

農薬の生態リスク評価のための藻類個体群動態モデル

*永井孝志（農環研）、石原悟（農林水産消費安全技術センター）、
横山淳史（農環研）、岩船敬（農環研）

1. はじめに

水田で使用された農薬は、用水を通じて河川に流出しやすい。流出した農薬が水生生物へ悪影響を与えるリスクを評価、管理するために、「農薬の使用量を減らす」「農薬の流出防止対策をとる」「より低毒性の農薬に切り替える」などの対策をとった場合のリスク低減効果を予測することが重要である。すなわち、これまで行われてきた野外生物調査や室内毒性試験に加えて、影響予測のためのツールが必要とされている。

日本で幅広く使用されている除草剤のプレチラクロールは藻類への毒性が強い（半数影響濃度 $EC_{50} = 3.2 \mu\text{g/l}^{1)}$ 。このため、藻類とプレチラクロールの関係を対象として、藻類の個体群動態への長期的な影響を予測できる数理モデルを開発した。

2. 方法

個体群モデルはロジスティックモデルをベースとし、水中農薬濃度を起点として、藻類の取り込みや消失過程を経て体内濃度が決まり、体内濃度に依存して増殖阻害や死亡などの影響が発現する、という計算を単位時間毎に繰り返す構造を持つ。

OCED で標準化されている試験方法²⁾に基づき、緑藻 *Pseudokirchneriella subcapitata* を用いて 72 時間の増殖阻害試験を行った。プレチラクロール濃度は 0.5 - 16 $\mu\text{g/l}$ の間で、公比 2.0 にて 6 段階の濃度区を設定した。その際、Sytox Green 蛍光色素を用いて死細胞を染色し、フローサイトメトリーを用いて生細胞と死細胞を分別して計数した。

72 時間の増殖阻害試験の後に、クリーンな培地に移植して増殖を測定する曝露からの回復性試験を行った。

モデル式は以下の通りとした：

$$\frac{1}{N} \cdot \frac{dN}{dt} = \mu \cdot f(x) - g(x)$$

$$\frac{dC_{body}}{dt} = k_{in} \cdot C_{water} - k_{out} \cdot C_{body} - C_{body} \cdot \mu$$

$$\mu = \mu_{max} \left(1 - \frac{N}{K}\right) \cdot f(x)$$

ここで、

N : 細胞密度 (cells/ml)、 C_{water} : 培地中農薬濃度 ($\mu\text{g/l}$)、 C_{body} : 体内農薬濃度 ($\mu\text{g/l}$)、 μ : 増殖速度 (/day)、 μ_{max} : 最大増殖速度 (/day)、 K : 環境収容力 (cells/ml)、 $f(x)$: 農薬による増殖阻害率の用量反応関係式、 $g(x)$: 農薬による死亡率の用量反応関係式、 k_{in} : 取り込み速度定数、 k_{out} : 消失速度定数

μ_{max} と K はコントロール培養試験によって決定し、 $f(x)$ と $g(x)$ は増殖阻害試験の結果を用いて決定し、 k_{in} 、 k_{out} は増殖阻害試験と回復性試験の結果を用いて

パラメータフィッティングにより決定した。

3. 結果と考察

72 時間増殖阻害試験の結果、プレチラクロール濃度の増加と共に増殖速度は低下し、死亡率は上昇した。この結果から、増殖阻害率と死亡率の用量反応関係式は以下ようになった。

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-3.3 + 3.8 \cdot \log(C_{body}))}$$

$$g(x) = \frac{0.23}{1 + \exp(1.4 - 1.4 \cdot \log(C_{body}))} + 0.011$$

また、曝露期間中の濃度が高いほど、その後クリーンな培地に移植した後の回復は遅くなった。これらの試験結果からモデルパラメータを決定し、モデルによる推定が実験結果をおおむね再現できることを確認した（下図）。このモデルを用いて野外の藻類個体群動態を予測することを試みる。

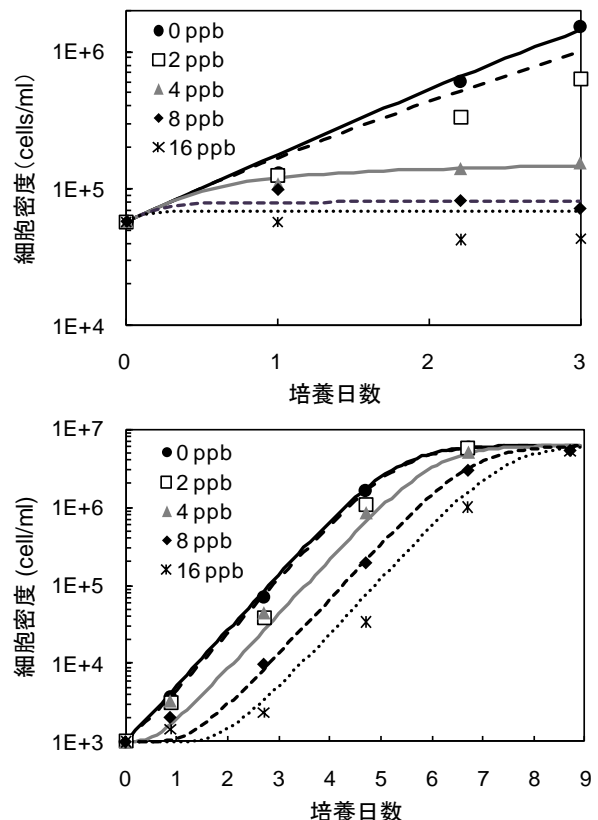


図. 増殖阻害試験（上）と回復性試験（下）の試験結果（プロット）とモデル推定結果（ライン）

参考資料

- 1) 環境省 化学物質の生態影響試験
- 2) OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, 201: Alga, Growth Inhibition Test