

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2010

課題番号：20246087

研究課題名(和文) ナルトビエイ等による二枚貝食害の検出・防除システムの開発

研究課題名(英文) Development of a bivalve predation detector and prevention system by eagle ray (*Aetobatus flagellum*)

研究代表者

関根 雅彦 (SEKINE MASAHIKO)

山口大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30163108

研究成果の概要(和文)：

撮像機能付き食害検出装置の開発、二枚貝の食害時の摂食音の採取、二枚貝食害時の摂食音を検出するアルゴリズムの開発、食害生物忌避装置の開発を行い、食害検出装置をトリガーとしたナルトビエイ等による二枚貝食害の検出・防除システムを構築した。

研究成果の概要(英文)：

By developing a bivalve predation detector with video recorder, collecting underwater predation sound, developing predation sound detecting algorism, and developing predation preventing device, we build a bivalve predation detecting and preventing system by eagle ray (*Aetobatus flagellum*).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	11,800,000	3,540,000	15,340,000
2009年度	11,600,000	3,480,000	15,080,000
2010年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	26,500,000	7,950,000	34,450,000

研究分野：環境工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：ナルトビエイ、二枚貝、食害防除、水中音響、食害検出、電撃パルス

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初から現在に至るまで、日本各地でアサリなどの二枚貝の漁獲量の減少が深刻な問題となっている。この理由には種々の仮説が提出されているが、有明海や瀬戸内海西部ではナルトビエイによる食害が有力視されている。筆者らも、山口湾の干潟環境再生についての研究を通じ、山口湾のアサリ減少にナルトビエイによる食害が大きな影響を与えている可能性を示した(尾添他2006)。

ナルトビエイは最近の海水温の上昇に伴って日本沿岸に来遊するようになったとされており、二枚貝漁獲量減少と相前後して大量の来遊が目立つようになったため、二枚貝減少の元凶として目の敵にされ、積極的な駆除

活動が展開されている地域がある。学術的にも有明海などにおいて精力的にその生態が調査されているところであるが、その行動圏や日本沿岸への来遊状況、摂食速度やその餌量密度依存性など、二枚貝減少との因果関係も含め、十分に明らかになっていない状況であった。

一方、研究代表者関根、分担者渡部らは、科学研究費補助金の援助を受け、テッポウエビが水中で発するパルス音によって海域環境を計測する研究(渡部他2000,2002)を行った経験があり、テッポウエビカウンタの装置化も行っている(渡部2004)。この経験から、ナルトビエイが二枚貝を摂食する際に殻の破碎音が発生しているに違いないとの着想を得て、この音によりナルトビエイの来遊を

検出する方法についての特許を平成 19 年 3 月に出願している(関根 2007)。また平成 19 年 8 月には、サウンド技術振興財団の助成を得て、山口県水産研究センターの協力の下、30cm~60cm の比較的小型なナルトビエイを畜養し、コンクリート水槽中でのアサリ摂食状況のビデオ撮影と摂食音の採取に成功した。その結果、ナルトビエイがアサリの殻を圧壊することから特徴的な連続パルスが発生することをつきとめ、単発的なパルスしか発生しないガザミなどによる食害とナルトビエイによる食害を区別して検出できる可能性が高いことを示した(読売新聞 2007)。これとは別に、分担者浜口は、電磁パルスによる食害生物忌避装置を考案し、特許を出願するとともに、実用化のための実験を開始していた(浜口ら 2007)。ここに、この両者の技術を組み合わせることで、効果的な食害検出・防除システムの構築が可能ではないかという着想が生まれた。

参考資料

関根(2007). 貝類の食害の検出方法及びモニタリングシステム. 特願 2007-61747.

浜口他(2007). エイ撃退装置. 特願 2007-043337

尾添, 関根他(2006). 山口湾のアサリ生息阻害要因の検討. 環境工学研究論文集, 43, 465-471.

渡部(2004). テッポウエビ類の発音計数による浅海域生物生息環境計測器の開発に関する研究, 明石高専研究紀要, 第 47 号, 103-108.

渡部, 関根他(2002). 浅海域環境評価を目的とした水中音響観測によるテッポウエビ類生息密度推定. 土木学会論文集 No.713/VII-24, 69-79.

渡部, 関根他(2000). テッポウエビを用いた海域環境のモニタリング. 土木学会論文集, No.643/VII-14, 49-60, Feb. 2000.

2. 研究の目的

本研究の目的は、水中音によりナルトビエイによる二枚貝食害を検出し、電撃によりエイに忌避行動を起こさせる、食害防除システムを開発することである。ナルトビエイは卵胎生であり、少数の仔魚しか生まない。現在各地で実施されている漁獲による駆除では、ナルトビエイ自身を絶滅に追い込む恐れすらある。本システムにより、ナルトビエイと有用二枚貝を共に保護する方法を確立したい。

3. 研究の方法

以上の目的を達成するために、本研究では以下の 5 項目につき研究を実施する。

(1) 撮像機能付き食害検出装置の開発

1. で述べたように、平成 19 年度の研究で既にナルトビエイとガザミの摂食音の採取に成功しており、これを基にした食害検出アルゴリズムの構築を既に開始している。し

かしながら、実際の海中では、1.5m に及ぶ大型のナルトビエイが砂泥中からアサリを掘りだして摂食しており、コンクリート上のアサリを小型ナルトビエイが摂食した場合は異なる摂食音が発生している可能性がある。このため、水槽中ではなく実際の海中における摂食音を採録することが必要である。また、ナルトビエイ、ガザミの他、イシガニ、チヌなどの他の生物も貝殻を破碎して二枚貝を摂食しており、採録された摂食音がどの生物によるものかを把握するためには、摂食状況の画像による確認がどうしても必要であることが平成 19 年度の研究より明らかになっている。

このため、実際の海中での二枚貝の食害状況を 1 か月程度連続して録画・録音できる装置を開発する。

(2) 二枚貝の食害時の摂食音の採取

(1) で製作した検出装置を用い、二枚貝の食害状況を実際に食害が発生している山口湾および小野田港沖にて観察する。申請者らの既往の研究により山口湾の特定地点では 7 月から 9 月の間、放流したアサリ 100 個体が 1 か月以内に 100% 食害されることが明らかになっている。こうした地点に検出装置を設置し、周辺にアサリを放流することで、ナルトビエイやガザミなどによる食害状況と摂食音のデータを採取する。

(3) 二枚貝の食害時の摂食音を検出するアルゴリズムの確立

(2) で得たデータを用いて摂食音検出アルゴリズムをチューニングすることで、ナルトビエイやガザミなどを区別しながら高精度で食害を検出できるアルゴリズムを確立する。

(4) 食害生物忌避装置の開発

水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所にて開発中の電磁パルスによる食害生物忌避装置を改良し、電圧と周波数の最適化など、長期野外運用に耐える装置として完成させる。

(5) 食害検出装置をトリガーとした食害防除システムの開発

(2) で確立したアルゴリズムを(1)で製作した装置に組み込み、(4)の作動トリガーとして使用することで、効果的な食害防除が可能なシステムを開発する。本装置は録画機能を持っているため、防除が行われる様子を詳細に記録することが可能であり、システムの効果を明確に評価することができる。これにより、効率的にシステムの改良を行うことができる。

4. 研究成果

(1) 撮像機能付き食害検出装置の開発

研究開始後、検討を繰り返した結果、連続的な撮像機能はぜひとも必要であるにも関わらず、電力消費が大きく、独立電源を用いて水中で長期運用可能な装置開発は難しいことが明らかになった。このため、食害検出アルゴリズムが確立されれば不要になる撮像機能と、研究完成後も長期運用が必要になる食害検出装置を別体で開発し、組み合わせて研究実施することとした。また、ナルトビエイの来遊を複数の場所で確認し、食害状況の撮影・録音の成功率を高くすることを目的に、太陽電池による外部電源と民生用録画装置を用いた浮体式連続撮像装置も製作した。



写真1. 独立電源による水中設置型撮像装置

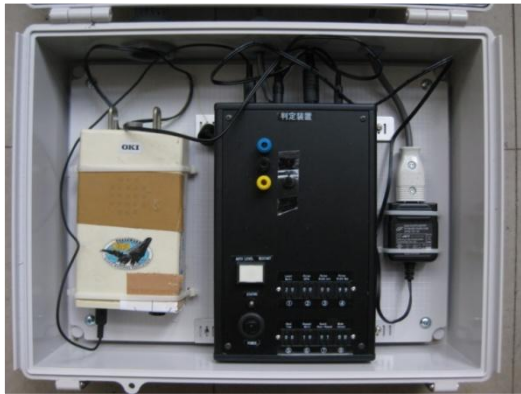


写真2. 食害検出装置



写真3. 浮体式連続撮像装置

(2) 二枚貝の食害時の摂食音の採取

山口湾中潟（写真1）、南潟（写真2）において連続水中撮影を実施した。また、より効率的な摂餌音採取を目的に、下関水族館の協力を得てナルトビエイ成魚を捕獲し、山口県水産研究センター内海研究部の150m×150m海水プールにて蓄養し、摂餌音の直接採取を行った。



写真4. 150m海水プールで蓄養中のナルトビエイ

以上の結果、海水プールにおいて多数の摂餌音の採取に成功したほか、現地におけるナルトビエイの食害映像や、ナルトビエイ以外の生物による食害状況の把握に成功した。特に、南潟調査地点では、ナルトビエイによる食害より、クロダイによる食害が目立つ状況であった。二枚貝現象の原因については場所ごとに検討する必要があることが確認された。



写真5. 調査結果を報じる新聞（読売 1009.7.12）

以上の結果を受け、実海域におけるナルトビエイの摂餌音を採取し、また水中雑音による誤検出を避けることのできるパラメータを得るため、よりナルトビエイ来遊の可能性が高い床波漁港離岸堤において改めて水中音採取を行った。平成22年8月8日から9月6日までに実験区画内に521回のエイの出現が観察され、そのうち209回は区画内に滞在し、摂餌音の採取に成功した。なお、床波漁港は、近隣海域30か所以上の水中撮影可能場所調査結果に基づいて決定した。



写真6. 床波漁港離岸堤調査地点

(3) 二枚貝の食害時の摂餌音を検出するアルゴリズムの確立

(2) で得られたナルトビエイ成体の摂餌音が検出できるよう、食害検出装置のパラメータを定めた。

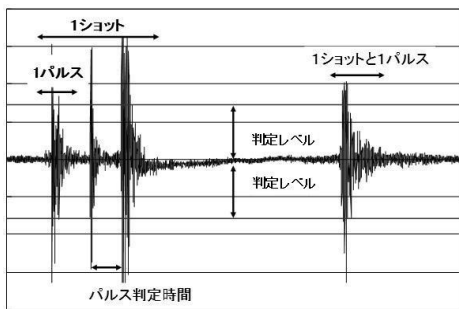


図1. ナルトビエイ摂餌音パラメータ

150m 海水プールにおいて採取されたナルトビエイ摂餌音から、パルス判定時間=1.0ms, 最少パルス幅=0.1ms, 最大パルス幅=10ms, 繰返し判定時間=1ms, ショット判定パルス数=3, 繰返しパルス数=1 で摂餌音が検出できることが判明した。

南潟、中潟の調査地点では、撮像によるナルトビエイの来遊確認数が少なく、有効な摂餌音が採取できなかった。これらの地点における録音データより、降雨音や潮の干満により水位が十数 cm に低下した際の雑音などが摂餌音として誤検出されることが明らかとなった。これらの誤検出については、別途キャンセルすることが可能である。

一方、床波漁港の調査地点では、ナルトビエイによる強いパルスが多く誤検出された。モンテカルロ法によりご検出を少なくする検出パラメータを探索した結果、パルス判定時間=2.3ms, 最少パルス幅=0.03ms, 最大パルス幅=2.53ms に変更することで、テッポウエビの誤検出をゼロとしつつ、1回の摂餌音によるエイの検出率を60%程度にすることができた。エイは摂餌中複数回の音を発するため、高い確率でエイを検出することが可能となった。

(4) 食害生物忌避装置の開発

サメ用電気ショッカーを基にして製作した

ナルトビエイ忌避装置を用いて、山口湾水産研究センター150m 海水プールにおいて忌避実験を行った。電圧450Vと900V、電極形状を棒状4本電極と一本鎖電極で忌避実験を行った。棒状電極では作動当初に忌避行動が見られたものの、程なく馴致され、電撃作動中にも摂餌行動が見られるようになった。最終的に900V、棒状4本電極により、電撃作動中にはエイは四隅に電極を配置した2m×2mの範囲に侵入できないことが実証された。また、後述の床波漁港離岸堤における実証実験を通じて、忌避装置のトリガーがオンになってから実際の電撃は発せられるまで12秒程度のタイムラグがあり、その間にもかなりの食害が起こることが明らかになった。このため、トリガーオンから電撃発生までのタイムラグを1秒以下とするよう装置の改修を行った。



写真7. 忌避装置の設置状況(床波漁港)

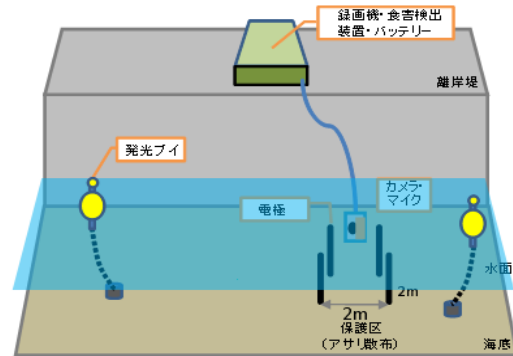


図2. 床波漁港の食害忌避装置の設置状況

(5) 食害検出装置をトリガーとした食害防除システムの開発

食害検出装置と食害生物忌避装置を組み合わせ、食害の検出をトリガーとして忌避装置を作動させる食害防除システムを構成し、水産研究センター150m 海水プールおよび床波漁港離岸堤前水域にて食害防除実験を実施した。なお、これらの実験は、先述のテッポ

ウエビによる誤作動に対する食害検出アルゴリズム改善と、トリガーオンから電撃発生までの12秒のタイムラグの改修前に行われたものである。

海水プールでは、平成21年11月12日の棒状電極実験において、ナルトビエイ以外の食害生物が存在しない状態で、システム設置側生存率13%、対象側生存率4%の結果を得た。ビデオ観察では電撃作動による急激な忌避行動が観察され、電撃作動中にはナルトビエイは実験区画内に侵入できずに周辺を回遊する様子が観察されたが、アサリ散布数が2kgと少なく、電撃発生のタイムラグが存在する状態であったため、完全に食害を防除するには至らなかった。

床波漁港では、平成22年9月10日から20までの間に76回のエイの来遊と26回のエイの滞在が確認されたが、この間テッポウエビが発するパルスにより総実験時間の50%程度以上電撃が発生しており、その間にはナルトビエイの来遊が観察されていない。なんらかの理由でテッポウエビの活性が低下して電撃発生率が低下している時期のみナルトビエイの滞在が観察され、食害音により防除装置が作動したが、電撃が発生するまでの12秒のタイムラグの間に実験区画を離れる場合が多く、この実験では実質的な食害防除が成功したとは言えなかった。食害中に電撃が発生した場合には、ナルトビエイは例外なく急激な忌避行動を起こし、電撃動作中に摂餌を行った個体はいなかった。

先述の通り、最終的には、テッポウエビパルスに対する誤作動を回避するパラメータを定めることに成功し、トリガーオンから電撃発生までのタイムラグの短縮にも成功しているため、食害防除に有効なシステムが構築できたと考えられる。



写真8. 海底設置前の2m×2m コドラート 四隅に電極を設置



写真9. 離岸堤上に設置した食害防除システム

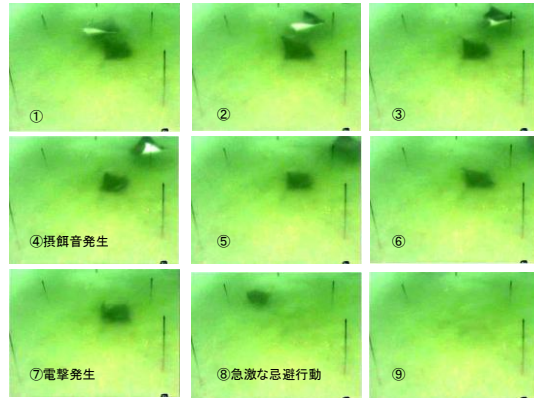


写真10 摂餌中に電撃が発生したときのエイの忌避行動

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 末安紀裕, 関根雅彦, 渡部守義, 浜口昌巳, 熊谷吉法, 神野有生, 山本浩一, 今井剛, 樋口隆哉. 水中音を用いたナルトビエイによる二枚貝食害検出・防除システムの開発, 環境工学研究フォーラム講演集, 47, 18-20, 2010. 査読有
- ② Junko Hagihara, Masahiko Sekine, Sayumi Ozoe, Akihiko Fujii, Moriyoshi Watanabe. Development of a bivalve predation detector by eagle ray (*Aetobatus flagellum*) and other living organisms. Proc. of OCEANS' 08 MTS/IEEE Kobe-TECHNO-OCEAN' 08, CD-ROM, 6p, 2008. 査読有
- ③ 萩原淳子, 関根雅彦, 藤井暁彦, 尾添紗由美, 渡部守義. ナルトビエイ等による二枚貝食害の検出法の開発. 環境工学研究論文集 45, 97-102, 2008. 査読有

[学会発表] (計6件)

- ① 末安紀裕, 関根雅彦, 熊谷吉法, 藤本侑樹, 山本浩一, 神野有生. ナルトビエイによる二枚貝食害防除システムの開発, 土木学会年次学術講演会, 2010年9月1日 北海道大学
- ② 藤元彰士, 関根雅彦, 熊谷吉法, 末安紀裕, 山本浩一, 今井剛, 樋口隆哉, 渡部守義. 山口湾における二枚貝食害状況の実態調査, 土木学会中国支部研究発表会, 2010年5月31日 広島大学
- ③ 関根雅彦, 渡部守義, 浜口昌巳. ナルトビエイによる二枚貝食害の検出・防除シ

システムの開発, 平成 22 年度日本水産学会春季大会, 2010 年 3 月 29 日 神奈川県 日本大学

- ④ 熊谷吉法, 関根雅彦, 山本浩一, 萩原淳子, 高田憲吾, 藤井暁彦. 水中カメラを用いた山口湾における二枚貝食害状況の実態調査, 応用生態工学会第 13 回埼玉大会, 2009 年 9 月 25 日 埼玉県 埼玉会館
- ⑤ 関根雅彦, 萩原淳子, 藤井暁彦, 今井剛, 樋口隆哉, 尾添紗由美, 渡部守義. 水中音響を用いたナルトビエイによる二枚貝食害の検出, 応用生態工学会年会, 2008 年 9 月 21 日 福岡県
- ⑥ 萩原淳子, ナルトビエイ等による二枚貝食害の検出システムの開発, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008 年 9 月 10 日 仙台市

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

- ① 名称: エイ撃退装置
発明者: 熊谷敦史, 浜口昌巳
権利者: (株)テクノパルス, (独)水産総合研究センター
種類: 特許
番号: 特願 2007-043337
出願年月日: 19 年 02 月 23 日
国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

- ① 名称: 貝類の食害の検知方法及びモニタリングシステム
発明者: 関根雅彦
権利者: 国立大学法人山口大学
種類: 特許
番号: 特願 2007-61747
出願年月日: 19 年 3 月 12 日
(23 年 5 月 18 日特許査定)
国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関根雅彦 (SEKINE MASAHIKO)
山口大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号: 30163108

(2) 研究分担者

渡部 守義 (WATANABE MORIYOSHI)
明石工業高等専門学校・都市システム工学科・准教授
研究者番号: 00390477

浜口 昌巳 (HAMAGUCHI MASAMI)

(独) 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所・藻場・干潟環境研究室長
研究者番号: 60371960

(3) 連携研究者
なし