

## 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10日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510030

 研究課題名（和文） 魚類の生態情報と地域情報に基づくエコロジカルネットワークの再生  
：トキ採餌環境整備

 研究課題名（英文） Re-connecting the ecological network in the ditches of modernization of paddy field for the oriental weatherloach (*Misgurnus anguillicaudatus*) on Sado island

研究代表者 河口 洋一 (KAWAGUCHI YOICHI)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・准教授

研究者番号：20391617

研究成果の概要（和文）：佐渡島のトキ野生復帰において、トキが通年利用する重要な餌生物であるドジョウの生息量を、エコロジカルネットワークの再生から増加させるプロセスの確立を目的とする。現状では分断されている水路－水田ネットワークの再生を、水路の現地調査とモデル解析から、再生効果の大きい範囲を絞り込み提示する。研究成果は佐渡市の生物多様性地域戦略を介して農業者や市民に紹介され、地域での定着を促している。

研究成果の概要（英文）：The distribution of the oriental weatherloach, *Misgurnus anguillicaudatus*, together with related environmental factors were surveyed at 52 ditches of modernization in the Kuninaka region on Sado island. Analysis with GIS, GLM and AIC revealed that positive factors for the loach density were differed from each season. We also produced a GIS map that the predicted the density of loach across all ditches within the Kuninaka region. We discuss how the potential distribution map can be applied to the management of the oriental weathetloach.

### 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：自然再生

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：自然再生シナリオ、トキ野生復帰、水系ネットワーク、ドジョウ、環境調和型農業、ポテンシャルマップ、GIS

### 1. 研究開始当初の背景

世界的に自然環境の劣化が進む中、生物多様性に関する条約の締結にも拘わらず、地球上の生物多様性は低下の一途を辿っている。その対策として、生息環境の保全や再生、絶滅種の復元といった手続きが進められている。国内では2003年に自然再生推進法が施行され、自然再生事業が数多く実施された。しかし、釧路湿原の事例のように、自然保護に関わる団体、公的機関、農業者などのステ

ークホルダー（利害関係者）間の軋轢により事業が円滑に進まなくなっている。その原因は2つあると考えられ、1つは合意形成の手順に課題があること、もう1つは再生シナリオに選択肢がない、あるいは再生後の将来像をステークホルダーが描けないことにある。

2008年の秋、佐渡島では10羽のトキが試験放鳥されたが、この国内絶滅種の再導入においても同様なことが見られる。環境省は2015年までに小佐渡東部地域に60羽のトキ

を定着させるという目標を設定していたが、放鳥したトキは、環境省が期待した小佐渡東部地域に居着かず、佐渡島内を広域に分散した。そのため小佐渡東部地域に限定した環境省の再生シナリオではトキ野生復帰に対応できず、佐渡島全域を視野に入れた、餌生物量やトキの生態特性に基づく自然再生シナリオの作成が求められている。

放鳥トキの観察から、数ある餌生物の中でもドジョウは一年を通じて利用された重要な餌生物である。既存研究から、佐渡島におけるドジョウの潜在生息域をみると、ドジョウ生息量のポテンシャルが高い国仲平野は、実際には圃場整備が進み、河川－水路－水田間のネットワークの分断により、その生息量は低く抑えられている。しかし、佐渡島で唯一の平野部であり、ドジョウのポテンシャルが高いこの地域における採餌環境整備は不可欠である。

そのため国仲平野を流れる国府川の中下流を対象に 1) 河川－水路－水田間のネットワークの分断状況の把握、2) 河川や水路におけるドジョウの生息量調査から、どのエリアでネットワークの再生を行うとその効果が大きいかを予測し、再生場所の絞り込みと、場所に応じた再生手法の提示を行う必要がある。さらに、それら複数の再生シナリオを、北陸農政局と佐渡市が中心に進めている農業・農地戦略検討会議に提示し、土地改良区や農業者、そして行政機関と調整しながら再生シナリオの実行が求められている。

## 2. 研究の目的

本研究では、国仲平野の圃場整備水田域の水路網を対象に、春季と夏季に魚類・物理環境調査を行い、これら野外調査の結果と GIS 上でドジョウの分布に影響を及ぼす環境要因の抽出し、水路網のドジョウ分布と生息環境要因の関係を解析する。また、解析結果を用いて季節別でドジョウの推定密度を地図化し、魚道の設置場所と水路内環境の改善手法を提案する。

## 3. 研究の方法

### (1) 調査地概要

本研究では、圃場整備が行われた水田域を調査対象とした。そのため、圃場整備があまり進んでいない水田域は調査対象から除外した。圃場整備が行われた国仲平野の水田域の排水路のうち、水田からの排水が直接流入する水路を支線排水路、水田からの排水が直接流入せず、支線排水路の排水が集約される水路を幹線排水路と定義した。圃場整備が行われた水田域の支線排水路は、圃場整備によって幅 100～40cm 程度のコンクリート 3 面張りの水路となっており、ほとんどの水田と水

路では落差が生じていた。このうち、支線排水路を本研究での調査対象とした。

### (2) 魚類調査

国仲平野の水田域を 8 つに分け、昨年度の春季での調査地点を参考に、各区間の支線排水路内から 52 地点において、2011 年 4 月 23 日～5 月 8 日にかけて、2012 年 8 月 2 日～8 月 25 日にかけて 2 人以上で魚類採捕を行った(図 1)。調査地点では支線排水路内に流路長 10m の調査区間を設定した。調査は 1 人もしくは 2 人が下流側にタモ網(口径 0.35m、深さ 0.3m、目合い 2mm もしくは 3mm)とサデ網(口径 1m、深さ 1m、目合い 4mm)を用いて水路に隙間なく設置し、一人がエレクトリックショッカー(Smith-root 社 LR-24 型)を用いて上流から下流に向かって蹴りこむようにして魚類を 1 回採捕した。採捕した魚類は種の同定を行い、魚種ごとに分け、湿重量を計測した。その後、採捕した魚類を魚種ごとにスケールとともにバットに入れデジタルカメラで撮影を行い、その場で放流した。後日、撮影した画像から魚類の個体数と全長を計測した。

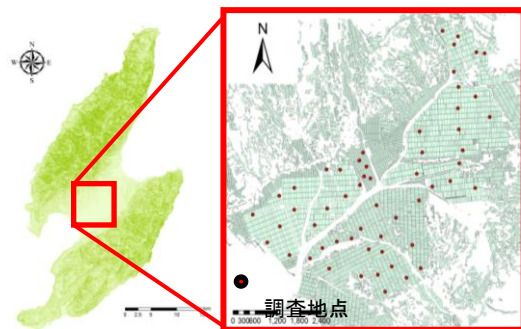


図 1 調査地

### (3) 物理環境調査

各調査地点の調査区間内に、上流側から 0m、5m、10m 地点にトランセクトを 3 本設け、各トランセクトに水路の横断方向に等間隔になるように 5 点の測定点を設置し、計 15 点の測定点を設置した。各測定点で河床材料とその堆積した厚さ、水深、流速を計測した。河床材料は各測定点直下に存在する堆積物の粒径を計測し、コンクリート、砂泥(1mm 未満)、細礫(1mm～10mm)、中礫(10mm 以上)のいずれかに分類し、その堆積物が堆積している厚さを記録した。水深は標尺を用いて計測した。流速はプロペラ式流速計(コスモ理研 CR-7WP)を用いて 6 割水深での流速を 3 回計測した。また、調査区間の畦から垂れて水路や水中に侵入している根・茎・葉や水路内に生えている水ゴケなどの植生を目視によって 0(なし)、1(多少繁茂している)、2(繁茂している)、3(かなり繁茂している)の 4 段階で

評価した。さらに、支線排水路毎に幹線排水路との接続性について、調査地の幹線排水路の合流部で排水が段差なく流れ込んでいるか確認を行った。また、水田への給水方法や、河川との接続性、排水機場の設置について、水路網毎に確認した。

#### (4) GIS による景観要因の抽出

GIS (ESRI 社製 ArcGIS) を用いて調査地周辺の標高、傾斜、水田面積、幹線排水路までの距離を計測した。標高と傾斜はそれぞれ国土院が発行した数値地図の 50m メッシュを用いた。また水田面積については調査地点から水路の上下流側で排水を行っている水田の総面積を計測し、幹線排水路までの距離は水路網で調査地点から幹線排水路に接続する地点までの距離を計測した。なお、水田面積については調査地点から上下流 100m～600m の 100m 単位 6 スケールで計測した。

#### (5) GLM による統計解析

調査地の排水路におけるドジョウの生息量と物理環境調査で得た局所要因および GIS で抽出した景観要因との関係性を明らかにするため、一般化線形モデル (Generalized Linear Model: 以下 GLM) による解析を行った。GLM による解析では、目的変数は調査区間 10m あたりのドジョウの個体数とした。ドジョウの個体数が従う確率分布については、標本平均く標本分散であり、データがゼロ以上の範囲で離散型であることや上限が特になかったため負の二項分布と仮定し、リンク関数には log を用いた。

説明変数に用いたデータは、水路内の局所的な環境を示す局所要因 (流速、流速の変動係数、砂泥、コンクリート、植生、推進、水路幅) と地形等の景観レベルの環境を示す景観要因 (幹線排水路までの距離、水田面積、標高、傾斜、排水機能、給水方法、幹線排水路との接続性) に分け、それぞれの変数内ではばらつきが大きいものについては、対数化による標準化を行うことでばらつきを小さくした。また、水路幅を offset 項として組み込ことで、水路 10m あたりのドジョウ個体数の推定密度式で表現した。

解析を行う前に変数間の共線性を回避するため、変数から相関行列 (ピアソンの積率相関) を作成し相関性が強い変数 ( $|r| \geq 0.6$ ) について確認を行い、相関性が高い物に関しては分けて解析を行った。これらを踏まえた上で、GLM による解析では説明変数がとりうる全ての組み合わせを用いて解析を行った。

モデルを判断する指標としては、AIC (赤池情報量基準) を用いた。AIC は統計解析で得たモデルを評価するためのもので、AIC が小さいモデルほど優秀なモデルとされている。今回は AIC が小さくなったものから順番に 10

個のモデルを選択した。

#### (6) 佐渡市農地 GIS

農地 GIS は佐渡市が水田情報を管理するために作成したもので、認証米制度に参加している水田の位置情報や、その水田で行われている農法 (魚道、冬期湛水、江の設置等) についても整備されている。佐渡市農林水産課から、認証米制度への参加の有無と冬期湛水、江の設置、魚道の設置という 3 つの農法の実施状況に関する情報を提供いただき解析に用いた。冬期湛水は、冬期に水田に水を張る農法である。江の設置とは、水田内に幅 30cm、長さ 10m 程度の水路状の深みを創出する農法である。江は、中干し時期や稲刈りの時期にも深みに水が溜まっているために、水田内の水中昆虫や魚類の避難場所となる。魚道の設置とは、圃場整備によって分断された水路と水田を繋げるものである。

#### (7) 水系ネットワークの再生適地の抽出

水系ネットワークの再生適地の抽出を行うため、春と夏におけるドジョウのポテンシャルマップと農地 GIS を用い、GIS 上で 2 つの情報を地図上に重ね合わせることでドジョウのポテンシャルが高く、認証米制度への参加状況によってこれから環境再生 (魚道設置や水路の生息場再生) を行いやすい場所を抽出した。

## 4. 研究成果

### (1) 結果

採捕されたドジョウの体長組成を図 1 に示す。GLM による解析から、ドジョウの生息環境要因は、春季では水田面積、流速の変動係

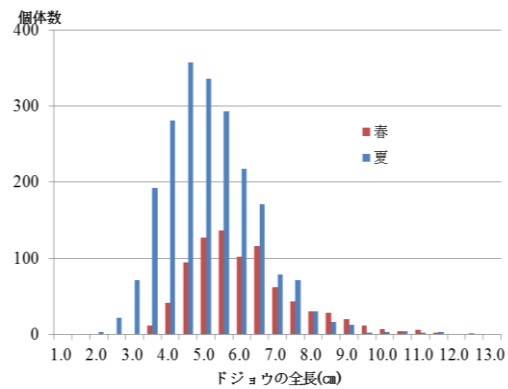


図 2 ドジョウの体長ヒストグラム

数、幹線排水路との接続性が正の要因となり、コンクリート床、排水機能、標高が負の要因としてドジョウの生息量に影響した。また夏季では、水田面積、水中植生が正の要因となり、水深、排水機能、給水機能、標高が負の要因としてドジョウ稚魚に影響した。今回、



夏季におけるドジョウの成魚についても同様な統計解析を行ったが、環境要因に対して大きな傾向は見られなかった。

GLM による解析結果をもとに、国仲平野の排水路網におけるドジョウの推定密度の分布図を作成した(図 3.4)。両季節の分布図を比較すると、ドジョウの分布の仕方も対照的に変化した。

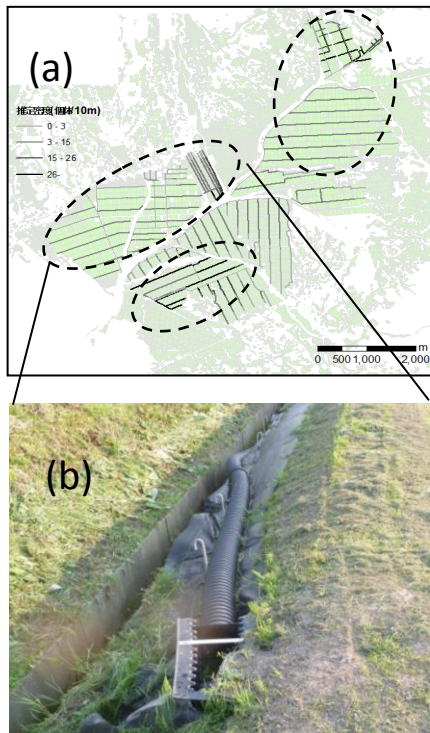


図 3 (a) 春季におけるドジョウ成魚の推定密度分布図と  
(b) 魚道による生息環境整備

## (2) 考察

GLM による解析結果から、両季節に共通して移動経路を分断し排水効率を上げる排水施設の存在、そして夏季ではパイプラインを通じた給水機能による水の制限といった圃場整備による改変要因がドジョウの生息環境を悪化させていることが考えられた。特に夏季では、ドジョウの稚魚は水中植生が繁茂している水路で多く見られたことから、稚魚は成魚よりも水路内環境の影響を受けやすいことが示唆された。

両季節のドジョウ分布図を作成したところ、魚道を設置すべき場所では併せて水路内環境の整備が必要だと考えられた。春季の分布図から推定密度が大きい(虚線)の水路で魚道を設置すると産卵期のドジョウの遡上に期待できる。その一方で、夏季の解析結果をもとに、魚道を設置した水路周辺では擬似植生として竹を束ねたものを水路内に設置し、

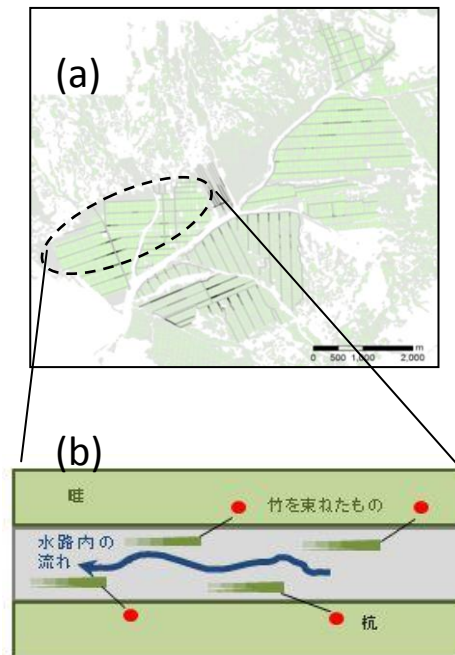


図 4 (a) 夏季におけるドジョウ稚魚の推定密度分布図と  
(b) 竹を用いた水路内生息環境整備

環境に変化をつけることで、季節を通してドジョウの生息環境整備が期待できる。

さらに、本研究の成果(図 3)を基に、国仲平野における水系ネットワークの再生手法については、佐渡市の生物多様性地域戦略にも掲載され、研究成果の普及も進行中である。

## 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)

[学会発表] (計 4 件)

- ① 中津充裕・竹川有哉・青山直寛・河口洋一、圃場整備水田域の水路網におけるドジョウの生息環境解析と分布域の地図化、平成 24 年度農業農村工学会大会講演会札幌大会, 2012. 9. 18, 北海道大学(札幌市)
- ② 竹川有哉・河口洋一・青山直寛・中津充裕、圃場整備水田域における生き物を育む農法の質の向上にむけた取り組み、応用生態工学会第 15 会大会, 2011. 9. 15, 金沢学院大学(金沢市)
- ③ 竹川有哉・河口洋一・青山直寛・中津充裕、圃場整備水田域における水系ネットワーク再生の提案～経済と環境の両立を目指して～、土木学会四国支部会, 2011. 5. 14, 香川大学(高松市)
- ④ 青山直寛・河口洋一・赤坂卓美・鹿野雄一・池松伸也・島谷幸宏、ドジョウはど

のようなタイミングで遡上するの  
か? : 川から水路、水路から水田への場  
合, 応用生態工学会第14回大会, 2010.  
9.22, カデル2.7 (札幌市)

〔図書〕(計 2件)

- ① 河口洋一・中村太士(分担執筆)、講談社、  
5.3.8 佐渡島におけるトキ野生復帰と水  
系ネットワークの再生、河川生態学 (川  
那部浩哉・水野信彦(監修)、中村太士  
(編))、2013、総ページ数 354 ページ)、  
pp. 297-319
- ② 河口洋一 (分担執筆)、佐渡市、4-1 (b)  
水系ネットワークの構築、佐渡市生物多  
様性地域戦略、2012、121

〔その他〕

ホームページ等

佐渡市生物多様性地域戦略

第4章(1) pp.113-116

[http://www.city.sado.niigata.jp/admin/vision/pdf/biodiversity12/biodiversity12\\_04.pdf](http://www.city.sado.niigata.jp/admin/vision/pdf/biodiversity12/biodiversity12_04.pdf)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

河口 洋一 (KAWAGUCHI YOICHI)

徳島大学・ソシオテクノサイエンス研究  
部・准教授

研究者番号：20391617

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：