

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 16 日現在

機関番号：54501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24510041

研究課題名(和文)沿岸域生息場評価GISシステムのためのテッポウエビ類分布情報の活用に関する研究

研究課題名(英文) Study on the use of the snapping shrimps distribution for coastal habitat evaluation GIS system.

研究代表者

渡部 守義 (WATANABE, Moriyoshi)

明石工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：00390477

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：沿岸域の環境変化に伴う生物影響を迅速に把握するための海中発音生物テッポウエビ類の発する音を1分間あたりの発音数(パルス数)で表現する新しい環境指標を提案した。本研究では日本沿岸域のテッポウエビ類の生息域を明らかにし、環境の変化がテッポウエビ類の生息に与える影響について評価を行うことを目的とする。2012年から2015年の4年間を駆け北海道から沖縄の日本海側沿岸部66地点を調査した。その結果、全ての地点でパルス音が観測され本種が日本沿岸域に普遍的に分布していることを明らかにし、本手法による生物生息環境の定点モニタリングは日本沿岸域においてどこでも利用可能であることを示すことができた。

研究成果の概要(英文)：Environmental deterioration in the coastal area become serious in Japan. Snapping shrimp that makes peculiar pulse sounds are able to find along coastal area. Our laboratory has developed a new environmental indicator called pulse counts (pulse sounds / minute) for the evaluation of coastal environment. The purpose of this study is to investigate the distribution of snapping shrimp along the Japan coastal area and to evaluate the snapping shrimps habitat caused by impact of environmental change. We observed the pulse counts from 2012 to 2015 at 66 coastal sites along the Sea of Japan. The pulse sound of snapping shrimps were observed in all regions in summer, but weren't observed in Hokkaido in winter. Fixed-site monitoring of biological habitat by this method was able to show that it is available anywhere in Japan coastal areas. And the pulse counts per unit area (pulse counts/minute/area) were calculated from the water acoustic receive area using GIS for compare with several sites.

研究分野：工学

キーワード：海中発音生物 沿岸域 環境影響評価 パルス数

1. 研究開始当初の背景

陸域からの汚濁汚染物質が最終的に行きつく沿岸域における生物生息環境評価は、人間に対する潜在的な危険性を評価するという意味からも強く求められている。しかし、海中の生物量の測定は容易ではないのが現状である。漁獲量は社会情勢に左右されるし、底生生物はサンプリングから定量的な分析に至るまで多くの時間、費用と労力を要する。

海中にはイルカをはじめ様々な発音生物が存在し、それらの発する音を観測することで、比較的広範囲にわたる生物の生態や分布状況を調査することができる。本研究室では、発音生物の中でも 50 m 以浅の世界中の海域に普遍的に分布し、天ぷらノイズと呼ばれる独特のパルス音を終始発するテッポウエビ類に注目した。テッポウエビ類(図1)に関しては、漁業価値の低さもあり国内外とも研究自体が少ないのが現状である。テッポウエビ類の生態学、分類学上の研究以外には、パルス音を発する理由に関する研究や、ソナーとの関連で軍事的な研究が見受けられる程度である。

従来から本研究室では、海域において、何らかの環境変化によりテッポウエビ類の生息数が変化した場合、水中録音によりその発音数の変化を調査するだけで、その影響を知ることができるとの考えに基づき、テッポウエビ類の発する音を1分間あたりの発音数(パルス数)で表現する新しい環境指標を提案し、測定困難である水中生物量を水中マイク一本で概測する方法を開発してきた(図2)。しかし、国内外で本研究以外に本手法を用いておらず一般的に普及していないのが現状である。テッポウエビ類に関する情報や観測データを蓄積し、指標としての有用性を示しめし、本手法が確固たる地位を築けるが今後の大きな課題である。



図1 テッポウエビ

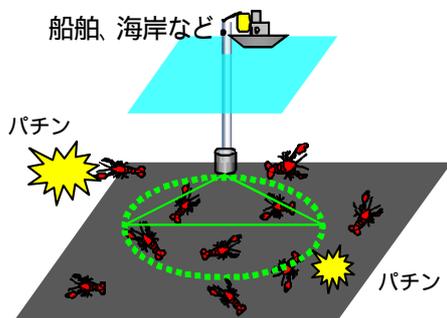


図2 テッポウエビ類のパルス数の観測方法

2. 研究の目的

研究のゴールは、本研究で提案するテッポウエビ類のパルス数観測を体系的に海域の環境評価システムとして確立し、一般的な評価法として普及・定着させることにある。

本研究期間内では、いまだ明らかとなっていない日本沿岸域におけるテッポウエビ類の生息分布を、テッポウエビ類のパルス音の有無から調査する。また、環境変化がテッポウエビ類の生息分布に与える影響の評価するため、調査で得られたパルス数と、これに環境省や国土交通省の提供するCODや窒素などの水質指標など環境データを比較し、その関連性の分析および生息環境評価を行う。

3. 研究の方法

(1) テッポウエビ類の分布調査

テッポウエビ類のパルス数の測定には水中マイク(静岡沖電気製 WHALE PHONE)と本研究室で開発したテッポウエビパルスカウンターを用いる。調査地点にて水中マイクの受信部を水底から1m上部位置に保ち測定を開始すると、テッポウエビパルスカウンターに1分間当たりのパルスが表示される。測定項目は測定距離100m、200mにおけるパルス数と水温、塩分、DOを水質計(YSI ナノテック 556)により測定する。なお、水温低下によるテッポウエビ類の活性低下による影響が生じないように、調査は夏期に実施した。調査地点は測定に必要な水深が確保できる漁港や港湾を中心におよそ70kmの間隔で選定した。

調査地点は図3に示す全66地点で、北海道は2012年9月3日~8日の6日間で19地点、東北地方と北陸地方の沿岸域は2013年9月3日~5日と10日~14日の8日間で18地点、中国地方と九州地方の沿岸域は2014年9月2日~8日の6日間で22地点、沖縄地域の沿岸部は2015年9月2日~4日の3日間で7地点の調査を実施した。

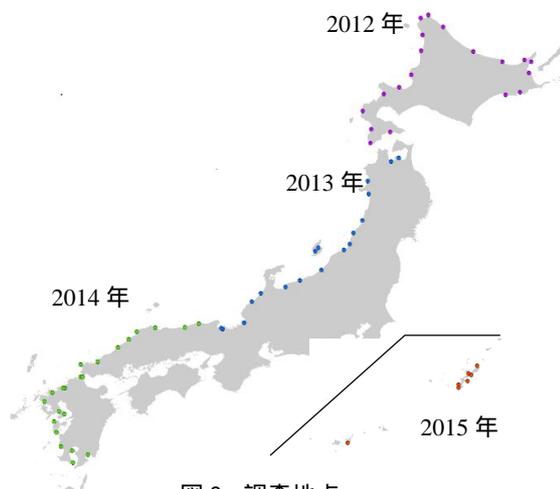


図3 調査地点

(2) テッポウエビ類パルス数密度の算出

一般的に測定距離を 100、200 m と距離の増加にともないパルス数も増加するはずである。しかし、パルス数測定結果から松前、敦賀、指宿、辺野古の測定地点では測定距離 200 m のパルス数が測定距離 100 m よりも少ない地点が数か所ある。測定時には船舶騒音、波のうねりなどの水中雑音に注意を払っているが、調査場所選定の都合でこれらの水中雑音の影響を受けた可能性もある。また、同じ調査地点においても測定距離の増加に比例して測定面積が増えていないことも考えられる。調査地点の周辺は湾や入り江の形状、防波堤などの構造物の存在により、測定面積が異なるためである。そこで GIS を用いて各調査地点の地形図から水中マイクの測定範囲内の面積を求め、パルス数を面積で除しパルス数密度 (回/分/a) を算出した。

(3) 環境変化がテッポウエビ類の生息分布に与える影響の評価

上記 (2) で算出したパルス数密度と、これに環境省や国土交通省の提供する COD や窒素などの水質指標など環境データとの比較をおこなう。

調査地点周辺の底質に関するデータは、海上保安庁海洋情報部の提供する海洋台帳 (<http://www.kaiyoudaichou.go.jp/>) で提供されるものを用いた。ここで用いられる底質は、国際水路機関 (IHO) が定める航海用海図に用いられているフォーマットに従い貝殻、さんご、溶岩、礫、石・岩、砂、泥・粘土に分類されている。水質データは本調査により現地で測定した推定より 1 m 上部位置での水温、塩分、DO と環境省による公共用水域水質データの COD、TN、TP を利用する。なお、これらの底質と公共用水域データの測定場所は、本調査の地点と異なっているため、前章で解析した水中マイクの測定範囲内にあるデータを採用し、調査地点が大きく離れているものは省くこととした。

4. 研究成果

(1) テッポウエビ類の分布調査

本調査で得られたテッポウエビ類のパルス数の測定結果を表 1 に示す。この結果パルス数はすべての地点で測定できている。しかし、博多漁港では測定距離 100 m と 200 m の両方でパルス音が極端に少ない。博多漁港における調査時の DO は 1.27 m/L と貧酸素の状態であった。このように、少ないパルス数には水質汚濁によるパルス数の減少や本来のテッポウエビ類の生息数が少ないなどの様々な原因がある。以上より、本手法を用いた生物生息環境の定点モニタリングは日本沿岸域においてどこでも利用可能であることを示すことができた。

また、竹村氏の 1960 年代の調査【文献 1】ではテッポウエビ類の生息域は津軽海峡以南であるとしていたが、本調査により津軽海

表 1 パルス数観測とパルス数密度算出結果

No	地点名	水深 (m)	水温 (°C)	パルス数 (回/分)		パルス数密度 (回/分/a)	
				100 m	200 m	100 m	200 m
1	釧路	5.0	16.9	199	967	1.1	1.5
2	厚岸	6.2	17.2	7	-	0.03	-
3	標津	4.9	18.5	14	116	0.1	0.2
4	羅臼	5.4	19.4	197	1120	1.6	3.4
5	ウトロ	5.2	19.5	48	802	0.5	2.2
6	網走	4.5	20.1	22	117	0.2	0.3
7	紋別	5.3	20.4	1	44	0.01	0.1
8	浜頓別	3.0	21.1	349	891	2.7	2.6
9	宗谷岬	2.3	20.5	2	11	0.0	0.0
10	稚内	10.0	21.5	24	193	0.25	0.51
11	天塩	3.6	23.7	22	97	0.1	0.2
12	羽幌	3.5	24.5	119	271	0.6	0.3
13	浜益	3.2	24.7	51	327	0.3	0.9
14	小樽	10.0	23.9	167	247	1.1	0.4
15	岩内	3.8	25.1	402	820	3.8	1.9
16	瀬棚	3.8	25.5	392	810	2.0	1.0
17	江差	4.5	26.9	695	999	4.3	1.5
18	松前	5.0	27.3	541	262	3.1	0.4
19	函館	4.7	24.9	591	1026	3.7	1.3
20	青森	5以上	24.7	1118	1260	7.1	1.7
21	平内	2.7	24.6	45	140	0.3	0.2
22	能代	3.5	26.1	12	275	0.1	0.4
23	秋田	1.8	27.8	47	193	0.3	0.3
24	酒田	6.0	27.1	47	221	0.2	0.2
25	鼠ヶ関	3.3	26.0	182	562	3.2	1.8
26	粟島	3.8	26.5	122	586	0.7	0.9
27	両津	6.0	26.8	16	138	0.1	0.2
28	真野	3.0	26.7	19	150	0.1	0.2
29	新潟	1.5	27.4	135	286	0.6	0.4
30	栢崎	5.0	27.1	35	83	0.2	0.1
31	糸魚川	4.0	26.6	154	433	0.9	0.8
32	魚津	4.5	27.7	441	718	2.6	1.7
33	金沢	3.0	27.6	339	888	1.7	1.1
34	加賀	4.0	27.8	100	358	0.5	0.5
35	敦賀	10以上	28.9	818	825	5.5	1.5
36	舞鶴1	5.0	27.6	272	935	1.3	1.1
37	舞鶴2	1.5	23.8	599	1037	3.6	1.4
38	香住	4.2	25.2	8	66	0.04	0.1
39	鳥取	3.9	25.4	49	273	0.3	0.4
40	境港	3.5	25.7	21	120	0.2	0.3
41	大社	3.0	24.6	450	688	2.8	1.0
42	仁摩	4.0	24.1	22	75	0.1	0.2
43	浜田	5.5	24.5	328	780	1.7	1.4
44	秋	6以上	24.2	764	943	3.7	1.3
45	角島	3.0	24.6	7	72	0.04	0.1
46	下関	6.5	24.8	46	276	0.5	0.7
47	関門	7.2	24.8	65	705	0.5	2.4
48	博多	5.3	25.0	1	3	0.01	0.0
49	姪浜	4.5	25.0	60	345	0.5	0.7
50	唐津	3.0	24.7	173	507	0.7	0.7
51	佐世保	3.5	26.7	43	157	0.3	0.3
52	諫早湾	4.5	26.0	80	310	0.4	0.4
53	島原	10以上	25.8	26	114	0.2	0.3
54	天草	5.5	26.5	14	158	0.1	0.3
55	蔵之元	2.0	25.7	1	40	0.01	0.1
56	いちき	5以上	28.1	179	935	1.1	1.4
57	桜島	5.0	27.7	50	508	0.3	0.9
58	指宿	5以上	27.8	1073	395	6.8	0.6
59	志布志	5以上	27.8	20	71	0.1	0.1
60	宮名真	5.0	28.5	96	504	0.7	2.0
61	名護	3.5	29.2	84	472	0.7	1.5
62	辺野古	3.0	29.0	875	489	10.4	1.4
63	うるま	1.5	30.1	288	2045	1.8	3.6
64	那覇	10以上	28.0	108	833	1.6	2.8
65	糸満	10以上	28.1	13	278	0.2	0.6
66	石垣	3.5	28.5	683	921	6.4	2.8

以北でもテッポウエビ類のパルス音を観測した。この結果から、およそ 45 年間の間にテッポウエビ類の生息域が変化した可能性があると見える。安易に地球温暖化による影響と関連づけるのは問題であるが、このようにテッポウエビ類の分布データの蓄積することで、温暖化の影響を含む沿岸環境の変化による生物の生息状況の変化を観測することができ、生態学、環境保全の面からも貴重なデータとなる。

(2) 冬期におけるテッポウエビ類パルス音

水温が低下し生息に最も厳しい環境である冬期の生息状況は明らかとなっていない。そこで冬季の生息状況を明らかにするために北海道北端部、津軽海峡を挟む函館と青森、沖縄において冬期の調査を実施した。北海道北端部での3地点ともパルス数を測定することができなかったが、函館と青森では僅かではあるがパルス数を測定した。減少したパルス数は水温上昇により個体の活動が活発化することで夏期にはパルス数が回復している。定点モニタリングに際しては、冬期の高緯度地域ではパルス数が測定されなくなることも含め平常時のパルス数を正確に把握しておく必要がある。

(3) テッポウエビ類パルス数密度の算出

表1にパルス数密度の算出結果を示す。北海道の釧路、室津をはじめ多くの地点で測定距離に関わらずパルス数密度が同程度である。これは水質環境を含む生息環境が測定範囲内で同程度で、テッポウエビ類が均一に分布しているためであると考えられる。一方、測定距離 100 m のパルス数密度が、測定距離 200 m より小さい羅臼、関門、うるま、那覇などでは海岸線から沖合に行くほどテッポウエビ類の生息に適した環境があると考えられる。また、これとは反対に函館、敦賀、萩などの測定距離 100 m と岸に近い方の密度が高い地点が多いことから、これらの地点では海岸線から沖合に行くほどテッポウエビ類の生息に適していない環境が存在していると考えられる。

以上より、測定距離が小さければ海岸などの局所的な分布の影響が現われるが、測定距離を大きくすると対象水域内における平均化されたパルス数を測定することができると考えられる。また、パルス数密度を算出したことにより、湾の形状や測定距離が異なる場合でも比較ができるようになった。

(4) 環境変化がテッポウエビ類の生息分布に与える影響の評価

パルス数密度と底質との関係を図4に示す。調査地点の底質の情報が多かった地点は 18 地点あった。図中の丸と三角のプロットはそれぞれ測定範囲 100 m、200 m から算出したパルス数密度を示している。海底の底質でみると、該当する地点が多かった礫の底質を除

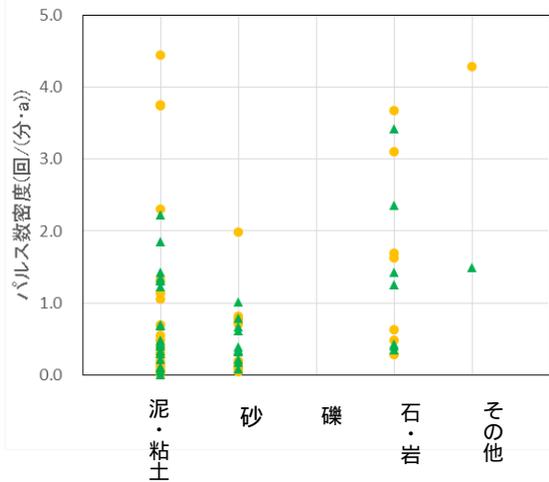


図4 パルス数密度と底質との関係

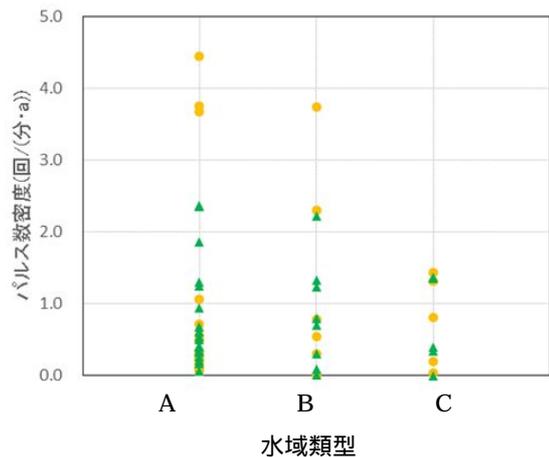


図5 パルス数密度とCODとの関係

く、泥・粘土、砂、石・礫、その他の底質のすべてでテッポウエビ類のパルス音が測定されたことがわかる。テッポウエビ属は、コエビ類の中でも種類数が多くその生息場所は、サンゴ礁をはじめ、泥底や砂泥底と広く分布している。砂泥底では巣穴を作って生息することから、底質が砂である場合、うまく巣穴を作ることができず、テッポウエビ類の数が少なくなった可能性が考えられる。

パルス数密度とCODの関係を図5に示す。一般的にCODは海域及び湖沼における有機物による水質汚濁の指標となっており、CODが高ければ有機物が多く水質が悪化するとされている。図5の横軸は環境基本法に基づく環境基準の水域類型の指定を示している。水域類型とは、水質汚濁や富栄養化が進んでいる海域、特に湾奥部では流入河川、気象、海象等の影響を受け空間的・季節的な濃度変動が大きくなるため、水域の区分ごとにCODの濃度レベルを総体として適切に把握するために類似した特性を持つ水域ごとに区分したものである。類型Aがきれいで、B、Cに進むに連れ汚濁が進行していることを示している。図より汚濁の進んでいる海域ほどパルス数密度が少なくなっていることがわかる。

(5)まとめ

本手法は、測定困難な水中生物量や活性度を、個体の発音行動の副産物であるパルス音を利用するもので、従来の局地的な個体数による評価とは異なり、比較的広範囲の個体の生息状態を簡易に測定することができる。

研究では日本沿岸域のテッポウエビ類のパルス音の有無からその生息域を明らかにすることを目的とし、日本海側沿岸部 66 地点を調査した。その結果、全ての地点でパルス音が観測されテッポウエビ類が日本沿岸域に普遍的に分布していることを確かめた。これにより本手法による生物生息環境の定点モニタリングは日本沿岸域においてどこでも利用可能であることを示すことができた。さらに、パルス数密度を推定することで湾や港湾構造物の形状によらず測定結果を比較することができるようになった。今後、調査を継続し情報を蓄積することで、パルス数密度と平均水温、水深、底質などの環境条件との関係性を整理できれば、これまで出来なかった地点間に比較も可能となると考えている。

本手法で測定されるテッポウエビ類のパルス数は、複雑さを増す環境汚染を総合的に評価する指標の一つとしても有用であると考えている。総合的に水質悪化や埋め立てなどの環境変化による影響を評価することができるになれば、沿岸開発工事や環境保全対策事情の事前事後の評価などへの利用が期待される。

<引用文献>

Akira TAKEMURA, The Distribution of Biological Underwater Noise at the Coastal Water of Japan, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, Vol.38No.3、1972、201-210

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1件)

曾谷亜美、渡部守義、北海道沿岸域のテッポウエビ類パルス数の分布、明石工業高等学校研究紀要、第56号、2014、pp.27~34
<http://www.akashi.ac.jp/lib/siryoku/k56/k56-04.pdf>

[学会発表](計6件)

嘉村優輝、渡部守義、沿岸域における生物生息場環境評価のためのテッポウエビ類パルス数の分布調査、土木学会全国大会第70回年次学術講演会、2015、-130
曾谷亜美、渡部守義、沿岸域における生物生息場環境評価のためのテッポウエビ類の分布調査、土木学会全国大会第69回年次学術講演会、2013、CD-ROM -043
曾谷亜美、渡部守義、沿岸域生物生息環境

評価のためのテッポウエビ類の分布調査、第19回高専シンポジウム in 久留米、2014、269

曾谷亜美、渡部守義、沿岸域生物生息環境評価のためのテッポウエビ類の分布調査、土木学会関西支部年次学術講演会、2013.6、CD-ROM -16

曾谷亜美、渡部守義、テッポウエビ類が沿岸域環境に及ぼす影響に関する研究、全国高専女子フォーラム、2013

渡部守義、海中生物音を利用した海域環境モニタリング、ネイチャー・インダストリー・アワード、2012

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

http://www.akashi.ac.jp/~mwata/theme_ebi.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

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

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：