

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月8日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580281

研究課題名（和文） 水域ネットワーク再生に向けた魚類個体群動態予測モデルの構築

研究課題名（英文） Development of a simulation model to evaluate re-networking for fragmented fish habitats for population dynamics

研究代表者

竹村 武士（TAKEMURA TAKESHI）

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・農村基盤研究領域・主任
研究員

研究者番号：20373227

研究成果の概要（和文）：魚道の設置によって落差工等で分断化された水路網のネットワーク化を図る際の事前検討に資するよう、この目的に特化した魚類個体群動態予測モデルを構築した。本モデルは水路内における個体の移動を考慮したもので、生態学的パラメータのほか、分断箇所における移動成功率などをパラメータとして、魚道設置後の個体群再生を予測する。これにより複数のネットワーク化シナリオの定量比較を可能とした。

研究成果の概要（英文）：A fish population dynamics model was developed in this study. The model is specialized to the objective of contributing preliminary deliberation when re-networking projects by setting of fish-ways will be assumed for conservation of a fish population in fragmented habitats. The model is able to take account of fish individuals' movement, uses the parameter expresses the success rate in each passage blockage in addition to population ecological parameters such as a reproductive rate or a carrying capacity, and predicts reproductive processes of the local fish population. Operations of the model under various scenarios permit comparing results quantitatively.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：水田生態工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：農村生態系、個体群動態、魚類個体群、シミュレーション、落差工、魚道

1. 研究開始当初の背景

全国に網目状に広がり総延長約40万kmにも及ぶ農業水路と水田は、魚類等の生息場となり豊かな農村生態系の礎となってきた。しかし、近年の開発に伴い生息場機能は低下し、種や個体数の減少が顕在化してきた。機能低下の要因の一つは落差工等による水域の分断で、魚類が生活の中で生息場間を移動し、生活史を全うする上での障壁となってきた。

そのため、分断された水域を魚道によりネットワーク化する動きが活発化してきたが、施工場所や整備水準は経験的に決定され、定量的な予測に基づくという視点が欠けていた。このような研究開始当時の現状を背景として、本研究を実施することとした。

2. 研究の目的

本研究の第一の目的は、魚道整備により水

域のネットワーク化を図り、衰退あるいは消滅した個体群の再生を図る、その再生過程をシミュレートできるような個体群動態予測モデルを構築することで、第二の目的はハビタットの配置等条件が個体群の再生に及ぼす影響を分析すること、第三の目的は事例に留まらぬよう、モデル構築手順および基本モデルを公表することである。

3. 研究の方法

(1) 魚類群集解析 (対象種の選定)

谷津田の広がる千葉県下田川流域 (旧大栄町、現成田市、流域面積約 10km²) で毎月 1 回、2 ヶ年にわたって実施された魚類調査結果を対象に、正準相関分析、TWINSPAN および多次元尺度法を用いて魚類群集解析を実施した。また、それらの結果と周辺環境の関係について U-test や Kruskal-Wallis test を用いて解析した。

本解析の目的は、より多くの魚類の出現可能性を示唆するとともに、その出現が水域の連続性を指標しうる種を明らかにすることで、その種を本研究におけるモデル開発対象種に位置づけることとした。

解析対象とした魚類調査結果では、延長 300m 以上の 13 本の主要な水路 (支川) に対して計 122 の調査定点が設けられており、計 13 魚種が確認されている。

正準相関分析は、各調査定点を 1 サンプルと位置づけ、一方の変量群は種数、総個体数密度、全長 5 cm 以上の個体の占める割合とし、他方の変量群は各種の個体数密度として行った。

TWINSPAN および多次元尺度法は、それらの解析結果から周辺環境との関係をさらに考察するため、水路毎に調査定点データをプールしたほか水路毎の調査定点数の偏りを考慮して在・不在データを用いて実行した。

(2) 水路内における個体の移動モデル

前段の結果を受け、モデル開発対象種はタモロコ *Gnathpogon elongatus elongatus* とした。下田川流域内でもとりわけ本種がのく確認される水路で実施した個体の移動追跡調査結果を解析し、それを比較対象としつつ経時的な個体の移動モデルを開発することとした。

移動追跡調査結果の解析および他種の移動生態に関する文献調査から、移動モデルの開発には各種内における定住的な個体と移動的な個体という個体毎の性質の考慮と正規分布の応用が適当と考えられたため、これらを踏まえた移動モデル開発を行うこととした。すなわち、2 種類の正規乱数を用いたモデル開発である。比較対象には時間的に区

分化した、計 18 個体 (利用観察記録時間: 21~251 日間) の移動追跡調査結果を用いた。

(3) モデル開発

ベースとなる個体群モデルにはロジスティック型個体群モデルを用いた。環境収容力 K および増殖率 r には、(2) の水路における魚類調査結果を基に、シミュレーションを実行して推定値を設定することとした。

網目状に広がる水路網を魚類生息場として計算機上に表現する方法にはメッシュ分割を用いた。そして、メッシュ分割を用いることで隣接しあうメッシュ間にできる境界に属性値を付与し、この属性値により遡上・降下各々における障壁程度を表現することとした。

モデル開発の目的は、水域分断点の様々な改善シナリオを定量比較可能とすることで、そこで仮想水路を対象に開発モデルの運用方法について検討を加えた。また、開発モデルを利用した個体群存続可能性分析 PVA を実行し、遊泳可能空間規模が個体存続可能性および個体分布に及ぼす影響について分析した。

4. 研究成果

(1) 魚類群集解析

正準相関分析の結果、有意な正準相関係数を得たのは第 2 軸までであった。その際の構造係数は表 1 の通りである。なお、分析では、出現地点が完全に一致する等分析に支障の生じる 2 魚種を除いた。表から、総個体数密度に支配的に働くのがドジョウ個体数密度、魚種数に支配的に働くのがタモロコ個体数密度であることが分かる。

図 1 には TWINSPAN および多次元尺度法の分析結果を整理して示した。多次元尺度法では、ある種 A の全出現地点における、ある種 B の出現地点数の割合を、種 A に対する種 B の類似度と取り扱っている。従って、図において、同時的に出現しやすい種同士は近くに、同時的に出現しにくい種同士は遠くに布置されている。また、図中央付近に布置される種ほど他種とともに出現しやすい種といえる。図中の楕円は TWINSPAN によって分類された水路群における出現種を示しており、正準相関分析において種数に支配的であったタモロコが本図においても注目される。タモロコの出現水路と非出現水路を比較すると、本種の出現には下田川本川との接続部水位差等が関連することが示唆され、モデル開発対象種として適当であると考えられた。

(2) 水路内における個体の移動モデル

表1 正準相関分析結果 (構造係数)

変量	第1軸	第2軸
群集側変量群		
種数	-0.405	<u>-0.893</u>
総個体数密度 (/10m ²)	<u>-1.000</u>	0.000
TL5cm以上の個体の割合	0.383	-0.132
魚種側変量群		
スナヤツメ	-0.379	-0.233
タモロコ	-0.360	<u>-0.691</u>
モツゴ	-0.018	-0.586
ギンブナ	-0.179	-0.622
ヤリタナゴ	0.058	-0.130
ドジョウ	<u>-0.804</u>	0.053
ホトケドジョウ	-0.502	-0.060
メダカ	-0.632	0.135
ボラ	-0.030	-0.630
オオクチバス	-0.146	-0.145
トウヨシノボリ	0.048	-0.504

下線部は絶対値 0.65 以上の相関が強い係数.

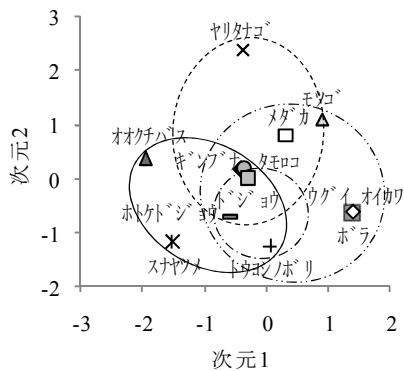


図1 多次元尺度法および TWINSpan による解析結果の整理

放流後の経過日数でカテゴリー区分したうち、まず平均経過日数 50 日の 12 サンプルを比較対象に移動モデルを開発した。移動モデルには、定住的個体と移動的個体の比率、各々の平均移動距離と標準偏差を任意に与え、最も妥当と考えられる値の組合せを探索した。結果、比率を 0.75:0.25、定住的個体に平均 0(m)、標準偏差 150(m)、移動的個体に同 0(m)、同 325(m)の正規分布を与えたとき図2 (上) の結果が得られた。

この 12 サンプルの平均経過日数 50 日を移動モデルにおける単位時間と捉え、おおよそ 4 単位時間に相当する平均経過日数 220 日の 6 サンプルを移動モデルの検証対象として、移動モデルによる 4 単位時間後の移動距離と比較した (図2 (下))。以上により、谷津田域の水路内におけるタモロコ個体の移動モデルを開発した。

(3) モデル開発

開発モデルにおいて妥当と考え得る推定値として、環境収容力 K および r に各々 1.696

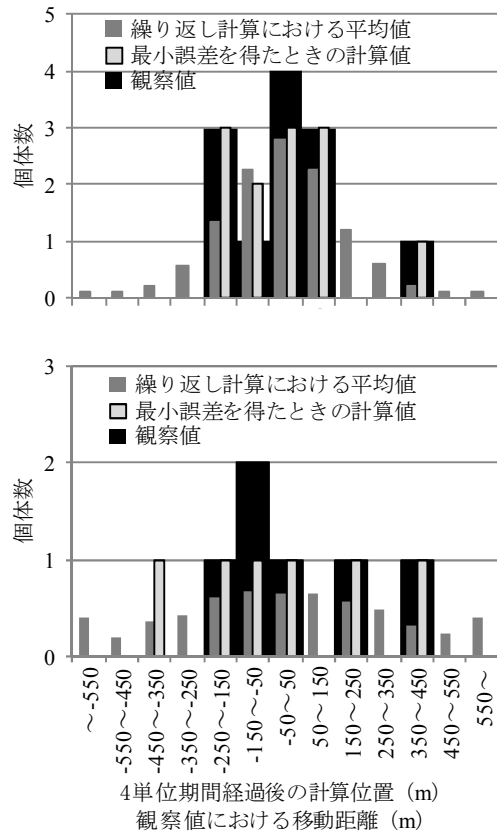


図2 移動モデルによる計算結果

(個体/m²)、0.36 (平均、標準偏差 0.21) が得られ、以下ではこれらの値を用いた。

水路網はメッシュ分割により表現され、メッシュ間境界部における遡上や降下の成否は「方法」で述べたようにして決定される。モデルにおける計算フローは図3の通りで、詳細は割愛するが、大まかなフローとしては、手順Aで計算対象となる全ての個体に、その位置するメッシュと座標、その個体が定住型なのか移動型なのかの属性が与えられる。手順Bでは移動モデルにより各個体の移動距離が計算され、移動範囲内にメッシュ間境界がある場合には、その個体の原位置から近い順に遡上または降下の成否が、境界に付与された属性値とその都度発生する乱数との比較により決定される。このようにして単位時間 (50 日) 後に位置するメッシュが決定される。手順Cでは各メッシュにおいてロジスティック型個体群モデルにより再生産後の個体数が計算される。開発モデルは多くの場面で乱数が利用されており、試行毎に計算結果は異なる。ここでは各条件下において 1,000 回の試行を実行した。定量比較は図4のように各シナリオ下の計算結果を整理することで可能となる。すなわち、例えばここでは全メッシュの総個体数が倍増することを目標に設定し、それを達成し得た試行回数を縦軸に、時間経過を横軸にして結果を整理してい

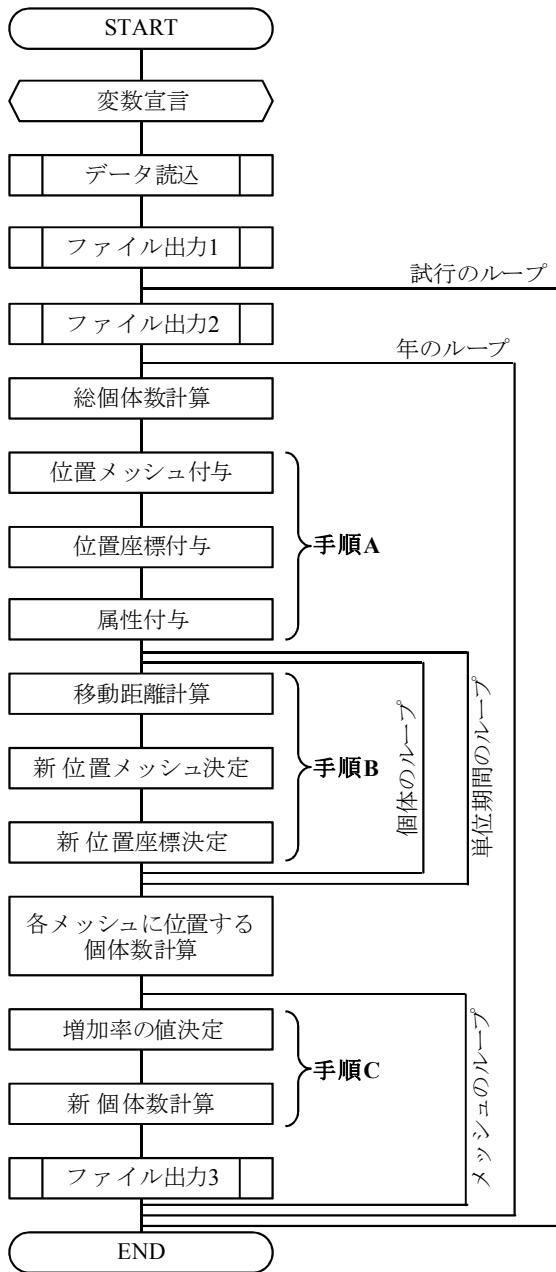


図3 開発モデルにおける計算フロー

る。図中、四角内の3桁の番号はそれぞれ異なる内容の改善シナリオを意味している。

開発モデルを用いて、上流あるいは下流からの個体の供給無し、上流への移出無し・下流への移出ありの条件下における遊泳可能空間規模に関するPVA（試行回数1,000、計算期間30年間）を実行すると、800mを境に消滅リスクが高まる結果となった。この結果は下田川流域における魚類調査結果および個体数密度分布とも矛盾するものでなく（図5）、開発モデルの今後の高精度化に期待を抱かせる結果を得ることができた。

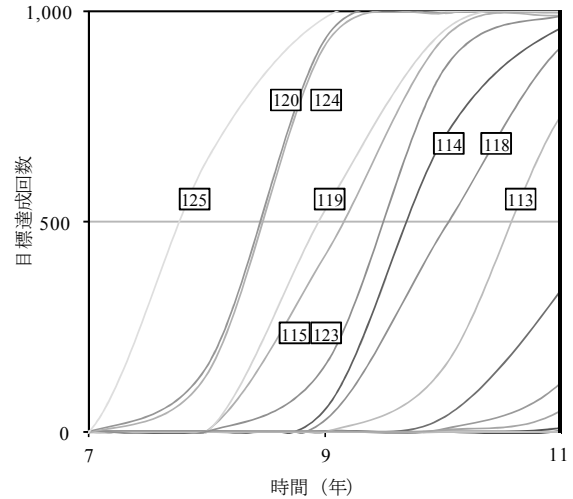


図4 開発モデルの運用による定量比較の例

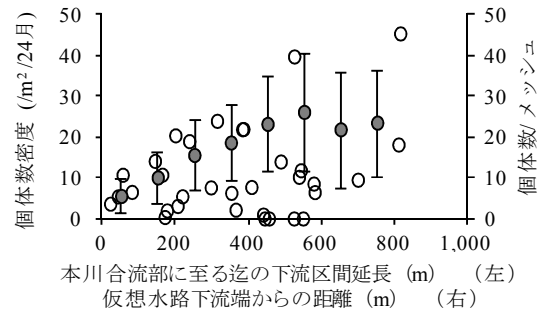


図5 水路縦断方向の個体分布の比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計8件）

- ①竹村武士、水谷正一、森 淳、小出水規行、渡部恵司、西田一也、水田域における魚類研究の現状と課題－生息環境の保全・向上に向けての評価の必要性－、農業農村工学会論文集、査読有、280、63-69、2012
- ②竹村武士、水谷正一、小出水規行、森 淳、渡部恵司、西田一也、水路のネットワーク化による個体群再生過程の予測モデル、農業農村工学会論文集、査読有、276、83-90、2011
- ③竹村武士、小出水規行、水谷正一、森 淳、渡部恵司、西田一也、谷津田域の農業水路における魚類の出現傾向と指標性－千葉県下田川流域における群集データの解析－、農業農村工学会論文集、査読有、274、43-53、2011
- ④竹村武士、水谷正一、渡部恵司、小出水規行、森 淳、松森堅治、嶺田拓也、タモロコ個体群の環境収容力の推定－千葉県の谷津田を流れる水路を対象としたシミュレーション、農業農村工学会論文集、査読有、274、65-66、2011

- ⑤竹村武士、渡部恵司、水谷正一、小出水規行、森 淳、朴明洙、水域のネットワーク化による魚類個体群の再生を予測するモデルの開発に向けた自然増加率パラメータの設定、農業農村工学会論文集、査読有、271、9-16、2011
- ⑥竹村武士、森 淳、小出水規行、渡部恵司、農業水路におけるタモロコの移動特性のモデル化、平成 22 年度農村工学研究所研究成果情報、査読有、39-40、2011
- ⑦竹村武士、谷津田域の農業水路におけるタモロコの移動特性のモデル化、農村振興、査読無、740、30-31、2011
- ⑧竹村武士、小出水規行、水谷正一、森 淳、渡部恵司、谷津田域の農業水路におけるタモロコ個体の移動のモデル化－水域のネットワーク化による魚類個体群の再生を予測するモデルの開発に向けて－、農業農村工学会論文集、査読有、269、55-62、2010

[学会発表] (計 4 件)

- ①竹村武士、渡部恵司、小出水規行、森 淳、西田一也、嶺田拓也、坂根勇、確認・未確認データによる条件付き確率を用いた種多様性評価の試み、平成 24 年度農業農村工学会大会講演会、9 月 19 日、北海道大学
- ②T. TAKEMURA, M. MIZUTANI, N. KOIZUMI, A. MORI, K. WATABE, K. NISHIDA, Simulation model for estimating reproductive processes of fish populations in networked habitats, 9th international symposium on ecohydraulics, 2012 年 9 月 17 日, Vienna(オーストリア)
- ③竹村武士、水谷正一、森 淳、小出水規行、渡部恵司、水域のネットワーク化による魚類個体群の再生過程予測モデル、平成 23 年度農業農村工学会大会講演会、2011 年 9 月 7 日、九州大学
- ④竹村武士、水谷正一、渡部恵司、小出水規行、森 淳、朴明洙、魚類個体群の再生過程の予測モデルにおける増加率パラメータ、平成 22 年度農業農村工学会大会講演会、2010 年 9 月 1 日、神戸大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹村 武士 (TAKEMURA TAKESHI)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・農村基盤研究領域・主任研究員

研究者番号：20373227

(2) 連携研究者

小出水 規行 (KOIZUMI NORIYUKI)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・資源循環工学研究領域・主任研究員