時期には週2回、それ以外は週1回の間隔で行った。調査回数は、2021年は36回、2022年および2023年は34回、2024年は38回であった。



第1図 調査場所

アルファベットは、採水地点を示す

A：興仁橋（寺川）、B：曾我川橋（曾我川）、
C：四分橋（飛鳥川）

国土地理院（2025）の地図に河道と地点を追記、
縮尺：1/100000

2. 分析

1) 調査対象の農薬成分

登録された農薬の中で基準値と PEC が近接する農薬，かつ奈良県内への出荷が確認されている農薬（一般社団法人日本植物防疫協会，2021；2022；2023；2024c）の中から選択し，以下の 5 成分を対象とした．初期除草剤として代かき時から田植え時に使用される除草剤成分のブタクロール，主に田植え前の箱施用剤として使用される殺虫剤成分のイミダクロプリドとクロチアニジン，主に 8 月から 9 月上旬頃に本田で処理される殺虫剤成分のジノテフランとフェノブカルブ（以下，BPMC）を調査した．

2) 試薬

分析に使用した農薬成分の標準品は，ブタクロール（99.7%，関東化学（株）），イミダクロプリド（99.9%，関東化学（株）），クロチアニジン（99.5%，Dr. Ehrenstorfer），ジノテフラン（99.7%，林純薬工業（株）），BPMC（98.2%，富士フィルム和光純薬（株））とした．アセトン，メタノール，蒸留水は関東化学（株）の LC-MS 用を使用した．酢酸アンモニウムは Sigma-Aldrich の LC-MS 用を使用した．

3) 採水方法および分析前処理

河川の流心よりステンレス製の容器を用いて採水し，3 l の褐色瓶に入れて分析前処理まで常温管理した．分析前処理はすべて採水当日に実施した．

分析前処理は，大塚ら（2014）の固相抽出法を参考に，以下の通り行った．採水した河川水をガラス繊維ろ紙（GA-50，東洋濾紙（株））で吸引ろ過し，そのろ液 250 ml を，アセトン 10 ml，蒸留水 10 ml で前処理した InertSep PharmaFF（500 mg/6 ml，ジューエルサイエンス（株））ミニカラムに通水させた．約 5 分間通気乾燥させた後に，アセトン 10 ml をミニカラムに注入して農薬成分を溶出させた．溶出液の全量を，40℃以下の水浴中で減圧濃縮し，最後は窒素気流下で溶媒を留去した．この残留物を水/メタノール（1:1，v/v）混液 1 ml に溶解し検液とした．

濃度が高い場合は適宜希釈して測定した．なお，農薬成分によっては河川水中の懸濁物質に吸着することがあるが，今回の分析方法では懸濁物質への農薬成分吸着は除外した．

4) 定量

検液を液体クロマトグラフィー/トリプル四重極質量分析計（1260 Infinity series/6470 Triple Quad LC/MS，アジレント・テクノロジー（株），以下，LC-MS/MS）に注入して，河川水中の残留濃度を算出した．LC 条件および MS/MS 条件は第 1 表に示した．また，各分析対象成分の保持時間，プリカーサーイオン，定量イオン，確認イオン，コリジョンエネルギー（CE）および測定モード（ポジティブ（+），ネガティブ（-））の操作条件は第 2 表に示した．

第 1 表 LC-MS/MS の測定条件

LC条件	1260 Infinity (アジレント・テクノロジー (株))
カラム	Zorbax Eclipse Plus C18, 3.0×100 mm, 18 μm (アジレント・テクノロジー (株))
移動相	A : 5 mM酢酸アンモニウム水溶液 B : 5 mM酢酸アンモニウムメタノール溶液
グラジエント条件	0→1 min B 30%, 1→10 min B 30%→95%, 10→15 min B 95%
流速	0.4 ml/min
カラム温度	40℃
注入量	4 μl
MS条件	6470 Triple Quad LC/MS (アジレント・テクノロジー (株))
イオン化法	ESI法
測定モード	MRM法
ガス温度	300℃
窒素ガス流量	10 l/min
ネブライザー	50 psi
シーガス温度	250℃
シーガス流量	8 l/min
キャピラリー電圧	2500 V
ノズル電圧	500 V

第 2 表 各農薬成分の MS/MS 条件

農薬成分	保持時間 (min)	プリカーサーイオン (m/z)	定量イオン (m/z)	確認イオン (m/z)	CE ² (eV)	測定モード
ブタクロール	11.8	312.2	238.0	162.1	9	+
イミダクロプリド	3.8	256.1	175.1	209.1, 84.3	16	+
クロチアニジン	4.0	250.0	169.0	132.0, 113.0	9	+
ジノテフラン	1.8	203.1	129.1	114.1, 87.1	9	+
BPMC	9.0	208.1	95.1	152.0, 77.1	13	+

² CE : コリジョンエネルギー

第3表 添加回収試験の結果²

農薬成分	添加濃度 ($\mu\text{g}/\ell$)	2021年		2022年		2023年		2024年	
		回収率 (%)	変動係数 (%)	回収率 (%)	変動係数 (%)	回収率 (%)	変動係数 (%)	回収率 (%)	変動係数 (%)
ブタクロール	1.0	75	2.3	78	4.5	92	4.3	92	4.3
	0.01	82	4.4	76	3.8	92	5.4	92	5.4
イミダクロプリド	1.0	100	2.6	100	0.6	100	2.6	100	2.6
	0.01	92	5.0	91	3.5	94	5.6	94	5.6
クロチアニジン	1.0	97	1.6	101	0.0	101	2.1	101	2.1
	0.01	78	0.0	88	4.6	91	6.5	91	6.5
ジノテフラン	1.0	100	2.1	102	0.0	98	2.9	98	2.9
	0.01	91	1.1	95	3.8	88	8.0	88	8.0
BPMC	1.0	78	4.1	85	6.5	86	2.9	86	2.9
	0.01	82	1.2	77	3.4	79	8.9	79	8.9

² 回収率は3回の平均値を表す

5) 添加回収試験

実試料の測定前および調査年ごとに、添加回収試験を行った。添加回収試験は、メタノールで希釈した5成分混合標準液を0.01 $\mu\text{g}/\ell$ および1.0 $\mu\text{g}/\ell$ となるように蒸留水250 mlに添加し、上記の3)、4)の方法により3反復にて測定し、回収率および変動係数を算出した。添加濃度は、定量下限値である0.01 $\mu\text{g}/\ell$ および1.0 $\mu\text{g}/\ell$ とした。定量下限値は、農薬残留対策総合調査における調査方法に従い、0.01 $\mu\text{g}/\ell$ とした。また、対象成分が1.0 $\mu\text{g}/\ell$ を超える濃度で検出された場合は、適宜、それを上回る濃度となるように対象成分の標準液を蒸留水250 mlに添加し、添加回収試験を実施した。

添加回収試験の結果、回収率はいずれの添加量でも、75~101%、変動係数は0~8.9%の範囲にあった(第3表)。これらの値が、化学物質環境実態調査実施の手引き(環境省, 2021)の条件以内であることを確認した。

3. リスク評価

得られた濃度データを用いて、PECの算出方法を参考にリスク評価を行った(環境省, 2005; 2025)。すなわち、水域基準は主に急性毒性により評価されているため、各年度の最大値を水域基準値および水域PECと比較し、水濁基準は主に人への慢性的な毒性の影響を評価されているため、年間平均濃度を水濁基準値および水濁PECと比較することで、超過の有無を確認した(第4表)。

農薬残留対策総合調査における調査方法に従い、年間平均濃度を以下の計算式を用いて算出した。

$$M = \{ \Sigma [(C_i + C_{i+1}) \times (t_{i+1} - t_i) / 2] + (C_L + C_0) \times (365 - t_L) / 2 \} / 365$$

M: 年間平均濃度 ($\mu\text{g}/\ell$)

C₀: 調査開始時の測定濃度 ($\mu\text{g}/\ell$)

C_i: 調査i回目の測定濃度 ($\mu\text{g}/\ell$)

C_L: 調査最終時の測定濃度 ($\mu\text{g}/\ell$)

t_i: 調査開始日から調査i回目までの日数

t_L: 調査開始日から調査最終日までの日数

なお、測定濃度が定量下限値未満の場合は、定量下限値の1/2の値を用いた。また、調査を実施していない12~4月の濃度は、最終調査日の測定濃度が定量下限値未満の場合は、定量下限値の1/2の値と仮定し、定量下限値以上の場合には、最終調査日の測定濃度と仮定した。

第4表 各農薬成分の水域基準値と水域PECおよび水濁基準値と水濁PEC

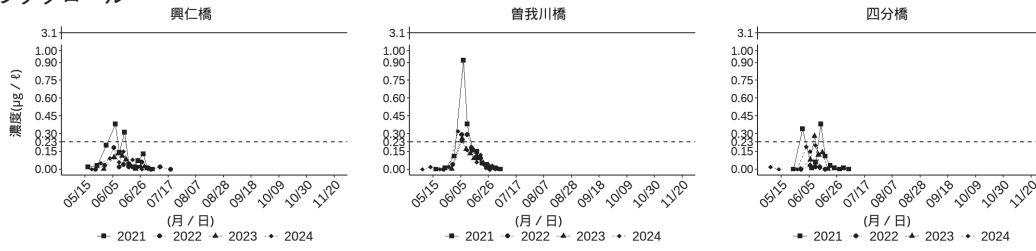
農薬成分	水域 基準値 ($\mu\text{g}/\ell$)	水域 PEC ($\mu\text{g}/\ell$)	水濁 基準値 ($\mu\text{g}/\ell$)	水濁 PEC ($\mu\text{g}/\ell$)
ブタクロール	3.1	0.23	20	0.4
イミダクロプリド	1.9	1.0	150	15
クロチアニジン	2.8	0.75	250	12
ジノテフラン	12	9.0	550	27
BPMC	1.9	0.67	34	8.9

結果

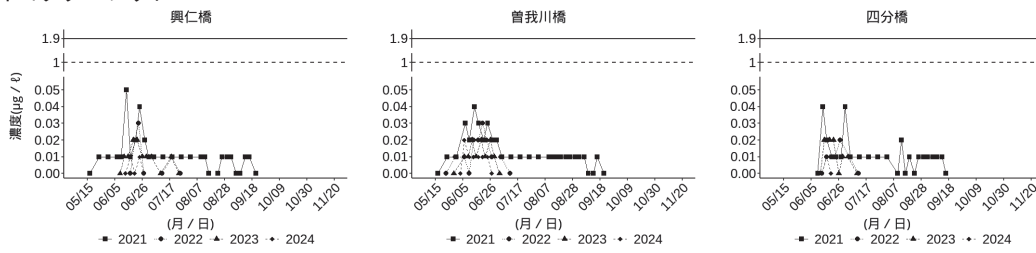
調査期間中の3地点における5成分の濃度推移を第2図に、年間最大値およびその検出日を第5表に、年間平均濃度の結果を第6表に示す。

ブタクロールは地点や年によらず、5月下旬から6月下旬に検出された(第2図)。各調査年の最大値は、すべての地点、年で6月上旬から6月中旬に0.03~0.92 $\mu\text{g}/\ell$ と記録された(第5表)。これらの値はいずれも、水域基準値の3.1 $\mu\text{g}/\ell$ を下回ったが、多い年では2度の調査日にて水域PECの0.23 $\mu\text{g}/\ell$ を上回る濃度が検出された。4ヵ年で最も高い値は、

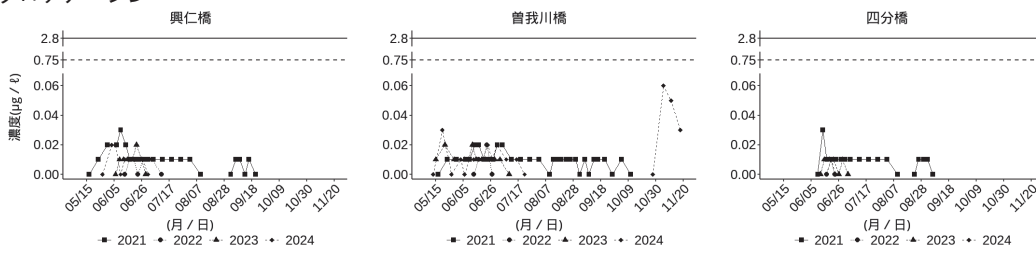
ブタクロール



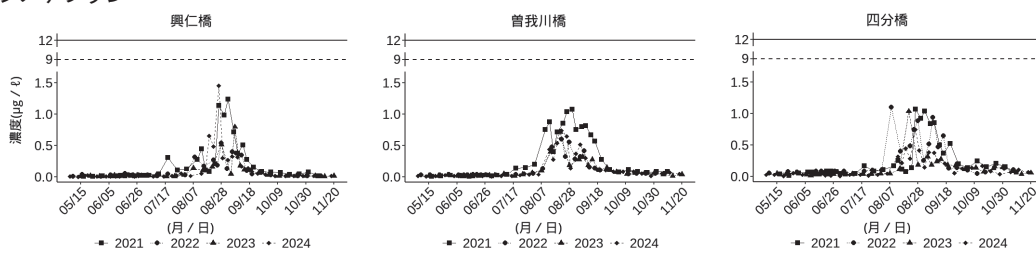
イミダクロプリド



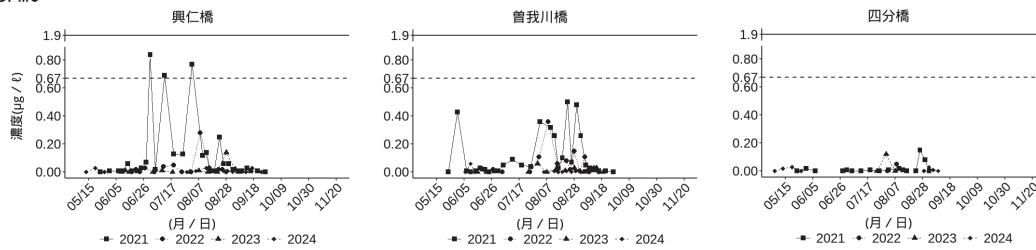
クロチアニジン



ジノテフラン



BPMC



第2図 4カ年における年間の各農薬成分の濃度推移

実線は水域基準値, 破線は水域PECを示す
定量下限値未満は, 濃度検出の前後のみ表示し,
それ以外は未表示とした

第5表 4 ヶ年における各調査年の農薬成分の最大値および検出日

農薬成分	地点 調査年	興仁橋		曾我川橋		四分橋	
		最大値 ($\mu\text{g}/\ell$)	検出日 (月/日)	最大値 ($\mu\text{g}/\ell$)	検出日 (月/日)	最大値 ($\mu\text{g}/\ell$)	検出日 (月/日)
ブタクロール	2021	0.38	6/7	0.92	6/7	0.38	6/14
	2022	0.18	6/6	0.29	6/6, 10	0.03	6/6
	2023	0.13	6/9	0.26	6/6	0.28	6/9
	2024	0.15	6/13	0.32	6/3	0.20	6/10
イミダクロプリド	2021	0.05	6/14	0.04	6/14	0.04	6/14, 7/1
	2022	0.03	6/23	0.03	6/20	0.02	6/27
	2023	0.02	6/19, 22	0.02	6/12, 19, 26	0.02	6/15, 19, 22
	2024	0.01	6/24	0.02	6/6	0.01	6/17
クロチアニジン	2021	0.03	6/10	0.02	6/14, 17, 7/1, 5	0.03	6/14
	2022	0.01	6/17, 20, 27, 7/4	0.02	6/23	0.01	6/20
	2023	0.02	6/22	0.02	5/22, 6/12	0.01	6/15, 19, 22, 29
	2024	0.01	6/3, 6	0.06	11/5	0.01	6/20
ジノテフラン	2021	1.24	9/2	1.08	8/30	1.07	8/26
	2022	0.54	8/28	0.60	8/22	1.10	8/8
	2023	0.80	9/7	0.72	8/21	1.04	8/21
	2024	1.46	8/26	0.74	8/22	0.75	8/26
BPMC	2021	0.84	7/1	0.50	8/23	0.15	8/26
	2022	0.28	8/8	0.36	8/8	0.05	8/8
	2023	0.14	8/28	0.06	7/31	0.12	7/31
	2024	0.03	5/20, 8/13, 9/17	0.06	6/10	0.03	5/20, 9/2

第6表 調査年ごとの地点別年間平均濃度²

農薬成分	興仁橋				曾我川橋				四分橋			
	2021年	2022年	2023年	2024年	2021年	2022年	2023年	2024年	2021年	2022年	2023年	2024年
ブタクロール	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01	0.01
イミダクロプリド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
クロチアニジン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ジノテフラン	0.10	0.05	0.05	0.06	0.15	0.08	0.07	0.08	0.14	0.15	0.10	0.09
BPMC	0.06	0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

² 単位は $\mu\text{g}/\ell$

2021年6月7日の曾我川橋で記録された $0.92 \mu\text{g}/\ell$ で、水域基準値の 29.7%であったが、水域 PEC を上回る濃度であった。また年間平均濃度は $0.03 \mu\text{g}/\ell$ 以下で、いずれの地点、年でも水濁基準値の $20 \mu\text{g}/\ell$ および水濁 PEC の $0.4 \mu\text{g}/\ell$ を下回った（第6表）。4 ヶ年で最も高い年間平均濃度は、2021年の曾我川橋で $0.03 \mu\text{g}/\ell$ であったが、水濁基準値の 0.15%、水濁 PEC の 7.5%であった。

イミダクロプリドはいずれの地点でも、2021年を除く3 ヶ年は、5月下旬から7月中旬に検出され、2021年は9月中旬まで検出された（第2図）。各調査年の最大値は、すべての地点で6月上旬から7月上旬に $0.04 \sim 0.05 \mu\text{g}/\ell$ であった（第5表）。これらの値はいずれも、水域基準値の $1.9 \mu\text{g}/\ell$ および水域 PEC の $1.0 \mu\text{g}/\ell$ を下回った。4 ヶ年のうち最も高い値は、2021年6月14日に興仁橋で確認された $0.05 \mu\text{g}/\ell$ であったが、水域基準値の 2.6%、水域 PEC の 5.0%であった。また年間平均濃度はいずれの地点、年でも $0.01 \mu\text{g}/\ell$ 未満で、水濁基準値の $580 \mu\text{g}/\ell$

および水濁 PEC の $27 \mu\text{g}/\ell$ を下回った（第6表）。

クロチアニジンはいずれの地点でも、2021年を除く3 ヶ年は、5月下旬から7月上旬に検出された（第2図）。2021年は興仁橋と四分橋で9月中旬まで、曾我川橋で10月上旬まで定量下限値の $0.01 \mu\text{g}/\ell$ で検出され、2024年の曾我川橋では11月にも検出された。しかし、それ以外の地点、年では7月下旬以降は検出されなかった。各調査年の最大値は、2023年5月22日と2024年11月5日に曾我川橋でそれぞれ $0.02 \mu\text{g}/\ell$ 、 $0.06 \mu\text{g}/\ell$ であったが、それ以外の地点、年では6月上旬から7月上旬に $0.01 \sim 0.03 \mu\text{g}/\ell$ であった（第5表）。これらの値はいずれも、水域基準値の $2.8 \mu\text{g}/\ell$ および水域 PEC の $0.75 \mu\text{g}/\ell$ を下回った。4 ヶ年で最も高い値は、2024年11月5日に曾我川橋で記録された $0.06 \mu\text{g}/\ell$ であり、水域基準値の 2.1%、水域 PEC の 8.0%であった。また年間平均濃度はいずれの地点、年でも $0.01 \mu\text{g}/\ell$ 未満で、水濁基準値の $250 \mu\text{g}/\ell$ および水濁 PEC の $12 \mu\text{g}/\ell$ を下回った（第6表）。

ジノテフランはいずれの地点、年においても、調査期間を通して検出され、特に 7~9 月に濃度ピークが見られた(第 2 図)。各調査年の最大値は、2022 年には四分橋のみ 8 月 8 日に $1.10 \mu\text{g}/\ell$ であったが、それ以外の地点、年では 8 月下旬から 9 月上旬に $1.08 \sim 1.46 \mu\text{g}/\ell$ であった(第 5 表)。これらの値はいずれも、水域基準値の $12 \mu\text{g}/\ell$ および水域 PEC の $9.0 \mu\text{g}/\ell$ を下回った。4 ヶ年のうち最も高い値は、2024 年 8 月 26 日に興仁橋で確認された $1.46 \mu\text{g}/\ell$ であったが、水域基準値の 12.2%、水域 PEC の 16.2% であった。また年間平均濃度は $0.05 \sim 0.15 \mu\text{g}/\ell$ で、いずれの地点、年においても水濁基準値の $580 \mu\text{g}/\ell$ および水濁 PEC の $27 \mu\text{g}/\ell$ を下回った(第 6 表)。4 ヶ年のうち最も高い年間平均濃度は、2021 年の曾我川橋と 2022 年の四分橋の $0.15 \mu\text{g}/\ell$ であったが、水濁基準値の 0.03%、水濁 PEC の 0.56% であった。

BPMC は、検出期間が地点や年ごとに異なる傾向を示した(第 2 図)。2021 年はいずれの地点でも、5 月下旬から 9 月上旬頃まで検出された。2022 年および 2023 年は興仁橋と曾我川橋で、6 月中旬から 9 月上旬頃まで検出された。2024 年はいずれの地点でも、8 月上旬から 9 月下旬に検出されたが、興仁橋および四分橋では 5 月下旬に、曾我川橋では 6 月上旬にも検出された。また、2023 年と 2024 年はいずれの地点も、検出された濃度は $0.15 \mu\text{g}/\ell$ 未満であった。いずれの年も、四分橋での検出頻度は少なく、検出された濃度も 4 ヶ年を通じて最大でも $0.15 \mu\text{g}/\ell$ と低かった。各調査年の最大値は、2021 年の興仁橋では 7 月 1 日に $0.84 \mu\text{g}/\ell$ 、2024 年の興仁橋では 5 月 20 日と 9 月 17 日に $0.03 \mu\text{g}/\ell$ 、曾我川橋では 6 月 10 日に $0.06 \mu\text{g}/\ell$ 、四分橋では 5 月 20 日に $0.03 \mu\text{g}/\ell$ 確認されたが、それ以外の地点、年では 7 月下旬から 9 月上旬に $0.14 \sim 0.50 \mu\text{g}/\ell$ 確認された(第 5 表)。これらの値はいずれも、水域基準値の $1.9 \mu\text{g}/\ell$ を下回っており、2021 年の興仁橋を除き、水域 PEC の $0.67 \mu\text{g}/\ell$ を下回った。4 ヶ年で最も高い値は、2021 年 7 月 1 日の興仁橋で確認された $0.84 \mu\text{g}/\ell$ で、水域基準値の 44.2% であったが、水域 PEC を上回る濃度であった。また年間平均濃度は $0.06 \mu\text{g}/\ell$ 以下で、いずれの地点、年でも水濁基準値の $34 \mu\text{g}/\ell$ および水濁 PEC の $8.9 \mu\text{g}/\ell$ を下回った(第 6 表)。4 ヶ年で最も高い年間平均濃度は、2021 年の興仁橋で $0.06 \mu\text{g}/\ell$ であったが、水濁基準値の 0.18%、水濁 PEC の 0.67% であった。

考察

ブタクロールは、 α -ハロゲンアセトアミド系の除草剤で、奈良盆地における慣行の水稲栽培では、代かきから田植え期に用いられる農薬成分の一つである。今回の調査において、ほとんどの地点、年において、6 月上旬から中旬に測定濃度のピークが見られたのは(第 5 表)、水稲栽培における本成分の主な使用時期を反映していると考えられる。同様に、小竹・豊田(1993)の報告でも田植え期にあたる 5 月下旬から 6 月中旬にかけて濃度が高くなっている。また、いずれの地点、年においても、水域基準値、水濁基準値と水濁 PEC を下回ったが、いずれの年も 1 地点以上で水域 PEC を上回る濃度が検出された(第 2 図)。小竹・豊田(1993)や飯塚(1989)の報告でも同様に、愛知県や茨城県においては検出濃度が一時的に水域 PEC を上回る値となっている。本調査において水域 PEC を上回った要因として、使用時の水管理と普及率が考えられる。本県では、ブタクロールを含む農薬は主に代かき時に使用され、その後、田植え前に水田の水位を下げる目的で水尻から強制落水されることがある。また、スクミリンゴガイ対策として浅水管理が推奨されていることから(農林水産省, 2025c)、水位を下げる水管理が行われていた可能性が考えられる。このような代かきと田植え前後の水の出し入れにより、ブタクロールを含む田面水が河川へ流出し、河川水中の濃度が高くなったと推察する。また、水域 PEC の算出では農薬の普及率が 10%と設定されているが、本県でのブタクロールの普及率は 27~37% (農薬要覧より算出(一般社団法人日本植物防疫協会, 2021; 2022; 2023; 2024c))と水域 PEC 設定より 3 倍程度大きく、水域 PEC を上回る要因となっている。

今回、水域 PEC を上回る濃度が確認されたが、水域基準値を下回っていたため、水域の生活環境動植物に対するリスクは小さいと考えられる。また、年間平均濃度はいずれの年も水濁基準値および水濁 PEC を下回っており、人への健康被害に対するリスクは小さいと考えられる。ただし、農薬使用上の注意事項として、「散布後 7 日間は落水、かけ流しはしないように」と記載があり、水田に処理する農薬の薬効を十分に確保するには、指定された止水管理を守ることが必要である。今後は、適正な薬効の確

保と水域への流出リスク低減のため、止水管理の徹底を引き続き指導していく必要がある。

イミダクロプリドはネオニコチノイド系殺虫剤で、奈良盆地における慣行の水稲栽培では、主にウンカやイネミズゾウムシの防除を目的に、田植え期に用いられる箱施用剤などに含まれる農薬成分の一つである。今回の結果において、ほぼすべての地点、年において、6月上旬から7月上旬に測定濃度のピークが見られたのは（第5表）、水稲栽培における本成分の主な使用時期を反映していると考えられる。2021年では、すべての河川で $0.01\ \mu\text{g}/\ell$ の濃度で検出される日が続いたが、年間平均濃度は他の年と同様に $0.01\ \mu\text{g}/\ell$ 未満であった（第2図、第6表）。このように、いずれも検出された濃度は水域基準値と水域PEC、ならびに水濁基準値と水濁PECを下回っていたため、本剤の水域の生活環境動植物および人への健康被害に対するリスクは小さいと考えられる。

クロチアニジンはネオニコチノイド系殺虫剤で、奈良盆地における慣行の水稲栽培では、主にウンカやイネミズゾウムシの防除を目的に、田植え期に用いられる箱施用剤などに含まれる農薬成分の一つである。今回の結果において、ほとんどの地点、年において、6月上旬から7月上旬に測定濃度のピークが見られたのは（第5表）、水稲栽培における本成分の主な使用時期を反映していると考えられる。2021年には、すべての河川で $0.01\ \mu\text{g}/\ell$ の濃度で検出される日が続いたが、年間平均濃度は他の調査年と同様に $0.01\ \mu\text{g}/\ell$ 未満であった（第2図、第6表）。また、2024年曾我川橋で11月にも $0.06\ \mu\text{g}/\ell$ が検出された。これは、クロチアニジンはアザミウマやコナジラミなどの害虫防除を目的として、水稲以外の作物にも使用されることがあるため、偶発的な検出ではないかと考えられた。しかし、検出された濃度はいずれも水域基準値と水域PEC、ならびに水濁基準値と水濁PECを下回っていたため、本剤の水域の生活環境動植物および人への健康被害に対するリスクは小さいと考えられる。

ジノテフランはネオニコチノイド系殺虫剤で、奈良盆地における慣行の水稲栽培では、主にウンカやカメムシの防除を目的に出穂期前後に使用される、本田処理の農薬成分の一つである。今回の調査において、ほぼすべての地点、年において、8月下旬から9月上旬に測定濃度のピークが見られ（第5表）、水稲における本成分の主な使用時期を反映している

と考えられる。2021年には、いずれの地点でも年間平均濃度が比較的高くなったが、これは水稲害虫であるトビイロウンカの発生が非常に多く（奈良県病害虫防除所、2021）、ジノテフランの使用量が増加した可能性がある。しかし、このような場合でも河川水中のジノテフラン濃度は基準値やPECよりも大幅に低かった。また、本調査において、ジノテフランは5～11月にかけて、明確なピークを伴いながらも継続的に低濃度で検出され続けた（第2図、第6表）。こうした傾向は奈良県に限ったものではなく、茨城県や福井県などの他県における公共用水域のモニタリング結果においても同様の継続検出が報告されており（杉野ら、2023；竹内・西澤、2018）、全国的に見られる共通の傾向と考えられる。本県における低濃度でのジノテフラン検出は、全国的に共通する使用実態・流出特性に起因する現象である可能性が高いが、この現象の要因は判然としないため、今後、検証する必要があると考えられる。このように、いずれも検出された濃度は水域基準値と水域PEC、ならびに水濁基準値と水濁PECを下回っていたため、本剤の水域の生活環境動植物および人への健康被害に対するリスクは小さいと考えられる。

BPMCはカーバメート系殺虫剤で、奈良盆地における慣行の水稲栽培では、主にウンカやヨコバイの防除を目的に、出穂期前後に使用される本田処理の農薬成分の一つである。今回の調査において、ほとんどの地点、年において、7月中旬から9月上旬に測定濃度のピークが見られたのは（第5表）、水稲栽培における本成分の主な使用時期を反映していると考えられる。2021年には、興仁橋と曾我川橋で年間平均濃度が比較的高くなったが、これは水稲害虫であるトビイロウンカの発生が非常に多く（奈良県病害虫防除所、2021）、BPMCの使用量が増加した可能性がある。特に興仁橋では、6月下旬から8月上旬にかけて、一時的に水域PECを上回る値となった（第2図）。また、2021年の曾我川橋においてBPMCが5月下旬に一度 $0.43\ \mu\text{g}/\ell$ 検出された。これは、スクミリンゴガイの防除を目的とした農薬使用の影響ではないかと考えられる。スクミリンゴガイは、生育初期の柔らかく小さい稲を食害する生物であり、2022年には本県を含む35府県で発生が確認されている（農林水産省、2025c）。スクミリンゴガイに対して食害防止効果があるカルタップが含まれているパダンバッサ粒剤は、BPMCも含まれており、2021年当時は農薬登録されていた（2023年に

登録失効)。そのため、BPMC を含む農薬であるパダンバッサ粒剤が、スクミリンゴガイの防除を目的として代かき時に使用され、その一部が河川へ流出した可能性が考えられる。BPMC の検出濃度が 2024 年にかけて減少したことについては、奈良県内の BPMC を含む農薬の使用量が減少し、出荷量が 2021 年の 23.4 t から、2022 年 19.5 t、2023 年 18.1 t、2024 年 0 t と減少したことが要因であると考えられる（一般社団法人日本植物防疫協会，2021；2022；2023；2024c）。BPMC の調査の結果、一時的に水域 PEC を上回る濃度検出が見られたが、水域基準値を下回っていたため、水域の生活環境動植物に対するリスクは小さいと考えられる。また、年間平均濃度はいずれの年も水濁基準値および水濁 PEC を下回っており、人への健康被害に対するリスクは小さいと考えられる。なお、BPMC を含む農薬の登録は 2025 年 6 月 5 日をもって失効しており、今後もこれらのリスクは小さいと考えられる。

4 ヶ年の調査の結果、調査対象とした 5 成分は、いずれの地点についても、対象成分を含む農薬が水稻栽培において、病害虫や雑草の防除を目的に使用される時期に河川水中の濃度が高くなった。このことから、農薬の使用が河川水中における濃度上昇に影響を及ぼしていると考えられた。しかし、いずれの場合も基準値を超過することはなかった。公共用水域の水質汚濁防止を目的とする「水濁基準」のリスク評価について、検出された濃度は水濁基準値および水濁 PEC を大幅に下回っており、水質汚濁による飲料水や魚介類を通じた人への健康被害は小さいと考えられる。また、生活環境動植物の保護を目的とする「水域基準」のリスク評価について、検出された濃度は水域基準値を上回ることなくリスクは小さいと考えられる。しかし、ブタクロールや BPMC では一時的に水域 PEC を上回る濃度が検出されたことから、登録基準を守っていても、生産者の水管理や県内の農薬普及率によって一時的に水域 PEC を超過する可能性があることが示された。そのため、水田での農薬の適正使用と水管理の徹底が必要であると考えられる。また、得られた知見を参考情報として活用し、国の農薬登録制度や再評価制度に反映させることが、県内の農業生産と水環境保全の調和に重要である。

このように、本報告の調査地域では水域基準値および水濁基準値は超過しておらず、リスクは小さいと考えられる。しかし、一時的に水域 PEC を超過す

る濃度が検出された成分があったことから、より一層、リスクの低減を図る必要がある。そのため、県としても継続的なモニタリング調査とデータ蓄積を通じて環境中での農薬挙動を把握し、その成果を農業者やその指導者などの関係者と共有することで、現場での農薬の適正使用を一層推進する必要があると考える。当センターでは、農業研究開発センターニュース（西川，2019；2024）を通して、紙媒体やホームページで、同様のモニタリング調査結果の公表を行っている。今後も継続的に情報提供を行うことにより、農薬の適正使用や水管理の改善につながり、地域における農薬リスク低減策の具体化への貢献に資するものと考えられる。

摘要

奈良県内の 3 河川における農薬成分の水域環境への流出状況を評価するため、河川水のモニタリング調査を実施した。検出された農薬成分濃度は、水域基準値および水濁 PEC、水濁基準値および水濁 PEC と比較し、リスク評価を行った。

調査対象成分は、水稻に用いられる除草剤成分のブタクロールおよび殺虫剤成分のイミダクロプリド、クロチアニジン、ジノテフラン、BPMC とした。調査期間は、2021～2024 年の 4 ヶ年で、いずれの年も 5～11 月に実施した。いずれの成分についても、その成分を含む農薬が水稻で使用される時期に河川水中の濃度ピークが確認されることから、水稻での農薬使用が河川水中における濃度上昇に影響を及ぼしていると考えられた。これらの結果は、4 ヶ年で概ね同様の傾向が見られた。また、基準値および PEC と比較したリスク評価では、いずれの成分でも年間平均濃度が水濁基準値および水濁 PEC 未満の値となり、水質汚濁による飲料水や魚介類を通じた人の健康への影響は小さいと考えられた。一方、検出濃度の最大値は水域基準値未満であり水域の生活環境動植物への影響は小さいと考えられるが、ブタクロールや BPMC など、年や時期によっては一時的に水域 PEC を上回る濃度が検出された。そのため、継続的なモニタリング調査による環境中での農薬挙動の把握を行うとともに、水田での農薬の適正使用と水管理の徹底が必要であると考えられる。

謝辞

本試験の実施にあたり、調査への同行と採水作業および分析にご協力いただきました奈良県農村振興課主任主事の高松元紀氏、奈良県農業研究開発センター主任主事の長山進也氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

飯塚宏栄. 水田除草剤の水系における動態. 農環研報. 1989, 6, 1-18.

一般社団法人日本植物防疫協会. II農薬の流通, 消費 5 農薬種類別出荷数量表. 農薬要覧 2021. 2021, 227-323.

一般社団法人日本植物防疫協会. II農薬の流通, 消費 5 農薬種類別出荷数量表. 農薬要覧 2022. 2022, 225-319.

一般社団法人日本植物防疫協会. II農薬の流通, 消費 5 農薬種類別出荷数量表. 農薬要覧 2023. 2023, 221-405.

一般社団法人日本植物防疫協会. 第1章 作物保護と農薬 5. 農薬の果たす役割. 農薬概説 2024. 2024a, 11.

一般社団法人日本植物防疫協会. 第6章 農薬のリスク評価と安全性. 農薬概説 2024. 2024b, 129.

一般社団法人日本植物防疫協会. II農薬の流通, 消費 5 農薬種類別出荷数量表. 農薬要覧 2024. 2024c, 225-406.

環境省. “水産動植物の被害防止に係る農薬登録基準の仕組み”. 水・土壌・地盤・海洋環境の保全. 2005-04-01. <https://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html>, (参照 2025-08-01).

環境省. “I 農薬流出防止技術に関する情報収集”. 平成18年度農薬流出防止技術評価事業調査結果報告書. 2007-03. <https://www.env.go.jp/water/report/h19-01/chpt1.pdf>, (参照 2025-08-01).

環境省. “水生生物保全環境基準の測定地点に関する現行の考え方”. 中央環境審議会水環境部会 (第44回) 議事次第・配付資料. 2018-02-20. <https://www.env.go.jp/content/900530578.pdf>, (参照 2025-08-29).

環境省. “化学物質環境実態調査実施の手引き (令和2年度版)”. 保健・化学物質対策. 2021-03.

<https://www.env.go.jp/chemi/mattebikir02.pdf>, (参照 2025-11-18).

環境省. “水域の生活環境動植物の被害防止に係る農薬登録基準値案と環境中予測濃度 (PEC) が近接している場合の対応等について (改訂案)”. 中央環境審議会 水環境・土壌農薬部会農薬小委員会 (第87回) 議事次第・資料. 2023-03-09. <https://www.env.go.jp/council/content/49wat-doj05/0309mat012.pdf>, (参照 2025-08-29).

環境省. “農薬残留対策総合調査 (河川モニタリング, 後作物残留等) の結果について”. 水・土壌・地盤・海洋環境の保全. 2024. <https://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/zanryutaisaku.html>, (参照 2025-08-01).

環境省. “水質汚濁に係る農薬登録基準”. 水・土壌・地盤・海洋環境の保全. 2025. https://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/odaku_kijun/kijun.html, (参照 2025-08-01).

国土地理院. “地理院地図/GSI Maps”. 2025. https://maps.gsi.go.jp/#13/34.511932/135.790329/&base=pale&base_grayscale=1&ls=pale&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f0, (参照 2025-08-01).

小竹美恵子, 豊田一郎. 水田排水が流入する小河川への水田農薬の流出. 愛知農総試研報. 1993, 25, 69-79.

丸 論. 水系環境における農薬の動態に関する研究. 千葉県農試特報. 1991, 18, 1-62.

奈良県. “水稲「ヒノヒカリ」を作りこなすための7つのポイント”. 栽培技術マニュアル 作物. 2009. <https://www.pref.nara.jp/secure/261432/05hinohikari.pdf>, (参照 2025-08-01).

奈良県病虫害防除所. “令和3年度病虫害発生予察注意報第3号”. 病虫害発生に関する情報 発生予察注意報. 2021-07-28. https://www.pref.nara.jp/secure/317880/20210728_注意報_奈良県_3号.pdf, (参照 2025-08-01).

西川 学. 河川における水稲用殺虫剤フェノブカルブ (BPMC) の濃度推移. 奈良県農業研究開発センターニュース vol.156. 奈良農研セ, 2019, 5.

西川 学. 河川水中の農薬濃度の推移. 奈良県農業研究開発センターニュース vol.167. 奈良農研セ, 2024, 2.

- 農林水産省. “令和6年産水陸稲の収穫量”. 作況調査(水陸稲, 麦類, 大豆, そば, かんしょ, 飼料作物, 工芸農作物). 2025a-02-28. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html, (参照 2025-08-24).
- 農林水産省. “生産農業所得統計”. 令和5年生産農業所得統計. 2025b-03-25. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/nougyou_sansyutu/, (参照 2025-08-24).
- 農林水産省. “スクミリンゴガイ(ジャンボタニシ)とは”. スクミリンゴガイ(ジャンボタニシ)の被害防止対策について. 2025c-06-26. <https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryou2/sukumi/attach/pdf/sukumi-2.pdf>, (参照 2025-09-01).
- 大塚宜寿, 野尻喜好, 蓑毛康太郎, 茂木 守, 堀井 勇一. 河川水中ネオニコチノイド系殺虫剤濃度の年間変動. 埼玉県環境科学国際センター報. 2014, 15, 173.
- 杉野史弥, 佐藤登志子, 山室真澄. 霞ヶ浦の流入河川・湖水・湖水を原水とする水道水におけるネオニコチノイド系殺虫剤濃度. 陸水学雑誌. 2023, 84, 139-142.
- 竹内靖子, 西澤憲彰. 福井県におけるネオニコチノイド系農薬の実態調査. 福井県衛生環境研究センター年報. 2018, 17, 71-75.