

農薬の生態リスクの評価と管理
Ecological risk assessment and management of pesticides
永井孝志 (農業環境技術研究所)
Takashi NAGAI (National Institute for Agro-Environmental Sciences)

【はじめに】

水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準（以下水産登録保留基準と略す）が改正され、農薬の水生生物に対するリスク評価に基づいた基準値の設定が進められている¹⁾。毒性の基準値（急性影響濃度もしくは Acute Effect Concentration, 以下 AEC）は魚類（メダカ又はコイ）、ミジンコ（オオミジンコ）、藻類（緑藻 *Pseudokirchneriella subcapitata*）の急性毒性試験結果による LC₅₀（半数致死濃度）もしくは EC₅₀（半数影響濃度）をそれぞれの不確実性係数で除したものの最小値と設定される。また環境中予測濃度（Predicted Environmental Concentration, 以下 PEC）はその算定のための標準シナリオに基づいて計算され、PEC<AEC であるときにリスクは懸念レベルに無いと判定される。しかしこの評価スキームにおいて PEC 算定のシナリオは一つに限定され、地域差などの不確実性は考慮されていない。また毒性評価においては、魚類と甲殻類に限り種間の感受性差による不確実性係数が適用されるが、その明確な根拠は示されていない。従ってより高度に生態リスクを評価するためには、毒性や曝露などの不確実なパラメータを一つに決定せずに分布として表現し、確率論的な評価を行うのが望ましいと考えられる。

一般的な生態リスク評価では毒性の基準値を予測無影響濃度（Predicted No Effect Concentration, 以下 PNEC: 水産登録保留基準における AEC とほぼ同義である）で表し、水産登録保留基準と同様に PEC/PNEC 比（もしくはハザード比, Hazard Quotient, 以下 HQ）が 1 以上でリスクあり、1 未満でリスクなしと判定される。このような HQ によるリスク評価（決定論的リスク評価）は農薬の登録を保留するかしないかの判断には線引きが明確であるため効果的であるが、リスクの大小を評価したいときには問題点を多く含んでいる。例えば水産登録保留基準による Tier1 PEC（より安全側の高い値になる）を用いた HQ と Tier2 PEC（より現実的な値）を用いた HQ では意味するものが変わってくるため、HQ の大小でリスクを比較することは不可能である。また、魚類やミジンコでは種の感受性に関する不確実性係数 10 が適用されるが、追加試験種による試験データを提出することで不確実性係数は下がり、藻類では最初から 1 が適用される。つまり、HQ はリスクの大きさは直接関係のない不確実性係数の大きさで変化してしまう。これに対して不確実性を解析することによってリスクを確率として定量化する確率論的リスク評価は、(1) リスクの「ある」「なし」のみではなくその大きさを定量化できる、(2) 不確実性係数などの影響を受けないリスクそのものを評価できる、(3) 恣意的なリスクの有無の判断を回避できる、などの利点がある。

本研究では、水産登録保留基準における評価スキームの毒性評価や曝露評価の不確実性を定量的に解析し、確率論的な生態リスク評価を行った。評価の対象として水稲用除草剤として日本国内で一般的に使用されているシメトリン（N₂,N₄-ジエチル-6-メチルチオ-1,3,5-トリアジン-2,4-ジアミン; CAS 番号 1014-70-6）を選定した。水田で使用される除草剤は農業排水路を通して直接水系に流出するため、水圏生態系へのリスクは畑作使用の農薬に比較して高いと考えられる。また、欧米ではコメは主要な作物ではないため水稲用除草剤のリスク評価はほとんど行われておらず、アジア地域における生態リスク管理を考える上でも水稲用除草剤の生態リスクを評価する意義は大きいと考えられる。

【方 法】

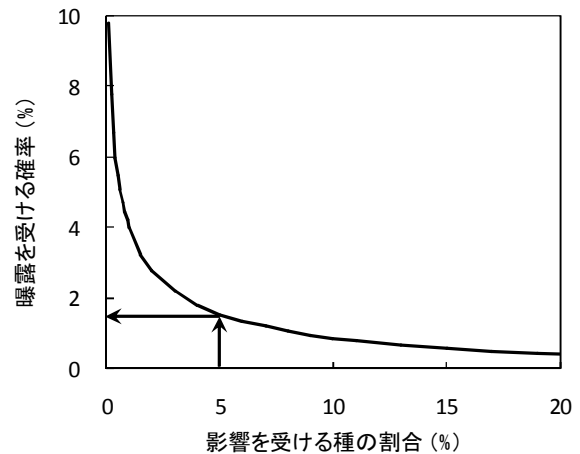
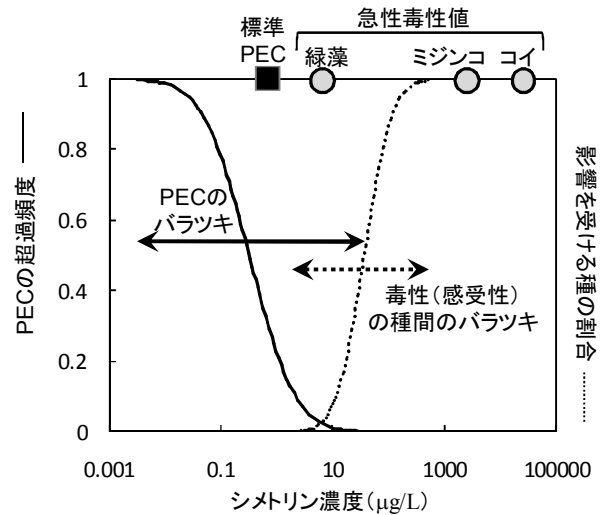
毒性評価では、文献からシメトリンの生態毒性試験の結果を収集し、種の感受性の違いを統計的な分布によって表現することにより、曝露濃度と影響を受ける種の割合の関係を解析した。曝露評価では、PEC 算定に用いる各パラメータ（水田面積、河川流量、普及率など）の地域的な変動を各種統計データにより確率分布として表現し、モンテカルロシミュレーションを用いて PEC の取りうるばらつきを解析した。

【結果と考察】

文献から得られた 31 属の淡水産藻類の EC₅₀ 値は、対数正規分布に有意に適合した。これより 5%の種が影響を受ける（有意な生態影響のある閾値と想定できる）濃度は 8.2 μg/L と推定され、AEC（6.2 μg/L）に近い値が導出された。

10000 回の試行によるシミュレーションの結果、PEC の平均値は 0.77 μg/L、ワーストケースシナリオに相当する 95 パーセンタイル値は 2.8 μg/L となった。標準シナリオによる PEC（0.71 μg/L）は得られた分布中の平均に相当するという位置づけが示された。

PEC のばらつきを対数正規分布に適合させ、種の感受性の分布と重ねると右図上段のようになる。この分布の重なりから、ある割合の種が影響を受ける濃度レベルの曝露を受ける確率を計算し、Joint Probability Curve（リスクカーブ）として表した（右図下段）。この例では 5%の種が影響を受ける確率は 1.5%と計算された。このようにリスクを確率として定量化することにより、リスク比較やリスク削減効果の評価が可能となり、効率的な管理体制の提案が可能となる。



PEC と感受性の分布(上)とリスクカーブ(下)

【今後の展望】

農業環境技術研究所では、GIS 情報と農薬動態予測モデルを統合した汎用的な曝露評価手法及び農薬毒性に関わる種の感受性分布を基にした毒性評価手法を開発し、並びに河川生態系の優占種である水生昆虫（コガタシマトビケラ）、付着珪藻の毒性データを蓄積していく。また、これら曝露、毒性の不確実性を確率論的に解析し生態リスクを定量化する手法を開発する。さらに、農薬の物理化学性や生態毒性のデータベースを作成し、評価法開発との研究の一体的な効率的推進を図る。これらの成果を活用し、農薬の河川生態系に対する生態リスクの効率的な管理のための手法を提示していきたいと考えている。

【参 考】

1) 環境省：水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準について

<http://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html>