

有害物質の生態リスク評価における数理生態モデルの適用

横浜国立大学 内藤航、益永茂樹

横浜国立大学、産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター 中西準子
 産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター 宮本健一

The Cadmus Group, Inc. Steve M. BARTELL

Examining the use of mathematical models in ecological risk assessment of chemicals, Wataru NAITO and Shigeki MASUNAGA (Yokohama Nat. Univ.), Junko NAKANISHI (Yokohama Nat. Univ. and Nat. Inst. of Adv. Ind. Sci. & Tech.), Ken-ichi MIYAMOTO (Nat. Inst. of Adv. Ind. Sci. & Tech.), Steve M. BARTELL (The Cadmus Group, Inc.)

1. はじめに

従来の化学物質の生態リスク評価手法は、生物に対する化学物質の予測無影響濃度(PNEC)と予測環境濃度(PEC)からハザード比を算出し、その大きさを影響の程度を判断してきた。このアプローチは、単純かつ迅速に実施できるためスクリーニングレベルの評価には有効であるが、これでは種に対する影響が定量的に評価できないだけでなく、種間相互作用を介した間接影響もわからない。この問題を解決する方法として野外試験などが考えられるが、費用・時間・労力が掛かりすぎるため多くの物質の評価は不可能であろう。そこで、本研究では数理モデルを利用した化学物質の生態リスク評価手法を開発し、それを用いて数物質の評価を行い、その有用性の検討を行った。

2. モデル (CASM_SUWA & PSPM)

化学物質の間接影響の評価は、演者らの一人である Bartell らによって開発された Comprehensive Aquatic System Model(CASM)を修正し、日本の代表的な湖沼の一つである諏訪湖生態系を基に構築した生態系リスク評価モデル(CASM_SUWA)を利用した(Naito et al., 2002)。CASM_SUWA では、低次栄養段階から高次栄養段階までの生物種(計 15 種)が含まれており、それぞれの生物種の間には捕食-被食あるいは競争の関係が成り立っている。CASM_SUWA は生物エネルギー論に基づいており、捕食-被食関係を考慮し、水温、日射量及び栄養塩濃度に関連した生物種ごとの経日変化を計算するモデルである。化学物質の影響は、急性毒性値(e.g., LC50)をもとにパラメータを変化させ、生物量の変化分によって評価される。

さらに、ワカサギの個体群を対象に個体群リスク評価モデル(PSPM: Pond-Smelt Population Model)の構築をした。PSPM は、发育段階(卵、仔魚、稚魚など)の化学物質に対する感受性の違いを考慮した個体群モデルである。化学物質の影響は、既存の毒性データから濃度-反応関係を推定し、その関係をモデルに組み込み個体数の変化分を算出し評価される。

3. 結果と考察

本研究では CASM_SUWA と PSPM を用いて数物質のリスク評価を行い、その結果を解析した。ここでは、CASM_SUWA の結果について記す。

CASM_SUWA を用いたリスク評価の例としてアトラジンの予測結果を図 1 に示した。図 1 は、横軸が曝露濃度、縦軸が生物量の 20%減少確率を意味する。アトラジンの曝露に対して底生昆虫が最も感受性の高い種であった。続いて、雑食魚が比較的高いリスクを示した。毒性値では雑食魚よりも動物プランクトンの方が高い感受性を示すにもかかわらず、モデル予測では雑食魚の方が高いリスクを示している。これは、雑食魚は、アトラジンの直接毒性影響に加

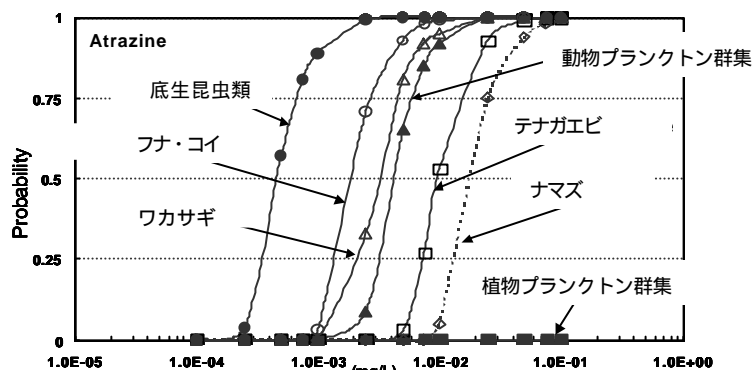


図 1 アトラジンのリスク推定結果
 生物量20%減少確率 vs. 曝露濃度

表1 雑食魚(ワカサギ)に対する化学物質の IEP 値

	Exposure Concentration (mg/l)	IEP
LAS	0.047	-0.23
Phenol	0.33	-0.89
Cu	0.00168	0.41
PCP	0.00204	-1.14
Atrazine	0.015	0.65
Chlorpyrifos	0.00195	0.75

え、餌の底生昆虫の減少による間接影響も受けているためだと推測できる。アトラジンと類似の傾向が Cu、クロルピリフォス、ダイアジノン、シメトリンのモデル予測でも見られた。アトラジン、クロルピリフォス、シメトリンの野外メソコズム毒性試験においても、類似の間接影響が観察されている。

さらに、雑食魚に対する種間相互作用を介した化学物質の間接影響の寄与分を推定するために、CASM_SUWA の基本骨格を使った雑食魚の単一種モデルを構築し、それを用いてリスク評価を行った。そして、その予測結果と CASM_SUWA の予測結果を用いて、魚の生物量減少リスクに対する種間相互作用の影響の程度を把握するための間接影響係数(IEP: Indirect Effect Potential)の算出を行った(図 2)。IEP の符号が正であり 0~1 の間にあれば、その値は間接影響の寄与率を示している。これよりアトラジン、クロルピリフォス、ダイアジノンは IEP が大きく、つまり間接影響の寄与率が高く、種間相互作用を考慮して化学物質の規制をすることが重要であることが示された。

参考文献: Naito et al.(2002) Water Research 36(1):1-14