

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：88003

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14484

研究課題名(和文)不妊雄放流による外来魚の新規駆除手法の開発

研究課題名(英文) Technical development for removing the invasive fish using the sterile male release approach

研究代表者

岡 慎一郎(Oka, Shin-ichiro)

一般財団法人沖縄美ら島財団(総合研究センター)・総合研究センター 動物研究室・主任研究員

研究者番号：00721747

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：外来種モザンビークティラピア(以下ティラピア)の不妊雄を野外水域に放ち、繁殖を阻害することで生息数を減じさせる駆除技術の効果検証と開発が本研究の目的である。ティラピアの生息する野外の閉鎖的な人工池3か年にわたり、物理的な駆除と不妊オスの放流を行ったところ、目視できる繁殖なわばり雄の約9割が不妊雄に占められた状況下においても、次世代を減じる効果が不明瞭であった。水槽実験においても不妊雄の比率が95%条件下でも約半数の雌が受精卵を抱卵しており、その要因として雌の重婚が指摘された。本研究では、ティラピアの強い繁殖力により、当初の目的である不妊雄による駆除は困難であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

外来種対策として直接駆除以外の手法の開発が求められる中、不妊オスによる繁殖阻害で個体数を減じるための脊椎動物で初の手法開発をティラピアをモデルにして行った。3か年にわたる継続的な野外および室内実験の結果から、予想を超えた繁殖力の強さや繁殖システムにより、不妊雄によるコントロールは不可能であると結論付けた。一方で、これまで知られていなかったティラピアの繁殖システムの一端や順応性についても新たな側面を発見できた。いずれにしろ本研究では、当初の目的は達成できなかったものの、ティラピアの駆除の困難さを鮮明に浮き彫りにできた。

研究成果の概要(英文)：The trials to control the invasive Mozambique tilapia population using the sterile male release technique (SMRT) were performed on the field waters. After three years of direct extermination and SMRT in a closed outdoor artificial pond inhabited by tilapia, the effect of reducing the next generation was unclear even under the condition that about 90% of visible breeding territorial males were occupied by sterile males. In the aquarium experiment, about half of the females had fertilized eggs even under the condition that the ratio of sterile males was 95%, and it was pointed out that the cause was that females mating with multi males. In this study, the control tilapia population with SMRT was difficult due to their strong reproductive potential.

研究分野：生態学

キーワード：外来種 駆除 不妊化 SMRT ティラピア 魚類 淡水魚

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、世界各地において外来種による在来生態系の攪乱が懸念されており、COP10 ロードマップにおいても外来種問題が取り上げられ、とりわけ駆除に関しては新たな駆除技術の開発と導入の必要性が強調された。ウリミバエやアリモドキゾウムシ等の小型昆虫においては、人工的に不妊化した個体を野外に大量に放ち、メスが正常なオスと繁殖する確率を下げることで根絶に成功している。しかし、脊椎動物では不妊個体を用いた駆除の検証および成功例はなかった。

世界のワースト外来種 100 にも選ばれているアフリカ原産のティラピアは、非常に強い繁殖力と環境耐性を有することから南日本の各地で増殖しており、特に沖縄地方ではほぼ全ての陸水域に侵入している。近年、本種の稚魚を高温(37°C 前後)で飼育すると雌雄とも不妊化し、その不妊オスは正常な繁殖行動をとり、メスに産卵させるものの、卵は受精していないためすべて死滅することが水槽実験で確かめられた。この不妊オスを大量に作出し、野外の生息域に放流すれば、その生息数を減少させることができる可能性があると考えた。しかし、様々な不確定要素が混在する野外における不妊オスの挙動は不明であることから、まずは実証試験を重ねた効果の検証が不可欠である。

### 2. 研究の目的

外来種モザンビークティラピア(以下ティラピア)の不妊オスを野外水域に放ち、繁殖を阻害することで生息数を減じさせる駆除技術の効果検証と開発が本研究の目的である。目的達成のために以下の課題を重点項目とした

- ・実験池におけるティラピアの捕獲と生活史把握
- ・不妊オスの放流および駆除効果の検証
- ・実用化に向けた技術課題の抽出と解決策の検討

### 3. 研究の方法

#### (1) 人工池におけるティラピアの物理的駆除と不妊オスの放流および効果の検証

沖縄県海洋博公園内の合計約 1000m<sup>2</sup> の連続した池群を A 区と B 区に分け (A-B 間は魚類の行き来不可)、両区にて各月 1~4 回、3 カ年にわたりセルピンと網カゴを用いてほぼ統一した捕獲圧のもと駆除を行った。捕獲した個体の一部は、生殖腺の発達状況や耳石による成長解析に供した。また、捕獲された全ての体長 30mm 未満の個体について、耳石日輪と体長との高い相関の得られた関係式から孵化日を推定した。捕獲駆除と並行し、A 区には幼期に高温処理を施して不妊化したオスを 3 カ年の繁殖期初期に合計約 250 個体放流した。放流後前後から繁殖期終盤にわたり、A 区を陸上から踏査し、繁殖縄張りを形成した全オスに対する不妊化オス(リボンタグの有無で識別)の割合を求めた。

#### (2) 実験池における不妊オスの生殖阻害に対する効果の検証

直径 6m の円形水槽に 20 尾のオスと 10 尾のメスを放ち、5 日後に全個体を回収して、メスの口内の卵を回収してその受精率を求めた。実験は不妊オスの割合を 0~100% (10~5%段階) に調整し、これを繰り返すことで、繁殖阻害が生じる不妊オスの割合を明らかにすることを試みた。また、通常オス 3 個体を収容した水槽で抱卵したメス 2 個体の口内の受精卵について、DNA 分析による父性判定を行い、これまでに知られていなかったメスの重婚の可能性について検討した。

#### (3) 在来種に対するティラピアの影響や在来種保全に関する研究

これまでの駆除作業を通してティラピアが定着した池には水生昆虫をはじめとした水生動物がほとんど出現しない状況が確認できたため、水槽実験においてティラピアの在来生態系への食害に関する調査を実施した。1.2m 四方の水槽を野外に設置し、複数のティラピアのバイオマス条件における約半年間の基質への水生昆虫相の変動について検討した。

ティラピア駆除後の池を在来希少淡水魚の生息域外保全の場所として利用するため、試験的な放流の効果の評価や天然個体群の生息実態などを調査した。

### 4. 研究成果

#### (1) 人工池におけるティラピアの物理的駆除と不妊オスの放流および効果の検証

3 カ年で駆除したティラピアは約 3 万尾であった。経年的なサイズの変化を見てみると、高い捕獲圧に起因する小型化は認められたものの、努力当たり捕獲数には明確な減少傾向は認められなかった。この傾向は、不妊オス放流区と非放流区の両者で共通していた。つまり、3 カ年で 1m<sup>2</sup> あたり 30 尾程度の捕獲圧をもってしても、個体数を明確に減じるに足らないことが示された。

野外観察の結果や駆除したサンプルの分析から、対象区域の繁殖期は4～10月、体長約60mm、多くは1年で成熟するが、繁殖期初頭で生まれたものは当年の終盤で繁殖に参加できる可能性が指摘された。上記の駆除において、駆除1年程度の間には繁殖に有利と思われる体長100mmを超える個体は概ね排除できたものの、60mm程度で縄張り行動を盛んに取る個体も散見され、縄張りオスの小型化が生じている可能性が示唆された。

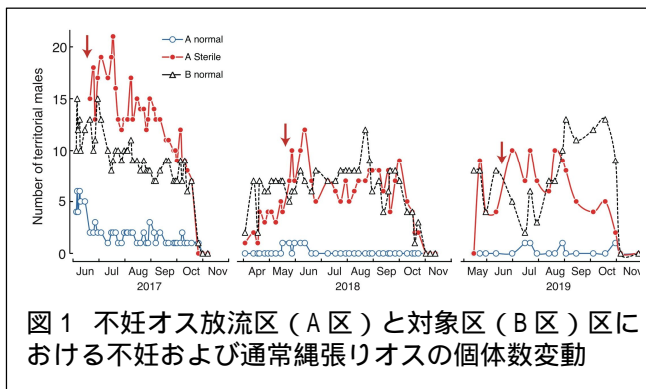


図1 不妊オス放流区（A区）と対象区（B区）区における不妊および通常縄張りオスの個体数変動

不妊オスを放流したA区においては、3カ年とも縄張りオスの大半（平均で9割程度）が不妊オスとなっていた（図1）。つまり、不妊オスの放流によってメスが通常のオスと繁殖する機会を大きく減じた可能性が示唆された。しかし、捕獲駆除によって得られた稚魚の数や孵化日組成の変化は、不妊オスを放流していないB区と大差なく、不妊オス放流による次世代資源の減少については明確な証拠が得られなかった。以上のように、小規模な水域で強い捕獲圧と不妊オス放流を3カ年継続したとしても、侵入したティラピア個体群を排除することは困難と結論づけられた。

### (2) 実験池における不妊オスの生殖阻害に対する効果の検証

不妊オスの個体数割合による受精卵の性状に関する実験では、不妊オスの割合が30%を超えると受精卵を持たないメスが出現した。しかし、野外では実現が困難だと思われる不妊オス95%の条件においても約半数のメスが受精卵を有していた（図2）。つまり、わずかでも通常オスが含まれていれば半数程度は繁殖に成功するケースが多いと考えられた。

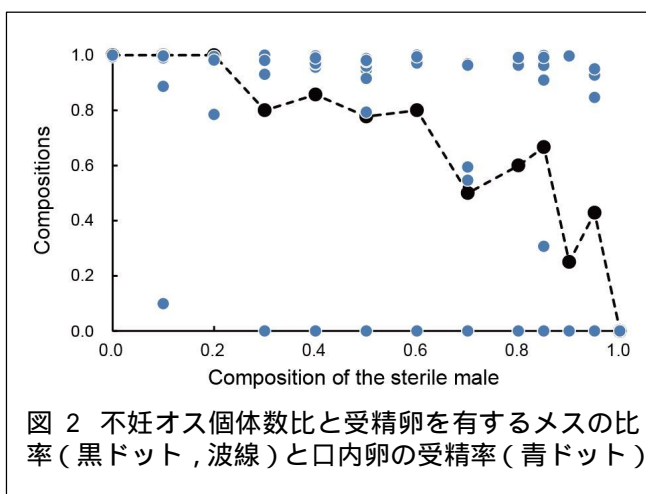


図2 不妊オス個体数比と受精卵を有するメスの比率（黒ドット、波線）と口内卵の受精率（青ドット）

複数オス条件下で繁殖したメスの口内受精卵の父性判定の結果、すべてのクラッチが複数の父親を起源とすることが明らかとなった。つまり、メスは明らかに重婚をしており、不妊オスと番った場合でもその後通常オスから1度でも精子を受け取れた場合は口内の卵が受精する可能性が高い。この事象は、野外において不妊オスが大半を占める状況下であっても次世代の減少が生じなかった状況を説明すると考えられた。

以上より、当初の目的であった不妊オスの放流による繁殖阻害によって、ティラピアの個体群を縮小させることは困難であることが明らかとなった。

### (3) 在来種に対するティラピアの影響や在来種保全に関する研究

ティラピアの水生昆虫への食害影響試験は、実験を終了し、現在水生昆虫等の分析作業中である。大まかな傾向としては、ティラピアのバイオマスに関係なく、本種を収容した水槽の基質から得られたユスリカやヤゴなどの水生昆虫の数は、同様に在来種のミナミメダカを収容した水槽よりも明らかに少なかった。その他、水質等の観測結果も取り入れながら解析を進めている。

魚類の生息が確認されていない海洋博公園内の人工池に放った在来ギンブナとミナミメダカは、ほぼ粗放的な管理にも関わらず順調に世代交代を続けている状況が確認されている。一方で、ヒョウモンドジョウについてはホルモン処理などの試行も甲斐なく成功には至っていない。一方、沖縄島における本種の遺伝的性状を調査したところ、多様性の消失と近縁外来種との混血の可能性が指摘され、保全上非常に危機的な状況であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 岡慎一郎・笹井隆秀・花原望・宮本圭・小林大純・村田尚史・前田健	4. 巻 59
2. 論文標題 沖縄県におけるヒョウモンドジョウの遺伝的特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fauna Ryukyuana	6. 最初と最後の頁 57-61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加賀谷玲夢・野津了・岡慎一郎・中村將
2. 発表標題 高水温飼育したオスのカワスズメの不妊化と性行動について
3. 学会等名 日本水産学会年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------