

農薬の生態リスク評価のために 種の感受性分布解析

永井 孝志

生物多様性研究領域 化学物質影響評価ユニット



農薬が河川生態系に与える影響を調べる

農薬は安定した食物生産に欠かせない資材ですが、農地の外に流出した場合には防除の対象外である生物に悪影響を与える心配があります。特に日本の農業は水田を中心としているため、そこで使用された農薬は水田排水を通じて河川に流出しやすいという特徴を持っています。農薬の適切な管理のためには、化学物質の毒性値（有害性）と環境中濃度（曝露量）を比較してリスクの有無を判断したり、リスクの大きさを指標化して定量的に表現したりする生態リスク評価が必要になります。

現在、農薬の生態リスクを評価する一般的な手法としては、農地から流出した農薬の河川等の環境中濃度と、藻類、ミジンコ、魚類等の指標生物種に対する毒性値を比較します。この手法は、現行の農薬取締法に基づく「水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準」という制度で活用されています。ここでの毒性値は、それぞれの生物種を実験室内で単独で飼育し、そこに化学物質をさまざまな濃度で加え、生死や増殖等への影響を調べる試験によってもとめられます。しかし、農薬は、害虫や雑草など特定の生物に対して毒性が高く、人間など対象外の生物に対して毒性が低くなるように作られています。そのため、農薬による影響は生物種によって極端に異なり、限られた特定の指標生物種に対する毒性を調べるだけでは農薬の生態系に対する影響の実態把握は不十分と考えられています。

種の感受性分布（SSD）を使った新しい評価法

ところが、水環境中に生息するすべての種に対する毒性試験を行って、毒性値を得ることは現実的には不可能です。一方で、自然現象の中に現れるバラツキは釣鐘型をした正規分布に近似できるものが多く、多数の生物種の毒性値の対数値も正

規分布に近似できることが経験的に知られています。これを、図1のような累積確率分布として表現したものが種の感受性分布（species sensitivity distribution, SSD）と呼ばれています。その活用には、環境中の農薬の濃度から「影響を受ける種の割合」を計算してこれをリスク指標とする方法と、95%の種を保護する濃度（すなわち5%の種が影響を受ける濃度、5% Hazard Concentration, HC5）を推定して、リスク管理のための目標濃度を定める方法の二通りがあります。

SSDは欧米等諸外国では生態リスク評価への活用が従来から進んでいますが、日本国内では研究者の間でもあまり知られていませんでした。この解析手法を詳しく解説した日本語の文献がほとんどないことがその大きな理由ではないかと考えられました。そこで、日本における農薬の水圏生態リスク評価にこの手法を適用するための技術的な

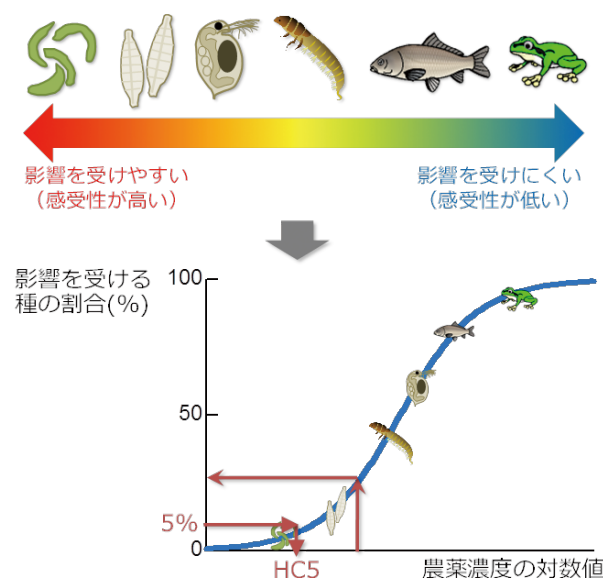


図1 種の感受性分布の概念図

この例では、6種の生物を農薬によって影響を受けやすい順番に並べ（図上段）、それぞれの種の毒性値に従って対数正規分布曲線（図下段の曲線）に適合させています。この曲線は、農薬の濃度（の対数値）が上昇するにつれて、影響を受ける種の割合が高くなっていくという関係を示しています。（注：この図はあくまで概念的な説明であり、生物種に対する感受性の順序は農薬の種類によって異なることが知られています）

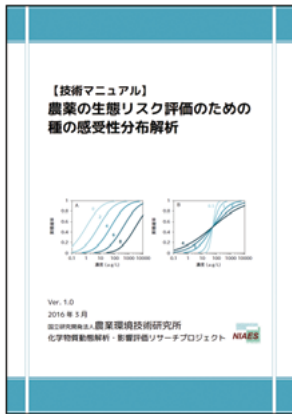


図2 技術マニュアル表紙

農研機構ウェブサイトから、技術マニュアルと計算用ファイルがダウンロードできます。
<http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/techdoc/ssd/>

検討を行い、その結果を日本語の技術マニュアル(図2)として公表することにしました。また、SSDの技術的検討を続ける中で、統計の専門知識がなくても簡単に解析できるツールを開発して欲しい等の要望をいただきました。また、大学や地方自治体等の研究者によって、河川水中の農薬モニタリング等が各地で行われていますが、その測定結果の解釈が難しいため、明確な生態リスク評価ができない面がありました。そこで、環境中農薬濃度の測定結果を入力するだけで種の感受性分布を用いた生態リスク評価が可能な、Microsoft Excelベースの計算ツール(図3)等を作成・公表しています。本マニュアルの電子ファイル(PDF)と解析のためのExcelファイルは、農研機構のウェブサイトから、ダウンロードできます。

SSD解析が役立った事例

これまでに国内で使用されている主要な水稲用農薬を対象に、68剤のSSD解析を行ってきました。このSSDから計算された予測無影響濃度(HC5)と登録保留基準値(前述、農薬取締法に基づく「水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準」に

よる)とを比較したところ、多くの農薬ではおおむね同様の値となっており、現行の登録保留基準値でHC5と同程度の安全性が担保されていると考えられました。しかしながら、ネオニコチノイド系農薬等特定の作用機作の農薬では、調査当時の登録保留基準はHC5よりも10倍以上高く、当時の制度ではリスクが過小評価されていると判断されました。このような知見が得られた後、登録保留基準の制度において、問題とされた特定の作用機作の殺虫剤では、これまでの3種の試験生物のデータに加えてユスリカ幼虫の毒性試験データの提出が必須となりました。この変更に伴い、例えばイミダクロプリドの基準値は8500 µg/Lから1.9 µg/Lに、フィプロニルの基準値は19 µg/Lから0.024 µg/Lに改正されるなど、大幅に厳しい基準値となりました。このように、間接的にはありませんがSSDは国内の生態リスク評価・管理にも活用されるようになってきています。

複合影響を計算するツールを新たに開発

さらに、SSDを活用して複数農薬の複合影響を考慮した累積的な生態リスクを評価する手法の開発にも着手しました。個別の農薬のリスクが低いと判定された場合であっても、実際の環境中では数十もの多種類の農薬が同時に検出されるため、そのような複合影響を考慮すると評価が変わってくる可能性があります。このため、既存の複合影響予測モデルをSSDと組み合わせることで多数の農薬の複合影響を計算できるように、新たなリスク評価ツールを開発しました。これについても、2018年3月に農研機構のウェブサイトにて公開されました。

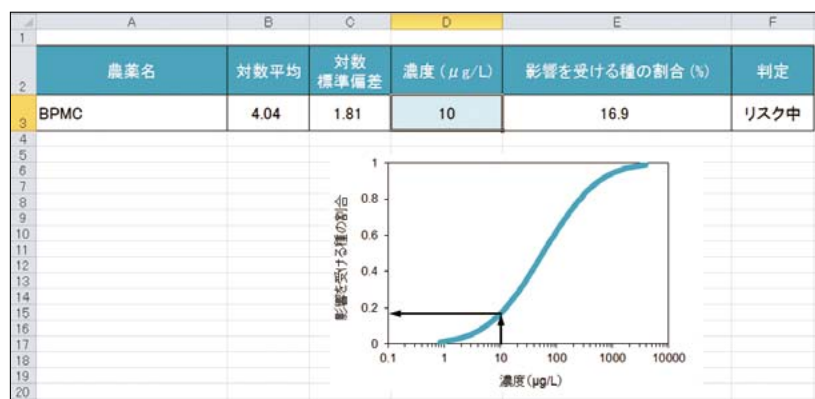


図3 MS-Excelを用いた「影響を受ける種の割合」の計算

68 農薬の種の感受性分布のパラメータが予め入力されており、農薬名を選択して河川水中農薬濃度(µg/L)を入力するだけで「影響を受ける種の割合」が計算されます。また、そのリスクの大きさの判定結果も示されます。