

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17510027
 研究課題名(和文) 野生メダカ個体群の絶滅確率による有害化学物質の生態リスク評価
 研究課題名(英文) Ecological risk assessment of pollutant chemicals based on extinction probability of natural medaka populations

研究代表者

田中 嘉成 (TANAKA YOSHINARI)
 独立行政法人国立環境研究所・環境リスク研究センター・室長
 研究者番号：60338647

研究成果の概要：化学物質の生態系影響を、メダカの野生個体群の絶滅リスクとして評価する解析方法を研究する。特に、動物プランクトンを対象に開発した先行研究の結果を発展させ、「食うものと食われるものの関係」などの生物種間の相互作用を介する間接作用と、複数の化学物質が相互作用をもつ複合影響を考慮した数理モデル(3栄養段階群集動態モデル)を考案した。さらに、生態系の栄養転換効率として定義した生態系機能に対する評価を、プランクトン群集の種組成変化から推定する理論的枠組の研究を行った。野外実証系として、水田用排水路に生息する植物プランクトン、動物プランクトン(枝角類)、魚類(メダカ、フナなど)を対象に、数理モデルに必要な生態学的パラメータ(捕食者の捕食効率、転換効率、死亡率など)を推定するための基礎的データを収集した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	1,100,000	0	1,100,000
2006年度	700,000	0	700,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,200,000	420,000	3,620,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・「環境影響評価・環境政策」

キーワード：環境調和型農林水産、環境変動、生態系修復・整備、環境、生態学、生態リスク評価、絶滅確率、存続可能性分析

1. 研究開始当初の背景

化学物質の環境毒性データから、化学物質の生態影響を定量的に評価する解析方法が、内外から求められていた。生態毒性試験の技術的側面とは別に、個体レベルで得られた毒性データから生態影響を解釈する枠組みの開発は、環境科学でも遅れをとった分野となっ

ている。特に、実際の側面から留意すべき点は、対象化学物質は多数であり、生態毒性データは最低限必要なもの(3種スクリーニングデータなど)しか生態リスクに利用できないこと、生態系を守る上で意味のある指標(絶滅リスク、生態系機能低下など)であることである。

2. 研究の目的

限られた生態毒性試験データをもとに、生態影響をメダカ個体群の絶滅リスクとして評価する方法を考案すること。メダカの個体群レベル効果には、メダカに対する毒性影響とは別に、メダカの餌生物としての動物プランクトン（ミジンコ）、さらに動物プランクトンの餌生物である植物プランクトン（藻類）への毒性影響が、食うものと食われるものとの関係を介して、ボトムアップ的にメダカ個体群に与える影響も解析に含める。これにより、メダカに対する個体群レベル効果とともに、種間相互作用による影響も同時に評価することができる。

また、別の評価基準として、藻類が生産したバイオマスを、食物連鎖を介してメダカのバイオマスに転換させる栄養転換効率を取り上げる。

3. 研究の方法

数理モデルの作成および数値解の導出（コンピュータシミュレーション）がおもな方法である。数理モデルとしては、数理生態学で最も一般的に利用されてきた、3連立ロトカボルテラモデル（連立微分方程式）を基本とした。さらにメダカ的生活史を4区分し、6連の連立差分方程式を作成した。種間相互作用は、摂食による餌生物の減少と摂食者の増加をホリング II 型捕食式に基づいて定式化した。

3種の個体群動態や種間相互作用の大きさを決めるパラメータ（など）は、文献値を基に推定した。ただし、特にメダカについては野外の生態に関するデータがほとんどなかったため、野外調査をよって、体サイズの季節的变化、相対個体数の年次変動、ミジンコ密度との共変動などを推定した。

4. 研究成果

(1) メダカ個体群存続モデル

生態リスクをメダカ個体群の絶滅リスクで推定するうえでの基礎となる、生態学モデルの研究を行った。

数理モデルは、ため池、用排水路などの止水域の生態系を念頭に置き、藻類、ミジンコ類、魚類（メダカ）の3種系の栄養用段階を構成要素とした。魚類は、卵期、仔魚期、稚魚期、成魚期の4つの生活史段階に区別し、化学物質の影響も、各生活史段階における死亡率と成魚期における繁殖阻害を区別した。藻類、ミジンコ類に対する毒性影響は、個体群増殖率の低下としてモデルに組み込んだ。藻類とミジンコ類、ミジンコ類と魚類の間には、食うものと食われるもの関係に基づく種間相互作用を組み込み、3種の個体密度を経時的に計算する連立差分方程式を作成した。食うものと食われるもの関係の定式化

には、Holling II 型の捕食方程式を適用した。餌の欠乏による個体群の減衰が組み込まれているために、藻類やミジンコ類に対する毒性効果は、種間相互作用を介してボトムアップ的に魚類の個体数変動に影響を与える。

茨城県桜川における農薬の測定濃度データを用いて、3種の個体数変動シミュレーションを各物質に対して1000回繰り返し、魚類（メダカ）の絶滅リスクを推定した。個体数動態の確率性は、生存率などの生活史成分の確率変動として発生させた。解析した6物質（プレチラクロール、ブタクロール、ピリダフェンチオン、ダイアジノン、LAS、ノニルフェノール）の中でプレチラクロールとブタクロールなどの除草剤の影響が特に強く現れた。

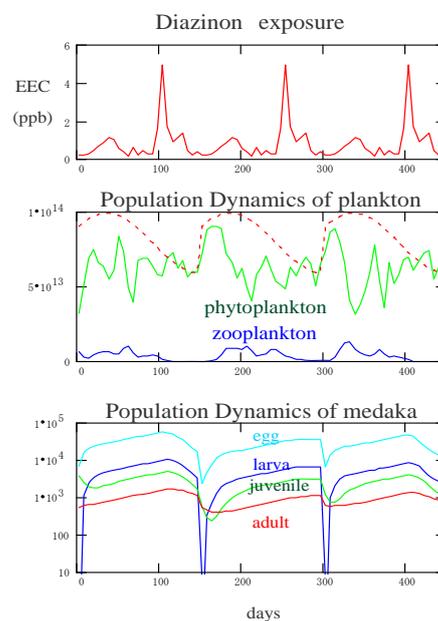


図. 化学物質（ダイアジノン）暴露による動植物プランクトンおよびメダカ個体群変動シミュレーションの一例（3年期間）

(2) 3栄養段階生態系モデル

3栄養段階と栄養塩の循環を加えた生態系モデルによる生態系機能評価を試みた。水系生態系の機能の基準として、1次生産者から1次消費者を経て2次消費者にバイオマスが受け渡される栄養転換効率に着目した。3栄養段階群集モデルによって、栄養転換効率を大きく左右するモデルパラメータおよび構成種の機能形質を明らかにした。その結果、系の状態（富栄養か貧栄養か、魚の密度が高いか低いか）に関わらず、ミジンコの生態効率（摂食したバイオマス、のうち、個体成長と繁殖によって個体群レベルのバイオマス増加に寄与する比率）が重要であることが示唆された。ミジンコの生態効率は体サイズが小さくなるほど低下すると言われているので、

化学物質の群集攪乱効果によって生態系機能が影響を受ける基本的なスキームが得られた。

(3) 野外調査

野外調査においては、藻類-ミジンコ-メダカの3種系モデルの作成に必要な、動物プランクトン種構成および個体数、メダカの相対個体数(目視個体数)のデータを、霞ヶ浦(北浦)周辺の水田排水路において収集した。その結果、メダカの生息密度が比較的高い生息地では動物プランクトンが多いことから、メダカはミジンコ群集が崩壊するほどの強いトップダウン効果をもたらさない、水系生態系の存続にとって重要で、生態リスクの指標生物として良好な上位捕食者であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Tanaka, Y. (2007) Introgressive hybridization as breakdown of postzygotic isolation: A theoretical perspective. *Ecological Research* 22: 929-939. 査読: 有り
- ② Hayashi, T., M. Kamo and Y. Tanaka (2009) Population-level ecological effect assessment: estimating the effect of toxic chemicals on density-dependent populations. *Ecological Research* (DOI 10.1007/s11284-008-0561-6). 査読: 有り
- ③ Tanaka, Y. and M. Yoshino (2009) Predicting the phenotypic response of resource-competing communities to environmental change. *Journal of theoretical Biology* 257: 627-641. 査読: 有り

[学会発表] (計 18 件)

- ① 田中嘉成「環境化学物質と絶滅リスク評価」日本数理生物学会大 15 回大会 公開シンポジウム「生態系の保全とリスク評価の理論と実際」 横浜国立大学 (2005 年 9 月 17 日)
- ② Tanaka, Y. “On ecological risk estimation: An approach from ecology” (Search for Safe Environment and Ecosystem, Symposium (2)) URMPM Special Conference ‘Health Risk Management of Environment and Labour’ United Nations University, Tokyo (2006 年 6 月 30 日)[06-0960]

- ③ Tanaka, Y. “Dynamics of community phenotypes by environmental changes: a trait-based community model.”(Poster Session 26, Poster #13) The Ecological Society of America 91th Annual Meeting. Memphis, Tennessee (August 11, 2006)[06-0966]
- ④ 田中嘉成「形質ベース群集モデルによる生態系影響評価の試み」(F3-11) 第 54 回日本生態学会大会. 愛媛大学 (2007 年 3 月 22 日) [06-0973]
- ⑤ 田中嘉成「生態リスクと生態系の影響評価」IMPACT シンポジウム 日本船舶海洋工業会. 東京大学 (2007 年 3 月 20 日) [06-0985]
- ⑥ 田中嘉成「生態リスクの新たな枠組み-種個体群から生物群集レベル効果への展開」第 13 回バイオアッセイ研究会・日本環境毒性学会合同研究発表会. 東京海洋大学 (2007 年 9 月)
- ⑦ 田中嘉成「生態系の物質循環に基づく生態影響評価モデル」第 55 回日本生態学会大会. 福岡 (2008 年 3 月)
- ⑧ 立田晴記, 田中嘉成 「ミジンコ群集に見られる有害物質感受性の空間変異および生息環境との関連性」第 52 回日本応用動物昆虫学会大会. 宇都宮 (2008 年 3 月)
- ⑨ 田中嘉成 「汚染誘発群集耐性 (PICT) データに対する群集生態学的解析法」第 14 回バイオアッセイ研究会・日本環境毒性学会合同研究発表会. 文部科学省研究交流センター, つくば (2008 年 8 月 29 日)
- ⑩ 田中嘉成 「生物群集における形質動態モデル: 形質分散・共分散構造と種間相互作用の影響」第 18 回日本数理生物学会大会. 同志社大学, 京都 (2008 年 9 月 17 日)
- ⑪ Tanaka, Y. “The functional contribution of grazer zooplankton to freshwater ecosystems: An implication from the minimal tri-trophic ecosystem model” VIIth International Symposium on Cladocera. Aguascalientes, Mexico (2008 年 10 月 24 日).
- ⑫ Tanaka, Y. “The phenotypic variance-covariance structure and ecological

interactions as determinants of trait dynamics under changing environment”第56回日本生態学会大会・盛岡（2009年3月19日）予稿集p.158

〔図書〕（計 1 件）

- ① 田中嘉成「生態系機能から湖沼生態系を評価する（p.95～135）」（分担執筆「生態系再生の新しい視点：湖沼からの提案」高村典子編著）共立出版（2009）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 嘉成 (TANAKA YOSHINARI)
独立行政法人国立環境研究所・環境リスク
研究センター・室長
研究者番号：60338647

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし