

II-438

環境変化と農薬の複合影響による魚のへい死事故に関する研究 -生物面からの解析-

山口県 正員 兼広栄治 山口大学工学部 正員 関根雅彦 浮田正夫 長崎市 正員 矢野道

1. はじめに

平成3年5月に発生したボラを中心とした魚の大量死事故について、別報では水環境面からの解析について報告している。本報では環境急変及び農薬に対するボラの死亡に関する生物実験、この実験結果の魚死亡モデル式による定式化、および生態系モデルSSEM¹⁾によるモデル化について報告する。

2. ボラの死亡に関する生物実験

この実験の目的は、農薬、淡水および貧酸素に対するボラの挙動を明らかにすることにある。農薬試料はピリダフェンチオンである。ボラは、実験当日または前日に現場にて投網で捕獲した。平均体長10.7cm体重17.2gであった。希釈水は、ボラを捕獲した場所の水(塩素イオン濃度14.96 μ M)と河川水(塩素イオン濃度0.034 μ Mで急速な淡水化に対応)の2種類を用いた。実験は、まず希釈水を各試験水槽に7リットル入れ、空気曝気または窒素曝気(貧酸素に対応)を十分行った後、ボラをその中に6尾づつ入れた。設定濃度(0~1mg/l)に応じた量の農薬試料を流し込み、均一にかき混ぜて実験開始とし、その後のボラの死亡した時間と水温を記録した。実験は60時間実施した。実験中は曝気を継続した。

3. モデル式の係数探索

魚の死亡に関するモデル式として

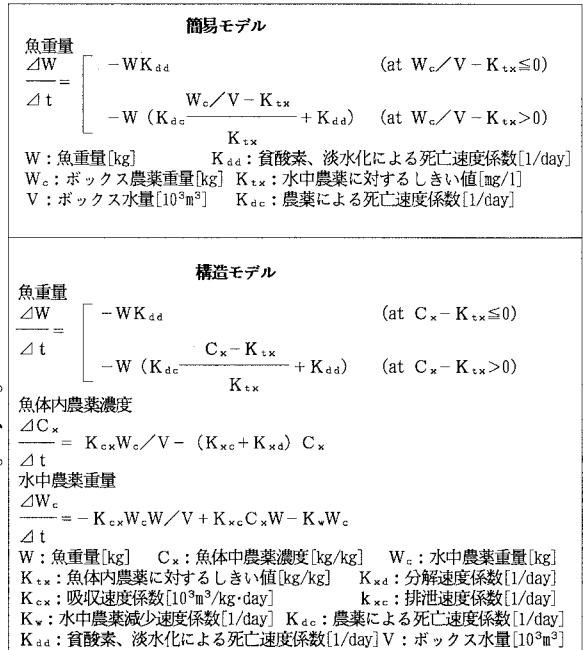


図1 魚死亡モデル式

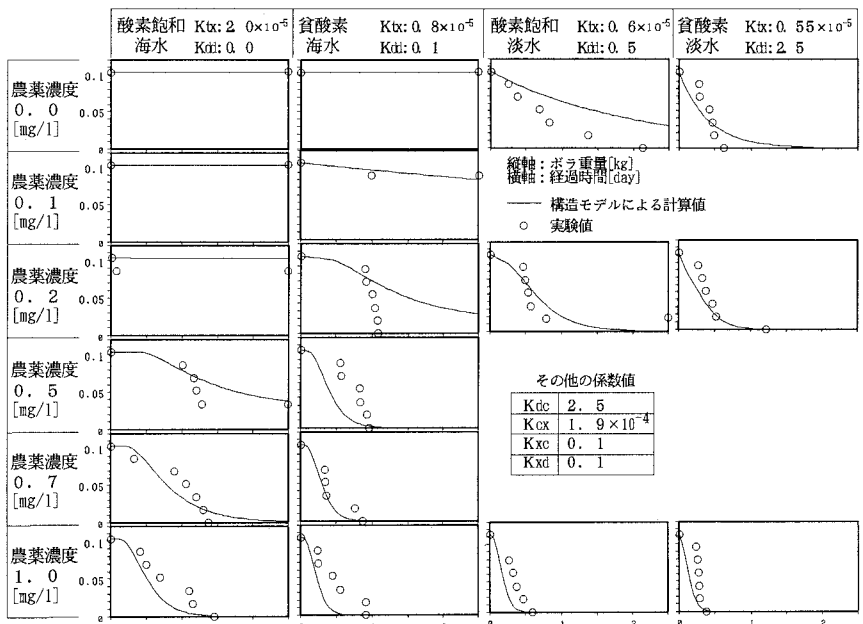


図2 構造モデル式による実験値の係数探索

簡易モデルと構造モデルを作成した（図1）。簡易モデルは、実際の水域のように十分水量が大きく魚による農薬の吸収が水中農薬濃度に影響しないと考えられる場合である。一方構造モデルは、今回の実験のように魚に対する水量のスケールが小さく、魚による農薬の吸収が無視できない場合である。

係数探索では、まず全実験結果を同時に満たすような係数値を構造モデル式で探索した後、その全計算結果と簡易モデル式の計算結果が合致するように簡易モデル式の係数値を決定した。なお係数探索には共役方向法を用いた¹²⁾。実験値の構造モデル式による係数探索結果を図2に示す。また、簡易モデル式による係数探索によって得られた淡水化・貧酸素化・農薬流入の死亡速度係数を図3に示す。この結果、淡水化は貧酸素化に対して約7倍、貧酸素・淡水化は淡水化に対して約3倍の死亡速度となった。また、淡水化・貧酸素化は農薬に対するしきい値を引き下げる効果があった。

4. 生態系モデルによる魚の死亡計算

モデル対象水域を別報に示しているように5ボックスに分割し、ボックス間の交換水量、農薬の流入量、ゲートの流出量、ボラの初期値等のデータ、および簡易モデル式と係数探索値をSSEMに組み込み、計算を実行した。その結果、モデル上では農薬の流入以前にボラは淡水化により全滅した（図4）。この場合、死亡事故は実際より早期に発生したことになる。これは、生物実験の急激な塩分低下に対するパラメータをSSEMのボラに与えたことで、淡水化による死亡速度への影響が過大評価されたためと考えられた。また、ボラは緩慢な淡水化に対して馴化能力があると言われている。そこで、淡水化による影響をしきい値の低減に限って計算を実行した（図5）。その結果、ゲート改修前は農薬散布による死亡はわずかであるが、改修後は大半のボラが死亡した。

5. おわりに

生物実験と係数探索の結果、淡水化および貧酸素化はボラの死亡に相乗的に作用することが判明した。生態系モデルの計算結果から、魚大量死事故の原因がゲート改修工事と農薬散布である可能性が極めて高いことが判明した。また、今回の事故のモデル化で、SSEMの柔軟な適用性が示された。今後は、緩慢に進行する淡水化に対するボラの死亡に関して、実験を行う予定である。

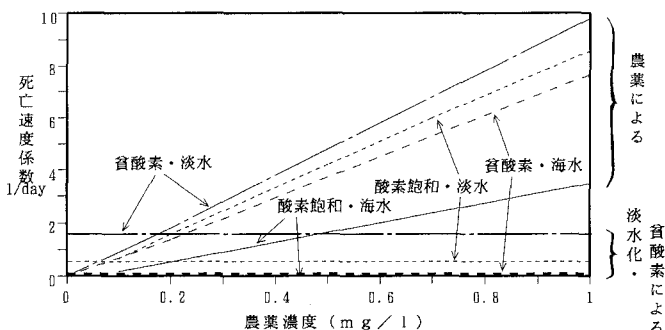


図3 淡水化・貧酸素化・農薬流入の死亡速度係数の比較

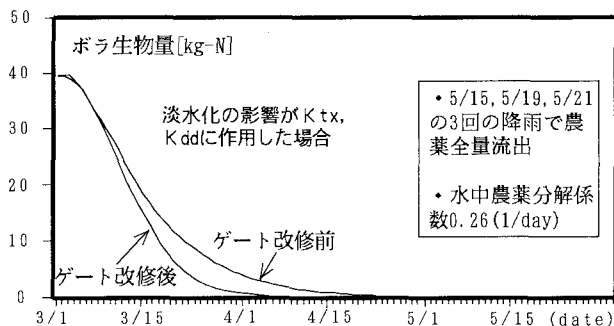


図4 SSEMによるボラの生物量変化（その1）

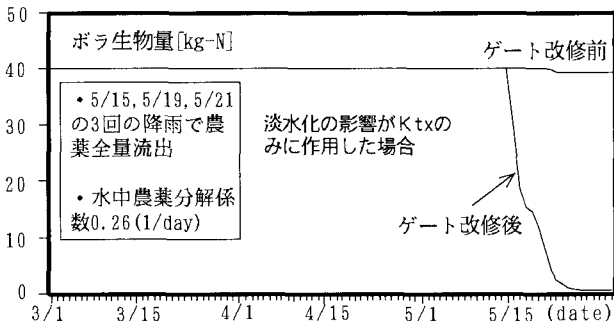


図5 SSEMによるボラの生物量変化（その2）

<参考文献>1)A shallow-sea ecological model using an object-oriented programming language. Ecological Modelling, 57, 221-236(1991) 2)Determination of nutrient transformation pathways in rivers using a mathematical programming method. Journal of Contaminant Hydrology, 9, 189-206(1992)