

農研機構 農業環境変動研究センター

Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO

INDEX
メッセージ

- 農業環境とリスク研究 2

特集『リスクの基本的な考え方』

- リスクって何?安全って何? 3

研究トピックス

- 栽培前の土壌を測って
収穫後の農作物中 POPs 濃度を推定する 5
- 農業の生態リスク評価のために
種の感受性分布解析 7
- 農業などの大気を経由した環境動態研究 -最近の話題-
無人航空機による農薬散布と土壌くん蒸剤 9

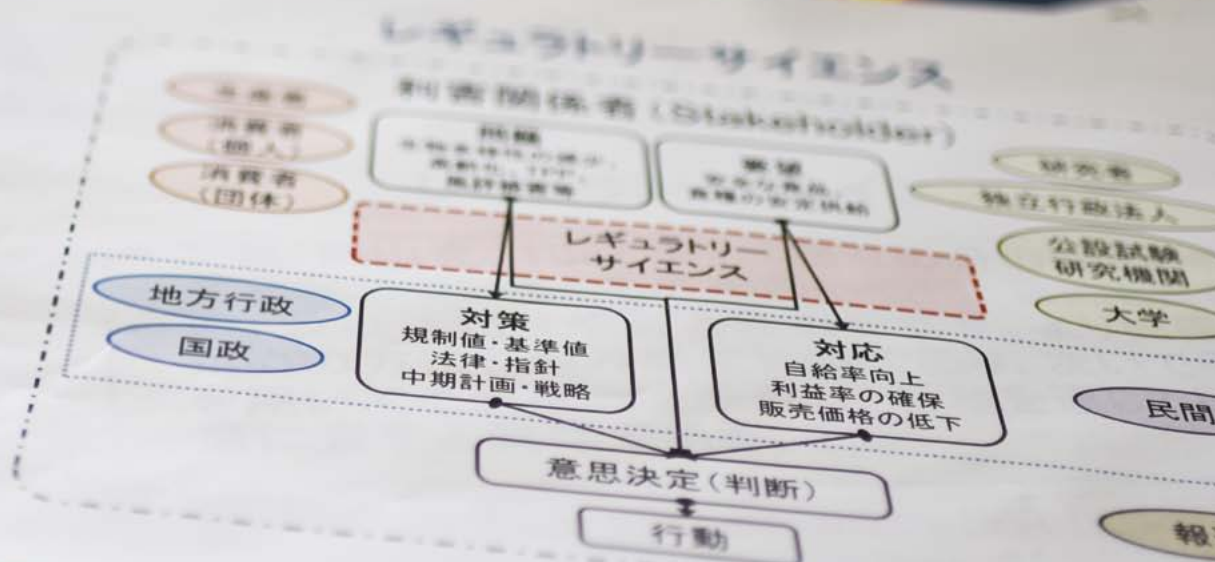
NIAES トピックス

- 第8回農業環境インベントリー研究会
農業～環境～多様性につながる統計データ解析 ... 11
- 農環研若手研究者奨励賞 12
- 一般公開のご案内 12

農業と環境

No.113

2018.3



農業環境とリスク研究

農業環境におけるリスクを広義にとらえると、さまざまな関連することがらが浮かびます。地球温暖化やそれに伴う極端な気象は、農作物の収量や品質に影響するだけでなく、土壌侵食や砂漠化などにより耕作可能な土地の減少を引き起こします。外来生物のなかには、農耕地に侵入・定着・まん延して農作物の収量や品質に影響をもたらすものや、河川や湖沼に拡がって用水路の通水や漁業に悪影響を及ぼすものもあります。少子高齢化は、農業従事者の減少や耕作放棄地の増加の要因となるし、世界の人口増加や食文化の変化は、農作物の輸出入を介して穀物価格の変動に結びつき、輸入大国の日本ではその影響は極めて大きいと予想されます。

化学合成農薬（以下、農薬とする）は、わが国の生物多様性国家戦略において、第3の危機、すなわち人間が持ち込んだ生態系攪（かく）乱の危害要因（ハザード）として位置づけられています。農薬は、土壌に吸着して農耕地にとどまるだけでなく、時に降雨などによって土壌中を縦横に移動し、水系に入ればその流れに沿って動き、大気に拡散すれば風任せで浮遊します。また、環境中で分解・消失する一方、一部は生物に取り込まれ、その成育に影響を与えたり、食物連鎖によって高次捕食者に生物濃縮されたりします。そのため、農薬の登録に際しては、農作物を食べるヒトの健康への影響はもちろん、環境中の生物に対する毒性などの生態系影響まで、幅広いリスクを想定した審査がおこなわれます。

ところで、Connellは1978年に「中規模攪乱仮説」を提唱しました。これは、種の多様性が最も大きくなるのは、人為的または自然による攪乱が中程度の場合であるというものです。実際、刈払いや放牧のような人為的攪乱が適度におこなわれる二次的または半自然草地は、在来種の宝庫になっていますが、これらの頻度が高すぎると生物多様性が減少してしまいます。一方、何もしないで放置すれば、競合力が強い植物が優占するため、やはり生物多様性は減少してしまいます。つまり、攪乱は程度によって、生物多様性に対してプラスにもマイナスにもなるのです。

農薬に限らず、リスクの要因である多くのハザードは、良い面も合わせもっています。また、リスクを回避するための安全策やより良い効果を求めるための対策には、多くの場合は副作用があります。リスクトレードオフとよばれる関係です。



農研機構 農業環境変動研究センター
生物多様性研究領域長 與語 靖洋

実効性のある技術開発に向けた研究では、それがもたらす現象が人為的に制御可能かどうかを見きわめ、リスクとベネフィットの両面からそれらの特性を俯瞰（ふかん）的かつバランス感覚を持って把握する必要があります。農業環境におけるさまざまなリスクを低減し、持続可能な農業を実現するために、このような問いかけをたえず続けながら研究を進めています。

リスクって何？安全って何？

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

「リスク」という言葉はよく見聞きするわりに、きちんとした定義を問われれば言葉に詰まる人が多いのではないのでしょうか。似た概念として「安全」という言葉があります。リスクと安全はどう違うのでしょうか。ここではその定義について簡単に説明したいと思います。

リスク = 結果の重大さ × 発生確率

リスクは基盤として「結果の重大さ × その発生確率」と表現されます。例えば、破局的噴火や小惑星衝突など、その結果は重大だけど発生確率は低いという性質のものがあります。東日本大震災やリーマンショックもその一つでしょう。反対に、蚊にさされたり紙で指を切ったりなど、その結果はささいだけれど発生確率は高いという性質のものもあります。これらは性質が大きく異なるものの、ともに「リスクは低い」と表現されることになります。また、結果の重大さを「人の死」等に固定すると、単に発生確率でリスクを計算できるようになります。例えば、2017年の交通事故による年間死者数は3694人でした（警察庁統計）。これを2017年末時点の人口1億2660万人で割ると10万人あたりの年間死者数2.9人となります。また、2000～2009年の落雷による年間平均死者数は3.0人（警察白書）ですので、同様に10万人あたりの年間死者数は0.0024人と計算されます。交通事故による死亡リスクは雷の1208倍ということになります。

化学物質のリスク

基本概念は前述のとおりですが、具体的なリスクのとらえ方は分野ごとに異なります。例えば化学物質のリスクは、有害性 × 曝露（ばくろ）量で表現されます。食塩でいえば、半数致死量 = 150 g / 人であり、これは一度に150 gの塩を食べると半分の人死ぬという意味です。これが有害性の

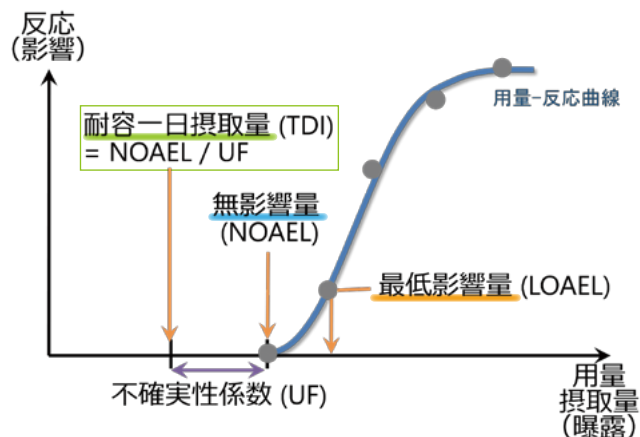


図1 化学物質の有害性評価の基本的な概念図

マウスなどの動物実験から得られた結果を、横軸に摂取量（用量）、縦軸に反応をとってプロットすると用量-反応曲線が得られます。（統計的有意な）影響が見られなかった用量のうち最大のものを無影響量（no observed adverse effect level, NOAEL）、影響が見られた最低の用量を最低影響量（lowest observed adverse effect level, LOAEL）とします。これを不確実性係数（uncertainty factor, UF）で割って、**耐容一日摂取量**（tolerable daily intake, TDI）などを求めます（農薬などでは耐容→受容と言言葉が変わりますが基本的に同じ概念です）。不確実性係数はマウスの結果を人間に外挿するための10（人間はマウスの10倍弱いと仮定する）、人間の個体差を考慮した10（感受性の差が化学物質に強い人と弱い人で10倍程度あると仮定する）などを用います。

強さです。また、平均的に日本人は男性で11 g、女性で10 g程度の食塩を摂取しており、これが曝露量になります。この曝露量は半数致死量を下回っているため、食塩の急性中毒でヒトがバタバタと死ぬおそれはない、ということになります（ただし慢性的には高血圧の原因となります）。また、リスクを減らすには、有害性が曝露量のどちらかを減らせばよいこととなります。有害性を減らすには他の有害性の低い調味料に変えたり、曝露量を減らすには食塩の摂取量を減らせばよいのです。

次に化学物質のリスク評価について、もう少し実務的な側面を見ていきます。図1に示すのは用量-反応曲線と呼ばれるものです。化学物質の有害性評価においてはマウスなどを用いた動物実験を行うのが一般的です。化学物質の摂取量が増加していくと反応（悪影響を示した個体の割合）が増加していく様子がプロットされています。無影響量が決定されると、不確実性係数で割って耐容一日摂取量が算出されます。これを超えなければヒトに実質的な悪影響はないものと判断されますので、これを超えないように環境や食品中含有量に基準

特集『リスクの基本的な考え方』

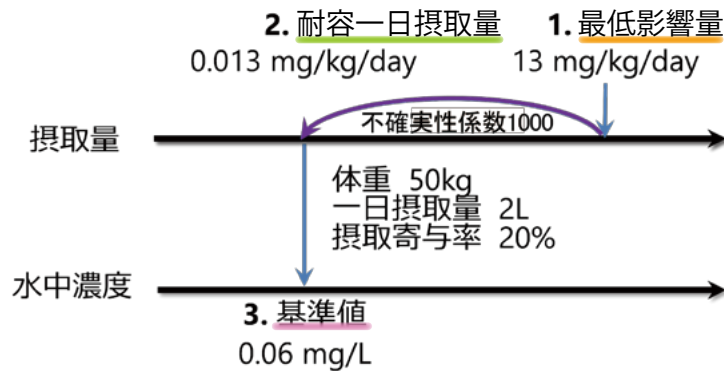


図2 クロロホルムの水道水質基準の例

1. 犬の動物実験から最低影響量が 13 mg/kg (体重) /day と決定されると、2. 不確実性係数 1000 (種差 10× 個人差 10× 最低影響量の使用 10) で割って、耐容一日摂取量は 0.013 mg/kg/day となります。3. 体重 50 kg の人が一日に 2L の水を飲み、水道水からの摂取寄与率が 20% (他は大気経由など) とすると、耐容一日摂取量を超えないような水中濃度は、 $0.013 \text{ (mg/kg/day)} \times 50 \text{ (kg)} \times 0.2/2 \text{ (L/day)} = 0.065 \text{ mg/L}$ と換算され、ここから水道水の水質基準値は 0.06 mg/L となりました。

値を設定するなどして、曝露量を管理するわけです (例えば図2)。

「安全」のレベルは時代や国、文化によって違う

リスクと似た概念である「安全」についての定義を説明します。ISO/IEC Guide51:2014 (規格に安全に関する面を導入するためのガイドライン) においては、安全とは“freedom from risk which is not tolerable” すなわち「許容できないリスクがないこと」と定義されています。安全とはゼロリスクを示すものではなく、そのリスクが許容できるか否かが重要であることがわかります。よって、安全を評価するためには、(1) リスクの大きさを評価する、(2) そのリスクが受け入れられるかを決める、という二つのステップが必要になるのです。許容できるリスクレベルのことを「安全目標」と呼びます。これが分野によって大きく違うことがポイントです。つまり、分野によって許容可能なリスクレベルは異なり、単純に「リスクレベルが〇〇以下は安全」と決められるものではないのです。例えば交通事故においては、政府が平成 28 年 3 月に決定した第 10 次交通安全基本計画において、道路交通事故の発生から 24 時間以内に亡くなる方の数を 2500 人以下とするという安全目標を定めています。他にも、河川堤防は 200 年に一度の洪水に耐えうるように設計され、発がん物質では生涯 10 万人に 1 人の死亡リスクが管理目標とされ、放射線の曝露は年間 1 mSv 以下とすることが目標とされます。また、かつての第 5 次交通安全基本計画 (1991 ~ 1995 年) では目標値は死者数 1 万人以下であり、時代に合

わせて安全目標自体も変化するものであることがわかります。さらに、餅などの窒息のリスクが高い食文化や、毎回死者を出すような危険なお祭りが未だに続いていたりしますが、これは文化がリスクを許容しているものと考えられます。このように、安全は時代や国、文化によっても違うため、科学的に (客観的に) 評価できるものではありません。よく聞かれる、安全は科学的なもの・安心は心理的なもの、という誤った安全・安心二分論にまどわされないようにしましょう。

その他の分野におけるリスクの考え方

最後に他の分野におけるリスクの考え方についても触れておきたいと思います。自然災害においてリスクは、ハザード × 曝露 × 脆弱性で表現されます。ハザードは地震などの大きさと発生確率、曝露は人や建物などの被害を受ける対象の多さ (人が住んでいなければどれだけ大きな地震でもリスクはない)、脆弱性は地震に対する対策がどの程度できているかというハード・ソフト面での対応力を示します。気候変動のリスクもほぼ自然災害と同様に表現されます。サイバー犯罪などのセキュリティでは、リスク = 脅威 (攻撃発生確率) × 脆弱性 (攻撃への対応力) × 帰結 (攻撃成功時の被害の大きさ) で表現され、金融ではリスクは単にバラツキの大きさ (ボラティリティとも呼ばれる) で表現されます。「リスク」という時に、どの分野の話をしているのかを最初に共有しないと話が噛み合わないのも、このような分野特異性が大きいためなのです。

栽培前の土壌を測って 収穫後の農作物中POPs濃度を推定する

清家 伸康

有害化学物質研究領域 有機化学物質ユニット



POPs とは

POPs とは 残留性有機汚染物質 (Persistent Organic Pollutants) の略称で、残留性、生物濃縮性、長距離移動性、毒性の、全ての特性を有する物質と定義されています。現在、ダイオキシン類、ポリ塩化ビフェニル (PCB)、過去に農薬として使用された DDT、ディルドリンやヘプタクロル類などが対象となっています。2004 年に発効した残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 (POPs 条約) の下、国際的に協調してこれらの物質の廃絶、排出削減などが進められています。

近年、国内産のウリ科作物 (キュウリとカボチャ) からディルドリンとヘプタクロル類が食品衛生法に定められた残留基準値を上回る濃度で検出されました。これは、「食の安全」を揺るがす問題であり、産地では出荷の自粛、広範な土壌・作物検査等の緊急対応が行われました。一方、我々研究者には汚染されたウリ科作物の産出や流通を未然に防ぐため、栽培前の土壌中の濃度から収穫後の農作物中の濃度を推定する手法 (土壌診断)、および、それに基づく栽培適否の判断手法の開発が求められていました。

土壌中濃度と農作物への移行の関係

土壌中のディルドリンとヘプタクロル類は、土壌構成成分のうち腐植等の有機成分に吸着して存在しており、有機成分の少ない砂質未熟土のよう



な土壌への吸着は弱く、有機成分の多い黒ボク土への吸着は強いとされています。仮に、砂質未熟土と黒ボク土に残留しているディルドリン濃度が同じであった場合には、土壌中の水分 (土壌溶液) への溶出は砂質未熟土では多く、黒ボク土では少なくなります。農作物は、土壌に残留している POPs や農薬のうち土壌溶液へ溶出した成分を吸収するため、砂質未熟土のような有機成分が少ない土壌のほうが農作物へ移行しやすいとされています。

これらの現象を土壌診断の視点から見た場合、栽培前の土壌に含まれる対象化合物の全量を抽出して得た値を用いて収穫後の農作物中の残留濃度を推定すると、過大評価する可能性があることを示しています。したがって、農作物における可吸性を表現できる土壌の抽出法が必要になります。

土壌診断法の確立

土壌診断法を普及させるには、コストの観点から既存の施設、汎用機器で対応できることが必要条件となります。特殊な資材や機器を必要としない、かつ、農作物における可吸性を表現できる土壌の抽出溶剤を検討した結果、50%メタノール・水 (v/v) を選定しました (図 1)。この溶媒を用いる

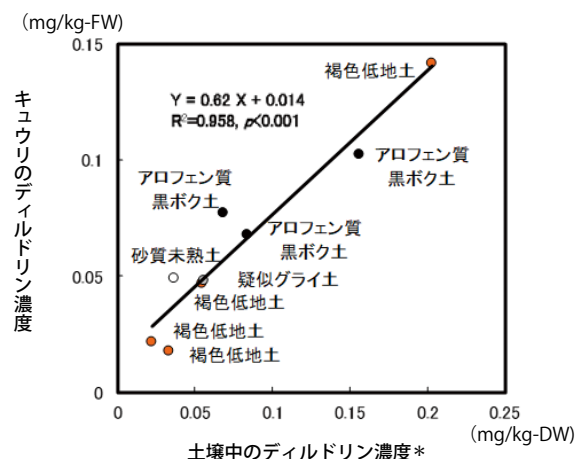


図 1 キュウリおよび土壌中のディルドリン濃度*の関係
*50%メタノール・水 (v/v) で抽出

と土壌種およびディルドリン等 POPs 濃度が異なっても、栽培前の株元土壌中濃度から収穫後のウリ科作物中濃度を推定することが可能となりました。また、50% メタノール・水 (v/v) は土壌からの抽出力が強いわけではないため、ディルドリン等 POPs を分析する際に妨害物質となりえる土壌の有機成分の抽出量が少なくなりました。結果的に、通常のディルドリン等 POPs 分析で必須のグラファイトカーボン等による精製工程が不要であることが分かり、分析時間の短縮も図ることができました。

栽培適否の判断手法

次に問題となったのは、図 2 に示すような圃場内の土壌中濃度の不均一性です。これは、薬剤の局所的な散布といった散布方法と、トラクターなどをを用いた耕うん時の土壌の移動に起因していると考えられます。この問題を解決するために、農作物の株元土壌をすべて採取して、1 つ 1 つの分析値を出すことは、時間やコストの面から非現実的です。そこで、実際の 6 圃場内の土壌中濃度分布を解析し、6,000 圃場分の様々な土壌中濃度分布を仮想的に作成して、統計学に基づいて栽培適否の判断が可能なガイドラインを北海道立総合研究機構等とともに作成しました (図 3)。本ガイドラインは、土壌採取方法、分析方法、管理フローにより構成され、50% メタノール・水 (v/v) で抽出した土壌中濃度に応じた対応方法が記載されています。なお、このガイドラインはウェブサイトからダウンロード できます。(URL : <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/pdf/heptachlor.html>)

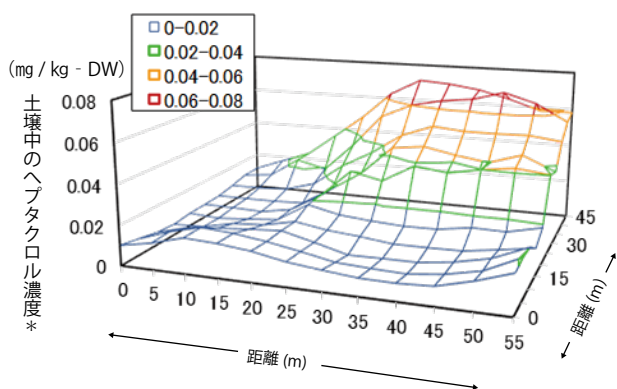


図2 圃場における土壌中のヘプタクロル類濃度*の分布
*50% メタノール・水 (v/v) で抽出

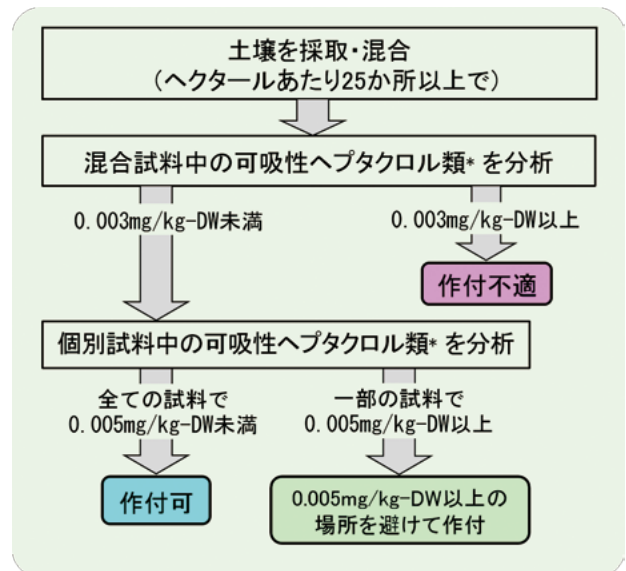


図3 かぼちゃ作付け前の土壌診断 (管理フロー)
土壌中の可吸性ヘプタクロル類*濃度に応じた対応方法を示します。
*50% メタノール・水 (v/v) で抽出

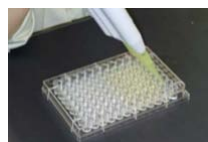
農薬への応用

現在使用されている農薬についても、土壌残留が問題となる場合があります。そこで、ディルドリンとヘプタクロル類のような POPs の場合と同様に農作物の可吸性を表現できる土壌の抽出溶剤を検討しました。その結果、メタノール等の有機溶媒ではなく、水、もしくは 0.01M 塩化カルシウム水溶液で農作物の可吸性を表現できることが分かりました。この溶剤の場合、50% メタノール・水 (v/v) よりも分析上の妨害となりえる土壌の有機成分の抽出量を低減できることから、多検体を同時に検出できる酵素免疫測定 (ELISA) 法^{*1} の適用可能性を検討しました。その結果、土壌の抽出液の希釈操作のみで簡易・迅速に ELISA 法により作物可給性の農薬を検出できることが分かりました。現在、本法を適用できる農薬種の拡大等を検討しており、土壌診断法としての進化が期待されます。



*1 ELISA 法とは？

抗原に対する抗体の選択的反応性を利用した分析法で、ガスクロマトグラフや液体クロマトグラフ等の高価な機器を必要としません。また、精製・単離の操作を省略できるため、迅速に検査できる利点もあります。



溶液の吸光度で、目的の化合物の濃度を検定できる。

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

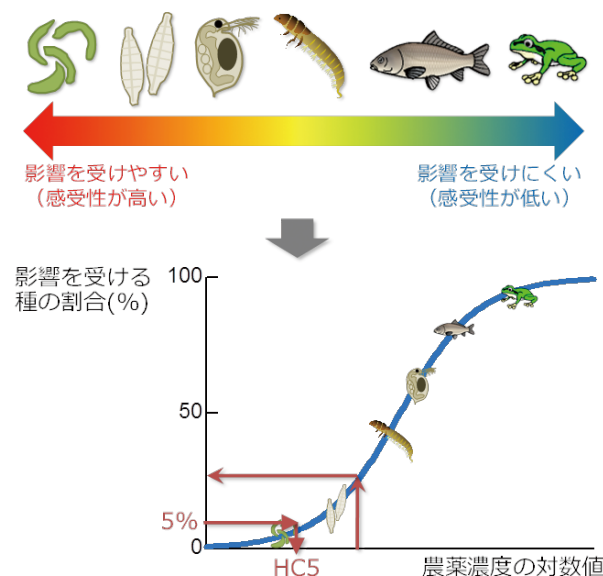


図1 種の感受性分布の概念図

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）

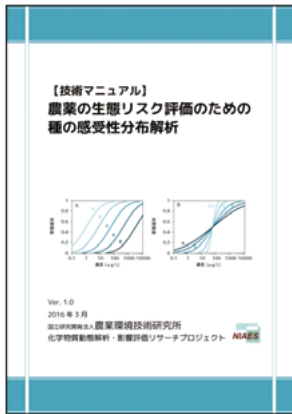


図2 技術マニュアル表紙

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。

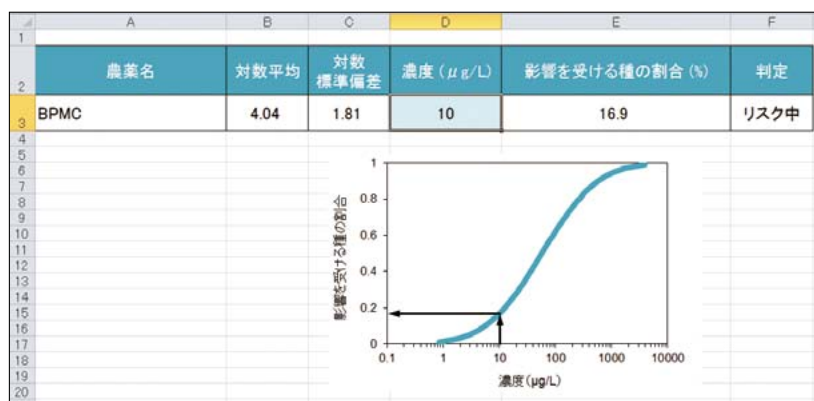
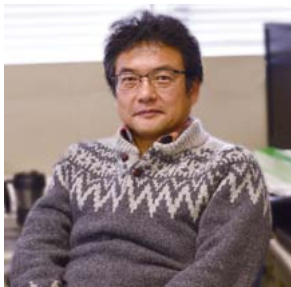


図3 MS-Excelを用いた「影響を受ける種の割合」の計算

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。



農薬などの大気を経由した環境動態研究 —最近の話題— 無人航空機による農薬散布と土壌くん蒸剤

小原 裕三

有害化学物質研究領域 環境化学物質解析ユニット

大気を経由した農薬等の移動は、広範囲に長期にわたっておこるため、その対策のために環境動態解明や予防策についての研究が進められてきました。地球規模の問題としては、残留性有機汚染物質 (Persistent organic pollutants: POPs、5ページ参照) の全球規模での拡散移動や、土壌くん蒸消毒に広く使われていた臭化メチルによるオゾン層の破壊などがあります。もっと局所的なものでは、農薬散布時のドリフトによる近隣作物の非意図的な汚染や、土壌くん蒸剤を処理したほ場周辺でのヒトへの曝露 (ばくろ) などもあります。ここでは、最近実施した、無人航空機 (Unmanned aerial vehicles, UAVs) による農薬散布と土壌くん蒸剤に関する研究について紹介します。

無人航空機 (UAVs) による農薬散布

国内の UAVs による農薬散布は平成 28 年度には、2,788 機の無人ヘリコプター (シングルローター) により、水稲、麦、大豆など 1,061,454 ha で実施されています。また、マルチローター (ドローン) も初年度ながら 147 機が登録され、543 ha で散布が実施されました (農林水産省農林水産航空事業検討会資料)。今後の農薬散布の省力化を考えると、UAVs による散布は益々拡大していくと予想されます。

UAVs は大量の薬液を積載することが困難なことから、極少量の薬液を散布します。標準的な地上散布では農薬製剤を 1,000 倍程度に希釈して散布 (低濃度大量散布) しますが、UAVs では農薬製剤を 8 倍程度に希釈した極少量の薬液を 8 L/ha の割合で散布しています (高濃度少量散布)。このような極少量の薬液を均一に散布するには、高度の技術が必要ですが、高濃度の薬液を散布処理することで、農薬の落下分散のムラやドリフトによる曝露なども心配されます。そこで、もっとも利用実績のある無人ヘリコプターについて、農薬落下分散を調べることにしました。しかし、実際に UAVs を飛ばして個々の農薬を評価するにはとても多くの労力や費用がかかり、気象条件によってもかなり異なった結果になります (写真)。そこで、大気の研究分野で使われる、数値流体力学を応用したモデル (AGDISP/AGDRIFT) と多層で非定常の計算が可能なパフ拡散モデル (CALPUFF)



UAVs を用いた農薬散布での落下分散測定

を組み合わせたシミュレーションモデルを使った評価を試みました。その結果、落下分散の計算値は実測データと良い一致を得ることができました (図 1)。このシミュレーションモデルを活用することによって、より均一に散布できドリフトが小さくな

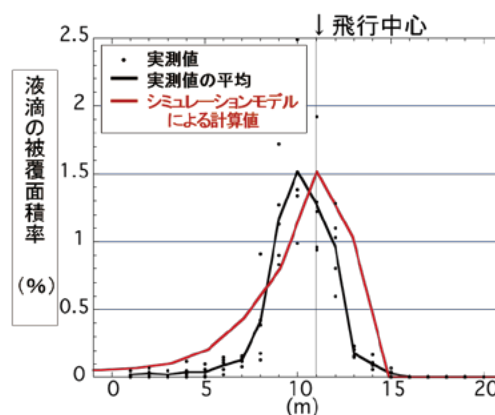


図 1 UAVs による農薬散布の落下分散実測とシミュレーションモデルの比較

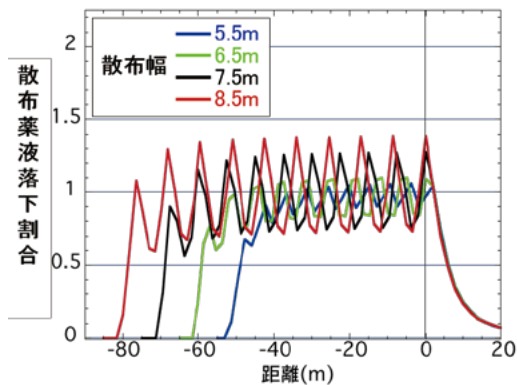


図2 シミュレーションモデルによる農業散布の均一性の評価事例

る飛行条件：飛行高度、速度及び飛行間隔等の提案ができ、周辺環境への安全性の評価も可能になりました（図2）。

土壌くん蒸剤の大気への漏洩（えい）防止と消毒効果の改善を両立

土壌くん蒸消毒は、イチゴ、トマト、ピーマン、キュウリ、メロン、ショウガなどに代表される園芸作物の栽培において、連作障害を回避するために不可欠な手段となっています。土壌くん蒸剤は、そのままでは気化して大気へ漏洩してしまうため、処理する際には、農業用ポリエチレンフィルム（農ポリ）などで土壌表面を被覆・密閉して使用します。しかし、農ポリ自体が土壌くん蒸剤を通すため、かなりの部分が大気中へ漏洩してしまい、結果として十分な消毒効果が得られなかったり、周辺環境への負荷やヒトへの曝露が心配されたりという現状があります。この対策として、生産者にとって最も導入が容易な技術は、ガスバリアー性能の高い被覆フィルムの導入が考えられます。しかし、従来のガスバリアー性フィルムは幅、厚さ、強度等の面で、必ずしも現場の生産者のニーズに合わ

なかったために、ほとんど普及していませんでした。そこで、土壌くん蒸消毒に多く用いられる慣行のフィルムと同等の仕様でガスバリアー機能を高めた新規フィルムを開発・販売してもらうことで、消毒効果の改善と農薬登録の範囲内での薬剤処理量の削減、さらに周辺環境への負荷低減やヒトへの曝露軽減を目指しました。

千葉県のスイカ栽培露地ほ場の事例では、クロルピクリンを処理する際に、ガスバリアー性フィルムを使うことで、慣行の農ポリと比べ、大気への漏洩速度が 1/100 以下になりました。処理期間中に、農ポリでは処理量の 80% 近くが大気に漏洩したのに対し、ガスバリアー性フィルムでは 2% 程度と 1/40 以下に低減できました（図3）。クロルピクリンなどの土壌くん蒸剤は、土壌中で微生物によって分解除去されるため、薬剤処理後の漏洩速度を小さくできれば大気中への漏洩全体を低減できることが分かりました。

徳島県のサツマイモ立枯病が激発するほ場での事例では、慣行の農ポリで 10 a 当たりの収量は 1,400 kg でしたが、ガスバリアー性フィルムの場合には 2,466 kg に増収し、病害発生率は 80.9% から 1.4% に低減しました。また、秀品率は 10.6% から 74.6% に増加し、10 a 当たりの概算収入は、420,000 円から 739,800 円に増えました。

このような事例を重ね、今では土壌くん蒸消毒用のガスバリアー性フィルムは品数も増え、ガスバリアー性能、ほ場にあった加工や価格等、現場ニーズに応じたフィルムの選択が可能となってきています。生産者の中には、フィルムの価格を気にされる方も多いのですが、薬剤使用量の適正化や収量損失分の回復などを総合的に評価し、ガスバリアー性フィルムの導入を検討していただければ幸いです。

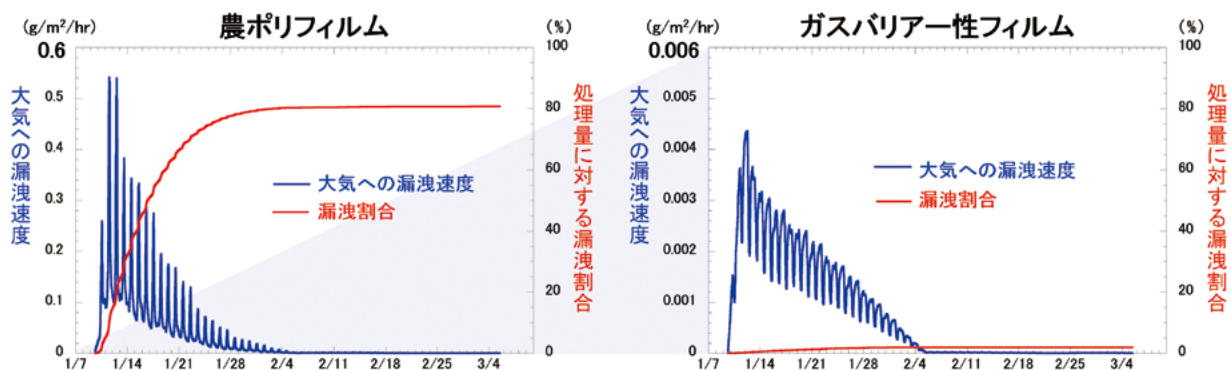
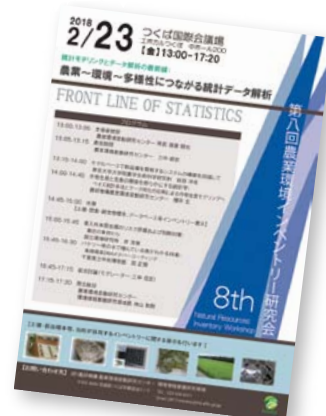


図3 クロルピクリン処理時の被覆フィルムを通した大気への漏洩速度と漏洩割合

第8回農業環境インベントリー研究会

統計モデリングとデータ解析の最前線： 農業～環境～多様性につながる統計データ解析

今年で第8回となる農業環境インベントリー研究会は、2018年2月23日（金）の午後、つくば国際会議場（エポカルつくば）中ホールにて、農業環境変動研究センター主催で開催されました。今回は「農業～環境～多様性につながる統計データ解析」と銘打ち、農業環境研究における「情報」と「解析」に関わる研究の今後について考える場を設けました。



農業環境変動研究センターが目下推進している農業環境研究を大きく前進させる上では、さまざまな実験や観測を通じて得られた知見すなわち大量のデータと複雑な情報をどのように利活用していくかをつねに考えなければなりません。量的に増大するばかりでなく質的にも多様化しているデータや情報を適切に収集した上で、それらを分析するための統計解析あるいは数理モデリングなどの方法論について理論と実践の両面から着実に研究を進める必要があります。

そこで、8回目となる今回の農業環境インベントリー研究会は、農業環境に関わる「情報」とその「解析」をキーワードとして、これまで蓄積された大量のデータからどのようにすれば新たな知見に結びつけることができるのか、そして新規なデータはいかなる応用研究において利活用できるのかを考える場にしたと考えました。岩田洋佳氏（東京大学大学院農学生命科学研究科）の講演「モデルベースで新品種を開発するシステムの構築を目指して」では、ゲノム情報を作物の効率的な育種に結びつけるための分析手法について話していただきました。続く櫻井玄氏（農研機構農業

環境変動研究センター）の「作物生産と気象の関係を明らかにする統計学：ベイズ統計手法とデータ同化の応用による作物生産モデリングへ」は農業気象と作物生産の経年データに基づく統計モデリングによる地球規模での予測に関する講演でした。後半の岸茂樹氏（国立環境研究所）には「侵入外来昆虫類のリスク評価および防除対策：最近の事例から」という演題で侵入動植物の動態の定量的解析に基づくリスク評価と対処法について具体的な事例紹介をしていただきました。最後の宮正樹氏（千葉県立中央博物館）の講演「バケツ一杯の水で棲んでいる魚がわかる技術：魚類環境 DNA メタバーコーディング」では、いま注目を集めている環境 DNA 情報に基づく新たな応用研究の萌芽と進展について話していただきました。

農業環境研究の分野において、これまで蓄えられた既存データを有効活用するとともに、新規データのもつ潜在的価値を掘り起こして基盤的ならびに応用的研究に結びつけていくという今後の試験研究の方向性は、データ駆動型とモデル駆動型のふたつの研究アプローチの望ましいマッチングのもとに実現できるでしょう。当日の講演と討論では、大量の新規データを踏まえた科学研究や技術開発が実現できる状況が到来したとき、元のデータの“質”をどのように担保すればいいのか、さまざまなデータ解析やモデリングのための基盤技術（ICT、IoT、AI、機械学習など）が広まるなかで、専門分野における長年の熟練や知識をどのように組み合わせればいいのかという論点が取り上げられました。



“いつでも、どこでも、だれでも”
会場ではデータ利用の今後について意見が交わされました。

（環境情報基盤研究領域 三中 信宏）



農環研若手研究者奨励賞

農業環境変動研究センターでは若手研究職員の活躍を奨励するため、優れた功績のあった40歳以下の研究職員を毎年表彰しています。10回目(旧農環研から通算)となる今年の受賞者と研究概要を紹介します。



受賞者：多胡(左)、大澤(右)

物質循環研究領域 主任研究員 多胡 香奈子
「農業環境の保全に向けた土壌微生物の生態と機能に関する研究」

肥料や農薬は作物の安定生産や労働力の削減のために必要ですが、環境負荷の原因ともなります。特に、地球温暖化の原因の1つである一酸化二窒素の発生や、農薬散布による生態系への影響には土壌中の微生物が関与しています。これらの微生物を検討し、土壌に棲む能力の違う微生物たちが一酸化二窒素の発生に関与していることが分かりました。また微生物は土壌に撒かれた農薬を分解

するのに加え、土壌と植物から害虫の一部に感染し、その害虫を農薬に強くすることを明らかにしました。



サンプリングの様子

環境情報基盤研究領域 主任研究員 大澤 剛士
「農業環境情報の利用促進をめざした統合データベースシステムの開発」

農環研では標本や観測データをはじめとする様々な基盤情報を整備、蓄積してきましたが、それらは利用されてはじめて価値があります。そこで、散在する基盤情報を利用しやすい形で提供することを目指し、インターネット技術を利用したデータ横断利用技術、利用しやすいライセンス、さらには外部との連携がしやすいプラットフォームを検討し、政府のデータカタログサイトと互換した農業環境データカタログサイト NIAES VIC を開発、公開しました。



農業環境データカタログサイト「NIAES VIC」
<https://niaesvic.dc.affrc.go.jp/>

を検討し、政府のデータカタログサイトと互換した農業環境データカタログサイト NIAES VIC を開発、公開しました。

農業環境インベントリー展示館を一般公開

展示・見学・体験

4月
20金

9:00 ~ 16:00

会場：農研機構
農業環境変動研究センター



(駐車スペース 50 台)

ミニ農村ツアー

研究センター内に作られた“里山”を研究者が案内します。

展示館前集合(所要時間 30 分)
1 回目 11 時~
2 回目 13 時~

ミニ農村で
里山の大切さを
知ろう!

※雨天中止



科学技術週間

未来につなげよう
豊かな農業と環境

- ・モノリスで土の不思議を感じてみよう!
- ・こんなに精巧!?—小さな虫を顕微鏡で観察—
- ・煙害—農業環境問題にとりくんだ歴史—
- ・害虫・益虫・ただの虫—農地にすむいろんな虫たち—
- ・温暖化を和らげる農業、温暖化に対応する農業
- ・農業と環境を考える—最新研究成果をポスターで紹介—
- ・身近な場所の土の種類を調べよう
- ・プラスチックを食べる微生物

*公開内容は変更する場合があります。
最新情報はWebサイトでご確認ください。



Editor's Note

基準値ということばは一般に使われますが、それ以下なら安全なの?という声も耳にします。本号ではそのもとになっているリスクや安全について、基本的な考え方を解説するとともに、関連する研究をとりあげました。

(企画連携室)