

N-7 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

○末安 紀裕^{1*}・関根 雅彦²・渡部 守義³・浜口 昌巳⁴
熊谷 吉法⁵・神野 有生²・山本 浩一²・今井 剛²・樋口 隆哉²

¹山口大学大学院理工学研究科環境共生系専攻（〒755-8611山口県宇部市常盤台2-16-1）

²山口大学工学部社会建設工学科（〒755-8611山口県宇部市常盤台2-16-1）

³明石工業高等専門学校（〒674-0084兵庫県明石市魚住町西岡679-3）

⁴水産総合研究センター・瀬戸内海区水産研究所（〒739-0452広島県廿日市市丸石2-17-5）

⁵株式会社エース（〒600-8133京都府京都市下京区七条通加茂川筋西入稻荷町458）

* E-mail: j040fd@yamaguchi-u.ac.jp

1. はじめに

榎野川河口域から阿知須、岩屋にかけての山口湾は、西瀬戸内地域有数の広大な干潟が広がっている。山口湾は渡り鳥や野鳥たちのクロスロードやカブトガニの生息地であり、日本の重要湿地 500 に選定されるなど、全国的にも非常に重要な干潟環境である。

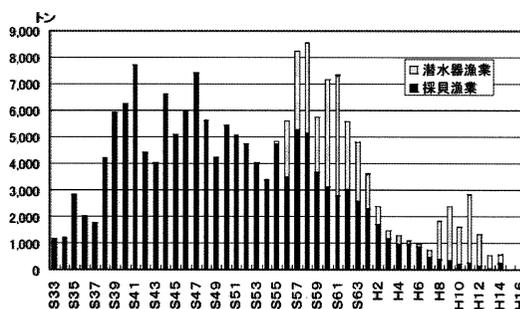
ところが近年、図 1 のように、アサリなど二枚貝の漁獲量の減少が目立っている。山口県のアサリ漁獲量は、昭和 58 年には年 8558 トンに達したが、それ以降減少し、平成 16 年は 2 トンまで落ち込んだ。

アサリは瀬戸内海でも重要な資源の一つであり、潮干狩りが最もポピュラーな海のレクリエーションの一つでもあるため、漁業者だけでなく市民の関心も高い。アサリの激減に関しては、栄養塩の減少や河口域での泥分増加、水中の有害物質の増加など様々な仮説が提唱されている。中でもナルトビエイ（以下、エイ）など他の生物による食害が注目されている。この食害を防除する方法として、板鰓類が電流に敏感であることを利用して、電撃により食害を防ぐ研究がなされているが、電力消費が大きい問題がある。

一方発表者らは、エイ（稚魚）がアサリを食害する時に、特徴のある破砕音が発生する事を見出した¹⁾。そこで、エイの食害音により電気パルスが発生させることで、エイによる二枚貝食害を防ぐシステムの開発に取り組んでいる。

今回、海水プールにおけるエイ成魚の摂餌音採取、お

よびその特徴抽出に成功した。また、その特徴をもとにエイ摂餌音の検出アルゴリズムを設計し、それを実装した二枚貝食害検出・防除システムを用いて、海水プールで食害防除実験を行ったので報告する。



資料：山口県水産統計年報
図1 山口県瀬戸内海におけるアサリ漁獲量

2. 海水プールにおけるエイの摂餌音採取

(1) 方法

山口県水産研究センター内海研究部の 150m×150m 海水プールにおいてエイを蓄養し、摂餌状況のビデオ撮影と水中音の録音を行った。

具体的には図 2 のように、海水プールの隅の 20m²を漁網にて仕切り、その中に 85cm から 112cm のエイ 7 尾を放流した。また、海水プールの海底に水中カメラ (SK-2020, Keiyo Techno. 製) とハイドロフォン (ホエー

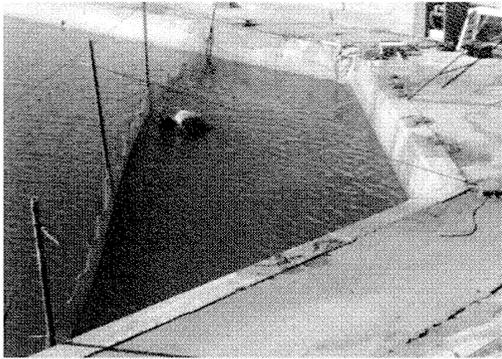


図2 海水プール

ルホン、静岡沖電気製)を設置し、エイがアサリを撮影する映像と音を HDD レコーダー (DCR-SR60、SONY 製) に記録した。さらに、水中カメラの前方 1m に、3kg から 5kg (殻付き湿重量) の活アサリを散布し、餌料とした。

(2) 結果

本実験により、多くのエイの撮影音を採取することに成功した。また、その際に波や風、雨の音などの背景音も採取することができた。

3. エイ撮影音の特徴抽出

前章の実験で得たエイ成魚の撮影音を解析した結果、一昨年までに採取したエイ稚魚の撮影音と同様の特徴、すなわち一度の破砕音の中に複数のパルス波形が含まれるという特徴をもつことが確認された。

4. エイ撮影音の検出シミュレーション

(1) 概要

前章の実験で得た撮影音・背景音、および一昨年までに得たクロダイ等の水中音を用いて、エイの撮影音によって作動し、背景音により誤作動しないような二枚貝食害検出・防除システムの設定を検討した。

具体的には、録音された音声データから、長さ 1 秒のサンプルを切り出し、エイの撮影音サンプル 102 個、クロダイの撮影音サンプル 104 個、波の音や雨の音などの背景音サンプル 54 個を得た。各サンプルを当研究室で開発した検出シミュレーション用ソフトウェア Ray Detect に入力し、様々な設定の下でエイとしての検出率 (サンプルの総数でエイとして検出したサンプル数を除したものを) を計測した。

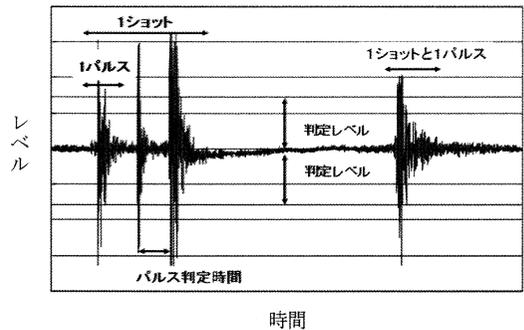


図3 撮影音の波形および判定条件

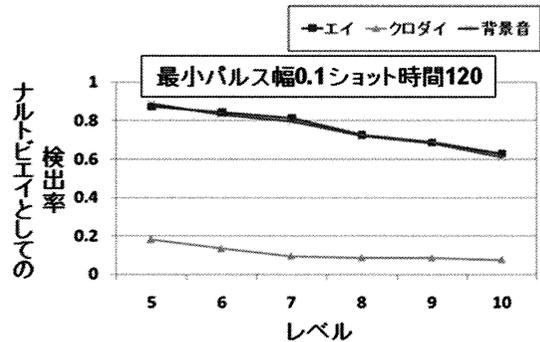


図4 解析結果

(2) 検出のアルゴリズム

Ray Detect の検出アルゴリズムは次の通りである (図 3 参照)。

- ① 音声データを設定条件「判定レベル」を閾値として 0 と 1 に 2 値化し、時間的に 1 が連続した部分を 1 つの細パルスと定義する。
- ② 細パルス間の間隔が設定条件「パルス判定時間」以上であり、かつ、総幅が設定条件「最小パルス幅」以上、設定条件「最大パルス幅」以下であるような細パルス群を、1 パルスと判定する。
- ③ 設定条件「ショット時間」毎に有効パルスの数をカウントし、設定条件「ショット判定パルス数」以上であった区間を、有効ショットと判定する。
- ④ ショット時間の整数倍を設定条件「繰返判定時間」と呼び、この間に有効ショット数をカウントし、設定条件「繰返判定数」以上であった場合、エイによる食害発生と判断し、電気パルスを発生する。今回のシミュレーションでは、判定レベルの設定を 5 ~10、最小パルス幅の設定を 1ms、0.5ms、0.1ms、ショット時間の設定 100ms、120ms と変化させた。

(3) 解析結果

判定レベルに関しては、図4に示すように、レベルが高いとエイ検出率が低下し、レベルが低いとエイの検出率は高くなるものの背景音の誤検出が多数発生してしまうことがわかった。最小パルス幅については、大きいと検出率は低下した。ショット時間については、100msと120msで検出率の違いはあまり見られなかった。

誤検出された背景音については降雨や干潮時の波の音がほとんどであった。すべての条件において、クロダイの誤検出は20%以下であったため、許容範囲であると考えた。

以上のシミュレーションの結果、判定レベル=10%、パルス判定時間=10ms、最小パルス幅=0.1ms、最大パルス幅=10.0ms、ショット時間=120ms、1ショット中のパルス数=3を、最適な設定と判断した。

5. 海水プールにおける食害防除実験

(1) 実験方法

前章で定めたエイ検出アルゴリズムを実装した二枚貝食害検出・防除システムを用いて、食害防除実験を行った。

海水プール内の約100m隔てた2か所それぞれに水中カメラとハイドロフォンを設置し、その前方にアサリを2kg散布した。片側には二枚貝食害検出・防除システムを取り付け、システムの有無によるアサリ摂餌状況の違いを観察した。

二枚貝食害検出・防除システムは、アサリ摂餌音を感知すると、電気パルス発生装置が約10分間作動する。電撃を發する電極には、1本の被覆ケーブルに60cm間隔で2cm程度の金属部が4か所、プラスとマイナスが交互に露出した「1本電極」と、80cmで電極部が2cm程度の金属棒4本を用い、プラス電極2本とマイナス電極2本を2m×2mの正方形の対角上に水底に設置する「4本電極」の2形式を用いた。

システム内のデジタル信号を取り出すことができず、システム内のゲインが得られないこと、エイの電圧耐性が不明であったこと、本実験準備が整ったのが10月であり、エイが生息可能な水温の観点から時間的余裕がなかったことから、電撃装置の電極や電圧、ハイドロフォンの出力を試行錯誤により定めて4回の実験を行った。

(2) 実験結果

実験結果を表1に示す。まず、1本電極を用いた10/27の実験では、エイがアサリを摂餌した際に電気パルス発生装置が発動し、一旦はエイが忌避したが、その後再来遊すると、システムが作動中にも関わらず摂餌行動を起

こした。実験終了時にはすべてのアサリが捕食されていた。

10/30と11/5の4本電極を用いた実験では、システム作動中にはエイは保護された正方形区画に進入することはできなかったが、摂餌音によってはシステムが反応しない場合があり、実験終了時にはアサリはすべて捕食された。ハイドロフォンの感度設定が低すぎた事が原因であった。11/12の実験では、ハイドロフォンの感度を30dB上げたところ、エイがアサリを摂餌したすべての場面で作動し、忌避反応も示した。対照区では3時間以内にほぼ全量が被害を受けたが、保護区では断続的に被害を受けながらも6時間後も15%程度のアサリが生残した。また、システムの作動時間を40%に短縮できた。他に餌料の存在しない閉鎖された空間での少量のアサリを用いた実験であるため、アサリの生残率や作動時間の短縮率は満足いくものとは言えないが、他に選択できる餌料の存在する実水域ではより大きな保護効果が期待できる。

表1 食害防除実験結果

	10/27	10/30	11/5	11/12
電極形状	1本電極	4本電極	4本電極	4本電極
電圧・電流	450V・7A	450V・7A	900V・30A	900V・30A
水温	19.2°C	19.7°C	18.2°C	19.0°C
作動回数	1	5	2	15
摂食回数	30	10	20	10
誤作動数	0	0	0	5
忌避回数	1	5	2	10

5. まとめ

クロダイやその他の背景音と区別して、エイの食害を識別し、電気パルスを発生するシステムを開発した。さらにこのシステムが、電力消費を抑えながら、エイによる食害を防除できることを実証した。

今後は実水域における食害防除効果を検証する予定である。

謝辞：本研究は、科学研究費基盤研究(A)の補助を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 萩原淳子、他：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.