

水田除草剤の使用と流亡

埼玉県農業試験場 中村 幸二

1. はじめに

水稻栽培における除草剤普及の歴史は、機械化省力栽培技術普及の歴史である。除草剤は、1950年に2,4 P Aが登場して以来、急速に普及し、それまで農作業の多くの部分を占めていた雑草防除から人手を解放した。水稻の省力栽培技術の発達を目を見張るものがあるが、これを可能としたのも、すべての水田雑草防除を可能とした除草剤とその使用技術の開発にはかならない。

しかし、最近の消費者、農業者のいわゆる有機農業や環境保全型農業あるいは安全な農産物への関心の高まりから、農薬の残留、環境影響などが盛んに論議されるようになってきた。除草剤についても、かつてはP C Pやモリネートなどのように、水系に流出して魚に影響を与えたものもあり、また、現実には原因として明らかでなくとも、その使用量が多いことから何らかの障害が起きた場合に嫌疑をかけられることもしばしばある。

除草剤の内、水田用除草剤は水田という極めて特殊な環境で使用される。水田では、中干しの期間を除けば、水稻の栽培期間中は田面は常に湛水され、栽培管理にともない、排水、入水が繰り返される。また、田面水は降雨による増水のために畦畔から溢水する場合もある。したがって、水田除草剤は水の動きに伴って周辺環

境に流出する機会が多いと推定される。

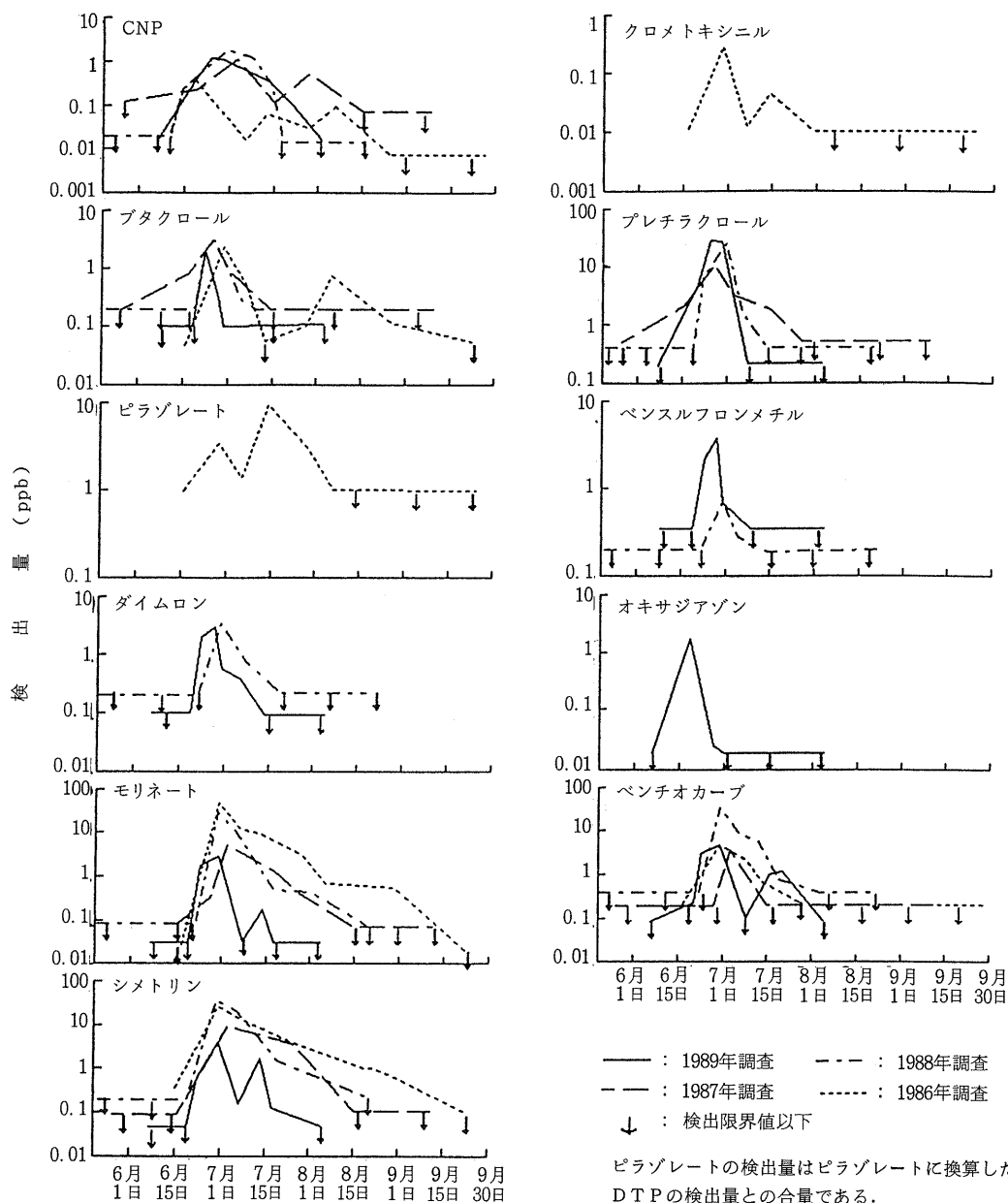
そこで、水田除草剤の水田周辺への流出実態とその要因について以下に述べることとする。

2. 水田周辺における除草剤の残留実態

除草剤は水田において、多くは茎葉あるいは土壌処理剤として散布されるが、散布されたものの大部分は田面水に落下する。したがって、水田を覆う水の動きにその挙動が左右される。除草剤の使用方法においても、その散布後は数日間の止水が規定されているが、これは除草効果の維持向上も当然であるが、周辺環境への流出防止にも大きく貢献する。

第1図は埼玉県坂戸市三芳野地区の排水路における11種除草剤の時期別の検出経過を示したものである。この地区はいわゆる水稻の普通期栽培地帯で、以前に、水田裏作に小麦が多く栽培されていた時では、田植えは小麦収穫後の6月下旬に行われていたが、最近では、小麦の作付けは一部を残して無くなり、田植えの主体は6月中旬に移っている。除草剤の使用は、一発処理剤の使用割合が増加しているが、以前からの体系処理剤の使用量は減少していない。したがって、除草剤は6月中旬から下旬に初期除草剤あるいは一発処理剤が使用され、6月下旬から7月上旬に中期除草剤が使用されている。

図からも明らかとなおり、多くの除草剤は主



第1図 坂戸市三芳野地区水田末端の排水路における除草剤の消長

に6月中旬頃から検出され始め、オキサジアゾンを除く初期除草剤は6月中下旬に、また、中期除草剤は6月下旬から7月上旬に検出ピークとなり、8月に入るとほとんど検出されなくなった。この検出時期は、前述の除草剤の使用時期と極めて良く一致しており、除草剤の使用と

水田からの流出が同時に進行していることを示唆している。このうち、オキサジアゾンは検出時期が他の除草剤に比べて早く、田植え前から田植え初期となっている。これは、本剤が水稻移植前の土壌混和处理に使用されるためであると推定される。

除草剤の検出濃度はモリネート、ベンチオカーブ、シメトリン、プレチラクロールが10 ppb以上検出される場合があり、明らかに他の剤より高くなった。調査時点におけるこの地区の除草剤使用量は農協の出荷成分量としてCNP、ベンチオカーブが約100 kgと最も多く、モリネートが約40 kg、プレチラクロール、シメトリン、ピラズレートが約30 kg、ブタクロールが約6 kg、ベンスルフロンメチルが約1 kgであった。CNPの検出ピーク時の濃度は0.6～3.1 ppbであり、一方、ベンチオカーブは4.7～62.3 ppbであった。これは、ベンチオカーブの水溶性がCNPより高いためであると推定された。また、このことは水溶性が高く、CNP、ベンチオカーブより使用量の少ないモリネート、シメトリンの濃度がそれぞれ2.29～46.5 ppb、6.24～31.9 ppbと、他の除草剤と比べても高いことから明らかである。オキサジアゼンは最高濃度で3.9 ppb検出され、検出期間は短いものの、濃度は使用量の多いCNPよりやや高くなった。これは本剤が代掻き時処理に使用されるため、土壌粒子に吸着して水田外に出やすいためであると推定された。

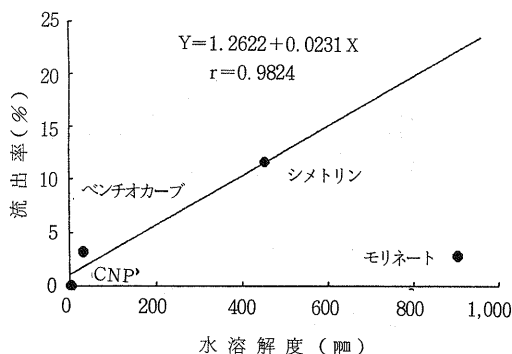
3. 除草剤の流亡要因

実態調査の結果からも明らかなように、除草剤の流亡には多くの要因が関与していることが伺われる。水溶性の高い剤は確かに水田周辺からは比較的濃度が高く検出される傾向にあるが、検出時期から見ても、施用と水田外への流出が同時に進行していることが容易に推定されるため、施用時及び施用後の水管理の影響も無視できない。そこで、流亡のしやすさという面から除草剤の物性を、そして直接的な流亡の要因という面から水田の水管理及び気象要因としての

降雨を取り上げてみたい。

(1) 除草剤の性質

第2図にCNP、モリネート、ベンチオカーブ、シメトリンの流出率と水溶性との関係を示す。ここでいう流出率とは除草剤の水田への投下量に対する排水路における検出総量との比である。図からも水溶性の高い剤の流出率が高くなることを読み取ることができるが、全ての剤を対象として、流出率と水溶解度との相関を取ると、相関係数は0.2553と極めて低い。しかし、モリネートを除いて計算すると、相関係数は0.9824と高くなる。これは、水溶性の高いモリネートの流出率がベンチオカーブやシメトリンより低かったことに起因する。モリネートは蒸気圧が高く、揮散しやすい¹⁾。またモリネートは光分解を受けやすい²⁾ことも知られており、これらの性質が流出率の低い要因であると推定される。



第2図 除草剤の流出率と水溶性との相関

このように、水田における除草剤の流亡に影響する最大の要因は水溶性であることは明らかで、水田が水で覆われている以上、宿命であるといえるかもしれない。この他の要因としては、水中における安定性の高い剤、土壌吸着性の低い剤なども流亡しやすいといえる。また、製剤の崩壊性や拡散性などもそれぞれ良好な方が流

亡しやすいといえる。このことは、水溶性の高い剤が流亡しやすいことから容易に類推することができる。

除草剤の性質から推定される流亡要因について述べてきた。実際に流亡しやすい性質をもつ剤は、水路、河川における検出率が高いが、これらの性質は、あくまでも流亡の目安であって、使用、管理面で流亡を抑制するコントロールが可能である。

(2) 水 管 理 の 影 響

実態調査におけるオキサジアゾンの検出例からも明らかのように、土壌吸着性が高く、水溶性の低い物質であってもその使用条件や水田管理方法の影響を受けて水田外から検出されることが多い。前書きでも述べたが、水田の田面水は入水、排水が繰り返され、常に動いている。第1図に示したように、除草剤の施用と排水路からの検出が同時に生じるということは、除草剤の施用時に水田の水尻が開放されているか、そうでなくとも水が水田のある部分から流れ出ていると考えざるを得ない。第3図に水田の水尻を開放したままで、CNP、ベンチオカーブ、シメトリンを施用した場合の排水中の各剤の濃度を示す。除草剤の散布後、排水中濃度が急速に高まり、CNP、シメトリンは3時間後、ベ

ンチオカーブは5時間後に最高濃度となり、その後、シメトリンは3日後に検出限界値以下となったが、CNP、ベンチオカーブは5日後でも検出された。このように、水尻が開放された状態で除草剤が施用されるとどのような剤であっても流亡が急激に始まる。このことは実態調査の結果とも良く一致する。

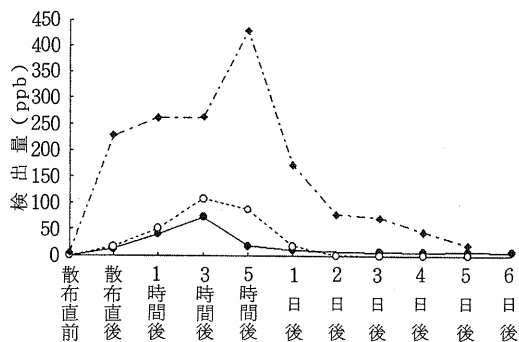
水田の畦畔の状態も田面水の流出に影響を与える。以前は、水田はほとんどがクロ塗りという作業を行って畦畔からの水漏れを防止していた。しかし、最近では畦畔用資材の発達によって、畦畔管理が安易に行われている例を多く見かける。そして、多雨時において畦畔から水漏れを生じる場合もある。したがって、ずさんな畦畔管理も当然除草剤流亡の要因となる。

(3) 降 雨 の 影 響

第1図では明らかではないが、この実態調査の中で、降雨による増水時に除草剤の流出量が増加する傾向を認めた。水路、河川における除草剤の残留調査は、以前から多くの県で行われているが、降雨や水路水量との関係を見ると、多くの場合、これと同様の調査結果となっている³⁾。降雨があると田面水の水位が上昇し、畦畔からの溢水や漏水あるいは水尻からの水の流出がおきやすくなる。これらが農薬の流亡を助長するものと推察される。

4. 除草剤の縦方向への移動

水田には田面表流水による水の動きと共に、浸透水による縦方向への水の動きがある。この浸透水による除草剤の移動を流亡と捉えることには異論のあるところかも知れないが、水田からの流出経路の一つとして述べることにする。実際の水田における浸透水の動きは、耕盤の存在や暗渠の有無、あるいは地下水位の上昇程度

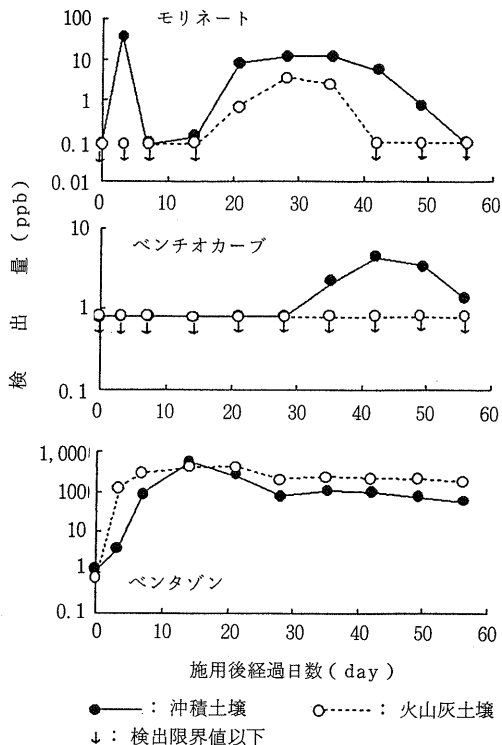


第3図 水田水尻排水における除草剤の消長

—●— CNP -○-シメトリン -◆- ベンチオカーブ

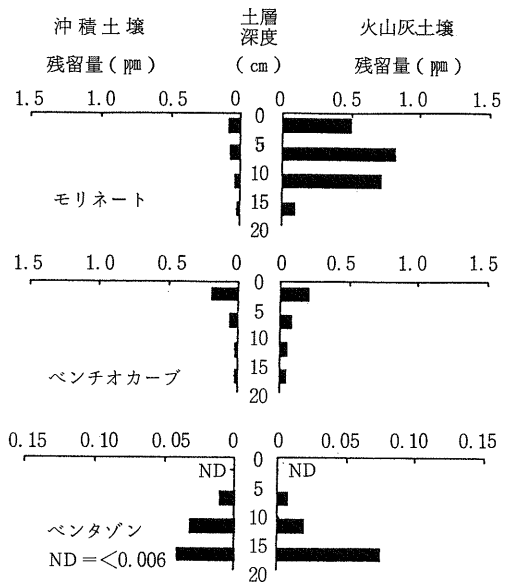
など水田の様々な環境要因によって、その実態を把握することは難しい。したがって、実際の水田における浸透水による農薬移動の調査は、長野県で行われたCNPの例⁴⁾など極めて少ない。この場合は暗渠排水を測定したものであるが、暗渠の経路が明らかでない場合は、実際上、どの水田の影響なのか特定するのは難しい。そこで、ライシメーターによる溶脱試験の結果から、除草剤の縦浸透の要因を考察することとする。

溶脱試験は、底面から砂利20cm、砂20cm、土壌50cmが充填された縦、横、深さが各1mのライシメーターを用い、13種の除草剤を供試して試験を行った。そのうち、モリネート、ベンチオカーブ、ベンタゾンの浸透水における検出経過及び深さ20cmまでの土層分布をそれぞれ



第4図 除草剤の浸透水による溶脱

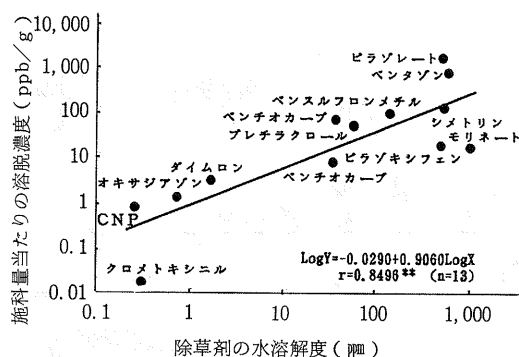
日減水深は30mm以内とした。



第5図 除草剤の土層分布

れ第4図、第5図に示す。図からも明らかとなり、浸透水における検出量はベンタゾン>モリネート>ベンチオカーブの順となった。また、土層分布も浸透水における検出量の多い剤ほど下層に移動していることがわかる。特に、供試したほとんどの剤が表層10cmまでに大部分が分布していたのに対し、ベンタゾンは下層ほど量が多くなった。これは、ベンタゾンが陰イオン性の剤で、土壌吸着性が弱く、水溶性が高いためであると推察された。そこで、水溶性とピーク時の単位施用量当たりの溶脱濃度との相関をとると第6図に示すように、極めて高い正の相関が得られた。このように、除草剤の浸透水による移動溶脱には、その水溶性、土壌吸着性、更に、土壌残留性などが関与すると推定される。

また、第4、5図からも明らかなように、沖積土壌よりも有機物の多い火山灰土壌の方が土壌残留量も多く、浸透水による溶脱量も少ないことから、土壌の性質も影響することが明らか



第6図 ライシメーターにおける除草剤の溶脱濃度と水溶性との相関

**: 1%の水準で有意

ピラゾレート, ビタゾキシフェンはDTPの水溶性の値を用いて計算した。

溶脱濃度は最高検出濃度の値である。

である。更に、別に行った試験で、浸透水量を多くすると溶脱量も増えることが明らかとなった。漏水田で除草剤の効が悪いということを知り、このような水田では除草剤の縦方向への移動が生じている恐れがある。

ライシメーターにおける除草剤施用量に対する浸透水による溶脱量は、ベンタゾンのように80%以上の剤もあるが、水溶性の高いものでも数%であり、ほとんどは1%以下である。したがって、実水田では、更に低くなると推察され、田面水による流亡と比較すると問題にならないほど少量である。

5. おわりに

以上、筆者が今までに行ってきた試験あるいは調査結果⁵⁾をもとに、水田除草剤の流亡及び

その要因について述べてきた。本文でも触れたが、除草剤はその性質によって流亡しやすい剤も確かに存在するが、流亡には除草剤の使用環境や水田の水管理条件がもっと大きく影響することは明らかである。現状の除草剤使用は、その取扱のしやすさから比較的安易に行われている傾向がある。これを改善し、使用前後の水管理をしっかりと行えば、除草剤の流亡はかなり防止できると考える。現在、除草剤施用の省力化をめざし、製剤の拡散性を高めた、いわゆるジャンボ剤等の開発が盛んに行われている。これを生かすのも除草効果はもちろんであるが、水管理がポイントとなるのではないだろうか。農業全般に関し、昨年から水質環境基準や水田水の登録保留基準が設定されてきているが、水田周辺の水路、河川における除草剤検出量は現状の使用状態でもほとんど問題となる濃度ではないことを書き添えておく。

参考文献

- 1) 行本峰子ら：日本農薬学会誌，4（4），447 - 451．（1979）。
- 2) 山田忠男：雑草研究，30（1），1 - 20．（1985）。
- 3) 丸 論：千葉農試特別報告，No. 18．（1991）。
- 4) 和田健夫ら：関東東山病虫研報，21，155 - 156．（1979）。
- 5) 中村幸二：埼玉農試研究報告，No. 46．（1993）。