

潜水船およびROVが発するノイズ(音および光)が生物観察に 与える影響に関する考察

青木 美澄*¹

潜水船や無人探査機は海中に音(振動)や光というノイズを放射しながら移動する。このことは、海底での生物観察の際に、生物の行動に何らかの影響を与えているはずである。もし潜水船と無人探査機とで顕著な違いがあれば、目的によって使用する機材を選ぶことも必要かもしれない。

はじめに、潜水船および、無人探査機の推進器、音響機器等の機器構成について、既存の資料および、現状を調査し両者の比較を試みた。最も大きな差は、推進器の数と出力であり、これらを使った海底での移動方法の違いも放射するノイズの違いを与えること明らかである。

平成14年10月、「しんかい2000」訓練潜航において、相模湾初島沖のシロウリガイコロニー(水深1161m)で、推進器、投光器および、電動機等の音源となる機器をできる限りオフにして生物の観察を行った。その結果、観察された生物の数と行動に明らかな違いが認められた。

キーワード：潜水船，無人探査機，ノイズ，生物観察

Preliminary results about the impact of the noises from submersible and ROV on biological observations

Misumi AOKI*²

Submersible and ROV (Remotely Operating Vehicles) move while emitting noises such as light, sound (vibration), and irregular current. It is obvious that those noises give some effects on the biological observations about behavior of fishes. If there are appreciable differences between submersible and ROV, observers should take those differences into consideration.

At the beginning, the components of submersible and ROV were reviewed which include propulsions and acoustic instruments. The most conspicuous differences are the number of propellers and the power of propulsive. The operational methods of propulsion is also different between submersible and ROV. The difference depends on the source of power; submersible uses battery while, ROV is supplied electric power from the surface ship.

Shinkai 2000 #1401 diving was carried out to observe the behavior of fishes on 29th October 2002. The lights, propellers and pumps were turned off intentionally during the observation. And the minimum acoustic instruments were used. The result shows that there is considerable relationship between the volume of noises and the number of eels. Eels are affected by lights.

Keywords : biological observation, noise, submersible and ROV

* 1 日本海洋事業(株) 海洋科学部

* 2 Marine Science Department, Nippon Marine Enterprises, Ltd.

1.はじめに

1.1. 目的

本研究は、生物観察を行う際に、潜水船とROVとでは生物の行動に与える影響に、どのくらい違いがあるのかについて、考察することを目的としている。本稿ではこれまでにを行った潜水船および、ROVの構成機器の比較と、以下に報告する「しんかい2000」の潜航における観察結果について考察を行う。

1.2. 背景

「ドルフィン-3K」と、「しんかい2000」とで、同じ場所で潜航すると、それぞれで観察される生物が違うような気がすると言う、研究者の一言がきっかけとなり、海洋科学技術センター（以下、「JAMSTEC」）が所有する潜水船と無人探査機（以下、「ROV」）との比較を行った^{1), 2), 3)}。潜水船やROVが潜航することは海中の生物にとって、生息の場を乱すものであることから、一部の光を好む生物などを除けば、一般的に逃避行動を起こさせるものであることは、容易に想像できる。そのうえで、潜水船とROVとで、どちらかがより生物を遠ざけているというように、生物観察をする際に明らかな違いがあるとすれば、潜航の目的によって機材を選択する必要もあることになる。

このような観点から、過去の研究報告や、建造時の報告書などを検討した。潜水船については、潜航に必要な音響通信機器の性能を引き出すために、母船の船体ノイズおよび、潜水船そのもののノイズについても、その低減のために、さまざまな技術検討がなされたことの記録が確認できた^{4), 5), 6)}。一方、ROVでは、音響測位に必要な性能に注意は払われているものの、ROVを動かすための電力や制御信号および、海底で得られる多量のデータはケーブルを介してやり取りされるため、潜水船に比べると基準はそれほど厳しく設定されていないようである⁷⁾。

研究報告の中には、実際に観察中に生物の逃避行動が見られたことを報告しているものもある⁸⁾。しかし、その違いを比較するために潜航した例もなく、具体的に生物観察への影響について考察したものはない。

一方、水産資源の研究分野では、魚類の聴覚に関する研究が行われている。特に、魚群探知機を使った資源量調査の関連では、対象の生物の行動を阻害することなく、精度の高いデータを得るために、魚種ごとに音の聞こえ方を調査することが古くから研究されている⁹⁾。

2. 潜水船とROVの構成機器の比較

表1は海洋科学技術センターが所有する、潜水船とROVの性能に基づく、一般的な仕様を比較したものである。この中で、「高度保持」とは海底での移動にかかわる操縦方法に関連するものであり、潜水船とROVが海底探査を行う際に大きく異なる点である。つまり、潜水船は海底においてはほぼ中性浮力を作った状態で海底から高度をとり、海底面に沿って移動をするが、ROVは、船上から電力を供給されていることもあり、推進器をフルに使って姿勢や高度を

表1 潜水船とROVの比較

Table 1 Differences between submersible and ROV.

	潜水船	ROV
電 源	バッテリー	船上電源
ケ ー ブ ル	無し	有り
高 度 保 持	中性浮力	スラスタを使用
海 水 タ ン ク	有り	無し
投 光 器	有り	有り
音 響 機 器	有り	有り

表2-1 潜水船の推進器の比較

Table 2-1 Description about propellers of submersibles.

潜 水 船	しんかい2000	しんかい6500
主 推 進 器 数	4 kW × 1基	5.2 kW × 1基
補 助 推 進 器 ／スラスタ	1.5kW × 2基	1.4 kW × 2基 (垂直) 0.7 kW × 1基 (水平)

表2-2 ROVの推進器および、電源の比較

Table 2-2 Description about propellers and voltage of ROV.

ROV	D3K	HPD	KAIKO
推 進 器 数	6 基	6 基	7 基
推 進 器 出 力 計	49.28 kW	55 kW	34.9 kW
供 給 電 圧	2250 V	1500 V	3000 V

表3 搭載される音響機器の比較

Table 3 Comparison about acoustic equipments

	潜水船	ROV
前 方 探 査 ソ ナ ー	有り	有り
音 響 測 位 装 置	有り	有り
画 像 伝 送 ・ デ ー タ 伝 送	有り	無し

制御しながら行動する。また、着底作業の際には、潜水船は海水タンクに水を入れて船体を安定させるのに対し、ROVは下降推進力を使って機体を海底に押し付けるように操作することも多い。このように、ROVはほぼ常時スラスタを使用していることから、潜水船に比べ、音が大きだけでなく周辺の海水を攪拌するため、生物に対しての影響はより大きい事がわかる。

表2-1および、表2-2に潜水船（「しんかい2000」・「しんかい6500」）および、ROV（「ドルフィン-3K」・「ハイパードルフィン」・「かいこう」）それぞれの推進器の数と出力について概要を示したものである。基数はもとより、出力については、数倍の違いがあることがわかる。

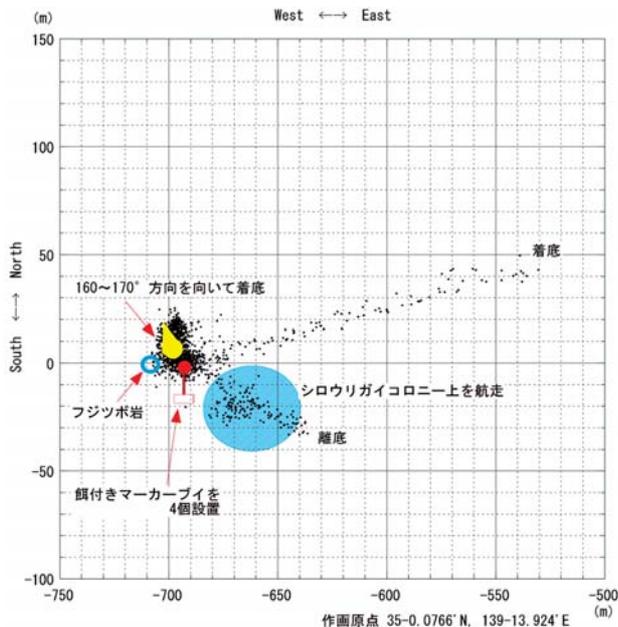


図1 「しんかい2000」第1401潜航航跡図.音響航法装置のデータを使って作図した。

Fig. 1 The Acoustic tracking data of the Shinkai 2000 dive 1401.

表3は、搭載されている音響機器の概要を比較したものである。これらは水中音響通信機器に一般的に使われている、10～十数kHzの周波数帯を使用している。この周波数帯の音が魚類等の聴覚にどのように影響するかについては現在、文献調査を進めている。

3. 「しんかい2000」による実験

平成14年10月に行われた、「しんかい2000」訓練潜航において、相模湾初島沖の海底ステーション近傍に潜航して観察を行った。

3.1. 潜航目的

潜水船が水中で活動する際に発する「ノイズ」である、光および、音(振動)に着目し、これらを意図的に発生(ON/OFF)させ、それに呼応した生物の行動を観察することで、生物観察における「ノイズ」の影響を定性的に評価する事を目的とした。

3.2. 実施内容

本潜航では全ての投光器及び、音源となるもので潜航中にOFFすることが可能な機器(油圧ポンプ、インバータ、ソナー、音響データ伝送装置等)を全てOFFすることで、ノイズの発生を抑えることを試みた。また、この状態と各機器がONとされている状態とで、生物の行動に差が生じるかについて観察を行った。

観察の際に操作した機器は後述の通りである。一方、OFFにしなかった(安全確保等のためOFFにできなかった)機器は、通信インバータ、UQC装置(水中通話機。10分ごとに母船と通信)、音響航法装置及び、潜水船内の各種機器、冷却ファン等である。

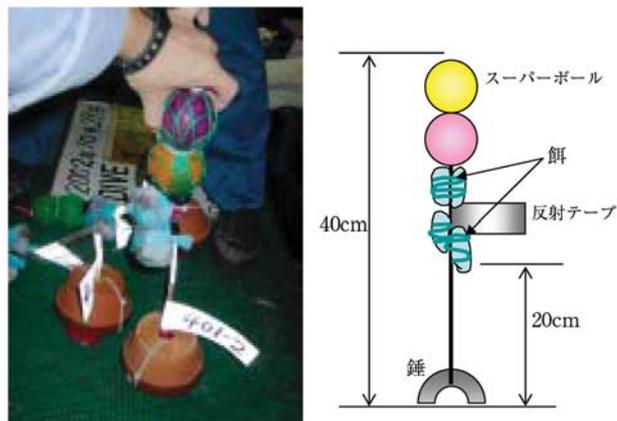


図2 餌付きマーカープイ。餌は生のサンマ、釣り用の練り餌を使った。

Fig. 2 A marker with bait.

3.3. 潜航概要

潜航日 : 平成14年10月29日(火)
 潜航海域 : 相模湾初島沖 南コロニー
 通称「フジツボ岩」横
 着底位置 : 35-00.097°N, 139-13.568°E 1192m
 観察位置 : 35-00.077°N, 139-13.469°E 1164m
 離底位置 : 35-00.067°N, 139-13.487°E 1167m
 測地系 : WGS84
 オブザーバー : 青木美澄
 パイロット : 千葉和宏, 千田要介

2K#1401潜航では、相模湾初島南東沖の南コロニーの東側約150mの地点で海底を視認した後、「フジツボ岩」に向かって航走した(図1)。目標点に餌付きマーカープイ(図2)を設置し、観察のためにマーカーの前に着底した。その後、約3時間の実験及び、観察の後、約30分間シロウリガイコロニー上を観察しながら航走し、その後、コロニーを離れてショットバラストを投棄し、離底した。

3.4. 実験内容

3.4.1. 実験でOFF/ONした機器

(1) 投光器(図3)

- ・1番投光器(固定)ハロゲン(赤色光系統)500W×2灯
- ・2番投光器(固定)ハロゲン(赤色光系統)500W×2灯
- ・4番投光器(固定)メタルハライド(青色光系統)400W×1灯
- ・5番投光器(固定)メタルハライド(青色光系統)400W×1灯
- ・7番投光器(可動)メタルハライド(青色光系統)200W×1灯

(2) 動力関連(図4)

- ・推進インバータ ×1系統
- 主推進機 ×1機
- 補助推進機 ×2機
- ・動力インバータ ×1系統
- 油圧ポンプ ×1系統
- 海水ポンプ ×1系統

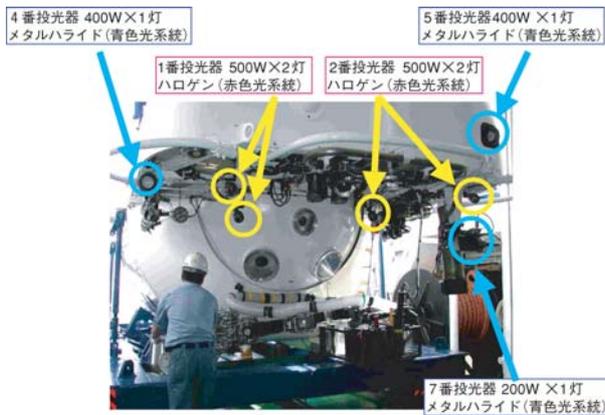


図3 「しんかい2000」の投光器の配置。青色光系統のメタルハライドは青枠、赤色光系統のハロゲンは赤枠で示した。

Fig. 3 Layout of the lights on Shinkai 2000

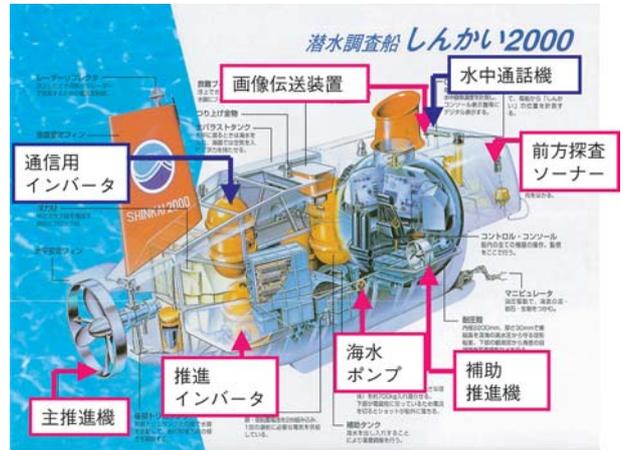


図4 「しんかい2000」の音源。実験でOFFしたものは赤枠、OFFできなかったものは青枠。

Fig. 4 Equipments that makes acoustic noise.

表4 実験経過と作業時間

Table 4 The process of experiment and results.

観察作業経過	時間	音	投光器
餌設置後、観察位置に着底。バラスト海水注水	14分	■	●●●●
主・補助推進機、海水ポンプ、油圧ポンプ、動力インバータ、推進インバータ、音響画像・データ伝送、CTFM・A/Dソナー OFF	17分	□	●●●●
No. 1 投光器OFF (ハロゲンランプ)	15分	—	●●●○
No. 2 投光器OFF (ハロゲンランプ)	15分	—	●●○○
No. 4, 5 投光器OFF (メタルハライドランプ)	15分	—	●○○○
No. 7 投光器OFF (メタルハライドランプ) (白色LED照射)	10分	—	○○○○
全ての明かりOFF。5分ごとに観察	20分	—	○○○○
No. 1 投光器ON (ハロゲンランプ)	15分	—	●○○○
推進インバータ、動力インバータON 油圧ポンプON	20分	=	●○○○
No. 2 投光器ON (ハロゲンランプ)	15分	=	●●○○
No. 4, 5, 7 投光器ON (メタルハライドランプ)	15分	=	●●●●
音響画像・データ伝送、CTFM・A/DソナーON	2分	□	●●●●
海水ポンプON、推進機ON、バラスト海水排水	14分	■	●●●●

音：
 — < =
 < □ < ■

投光器：
 ● = ON
 ○ = OFF

(3) 音響通信等

- ・音響画像・データ伝送
- ・前方探査CTFMソナー
- ・ADソナー (高度/深度計)

(4) その他

- ・高輝度LED (白色, 460nm, 580nm混合, 20000LUX/100mm) (船内持ち込み)

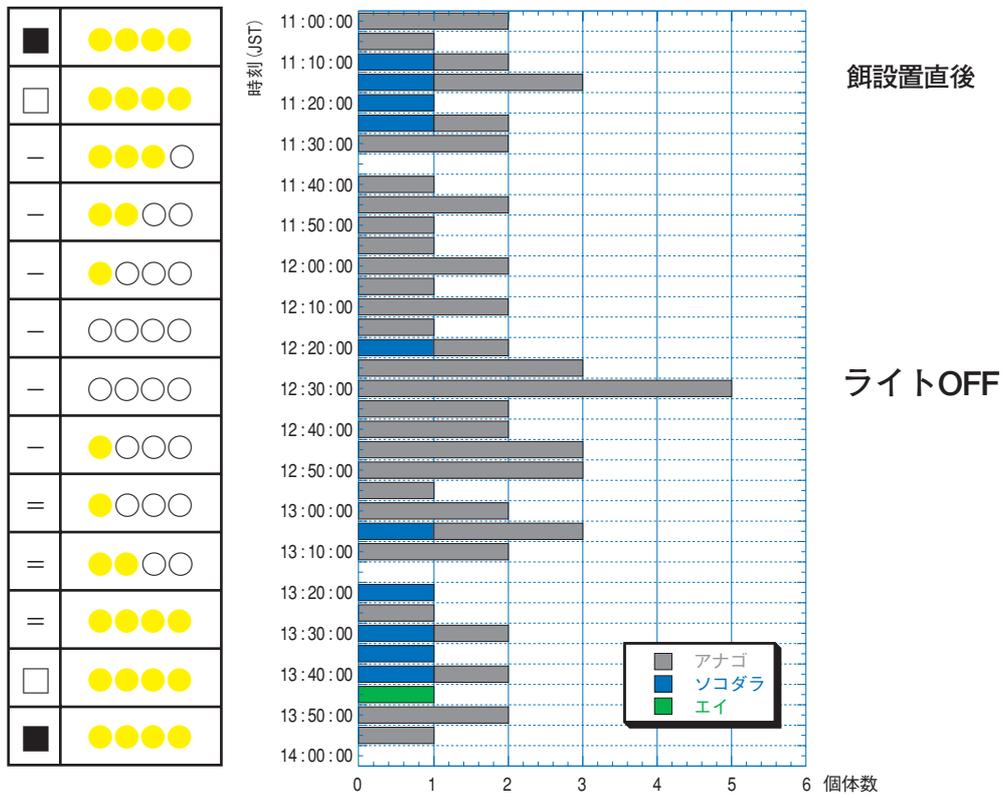


図5 光量・音源の消長に対応する個体数の変動。音源をできるだけ停止し、ライトを消している時が最も多く、着底直後と、離底作業時では相対的に少なくなっている。

Fig. 5 The relationship between the variation of light and sound and the number of fishes and eels.

3.4.2. 実験内容

着底後、実験を表4の計画表に沿って行った。はじめに、光の影響を観察するために、上記(2)及び、(3)の音源を全てOFFとした。ただし、水中通話機による母船との交話は約10分ごとに行い、音響測位も通常通り行った。なお、油圧装置をOFFにしている間は、SuperHARPカメラのパン・ティルトが断となり撮影ができなかったため、主な観察記録はACCDカメラとなった。SuperHARPカメラはパン・ティルト使用可能な間はACCD同様に餌付きマーカーブイ周辺を撮影した。

音源のみOFFにした状態で20分の観察の後、順に投光器を消灯し各15分間の観察を行った。その後、30分間全ての投光器をOFFとした状態で観察を行った。30分のうち、10分間は船内に持ち込んだ、高輝度LED(白色)を船外に向けて点滅させた。点滅は海中の発光生物を模すことで、近寄ってくるものがあるかもしれない、という提案を受けての実験であった。LEDの明かりは肉眼でははっきりと見えるが、ACCDカメラではほとんど写らなかった。その後、20分間はLEDを消灯し船内のライトもできる限り暗くした状態で観察を行った。船外の観察は約5分ごとに船内からライト(懐中電灯)を使って餌周辺の様子を観察し、生物の個体数を数えた。その後、1番投光器を点灯して15分観察を行った。

薄暗い状況で音を発することで変化が見られるかどうかを観察するために、(2)の音源のうち、海水ポンプを除く全

ての機器をONとして15分間観察を行った。油圧ポンプの作動とともにSuperHARPカメラを餌付きマーカーブイの方向に向け、録画を行った。

その後、表4の順に投光器を順に点灯し、各15分間の観察を行った。

最後に(3)の音響関連機器を全て復旧するとともに、海水ポンプを起動してバラストタンクの海水を排出しつつ、艇を安定させるために補助推進機を稼働させた。この間もACCDカメラの撮影は餌付きマーカーブイを中心にした向きに固定し、適宜周辺の生物を撮影した。

3.5. 観察結果

観察結果を図5にまとめた。投光器および、音源のOFF/ONと、観察された生物の個体数(延べ数)の相関関係が読み取れる。

3.5.1. 観察された生物

餌付きマーカーブイを設置した後、最初に寄って来たのはアナゴの仲間(イラコアナゴ、コンゴウアナゴなどと思われる)とウミヘビの仲間であった。エゾイバラガニも多数いたが、別の餌(魚の死骸)に群がっており、餌付きマーカーブイにはすぐには集まらなかった。その他遊泳性の魚類として、ソコダラの仲間が二種類、ソコガンギエイの仲間と思われるエイが観察された。ゲンゲの仲間と思われる小型



図6-1 深海性のアナゴ
Fig. 6-1 An eel.



図6-4 エイの仲間
Fig. 6-3 *Bathyraja* sp.



図6-2 ソコダラの仲間
Fig. 6-2 A rattail.



図6-5 エゾイバラガニ
Fig. 6-4 *Paralomis* sp.



図6-3 ソコダラの仲間
Fig. 6-2 A rattail.

の魚類も認められたが、観察中に設置した餌に接触することはなかったことと、ライトを消した状態で個体数を数えることが困難であったため、考察の対象とはしていない。また、予想外に活発な動きを見せたのが、エゾバイ科の巻貝であり、マーカーのロープを伝って餌の部分まで這い上がってくるものもあった。最終的にはこれらの貝類が餌を食べつくすものと思われる。

3.5.2. 生物の行動について

ACCDカメラの画像を再生し、観察を行った結果を表5に示す。機器のON/OFF時刻は全て船内の時計で記録した。

観察中、最も個体数が多かったのがアナゴ及び、ウミヘビの仲間であり、光の有無による違いと考えられる行動を示した。最も顕著であったのが投光器を全灯消灯している間の行動で、アナゴの仲間は多数集まってきたうえ、餌へのアタックも激しく、動きは非常に活発であった。投光器を点灯すると、餌の周辺に現れるが暗いときに見せたような活発な動きは無く、次第に遠のき数が減っていく様子も観察された。音のON/OFFに関しては、油圧ポンプをONした後の20分間の観察では生物は餌から遠ざかり、音の変化に反応しているように見えた。

ソコダラの仲間については、複数個体が同時に観察される事が無かったことから、同一個体が周辺を回遊していたようである。カメラの視野に時々現れることから、潜水船の近傍にいてマーカーの餌を気にしているようであった。設置した餌以外に潜水船の間近で泥の中のゴカイを摂餌する行動が観察された事から、潜水船の存在をほとんど気にしていないようであった。

もう一種類のソコダラの仲間と思われる黒色の魚はほと

表5 観察記録
Table 5 Observation log.

時刻	記載事項 ACCDカメラ	投光器					ポンプ		インバータ		音響 伝送	CTFM A/D
		No.1	No.2	No.4	No.5	No.7	油圧	海水	推進	動力		
9:14	着水						ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:11	位置(10-490)、深度1125m、高度75m						ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:12	投光器全灯ON						ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:17	ツリム良し。これより海底の見える高度まで降りる。録画開始。	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:20	海底視認。泥所々にシロウリガイ殻。30cmサイズの蝶。カニ、アナゴ状の魚	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:37:50	#326マーカー、フジツボ岩視認。	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:38:20	#849マーカー視認	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:40	フジツボ岩の前に着底。底質：泥、視程：4m、水温：2.9℃、流向・流速：0°0.05kt。 #326マーカー、#849マーカー視認。	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:46	餌付きマーカーパイ設置完了(#401-1.2)。フジツボ岩の南側、#326マーカーから2m。	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:48	餌付きマーカーパイ設置完了(#401-3.4)。#401-1.2マーカーから1m。	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:52	着底作業中。VBT注水開始。潜水船船首161'	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
10:55	アナゴの仲間 2匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
11:04	VBT注水	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
11:05	推進機停止	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
11:05	海水ポンプ OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
11:06:09	油圧ポンプ OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON
11:07:00	推進インバータ OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
11:07:04	動力インバータ OFF。SuperHARPカメラパン・チルOFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
11:07:19	ソコダラ 1匹	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
11:08:25	画像伝送・データ伝送、CTFMソナー、ADソナー OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:09	アナゴが近くにいる。	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:10:44	黒い魚1匹	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:16	アナゴ2匹、ソコダラ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:20	ソコダラ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:23:00	ハロゲン1 OFF。見た目の明るさはほとんど変化無し。	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:24	アナゴ1匹	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:26	ソコダラ1匹	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:29:53	アナゴがシロウリガイに頭をぶつける。	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:30:30	アナゴ2匹	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:38:09	ハロゲン2 OFF。見た目の明るさはほとんど変化無し。サンプルバスケットへの照明無し。	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:43	アナゴ1匹、カニが接近	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:45	アナゴ2匹	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:53:13	メタハラ4.5 OFF。ほとんど真暗。	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
11:55	アナゴ1匹	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:01	アナゴ2匹。明るいとときより活発に動いている？	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:07:57	メタハラ7 OFF。真暗。	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:08	LED(白色)点滅実験。肉眼では窓からの照射が見えるが、CCDカメラの画像としては映っていない。	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:18	LED(白色)点滅実験終了。暗闇にして、約5分ごとに懐中電灯でマーカー付近を観察。	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:19	ライトの範囲にアナゴ、ソコダラ等生物は確認できない。	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:22	ソコダラ1匹、アナゴ1匹	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:25	アナゴ3匹	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:30	アナゴ4匹	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:35	アナゴ2匹	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:37:33	ハロゲン1 ON。アナゴ4匹。	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:40:35	アナゴ2匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:41:40	アナゴが餌に食いついている	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:43:00	アナゴ2匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:43:42	アナゴ3匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:45:00	アナゴ3匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:47:35	アナゴ1匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:50:00	アナゴ3匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:52:00	アナゴ2匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:52:44	アナゴ3匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:53:15	推進インバータ ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
12:53:20	動力インバータ ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
12:53:35	油圧ポンプ ON。徐々にモータ音上がる	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
12:54:30	エイ、アナゴ4匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
12:56:40	アナゴ1匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
12:57:45	アナゴ2匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:00:10	アナゴ2匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:03:20	アナゴ2匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:06:20	アナゴ2匹、黒い魚1匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:08:44	アナゴ2匹	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:10:15	アナゴ2匹。常に2匹程度が視野にはいるが、暗いときほど近くに長時間とどまらない	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:11:29	アナゴが餌に食いつく	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:13:03	ハロゲン2 ON。やや明るくなる。アナゴ等いない。	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:15:50	アナゴ等寄ってこない。カニが餌から離れ始めた。	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:19:40	ゲンゲのような短い魚1匹	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:21:00	ソコダラの摂餌行動	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:24:40	ソコダラ1匹	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:25:49	アナゴ1匹	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:26:25	アナゴ1匹、ゲンゲ?1匹	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:27:44	ソコダラ1匹	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:28:00	メタハラ4, 5, 7 ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:28:25	ライト明るくなる。カニが逃げ始めた。	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:31:55	アナゴ1匹、ソコダラ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:35	ソコダラ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:38	ソコダラ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:39	アナゴ?1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:40:19	ソコダラが餌に食いついた	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:42:00	ソコダラ1匹、アナゴ?1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:43:30	画像伝送、データ伝送、CTFMソナー、A/DソナーON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:44	ソコダラ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:44	エイ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
13:45:20	海水ポンプ ON。推進機ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
13:45:49	VBT排水開始。	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
13:46:20	アナゴ?1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
13:48:10	アナゴ2匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
13:53:20	アナゴ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
13:56:16	アナゴ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
13:56:50	艇が浮き始める	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
13:59	観察終了	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
11:59:50	アナゴ1匹	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
14:00	パノラマ画像生成用画像データの収録	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
14:38	パノラマ画像生成用画像データの収録終了	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
14:38	離底	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
15:28	浮上						ON	ON	ON	ON	ON	ON
15:48	揚収完了						ON	ON	ON	ON	ON	ON

んど餌に近寄らなかったうえ、潜水船が着底した際のほか、観察中に1回しか肉眼観察の視野に入らなかった。

3.6. 考察

3.6.1. 光の影響について

今回最も多く観察されたアナゴの仲間は、投光器の強い光があっても餌の臭いに誘引されて姿を現し、しきりに餌を嗅ぎ回る行動が観察された。また、目があることから、嗅覚だけでなく視覚もあると思われるが、シロウリガイや、イバラガニ、マーカー等に鼻先をぶつけて驚くような行動が何度も観察されたことから、非常に目が悪いか、投光器のせいで何も見えていない状態である可能性が示唆される。更に、投光器を消した状態の30分間に観察した結果から、アナゴの仲間は明るいきよりも多く個体が長時間餌の周辺にとどまり、餌を食べようと活発に動き回っていた事からも、強い光によっての行動が鈍化していたことが考えられる。

シロウリガイコロニーには数多く生息しているエゾイバラガニは、投光器を消灯すると餌に接近し、点灯すると明かりの範囲から逃避する行動を見せた。

3.6.2. 音について

本実験では、通常観察時には切ることのない機器類を停止し、潜水船が発する音響的なノイズを最低限に抑えた状態での観察を行った。実験の後半はハロゲンランプ2灯の弱い光の状態から、インバータ及び油圧ポンプをONにして、その前後の観察を行った。今回の観察からは、油圧ポンプをONとした後の20分間の観察では、ONする前に比べて、生物の数が明らかに減っていることが観察された。続けて投光器をONとしていく過程では、観察される生物の個体数は増えなかった。このことは、音による逃避なのか、または、餌の誘引効果が薄れてきたのかについては、より詳細にビデオの解析が必要である。

エゾイバラガニの行動は音源のON/OFFには影響されていないようであった。ただし、航行中は水流を感じるためか、潜水船が接近すると逃げる様子が観察された。

4. まとめ

2K#1401潜航での観察により、潜水船の投光器は深海生物の視覚を奪い、その行動を鈍化させていると思われる結果が得られた。また、潜水船が発する音についても、それらが発せられることで生物を遠ざけていると考えられる結果となった。

表1から3に示すように、相対的にROVより静かである潜水船での観察を行ったところ、このような結果が得られたことは、当初予想していたよりも大きな影響を与えている事を

示唆するものである。初島沖は1993年から海底ステーションによる観測が行われており、長期間の観察および、観測データがあるうえ、たびたび潜水船やROVが近くで潜航を行ったり、ステーションのメンテナンスを行うなどしている。ステーションにはハイドロフォンが装備されているため、接近した潜水船等の音が記録されている可能性が高い。今後、これらのデータを調査し、可能であれば両者のノイズの比較を試みたい。

謝辞

「しんかい2000」の最後の訓練潜航航海において、潜航の機会をくださったJAMSTEC研究業務部の門馬部長ほか、皆様に感謝いたします。また、潜航に際し、さまざまなアドバイスをいただき、成功に導いてくださった柴田司令、パイロットの千葉潜技士、千田潜技士および、運航チームに感謝します。

参考文献

- 1) 柳本ほか, 「しんかい2000」によるスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の分布と遊泳行動の観察, 第17回しんかいシンポジウム予稿集, 157-158, (2001)
- 2) 青木, "潜水船及びROVが発する刺激が生物観察に与える影響について", しんかいシンポジウムポスター発表, P50, (2001)
- 3) 青木, "潜水船が発するノイズに関する考察～生物観察に与える影響の評価", しんかいシンポジウムポスター発表, P53, (2002)
- 4) 佐野, 6500m潜水調査船支援母船「よこすか」の雑音低減技術, 海洋音響学会誌18巻第3号, 137-145, (1990)
- 5) 松本, 6500m潜水調査船支援母船「よこすか」の雑音低減の達成, 海洋音響学会誌19巻第1号, 16-21, (1990)
- 6) 黒川・野田, "しんかい2000"潜航中の目と耳", センサ技術, Vol.3, No.1, 59-66, (1983)
- 7) 青木, "10000m級無人探査機「かいこう」システム", 768-781, (1989)
- 8) 橋本ほか, "潜水調査船によるトゲエビの分布密度推定の試み"日本水産学会秋季大会(口頭発表), (198?)
- 9) 赤松・奥村, "魚類の生物音響:「感覚生物学, 行動学と実際の応用」に参加して", 海洋音響学会誌, 28巻第4号, 213-214, (2001)
- 10) 添田・畠山・川村, 魚類の聴覚生理(恒星社厚生閣, 東京, 1998年), 402

(原稿受理:平成15年11月28日)