

論文題目：水田施用農薬の水系への流出評価と流出削減技術に関する研究

著者：沼辺 明博

研究科、専攻名：環境科学研究科環境動態学専攻

学位記番号：環論 5号

博士号授与年月日：2009年3月19日

【論文の要旨】

本研究は、調査流域における水田への農薬施用量の推定方法を検討して、北海道と茨城県の3河川流域における水田施用農薬の流出実態を明らかにし河川への流出率を評価するとともに、水田からの流出削減対策技術を提示して実際の水田で削減効果を実証することを目的とした。

1 広域における水田農薬の施用量の推定

これまで、農薬施用量の推定には都道府県別出荷量を集計した農薬要覧が広く用いられてきたが、要覧の道内出荷農薬と水稻作付割合の高い北海道内4農協の販売農薬を比較した結果、道内出荷250~300成分に対し4農協では130~215成分と異なっており、茨城県内7農協を加えた調査でも同様の結果が得られ、調査流域への農薬施用量を農薬要覧から推定すると、大きな誤差が生じることを明らかにした。また、同一農協内であっても支所毎、或いは地域毎に異なった農薬が販売されていたが、農協間に比べその違いは小さく、農協における販売量調査の有効性が示された。しかし、農協の農薬販売シェアは全国的に低下傾向にあるため、農協の販売量を施用量とすることの妥当性の評価が必要である。そこで、同一水田に重複施用が少ない初期除草剤と一発処理除草剤を用い、個々の農薬の販売量を標準施用量で除した標準施用面積の総和と、水稻作付面積の比（標準施用面積率： R ）を指標に農協の販売シェアを評価した。その結果、 R の値が0.8~1.2とシェアの高いと推定される地域と、0.5以下の低い地域を判別することができた。

2 水田施用農薬の河川流出特性

茨城県恋瀬川、北海道石狩川水系牛朱別川と千歳川の3流域において水田施用農薬の河川流出調査を実施した。

茨城県 恋瀬川流域に移植後に施用された除草剤は移植直後から検出され始め、移植1~2週間後に濃度ピークが見られた。流出負荷量は降雨により増加し、除草剤は施用最盛期の一降雨で全調査期間の約2割が流出した。一方、殺虫剤は除草剤より約10日遅れてピークが認められ、殺虫剤は施用最盛期前であったことから、同じ一降雨による流出割合は1割以下と少なかった。また、高濃度流出期の降雨増水で懸濁態のメフェナセットとMPPが検出されたが、懸濁態の流出割合は小さかった。

以上のように、農薬の流出は施用期の降雨により高負荷を与えたことから、農薬の施用時期と降雨を考慮した調査の必要性が示された。本流域では兼業農家が多いため農作業は

おもに土・日に行われ、河川の農薬濃度は週の前半に高く週末に低下する傾向が見られ、農作業の実施状況を考慮してモニタリングを行う必要がある。

北海道 北海道の 2 流域では、移植前に施用された初期除草剤は、移植直前に田面水の排出 f が行われるため、移植期に高濃度で検出された。移植後に施用された初期剤及び一発剤は、恋瀬川流域より約 1 週間遅く移植 2~3 週間後に、中期剤はさらに 1~2 週間後に濃度ピークが見られた。しかし、1997 年の千歳川流域では、移植後の除草剤の濃度ピークが数週間遅れて検出されており、移植後の天候不順で生育が遅れると除草剤の施用を遅らせる農家も多いことが示された。一方、殺虫剤と殺菌剤は 6 月末~7 月上旬から検出され、ピークは茎葉散布される 7 月末以降であり、防除基準を把握したうえで、気象と生育状況を考慮したモニタリングの実施が必要である。

なお、恋瀬川流域でメフェナセット (規制値 $9 \mu\text{g l}^{-1}$) が、牛朱別川流域でモリネート ($5 \mu\text{g l}^{-1}$) が、千歳川流域でエスプロカルブ ($10 \mu\text{g l}^{-1}$) とモリネートが一時的に規制値を超えて検出された。

3 水田施用農薬の河川流出率

農協の販売量で施用量が推定できた恋瀬川流域 6 地点と千歳川流域 2 地点において、14 除草剤、3 殺虫剤、4 殺菌剤の流出率 R_p を推定した。

流出率は恋瀬川流域のピラゾキシフェンの 0% から千歳川流域のシメトリン 44% の範囲にあり、格納薬の流出率は、調査地点、調査年度によりばらついているものの、全 21 農薬の流出率 R_p と水溶解度 S_p の関係から次の回帰式が得られ、水面施用農薬はおもにこの回帰線の上方に、その他の農薬は下方に分布した。

$$R_p = 1.59S_p^{0.327} \quad (r = 0.500)$$

75%有意水準による t 分布検定から、千歳川流域で移植前に施用されたプレチラクロールとピリブチカルブ、及び一発剤ダイムロンの流出率は信頼区間をはずれて高く、恋瀬川流域の MEP は低かった。プレチラクロールとピリブチカルブは移植直前に田面水のほぼ全量が排出されるため、MEP は周辺の樹園地から流出、ダイムロンは他の農薬と異なった挙動を示すものと推察された。これら 4 農薬を除き、水面施用農薬とその他の農薬に分けて相関を求め下記の 2 式を得た。

$$\text{水面施用農薬: } R_p = 3.69 S_p^{0.258} \quad (r = 0.749)$$

$$\text{その他の農薬: } R_p = 0.469 S_p^{0.392} \quad (r = 0.899)$$

4 田面水中の除草剤の濃度変動

移植前後に施用された 8 除草剤の田面水中の濃度推移を、実際に水稻栽培が行われている農家の水田を用い測定した結果、濃度の減衰は次式で示された。

$$C_p = C_{p0} \exp(-kt)$$

ここで、 C_p は t 日後の濃度、 C_{p0} は初期濃度、 k は速度定数である。本式から得られた半減期は、一発剤プレチラクロール、エスプロカルブの 1.2 日から中期剤シメトリンの 4.9 日の範囲であった。

5 水田除草剤の流出削減技術

近年、農薬施用後にかげ流し灌漑が行われている水田が増えてきている。そこで、モリネートとシメトリンを用い、かけ流し水田からの流出削減法を検討した。

水口併設排水口法 湛水状態の水田に灌漑水を補給すると、田面水は水尻側に押水されて水口近傍の農薬濃度が低下することに着目し、水尻排水口を閉じ、水口側に新たに排水口を設けた。除草剤施用後、灌漑水を 23 mm 補給し、水口併設排水口からそのうち 6 mm が排水された。その結果、水口併設排水口からのモリネートとシメトリンの正味の流出量はそれぞれ 0.114, 0.035 g ha⁻¹で、水尻からの推定流出量 (5.48, 1.44 g ha⁻¹) に対して 98% が削減された。

調整水田法 水田排水を一旦休耕田 (調整水田) を通過させて排出することにより、調整水田での吸着、分解、貯留等の効果を期待する方法である。実験期間中 (88 時間) に調整水田に 190 mm の排水が流入し、そのうち 157 mm が流出した。これによるモリネートとシメトリンの流出削減率はそれぞれ 46, 60% で、そのうち、調整水田の田面水中の残存量は 15, 10% と見積もられ、85, 90% が調整水田の土壌への吸着、或いは分解により除去されたものと推測された。本方法は、調整水田の面積及び湛水深を調整することにより、より高い削減効果が期待できる。

6 総括

本研究から、これまで広く用いられてきた農薬便覧で特定流域への施用量を推定すると大きな誤差が生じることが明らかになり、農協のシェアの大きい地域では、施用量の推定に農協の販売量を用いることが有効で、可能な場合には支所或いは地域別の集計が必要であることを指摘した。また、河川流出調査では、水田に施用された農薬は施用期に濃度ピークを形成し、降雨で負荷が増大すること、移植後の生育状況によっては流出時期が変動することなどが明らかになり、調査は防除時期を把握したうえで、気象や生育状況、作業実態を考慮して実施することが必要である。さらに、水面施用農薬の流出率は茎葉散布農薬に比べて高く、田面水中の濃度変化から見て十分な止水期間を置かずにかげ流しが生じている可能性が示された。そこで、かけ流しによる排出量の削減策を検討し、排水口を水口近傍に設けて排水させることにより大幅に削減できること、排水を一旦休耕田を通して排水することにより流出量の削減が可能であることを実証し、この 2 法は排出削減対策として有効であることを示した。