

テッポウエビ類の発音数を用いた浅海域環境指標に関する研究

東亜建設工業(株) 正会員 上田陽彦
山口大学大学院 正会員 関根雅彦

山口大学大学院 学生員 渡部守義
山口大学大学院 正会員 浮田正夫
東京水産大学 古澤昌彦

1. はじめに

近年、沿岸域の開発による海域環境の改変に伴う生態系への影響が危惧されている。従来の環境調査では、汚濁物質濃度や溶存酸素濃度など物理化学的指標が測定されることが多く、生物量や生物活性そのものが測定されることが極めて少なかった。著者らは 50m 以浅の海中に普遍的に生息し、独特の強いパルスを発するテッポウエビ類(*Genus Alpheus*)に注目した。日本近海域に多く生息するテッポウエビ属オニテッポウエビを図1に示す。



図1 テッポウエビ属オニテッポウエビ

本研究は水域の生物環境を簡易にモニタリングするためのテッポウエビ類(以下テッポウエビとする)を用いた手法の確立を目指すものである。既往の研究により定点調査において平常時の水温とパルス数(一分間あたりの発音数)を把握しておくことにより、貧酸素水塊などの水質汚濁に起因するパルス数の変化を検出することが可能であることが示されている¹⁾。この手法をさらに一般的な環境指標とすることを目的に、パルス数と生息密度の関係の定量化について検討した。

2. 調査方法と発音数計数方法

テッポウエビの発音の録音には、水中録音用のハイドロフォンと録音機器(DAT)を用いた。図2にテッポウエビのパルス波形を示す。波形データ値が音圧の閾値 TH として設定した値以上で、パルスと認識するプログラムによりパルスを計数した。

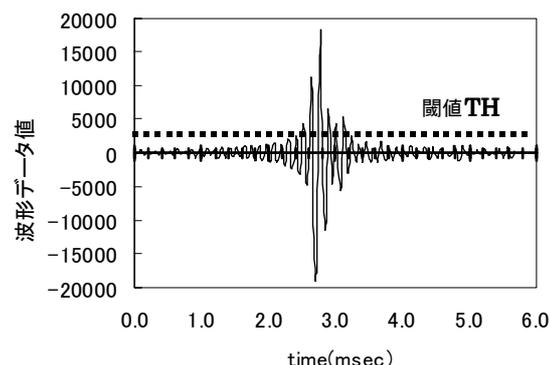


図2 テッポウエビのパルス波形

3. 発音数と生息密度の関係の定量化

テッポウエビのパルス数を環境指標として確立するためには、生息密度との関連についての議論は避けられない。そこでテッポウエビの生息密度、発音頻度、音源音圧レベルの分布を現地実験から求めた。また、パルス計数モデルを作成し、パルス数と生息密度の関係を定量化することを試みた。

3.1. 4本のハイドロフォンの正方形配置による音源位置推定

4本のハイドロフォンの正方形配置によるテッポウエビの音源位置を推定する実験を、山口県秋穂湾の干潟にて行った。干潮時に図3に示すように4本のハイドロフォンを一辺10mの正方形各頂点の干潟面から10cmの高さに設置した。翌日満潮時に正方形中央部にボートを固定し、4本のハイドロフォンをノートパソコンに接続して、4チャンネルの同時録音を行った。4チャンネルの録音データからテッポウエビのパルスを抽出し、チャンネル間の受信時間差を求め、この時間差に音速を乗じて、音源から各ハイドロフォンまでの距離差に換算した。この距離差を最もよく説明する正方形内の位置を最小二乗法により当てはめて音源位置の計算を行った。

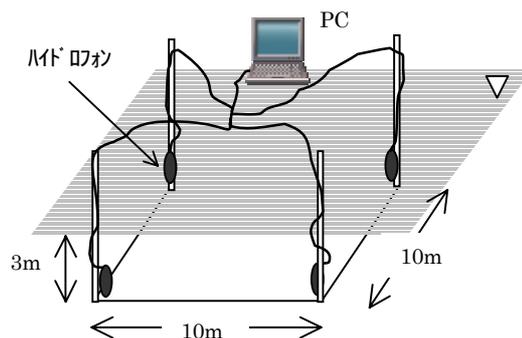


図3 4チャンネルの同時録音

3.2. テッポウエビ巣穴の平板測量と生息密度推定

4チャンネルの同時録音を行った直後の干潮時に、正方形内のテッポウエビの巣穴について平板測量を行い、テッポウエビの巣穴の数を調べた。通常テッポウエビは雌雄ペアで巣穴に生息し、平均2~3個の出入り口を有していると言われていることから、正方形内の生息数は巣穴の数と同じとして、180(個体/100m²)と推定した。

Keywords: テッポウエビ類, パルス数, 発音頻度, 生息密度

連絡先: 山口大学工学部 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 0836-35-9311 FAX0836-85-9301

3.3. テッポウエビの音源音圧レベルの測定

4 チャンネルの同時録音から得られるテッポウエビの音源位置と受信音圧をもとにテッポウエビのパルスの音源音圧レベルを求め、ヒストグラムを作成した。これを図4に示す。ヒストグラムの137(dB re 1 μPa)以下が少なく観測されているが、ハイドロフォンから遠い位置にある音源については、録音データからパルスを抽出する際、設定した閾値を下回り、受信できなかったためであると考えられる。

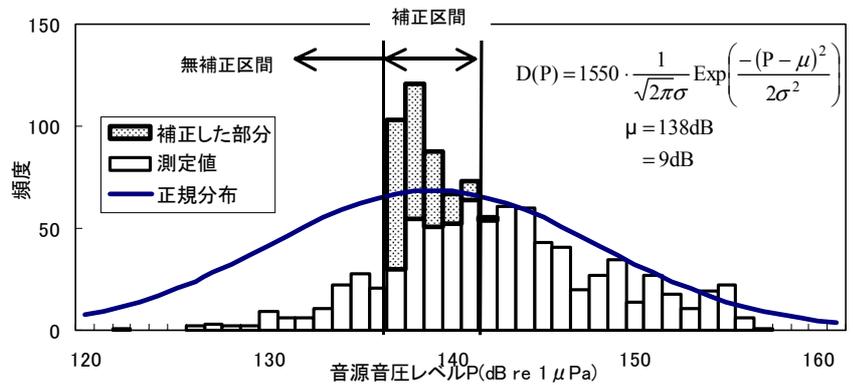


図4 音源音圧レベルのヒストグラムと正規分布

図中の補正区間は、この閾値による切り捨て効果を補正したものであるが、測定範囲の20%を下回る面積からのみ受信できたと考えられる部分は、精度的に劣ると考え、無補正とした。テッポウエビの音源音圧レベルは正規分布に近い分布を示す²⁾ことから、頻度のピークである138(dB re 1 μPa)を平均値として、ヒストグラムに当てはめた分布D(P)を作成した。これは正規分布を発音の頻度に換算するために係数1550を乗じたものである。

3.4. 発音頻度推定

パルス数と生息密度の関係を定量的に評価する上で、テッポウエビの発音頻度は重要なパラメータとなる。音源音圧レベルの正規分布 D(Pt)を積分したものを正方形内での発音数とした。それを録音時間である28分間とテッポウエビの生息数(180個体)で除した値を、実験時の水温23℃におけるテッポウエビの発音頻度とした。

そこで水温とパルス数の関係をもとに、発音頻度と水温の関係を定量化することを試みた。生物の活性は水温の上昇とともに指数関数的に活発になると言われている³⁾ことから、水温 t (℃)とパルス数 Pn (回/分)の関係は、(1)式で表すことができる考えた。

$$P_n = \lambda \cdot \exp(\alpha t) \quad (1)$$

ここで、λ はテッポウエビの生理に関わる特性値で、水温変化によるパルス数の上昇を表し、同じ種であれば、場所による変動は少ないと考えられる。(1)式のパルス数 Pn を発音頻度 F(t)に置き換え、α を一定として、(2)式で表すことができる。

$$F(t) = \lambda \cdot \exp(\alpha t) \quad (2)$$

これに現地実験から得られた水温と発音頻度を代入し、α を算出した。得られた指数曲線を図5に示す。

3.5. パルス数と生息密度の定量化

モンテカルロ法を用いた生息密度(個体/m²)とパルス数(回/分)の関係を確率的に求めるモデルを作成した。これにテッポウエビの発音頻度と水温の関係を適用して図6を得た。実海域においてパルス数と水温を調査するだけで、テッポウエビの生息密度が求められることができる。

4. おわりに

本手法は、生物学的な専門知識も必要なく、1~2分で終了するという簡便性が最大の特徴である。実海域においてパルス数と水温を調査するだけで、テッポウエビの生息密度を推定することができる。生物量の直接的な測定方法として、複雑さを増す環境汚染問題を総合的に評価する有用な指標となり得ると考えられる。

- 参考文献 1) 渡部守義, 関根雅彦, 濱田悦之, 浮田正夫: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/ -14, 49-60.
 2) 安 永榮: 海中発音生物の位置測定に関する研究 - テッポウエビ音の音源強度と分布 -, 東京水産大学博士論文 1992
 3) James.N.Kremer Scott W.Nixon:沿岸生態系の解析, 生物研究社,1987.12.

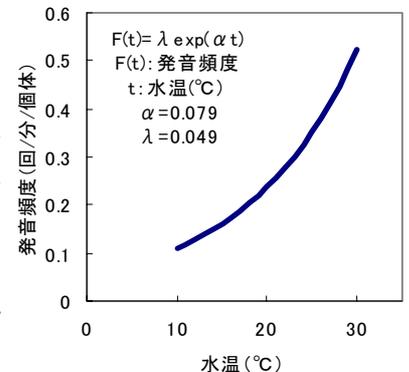


図5 水温と発音頻度の関係

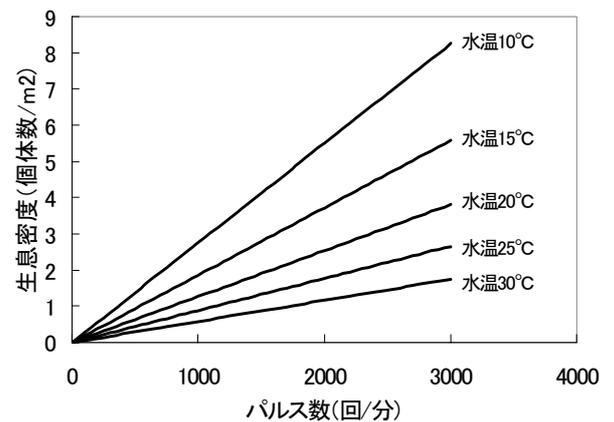


図6 パルス数と生息密度の関係