

都内河川における農薬の生態リスク評価

塩田 勉 若林 明子

要 旨

開放系で意図的に使用される農薬は、使用方法・時期によっては水生生物に有害なレベルで河川を汚染する恐れがあり、事実、都内河川水は甲殻類や藻類に有害な影響を及ぼす場合があることが明らかになってきている。そこで本研究では、いくつかの農薬について水環境中でのリスクを評価した。まず魚類・甲殻類・藻類に対する急性および慢性毒性値を実測または文献値より求め、その値をもとに生態系に対する予測無影響濃度（PNEC）を算出した。次に、過去4年間に都内河川中から検出された上記農薬の最高濃度を予測環境濃度（PEC）とし、PEC/PNECの値でリスクの大きさを評価した。その結果、ダイアジノンでは335、フェニトロチオン（MEP）では40、ジクロロボス（DDVP）では45、シメトリンでは20と、特に有機リン系殺虫剤のリスクが非常に高い時期があり、早急にリスクマネージメントを行う必要のあることが明らかになった。

キーワード: 生態リスク評価、農薬、予測無影響濃度、予測環境濃度、アセスメントファクター

1 はじめに

開放系で使用される農薬類は直接水域に流入するため、使用方法・時期によっては高濃度で河川を汚染し、水生生物に有害な影響を及ぼす恐れがある。事実、いくつかの都内河川水は甲殻類や藻類に有害な影響を示す場合があることが明らかになってきた。例えば、平成7年から11年までの5年間、都内7地点の河川水を対象としてミジンコ遊泳阻害試験を行ったところ、毎年幾つかの地点でミジンコの遊泳阻害が観察され（図1）、化学分析の結果との比較から原因物質は有機リン系の殺虫剤である可能性が強いことが分かった¹⁾。また、平成11年5月および6月に中川潮止橋で採取した試料において、藻類の増殖阻害が認められた²⁾。サンプリングの時期が灌漑期であること、藻類に対する毒性等を考慮すると、原因物質として除草剤が考えられる。

以上を踏まえて本研究では、都内河川水中において検出頻度の高い数種の農薬について、個別農薬の水生生物に対するリスクを評価することにした。対象とした物質は有機リン系殺虫剤であるフェニトロチオン（MEP）、ダイアジノン、ジクロロボス（DDVP）と、除草剤であるシメトリンの計4種である。

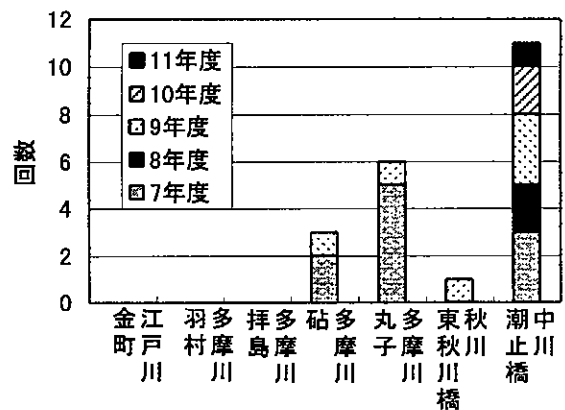


図1 河川水中の地点別ミジンコ遊泳阻害発生件数 (*11年度は中川と江戸川のみ)

2 リスク評価

(1) リスク評価手法

生態リスクの評価はOECDの水系生態系影響評価指針に準拠して行った。測定された化学物質の環境中濃度を環境予測濃度（PEC：Predicted Environmental Concentration）とし、生態系に対して有害影響のない低リスク濃度と計算された予測無影響濃度（PNEC：Predicted No Effect Concentration）との比較を行い、PEC/PNEC<1の場合は生態リスクが低い、PEC/PNEC>1の場合はリスクが高いと判断するものとした。

(2) PNECの算出方法

PNECは、藻類・甲殻類・魚類の3生物種に対する生態毒性データの中で最も低い値をアセスメント係数（AF：Assessment Factor）で除した値とした。生態毒性データは米国環境庁のデータベース「Aquire」から収集したが、膨大な数の生物についての毒性データが存在するため、OECDテストガイドラインにおいて推奨されている生物種（表1）に関するデータの中から、試験法等の点で信頼できるデータのみをPNECの算出に使用した。毒性データがデータベースにない場合は、環境庁の生態影響試験法ガイドライン³⁾に準じた毒性試験を実施した。AFはOECDが用いているものを使用した。この値は、入手できる毒性データの生物種数および毒性データの質（急性毒性か慢性毒性か）により異なる（表2）。

表1 OECDガイドラインにおいて推奨されている生物種

| | |
|-----|--|
| 藻類 | <i>Selenastrum capricornutum</i> <i>Scenedesmus subspicatus</i> <i>Chlorella vulgaris</i> |
| 甲殻類 | <i>Daphnia magna</i> |
| 魚類 | ゼブラフィッシュ (Zebrafish) ファットヘッドミノー (Fathead minnow) コイ (Carp) メダカ (Ricefish) グッピー (Guppy) ブルーギル (Bluegill) ニジマス (Rainbow trout) |

表2 PNECの算定に使用したアセスメント係数

| 急性毒性 | | | 慢性毒性 | | | AF |
|---------|-----|----|---------|-----|----|------|
| 藻類 | 甲殻類 | 魚類 | 藻類 | 甲殻類 | 魚類 | |
| 1種または2種 | | | | | | 1000 |
| ○ | ○ | ○ | | | | 100 |
| | | | 1種または2種 | | | 100 |
| | | | ○ | ○ | ○ | 10 |

(3) PECの算定方法

MEP、DDVP、ダイアジノンについては、過去4年間の東京都公共用水域農薬調査および要監視項目調査において⁴⁾、シメトリンについては公共用水域農薬調査において、都内河川水中から検出された最高濃度をPECとした。

3 有害性評価

それぞれの農薬のPNECを表3の右欄に示した。

(1) MEP

有機リン系殺虫剤であるMEPは甲殻類に対し極めて強い毒性を有していることがわかる。ミジンコ

(*Daphnia magna*) 繁殖試験における最低影響濃度 (LOEC) である0.2 μg/Lは、藻類 (*Scenedesmus* : 100 μg/L) および魚類 (ファットヘッドミノー : 20 μg/L) の慢性毒性値より100倍以上低い。3生物種の慢性毒性値が揃っていることからAFとして10を用い、0.02 μg/LをPNECとした。

(2) ダイアジノン

MEP同様、有機リン系殺虫剤であるダイアジノンは甲殻類に対して強い毒性を有する。ミジンコ (*Daphnia magna*) 繁殖試験における無影響濃度 (NOEC) である0.2 μg/Lは、藻類 (*Selenastrum* : 1000 μg/L) および魚類 (ファットヘッドミノー : 3.3 μg/L) の慢性毒性値より10倍以上低い。3生物種の慢性毒性値が揃っていることからAFとして10を用い、0.02 μg/LをPNECとした。

(3) DDVP

DDVPも有機リン系殺虫剤であるため甲殻類に対して強い毒性を有する。ミジンコ (*Daphnia magna*) 繁殖試験における無影響濃度 (NOEC) である0.11 μg/Lは、藻類 (*Selenastrum* : >1000 μg/L) および魚類 (コイ : 16 μg/L) の慢性毒性値より100倍以上低い。3生物種の慢性毒性値が揃っていることからAFとして10を用い、0.011 μg/LをPNECとした。

(4) シメトリン

除草剤であるシメトリンは藻類に対して特異的に高い毒性を有する。藻類 (*Selenastrum*) 増殖阻害試験における50%阻害濃度は6.6 μg/L⁸⁾であり、甲殻類 (*Daphnia magna* : 50000 μg/L) および魚類 (ニジマス : 12000 μg/L) の急性毒性値より1000倍以上低い。3生物種の急性毒性値が揃っていることからAFとして100を用い、0.066 μg/LをPNECとした。

4 暴露評価

各化学物質について、過去4年間に都内河川水中から検出された最高濃度とその検出地点名、測定地点数・検出地点数とそれらから算出した検出率 (%)、そしてPECを表3の左欄に示す。

(1) MEP

適用作物が広範囲に渡るMEPは多くの混合製剤が製造されており、都内・埼玉県内における出荷量も多い（表4）ことから、江戸川、多摩川、中川水域、綾瀬川水域等多くの地点の水から検出されている。最高濃度は平成7年の大場川中川合流点における0.8 μg/Lであつ

表3 リスク評価表

a) MEP

| PEC (μg/l) | | | | PNEC (μg/l) | | | |
|------------|------------|-------------|--------|----------------------------|-------|-----------|------|
| 最高濃度 | 検出地点 | 検出地点数/測定地点数 | 検出率(%) | 生物種 | 暴露期間 | エンドポイント* | 濃度 |
| 1995 | 大場川(中川合流点) | 15/117 | 12.8 | 急性毒性値 | | | |
| | | | | <i>Daphnia magna</i> | 48hr | EC50 | 11 |
| | | | | Rainbow trout (5d-old) | 4day | LC50 | 4100 |
| 1996 | 大場川(中川合流点) | 5/107 | 4.7 | Rainbow trout (41-46d-old) | 4day | LC50 | 1400 |
| | | | | Rainbow trout (83d-old) | 4day | LC50 | 2200 |
| | | | | Bluegill | 4day | LC50 | 800 |
| 1997 | 多摩川(丸子) | 1/104 | 1.0 | 慢性毒性値 | | | |
| | | | | <i>Daphnia magna</i> | 21day | LOEC | 0.2 |
| | | | | <i>Scenedesmus acutus</i> | 4day | NOEC(PGR) | 100 |
| 1998 | 大場川(中川合流点) | 7/103 | 6.8 | Guppy | 60day | REP | 250 |
| | | | | Fathead minnow | 31day | LC50 | 20 |
| | | | | AF | | | |
| PEC=0.8 | | | | PNEC | | | |
| 28/431 | | | | 6.5 | | | |
| | | | | PEC / PNEC = 40 | | | |

b) Diazinon

| PEC (μg/l) | | | | PNEC (μg/l) | | | |
|------------|-----------|-------------|--------|----------------------------------|-------|-----------|-------|
| 最高濃度 | 検出地点 | 検出地点数/測定地点数 | 検出率(%) | 生物種 | 暴露期間 | エンドポイント* | 濃度 |
| 1995 | 綾瀬川(桑袋大橋) | 22/117 | 18.8 | 急性毒性値 | | | |
| | | | | <i>Daphnia magna</i> | 48hr | EC50 | 0.84 |
| | | | | Rainbow trout (5d-old) | 4day | LC50 | 6200 |
| 1996 | 毛長川(鷺宮橋) | 8/107 | 7.5 | Rainbow trout (41-46d-old) | 4day | LC50 | 2300 |
| | | | | Rainbow trout (85d-old) | 4day | LC50 | >4000 |
| | | | | Bluegill | 4day | LC50 | 22 |
| 1997 | 毛長川(鷺宮橋) | 7/104 | 6.7 | Zebrafish | 4day | LC50 | 2120 |
| | | | | Guppy | 4day | LC50 | 800 |
| | | | | 慢性毒性値 | | | |
| 1998 | 中川(潮止橋) | 6/103 | 5.8 | <i>Daphnia magna</i> | 21day | NOEC(REP) | 0.2 |
| | | | | <i>Selenastrum capricornutum</i> | 10day | PGR | 1000 |
| | | | | Ricefish | 24day | HAT | 100 |
| PEC=6.7 | | | | PNEC | | | |
| 43/431 | | | | 10.0 | | | |
| | | | | PEC / PNEC = 340 | | | |

c) DDVP

| PEC (μg/l) | | | | PNEC (μg/l) | | | |
|------------|----------|-------------|--------|----------------------------------|-------|-----------|-------|
| 最高濃度 | 検出地点 | 検出地点数/測定地点数 | 検出率(%) | 生物種 | 暴露期間 | エンドポイント* | 濃度 |
| 1995 | 中川(潮止橋) | 11/114 | 9.6 | 急性毒性値 | | | |
| | | | | <i>Daphnia magna</i> | 48hr | EC50 | 0.21 |
| | | | | Rainbow trout (5d-old) | 4day | LC50 | 1700 |
| 1996 | 多摩川(丸子) | 5/107 | 4.7 | Rainbow trout (41-46d-old) | 4day | LC50 | 500 |
| | | | | Rainbow trout (85d-old) | 4day | LC50 | 643 |
| | | | | Bluegill | 4day | LC50 | 480 |
| 1997 | 多摩川(砧) | 8/104 | 7.7 | Guppy | 4day | LC50 | 3300 |
| | | | | 慢性毒性値 | | | |
| | | | | <i>Daphnia magna</i> | 21day | NOEC | 0.11 |
| 1998 | 毛長川(鷺宮橋) | 2/103 | 1.9 | <i>Selenastrum capricornutum</i> | 3day | NOEC(PGR) | >1000 |
| | | | | Carp | 60day | MATC | 16 |
| | | | | Fathead minnow | 28day | NOEC(GRO) | 70 |
| PEC=0.5 | | | | PNEC | | | |
| 26/431 | | | | 6.0 | | | |
| | | | | PEC / PNEC = 45 | | | |

d) Symetryne

| PEC (μg/l) | | | | PNEC (μg/l) | | | |
|------------|---------|-------------|--------|----------------------------------|------|-----------|-------|
| 最高濃度 | 検出地点 | 検出地点数/測定地点数 | 検出率(%) | 生物種 | 暴露期間 | エンドポイント* | 濃度 |
| 1995 | 中川(潮止橋) | 7/64 | 10.9 | 急性毒性値 | | | |
| | | | | <i>Daphnia magna</i> | 48hr | EC50 | 50000 |
| | | | | <i>Chlorella vulgaris</i> | 3day | EC50(PGR) | 464 |
| 1996 | 中川(潮止橋) | 4/48 | 8.3 | <i>Selenastrum capricornutum</i> | 3day | EC50(PGR) | 6.6 |
| | | | | Rainbow trout (41-46d-old) | 4day | LC50 | 12235 |
| | | | | Rainbow trout (85d-old) | 4day | LC50 | 23401 |
| 1997 | 中川(潮止橋) | 5/42 | 8.3 | Bluegill | 4day | LC50 | 25000 |
| | | | | 慢性毒性値 | | | |
| | | | | AF | | | |
| 1998 | 中川(潮止橋) | 1/42 | 2.1 | 3生物種の急性毒性値有り = 1/100 | | | 0.066 |
| | | | | PNEC | | | |
| | | | | PEC=1.3 | | | |
| 17/196 | | | | 8.7 | | | |
| | | | | PEC / PNEC = 20 | | | |

* EC50:半数影響濃度 LC50:半数致死濃度 MATC:最大許容濃度 REP:繁殖 PGR:増殖 HAT:孵化 MOR:致死 GRO:成長

表4 東京都と埼玉県における各農業の出荷量(t)経年変化(原体に換算)

| 農薬名 | 東京都 | | | | 埼玉県 | | | |
|--------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|
| | H7年 | H8年 | H9年 | H10年 | H7年 | H8年 | H9年 | H10年 |
| MEP | 61 | 64 | 62 | 59 | 23 | 23 | 27 | 26 |
| ダイアジノン | 5.2 | 5.6 | 6.0 | 5.3 | 20 | 20 | 24 | 23 |
| DDVP | 16 | 21 | 12 | 11 | 20 | 22 | 25 | 22 |
| シメトリン | 0.19 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 5.6 | 4.1 | 4.0 | 3.7 |

(文献9)より算出)

た。大場川では前年度にも0.7μg/Lで検出されていることや、都内及び埼玉県内におけるMEP出荷量に減少が見られないことなどから、0.8μg/LをPECとした。

(2) ダイアジノン

MEP同様、適用作物が多く稲作・畑作ともに使用されるダイアジノンは、江戸川、多摩川、中川水域、綾瀬川水域と多くの地点から検出されており、特に中川、綾瀬川とその支川である毛長川においては毎年検出された。最高濃度は平成7年の毛長川鷺宮橋における6.7μg/Lであった。毛長川および綾瀬川においてはしばしば1μg/Lを超える濃度で検出されていることから、6.7μg/Lは突出した値ではないと考える。都内と埼玉県内における出荷量も横ばいであることから、6.7μg/LをPECとした。

(3) DDVP

主として畑作に使用されるDDVPは都内における出荷量も多いことから、しばしば多摩川の砧・丸子において検出された。また、中川流域と綾瀬川流域からも検出された。最高濃度は平成10年の毛長川鷺宮橋における0.5μg/Lであるが、中川や多摩川においても同程度の濃度が検出されていること、出荷量に明確な減少傾向が見られないことなどから、0.5μg/LをPECとした。なお、都心部の古川金杉橋において平成7年に3.9μg/Lという高い値が一度検出された。この原因は不明であるが、一部の有機リン系農薬は防疫用薬剤として住宅地の側溝などに散布されることから、それが降雨により流出した可能性はある。しかしこの値は極めて突出した値であり、農業用に使用されたものではないと考えられることから、今回のPECの算定には用いなかった。

(4) シメトリン

シメトリンは主に稲作に使用される除草剤であるため都にはほとんど出荷されておらず、検出地点は埼玉県内の水田地帯を流下する中川にほぼ限られていた。最高濃度は平成7年の潮止橋における1.3μg/Lである。検出濃度、検出地点数ともに減少傾向を示しているものの、出荷量はそれほど大幅な減少傾向を示していないため、PECとして1.3μg/Lを用いた。

5 リスク評価

PECとPNECの比較により各化学物質の生態リスクを評価した結果、PEC/PNEC値は高い順に、ダイアジノンについて335、DDVPについて45、MEPについて40、シメトリンについて20となり、4物質ともに水域の生物にリスクを与えていることが明らかとなった。中でも有機リン系殺虫剤のリスクは極めて高く、ダイアジノンやDDVPは甲殻類の急性毒性値を超える濃度で検出されることがあることから、早急なリスクマネジメントが必要である。また、有機リン系殺虫剤の甲殻類に対する毒性は極めて強く、DDVPの慢性毒性値0.11μg/Lは検出限界の0.1μg/Lと同レベルである。すなわち、甲殻類が影響を受けるかどうかを化学分析の結果からは予測できないことになる。このような物質については、生態系への影響を未然に防止するためにも、さらに高感度での分析が必要であると考えられる。

6 おわりに

本研究ではPEC、PNECの比較によるリスク評価を行ったが、PNECについてはその算定にAFを用いていることや、慢性毒性値が不足しているものがあること、またPECについては年数回しか測定していないことなどから、PNEC、PECの値そのものは暫定的なものであり、今後もより精度の高いものへと修正していく必要がある。しかし、このような暫定的な評価であっても、リスクが高いと判断された化学物質についてはリスクマネジメントを行う必要があると考える。その際、環境水中には無数の化学物質が存在する可能性があることから、優先順位の高いものからリスクマネジメントを行っていくべきであろう。そのような手法により、化学物質の水生生物へのリスクを適切に削減していくことが出来ると考えている。

引用文献

- 1) 塩田勉ら：ミジンコを用いた都内河川水のリスク評価，東京都環境科学研究所年報1999，p.75-80 (1999)。
- 2) 塩田：未発表データ
- 3) 環境庁企画調整局環境研究技術課長、環企研第290号：化学物質に係る生態影響試験法について，1992。
- 4) 東京都環境保全局：(平成7年度～10年度)公共用水域及び地下水の水質測定結果，

- 5) Office of pesticide programs : Environmental Effects Database (EEDB), Environmental fate and effects division, U.S.EPA, Washington, D.C., 1995.
- 6) Dortland R. J. : Toxicological evaluation of parathion and azinphosmethyl in freshwater model ecosystems, Versl. Landbouwk. Onderz., 898, p.1-112, 1980.
- 7) Brooke L. T. : Results of freshwater exposures with the chemicals atrazine, biphenyl, butachlor, carbaryl, carbazole, dibenzofuran, 3,3-dichlorobenzidine, dichlorvos, Center for lake superior environmental studies, University of Wisconsin, Superior, WI, 110p, 1991.
- 8) Kasai F. and S. hatakeyama : Herbicide susceptibility in two green algae, chlorella vulgaris and selenastrum capricornutum, Chemosphere, 27(5), p.899-904, 1993.
- 9) 農林水産省農産園芸局植物防疫課監修：農薬要覧 (1995-1998)、日本植物防疫協会.

Ecological Risk Assessment of Selected Pesticides in River Waters

Tsutomu Shioda and Meiko Wakabayashi

Summary

Pesticides that are used intentionally in open areas can pollute rivers and adversely impact aquatic life under specific conditions. In fact, it has been confirmed that several river waters in Tokyo have toxic effects on crustaceans and algae. In this study, ecological risks of selected pesticides in aquatic environments were evaluated. Based on our literature review and experiments, we determined acute and chronic toxicity levels of fish, crustaceans, and algae. On this basis, predicted-no-effective-concentrations (PNEC) were calculated. Next, using the maximum concentration detected in river water in Tokyo during the past 4 years as a predicted-environmental-concentration (PEC), ecological risk was evaluated by the ratio of PEC to PNEC. The ratios were 335 for diazoin; 40 for fenitrothion (MEP); 40 for dichlorvos (DDVP); and 19 for symetryne. These findings indicate that the risk of organophosphorous pesticides is extremely high and that immediate risk management should be undertaken.

Keywords: ecological risk assessment, pesticide, predicted-no-effective-concentration, predicted-environmental-concentration, assessment factor