

沖ノ鳥島周辺における研究調査

(現地調査活動記録)

2022(令和4)年1月

東京都

目次

1 調査の概要	1
(1) 背景	1
(2) 目的	1
(3) 調査体制	2
(4) 調査行程と天候	3
(5) 調査に使用した船舶等	6
2 現地における調査活動	8
(1) 外観調査	8
① ドローンによる島全景の空撮	8
② マルチビーム音響測深装置による観測	11
③ 自律型無人探査機（AUV）による観測	17
(2) 海洋調査	21
① 気象・海象調査	21
② 水質調査（環境 DNA 調査を含む）	25
(3) 環境調査	32
① 生物相観測	32
② マイクロプラスチック調査	35

この「現地調査活動記録」は、令和3年11月5日付け「沖ノ鳥島及び沖ノ鳥島周辺海域における研究調査実施に係る協定」に基づいて、今回の調査に御協力いただいた学校法人東海大学によるクルーズレポート（航海情報や調査内容など、航海終了時において必要な記録をまとめたもの）を中心に、現地での調査活動の様子をまとめたものです。現地調査を通じて得られたデータやサンプル等は、帰港後、調査に参画した各研究者により分析が進められており、それらを踏まえて年度内に本記録を更新し、報告書として取りまとめる予定です。

1 調査の概要

(1) 背景

日本最南端に位置する小笠原諸島の沖ノ鳥島は、我が国の国土面積約 38 万km²を上回る約 42 万km²もの広大な排他的経済水域の根拠となる重要な国境離島であり、海洋国家としての我が国の地位を堅持し、国益を維持する上で極めて重要な役割を担っている。

四方を海に囲まれ、国土面積も狭隘な我が国にとって、排他的経済水域は、海洋エネルギーや鉱物資源の開発、水産資源の利用を排他的に行うことが認められている貴重な場であり、また、海洋の科学的調査、海洋環境の保護・保全等についての管轄権を有する水域である。その根拠となる沖ノ鳥島は、海洋立国を目指す我が国の要衝と位置付けられ、法により、周辺の排他的経済水域の保全及び利用を促進することが必要な特定離島に指定されており、周辺海域も含めた維持・保全や利活用、普及啓発は東京都においても重要な課題である。

こうした沖ノ鳥島の重要性に鑑み、東京都は、その維持・保全や利活用に向けて、東京都としてどのような取組が可能か、取組の方向性を検討していく上での基礎となる情報を得るため、沖ノ鳥島周辺において、現地の最新の状況を把握する基礎的な調査を実施することとした。

(2) 目的

沖ノ鳥島においては、これまでも国が島の適切な維持・保全に取り組んでおり、東京都も、水産振興の観点から、漁業調査指導船による周辺海域における魚類等の生態調査や、海洋環境の変化を把握するための定点観測等を実施してきた。

しかし、沖ノ鳥島は、太平洋上に孤立した無人島であることから、常時の調査・観測が困難である一方、島や周辺海域の状況は刻一刻と変遷を遂げており、学術的研究という視点での調査・観測情報が不足しているとの意見も聞かれる現地の最新の状況を把握することは、国境離島や周辺海域の維持・保全等の観点から重要である。

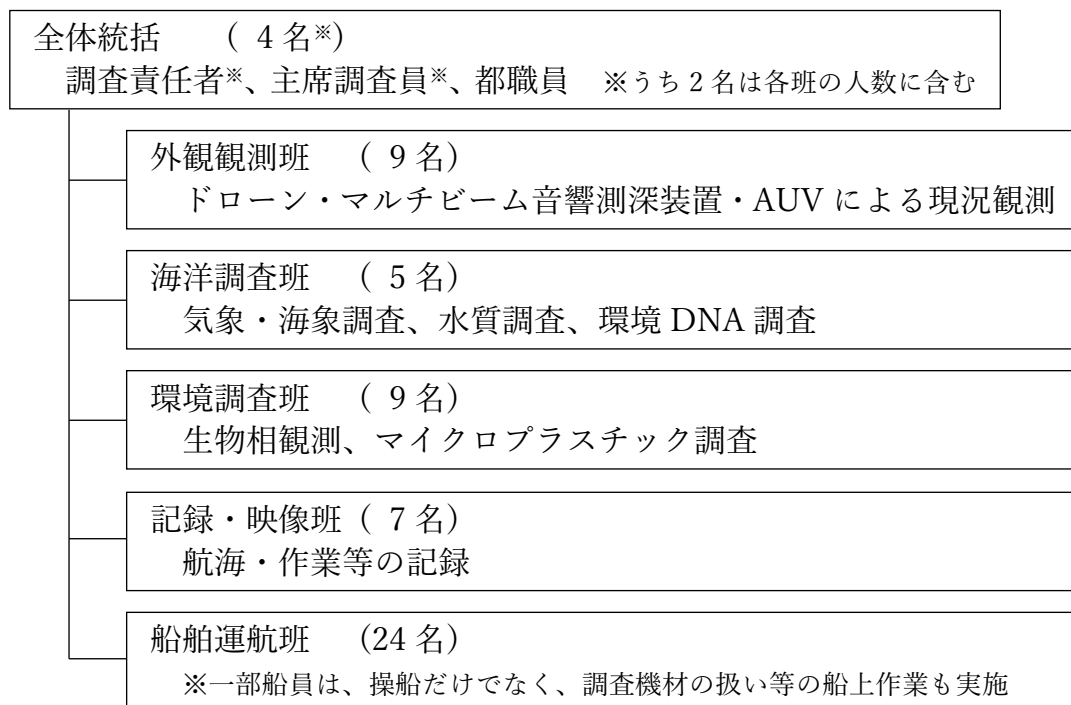
現地の最新の状況を把握して、情報の収集や整理・分析等を行い、国境離島及び周辺海域の維持・保全や利活用に繋がる手掛かりを得るため、東京都は、令和 3 年 11 月 5 日付けで学校法人東海大学と「沖ノ鳥島及び沖ノ鳥島周辺海域における研究調査実施に係る協定」を締結した。

当該協定に基づき、令和 3 年 12 月 2 日（木）から 10 日（金）まで、東海大学が所有する海洋調査研修船「望星丸」を用いて現地に赴き、5 日（日）及び 6 日（月）

にかけて、沖ノ鳥島周辺における外観調査や海洋調査、環境調査など、今後の分析の基礎となる情報を得るための調査を実施した。なお、本調査では、沖ノ鳥島の二つの小島には上陸せず、東西約 4.5 km、南北約 1.7 km のサンゴ礁の外側から船上において実施した。

(3) 調査体制

多面的に調査・観測を行い、国境離島及び周辺海域の維持・保全や利活用について幅広く示唆が得られるよう、海洋探査学や海洋物理学、浮遊生態学、サンゴ礁生態学、魚類学、環境 DNA 学など、今回の外観調査、海洋調査、環境調査の実施に必要な専門的な知識・経験を有する東海大学海洋学部の研究者を中心に、補助スタッフや船員など、56 人から成る体制を構築し、機能に応じて班を編成した（図 1）。



（図 1）調査体制

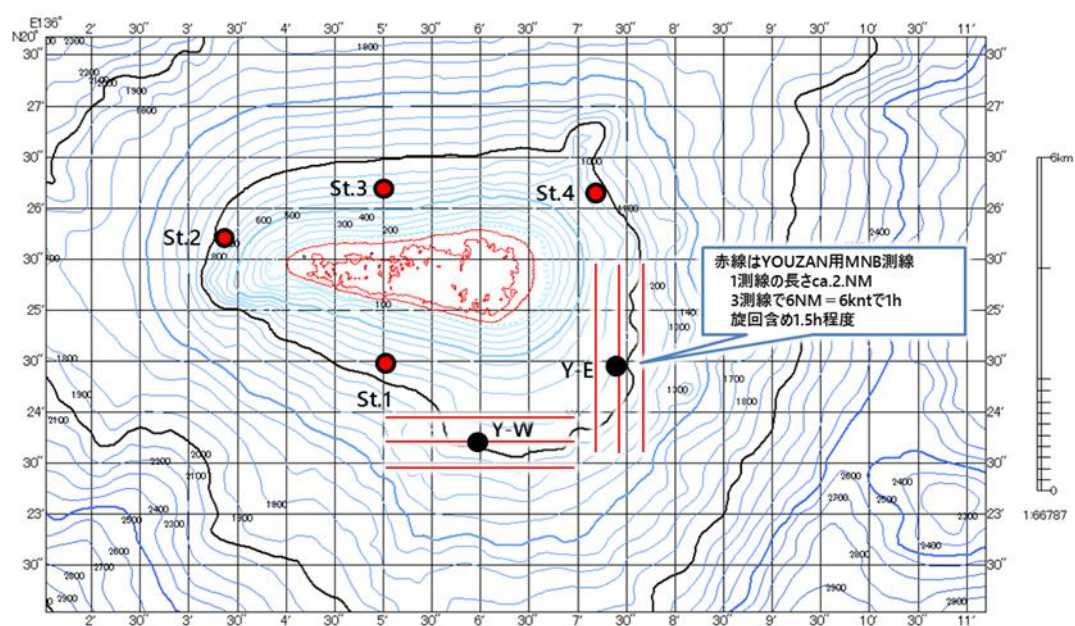
(4) 調査行程と天候

令和 3 年 12 月 2 日（木）午前 8 時に清水港を出港し、沖ノ鳥島周辺に到着した 5 日（日）未明から 6 日（月）正午過ぎにかけて現地調査を実施した後、10 日（金）午前 9 時に清水港に帰港した。

出港前々日の 11 月 30 日（火）にフィリピンの東で発生し、12 月 4 日（土）頃に小笠原近海に進んでくる予想であった台風第 21 号の影響などにより、沖ノ鳥島周辺を含め、調査航海中は強い風と厳しい波浪が続いた。

このため、調査活動の安全確保の観点から、甲板作業や観測機器の曳航を伴う一部調査は見送り、随時海況を見極めながら、できる限りの調査を可能な地点で行うこととした。また、当初は 7 日（火）午前中まで調査を行う予定であったが、現地の気象・海況の回復が見込めなかったことから、予定を繰り上げて、6 日（月）午後に沖ノ鳥島周辺海域から離脱することとした。

こうした調査行程の変更は、調査航海中の朝と夜の全体ミーティングにおいて、調査員全員に共有された。当初予定していた調査地点を図 2 に、実際の調査行程を表 1 に、航跡図を図 3 に、台風第 21 号の経路図を図 4 に示す。

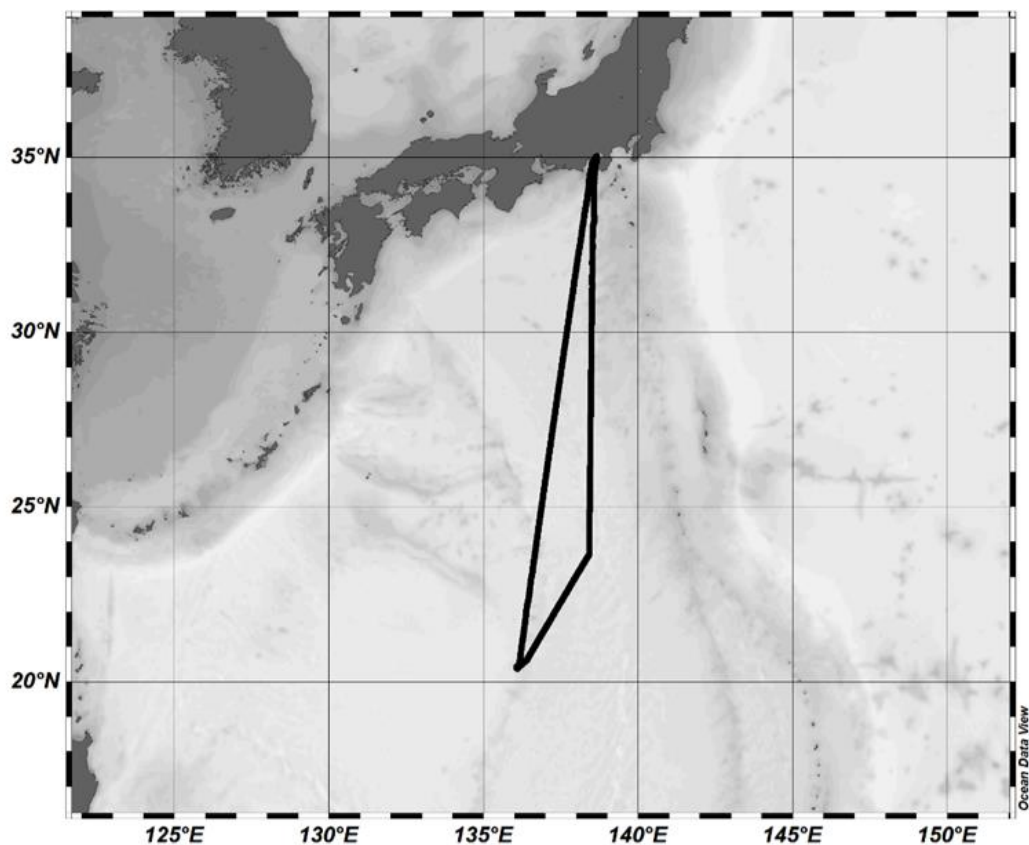


(図 2) 当初予定していた調査地点及び測線図

※ 地形図は一般財団法人日本水路協会, 2016. 海底地形デジタルデータ M7027Ver.2.0 沖ノ鳥島海域

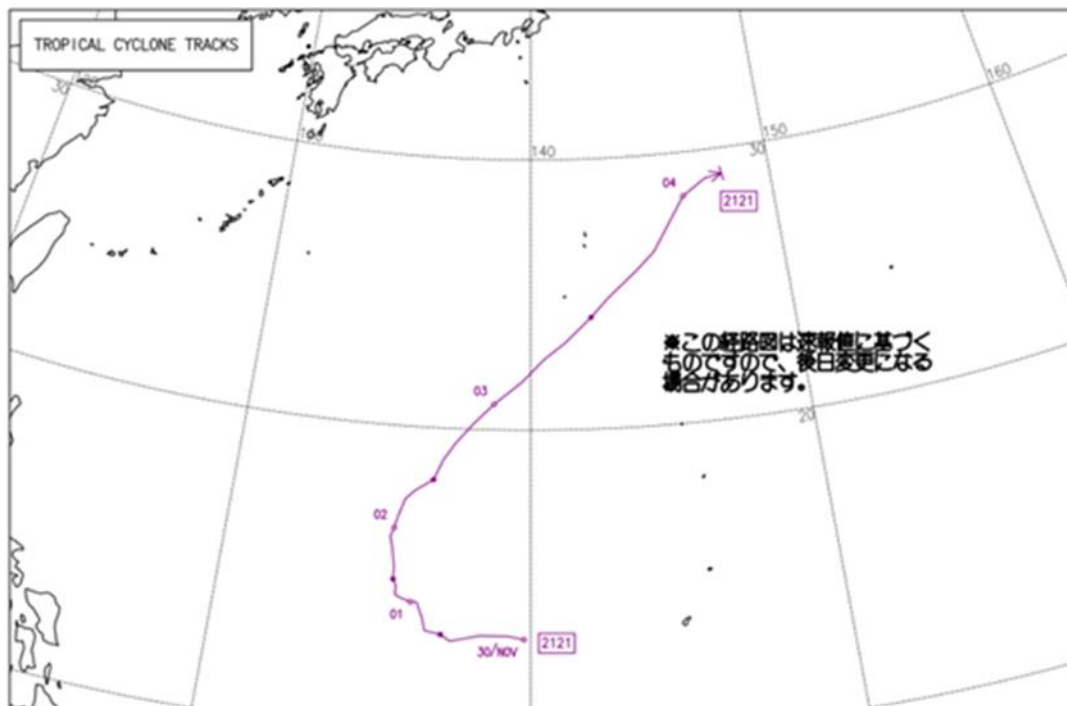
(表 1) 実際の調査行程

時程（開始時間）		概要
12 月 2 日（木）	8:00	清水港出港
	9:00	駿河湾内にて AUV の着水試験やドローンの試運転等
		（航海）
12 月 5 日（日）	4:00	沖ノ鳥島周辺に到着
	4:30	島北東部にて海洋調査（XCTD による水温・塩分測定）
	6:15	島の外周にて外観調査（マルチビーム観測）
	7:00	島南西部にて海洋調査（気象・海象）
	8:50	島南西部にて海洋調査（採水）
	14:15	島南西部にて海洋調査・環境調査（採水）
	15:00	島南西部にて外観調査（マルチビーム観測）
	18:00	島南西部にて海洋調査（採水）
12 月 6 日（月）	7:00	島南西部にて海洋調査（気象・海象）
	8:40	島南西部にて海洋調査・環境調査（採水）
	10:05	島南西部にて海洋調査（XCTD による水温・塩分測定）
	10:40	島南西部にて外観調査（ドローンによる空撮）
	12:50	島南西部にて海洋調査（海水透明度）
	13:30	調査終了、清水港に向けて出航
		（航海）
12 月 9 日（木）	23:00	駿河湾内に到着、錨泊
12 月 10 日（金）	9:00	清水港帰港



(図 3) 航跡図

※ 地図は Ocean Data View 使用作成：Schlitzer and Reiner,2021. Ocean Data View, <https://odv.awi.de>



(図 4) 令和 3 年台風第 21 号の経路図（気象庁 HP）

(5) 調査に使用した船舶等

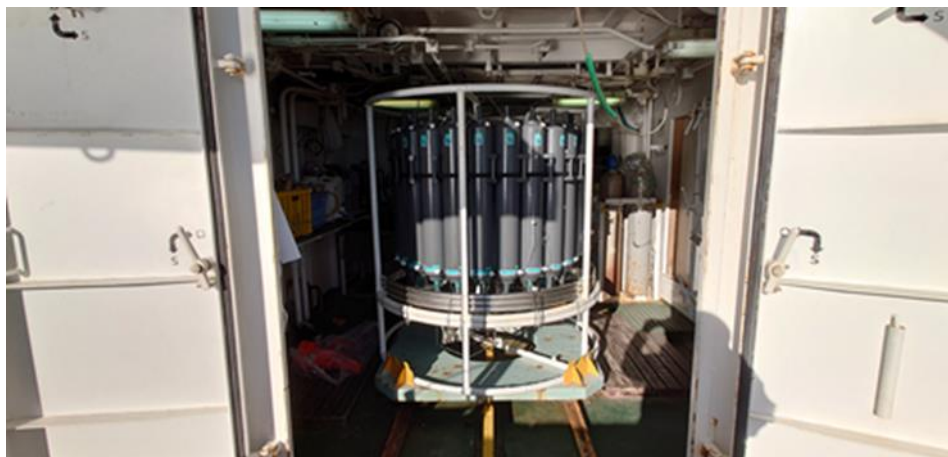
東海大学が所有する海洋調査研修船「望星丸」を使用した（図 5）。「望星丸」には、音波により海底地形を調べることのできるマルチビーム音響測深装置や、自動気象観測装置、海水の流れを計る音響ドップラー流向流速計、自動水質分析装置、海水の特性や流れの解析等に使うデータを測定するセンサーによって構成される CTD（電気伝導度（塩分）・水温・水深計 | Conductivity Temperature Depth profiler）、採水器など（図 6）、海洋観測に必要な機器が装備されている。

また、海中における観測のため、いであ株式会社が所有するホバリング型 AUV（自律型無人探査機 | Autonomous Underwater Vehicle）「YOUZAN」（図 7）及びその運用に必要な作業艇として海洋エンジニアリング株式会社が所有する「開洋丸 3 号」（アキレスボート・船外機付き）（図 8）を借用した。AUV は海中ドローンとも呼ばれ、母船とケーブルでつながっている探査機と比べて行動の自由度が高く、ホバリング型の AUV は、前進だけでなく上下や横方向にも推進機を持ち、一定の場所での静止や障害物の自動回避など、複雑な動きが可能である。「YOUZAN」は、民間が使用する商用化 1 号機として 2019 年度に導入された。



資格	遠洋、国際航海、旅客船（第一種船）、（海洋調査練習船）
国際総トン数	2,174 トン
全長	87.98 m
航海速力	15 ノット（27.8 km/h）
最大乗船定員	計 190 名（含 乗組員）

（図 5）調査に使用した「望星丸」



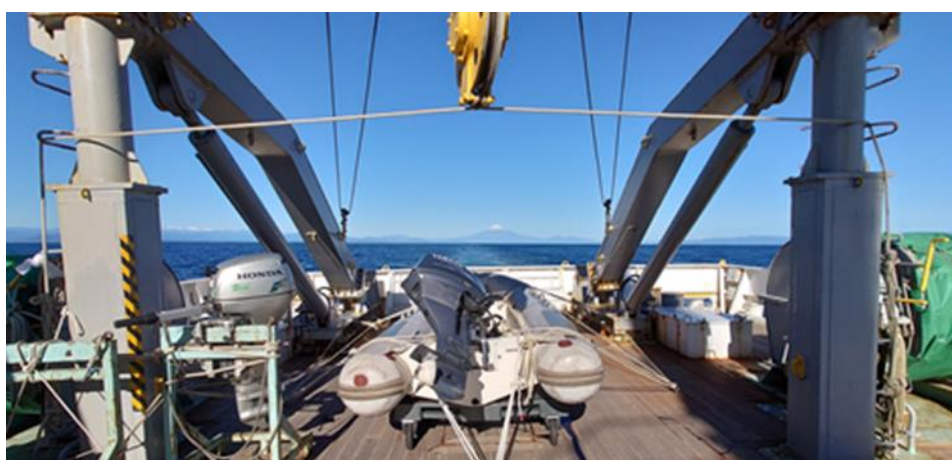
(図 6)「望星丸」に搭載された CTD 採水器



ようざん
YOUZAN

項目	仕様
寸法	長さ1.3m×高さ0.77m×幅0.7m
重量	275kg
最大潜航深度	2,000m
巡航速度	0.2～0.3m/s
最大航行速度	0.62m/s
最大潜航時間	8時間
スラスタ	水平4機、垂直2機
写真撮影	スチルカメラ2機、LEDフラッシュ4灯
動画撮影	4Kカメラ、常時点灯LED2灯 ROVモードカメラ
観測項目	プロファイリングソナー(海底地形) 濁度計 水温・塩分計 pHセンサー 障害物検知ソナー 地形観測用カメラ・レーザー

(図 7) ホバリング型 AUV「YOUZAN」



(図 8)「望星丸」の後部作業甲板に積み込まれた「開洋丸 3 号」

2 現地における調査活動

(1) 外観調査

① ドローンによる島全景の空撮

ア 調査目的

船上からは海面に近い目線でしか島の様子を観ることができないが、ドローンを用いることにより、最大高度約 150m から外観を観察することが可能となる。そこで、「望星丸」が航行できない浅海域の状況や、環礁（珊瑚礁）の碎波位置、島の外観など、沖ノ鳥島の最新の全景を空中から確認する。

イ 調査方法

現地到着後、島の外周を時計回りで2周した後、ドローンにより計3回、島の南側、リーフの外側から、沖ノ鳥島全体の状況を撮影した。1回目は6日(月) 10時40分から、2回目は同日10時55分から、3回目は同日11時20分から行った。風向50～60度、風速12m/秒以上、天候は曇りであった。

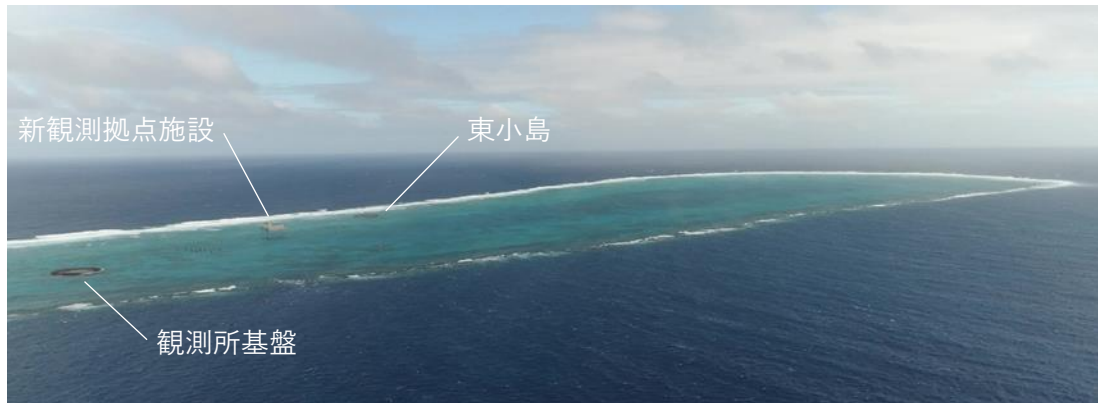
1回目、2回目のフライトは、東海大学が準備したドローン4種類・5機の中で、一番風に対する抵抗が少なく高速で飛行可能な機体を使用した。これに広角レンズを取り付け、機体は常に風上に向けて飛行し、操縦者以外のもう1人が船上からカメラ方向の操作を行った。使用機体の最大飛行時間は約20分であるが、2回のフライトとも風が強かったことから、安全を考慮し、1回につき10分程度の飛行とした。3回目のフライトでは、東京都が準備したドローンを使用し、これに360度カメラを取り付けて飛行した。ドローンによる空撮の様子を図9に示す。



(図9) ドローンによる空撮の様子

ウ 現地における調査活動の結果

強風下での調査を余儀なくされたため、風向きに対して島陰に当たる沖ノ鳥島南側からのみの空撮に限られたが、今後の分析等の基礎となる最新の現地映像を撮影することができた。写真例を図 10～図 15 に示す。



(図10) 沖ノ鳥島全景（東側）



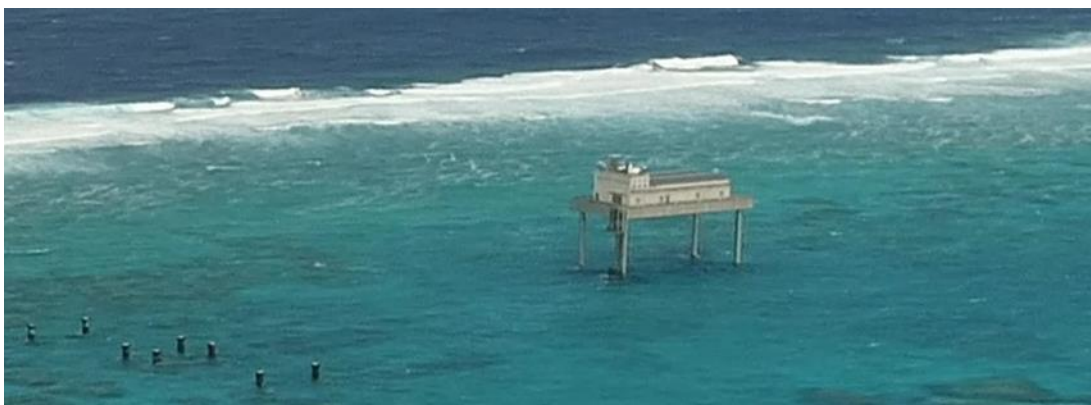
(図11) 沖ノ鳥島全景（西側）と空撮時の「望星丸」位置



(図12) 北小島の様子



(図13) 観測所基盤



(図14) 旧観測拠点施設と新観測拠点施設



(図15) 東小島の様子

② マルチビーム音響測深装置による観測

ア 調査目的

様々な形で海洋と関わり、利用する上で、もっとも基礎となるデータが海底の地形図だと言われる。生態系や水産資源の分布、鉱物資源の産状などを調査するためには、海底の様子を把握しておくことが欠かせない。そこで、「望星丸」に搭載されているマルチビームを活用し、船体の直交方向に多数の音波ビームを扇状に発することによって、最新の海底地形を確認する。

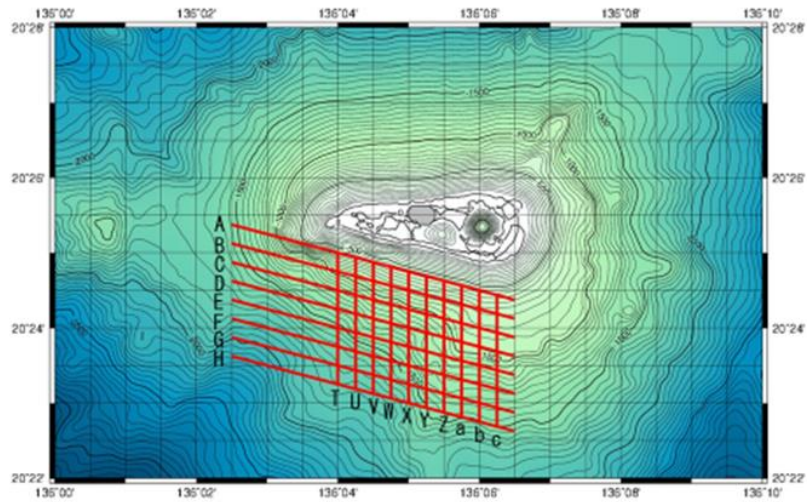
イ 調査方法

マルチビーム観測に先立ち、マルチビームによる音響データの海中伝搬速度、密度測定のための補正值（水深に伴う温度変化）を得るため、5日（日）及び6日（月）に XCTD（eXpendable Conductivity Temperature Depth）プローブを海中に投入した（詳細は「2（2）海洋調査 ② 水質調査」参照）。音響測深は、海面で発射した音波が海底で反射し、再び海面に戻ってくるまでの時間と音波の海中伝搬速度（音速）から水深を決定する方法であり、水中の音速は、水温、塩分、および圧力の変化に起因して変化するためである。

また、XCTD プローブとは、温度センサーや電気伝導度を測定するセンサーが組み込まれた筒状の小型機器であり、船上から海洋に投げ込み、沈降していく間に観測を行ってデータを船上に送るものである。「望星丸」には、船舶からケーブルによって曳航し、水温と塩分の鉛直分布を測りながら、必要な深さの海水も採取できる CTD 採水器が搭載されているが、大型機器を使用できない荒天時には、投げ込み式の XCTD が活用される。

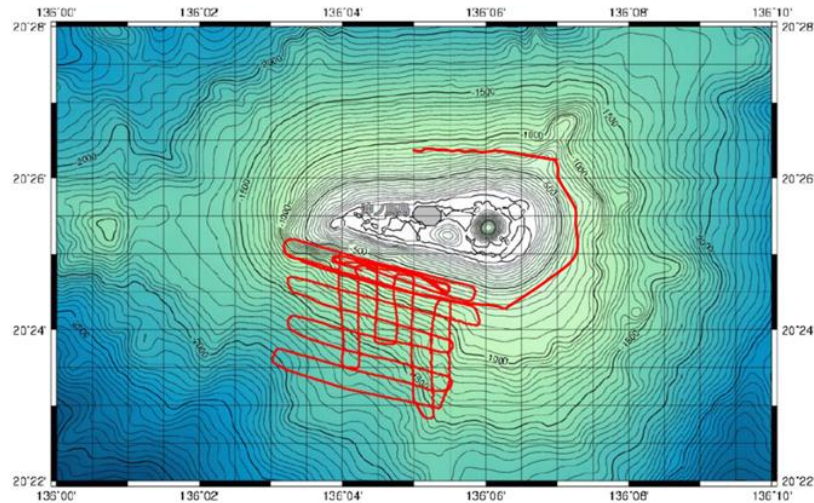
「望星丸」が沖ノ鳥島の東部に到着した5日（日）未明の海況は、風向 39 度、風速 14.1m/秒であった。また、島の北部では高いうねりに伴い、船舶の揺れも大きく、マルチビーム観測ができない状況であった。このため、マルチビーム観測は、5日（日）15 時以降に、風浪・波浪の少ない島の南西部において集中的に実施することとした。図 16 にマルチビーム観測の計画測線を、図 17 に実際の航跡図を、表 2 に航跡図に示した各測線の調査時刻と位置を示す。

船の揺れが大きいと、測定データにノイズや誤差を含む割合が多くなるため、観測は船速 5knot で行い、音波ビームを扇状に発する範囲であるスワス角は 30 度にて一定とし、うねりが大きいと予想された場合は測線途中でも観測を切り上げ、次の測線に移行することとした。



(図16) マルチビーム観測の計画測線

※ 海上保安庁水路部発行「海の基本図」(沖ノ鳥島6577-1(海底地形図)1991年発行)のデータに加筆



(図17) マルチビーム観測測線・航跡図

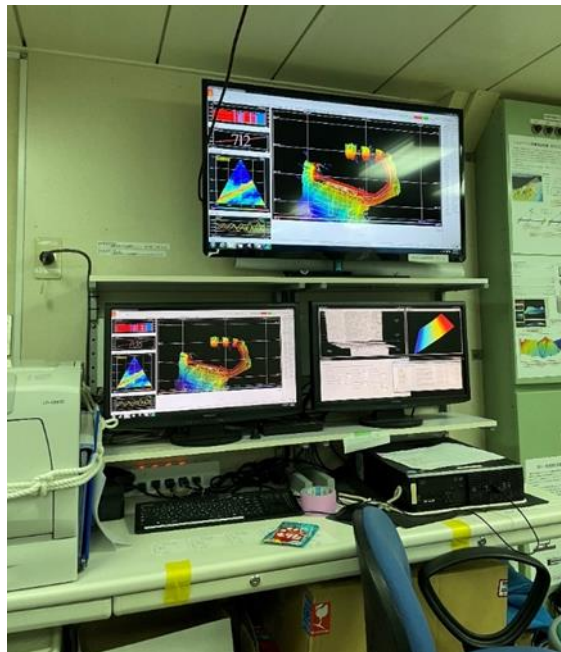
※ 海上保安庁水路部発行「海の基本図」(沖ノ鳥島6577-1(海底地形図)1991年発行)のデータに加筆

(表 2) 各測線の入線時間・入線位置・終了時間・終了位置

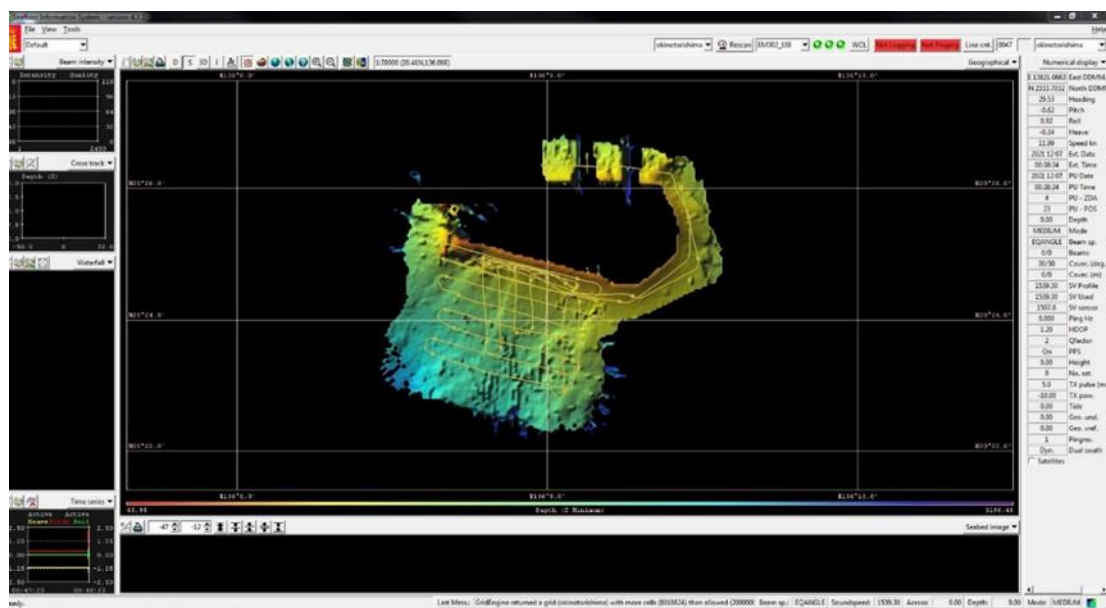
	In Time	In Lat	In Lon	Out Time	Out Lat	Out Lon
沖ノ鳥島周回	2021/12/05 06:17:34	20° 26.3641' N	136° 04.9082' E	2021/12/05 08:21:19	20° 24.9695' N	136° 07.4300' E
LineA	2021/12/05 15:03:45	20° 24.6268' N	136° 05.4992' E	2021/12/05 15:28:44	20° 25.1640' N	136° 03.3740' E
LineB	2021/12/05 15:33:59	20° 24.9444' N	136° 03.3127' E	2021/12/05 16:03:08	20° 24.3061' N	136° 05.7671' E
LineC	2021/12/05 16:08:15	20° 24.0574' N	136° 05.7748' E	2021/12/05 16:34:46	20° 24.6585' N	136° 03.3973' E
LineD	2021/12/05 16:40:57	20° 24.3934' N	136° 03.5615' E	2021/12/05 17:02:49	20° 23.8742' N	136° 05.4074' E
LineE	2021/12/05 17:09:11	20° 23.7592' N	136° 05.1115' E	2021/12/05 17:30:08	20° 24.1574' N	136° 03.3829' E
LineF	2021/12/05 17:35:40	20° 23.8867' N	136° 03.4873' E	2021/12/05 18:00:05	20° 23.3839' N	136° 05.4195' E
LineG	2021/12/05 18:05:39	20° 23.2063' N	136° 05.1738' E	2021/12/05 18:28:08	20° 23.7109' N	136° 03.2124' E
LineH	2021/12/05 18:32:16	20° 23.4968' N	136° 03.1460' E	2021/12/05 18:59:29	20° 22.9597' N	136° 05.2972' E
LineZ	2021/12/05 19:04:16	20° 23.2615' N	136° 05.4979' E	2021/12/05 19:15:32	20° 24.2702' N	136° 05.5184' E
LineY	2021/12/05 19:20:18	20° 24.1534' N	136° 05.2855' E	2021/12/05 19:35:41	20° 22.9197' N	136° 05.2768' E
LineX	2021/12/05 19:40:57	20° 23.1312' N	136° 04.9999' E	2021/12/05 19:58:50	20° 24.6347' N	136° 05.0041' E
LineW	2021/12/05 20:02:45	20° 24.6263' N	136° 04.7377' E	2021/12/05 20:12:05	20° 23.9098' N	136° 04.7673' E
LineV	2021/12/05 20:15:15	20° 23.8045' N	136° 04.5338' E	2021/12/05 20:27:28	20° 24.7953' N	136° 04.4878' E
LineU	2021/12/05 20:29:58	20° 24.8230' N	136° 04.2478' E	2021/12/05 20:44:02	20° 23.5993' N	136° 04.2458' E
LineT	2021/12/05 20:48:48	20° 23.6454' N	136° 04.0107' E	2021/12/05 21:03:50	20° 24.9096' N	136° 03.9748' E

ウ 現地における調査活動の結果

調査期間全般にわたって海況が悪かったことから、沖ノ鳥島を取り囲む十分なデータは得られなかったが、島の南西部については今後の分析に生かすことのできる情報を得ることができた。観測時の操作 PC 及びディスプレイの表示例を図 18 に、その海底地形（未処理）の例を図 19 に示す。

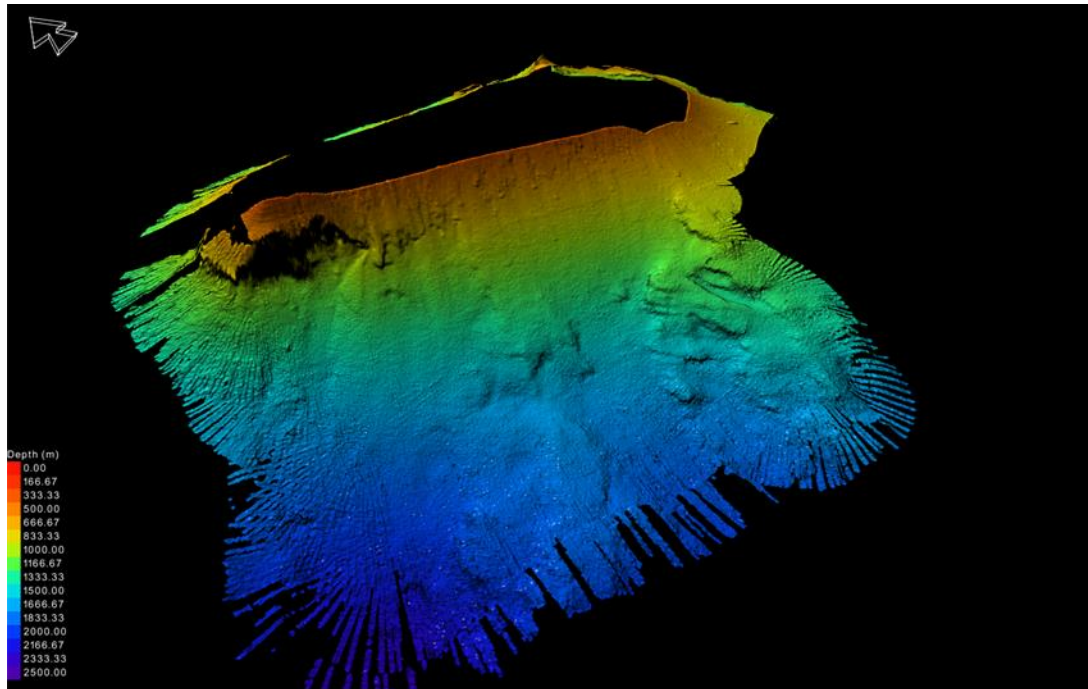


(図 18) マルチビーム観測時の操作・データ収録システム

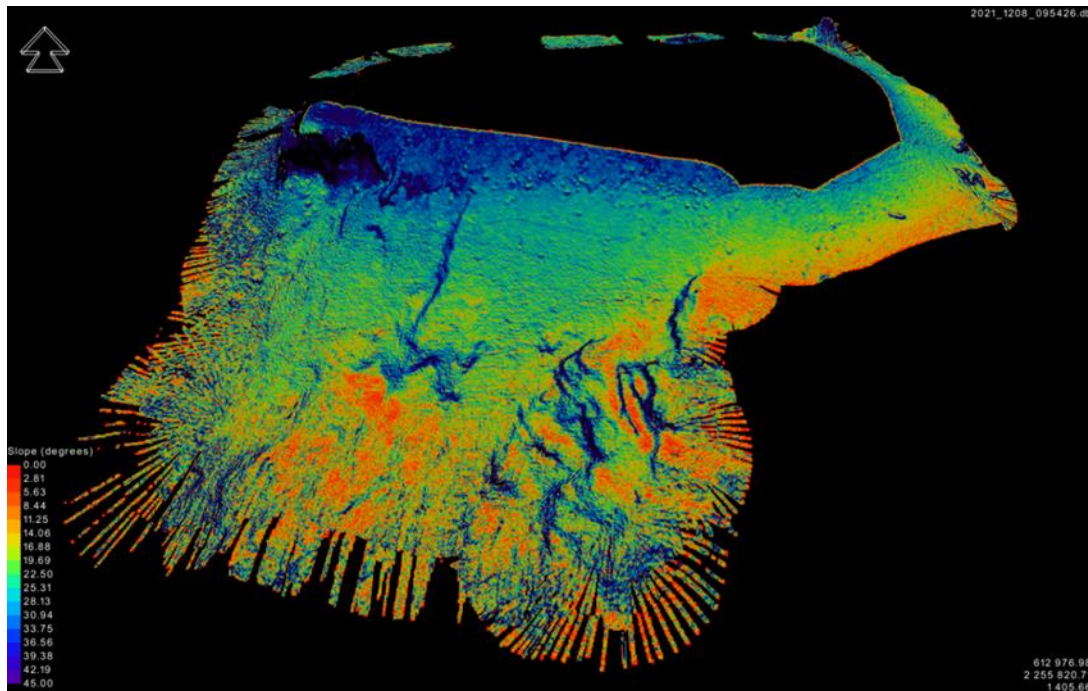


(図19) 本調査で得られた海底地形（未処理）の例

得られたマルチビーム観測のデータを各種補正し、地形データ解析を実施し 3D 化した海底地形の画像を図 20 に、また、補正後の傾斜分布を色調した画像を図 21 に示す。



(図 20) 補正後の 3D 海底地形（色調は水深）

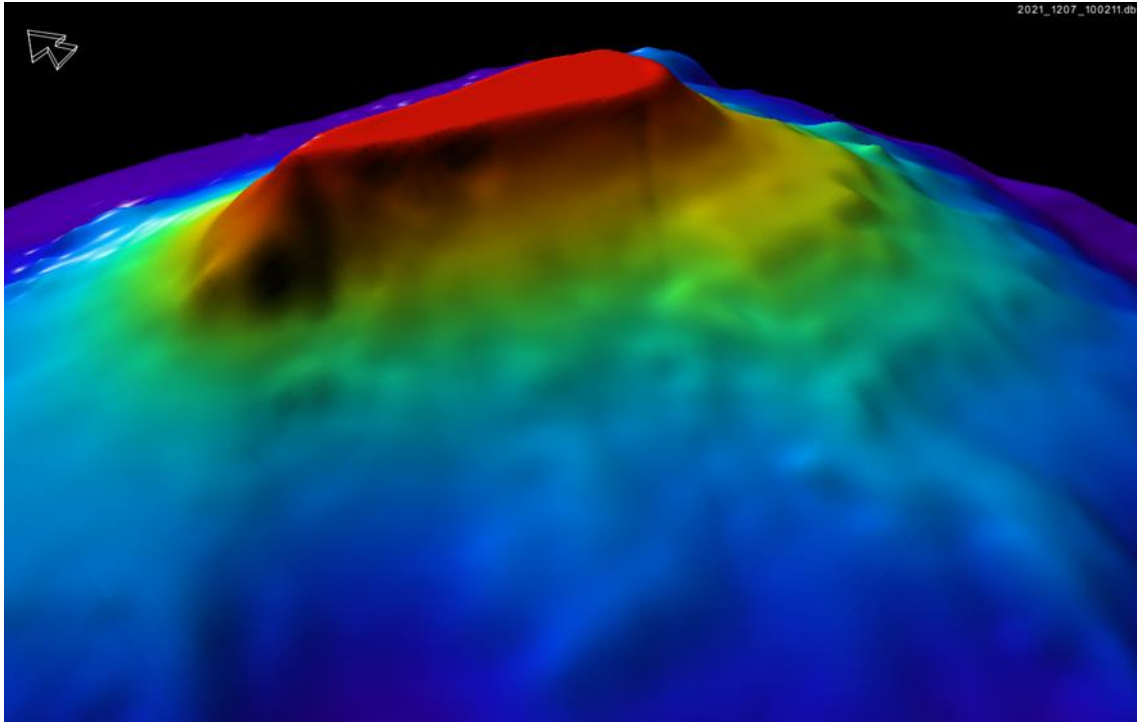


(図21) 補正後の傾斜分布（色調は傾斜角度）

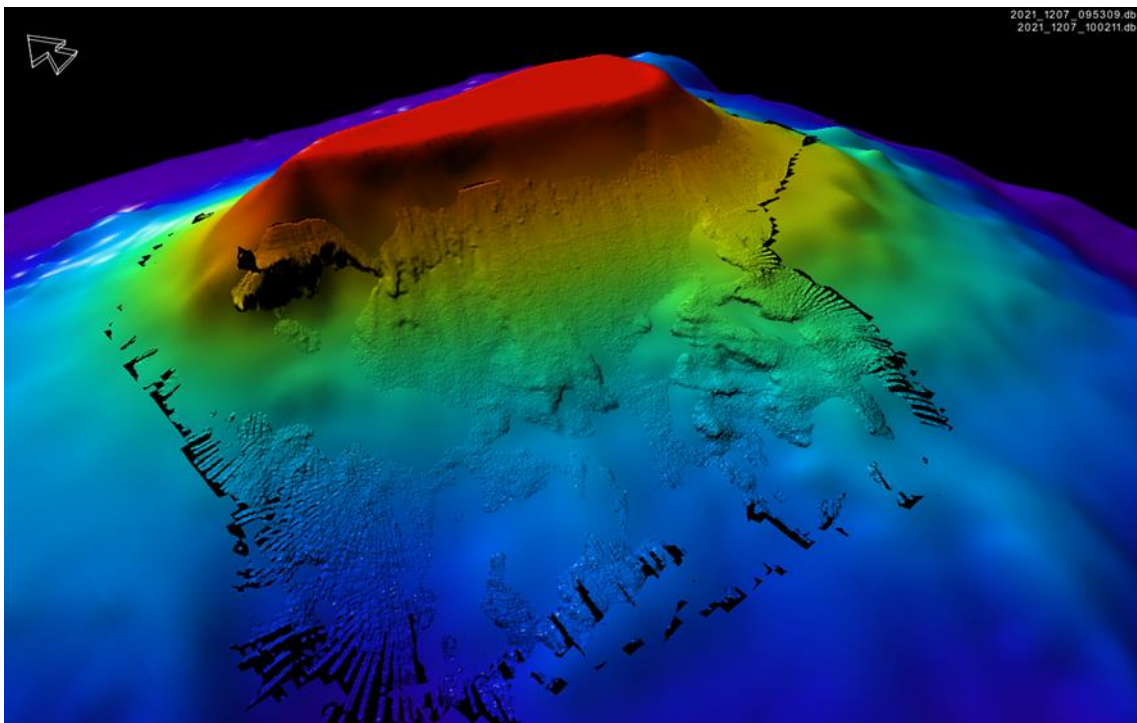
左記の今回の現地調査で得られた 3D 海底地形の画像を、沖ノ鳥島周辺海底地形図（海上保安庁, 1991）を基に作成した 3D モデル（図 22）に重ね合わせ、両者を比較した。重ね合わせた範囲は今回得られたデータ範囲に留まるが、重ね合わせて作成したモデルを図 23 に示す。両者を比較したところ、図 22 は等深線が 20m 毎である一方、今回得られたデータの等深線は 5m 毎であったこともあり、細部までの地形変化が明瞭に確認でき、特徴の違いが見られた。

具体的には、図 22 では見られない細かな凹凸の変化が、図 23 で明瞭に確認することができる。また、沖ノ鳥島南西部水深 500m～1,000m の斜面で、図 22 では急斜面としか見えないが、図 23 では過去の海底地すべりの可能性が高いと思われる。加えて、図 23 では、沖ノ鳥島南西部水深 500m～1,000m 斜面の傾斜変換水深域の詳細が明瞭に見られるほか、上部から下部に連なる谷筋が明瞭である。

両者の海底地形の違いは、主に観測機器の精度によるものと考えられるが、両者のデータ取得がなされたのが 1991（平成 3）年と 2021（令和 3）年とであることから、約 30 年間に至る微細な地形変化も要因であろう。特に、両者の平坦面の水深の違いは、主に急斜面の地すべり等による影響が考えられる。ただし、本記録で示された結果は、船上の情報処理システムで処理・分析された予備的な内容であり、今後更なる分析を要するものであることに留意が必要である。



(図 22) 海底地形図（海上保安庁, 1991）を基に作成した 3D モデル



(図 23) 図 22 に今回の現地調査で得られた 3D 海底地形を重ねたモデル

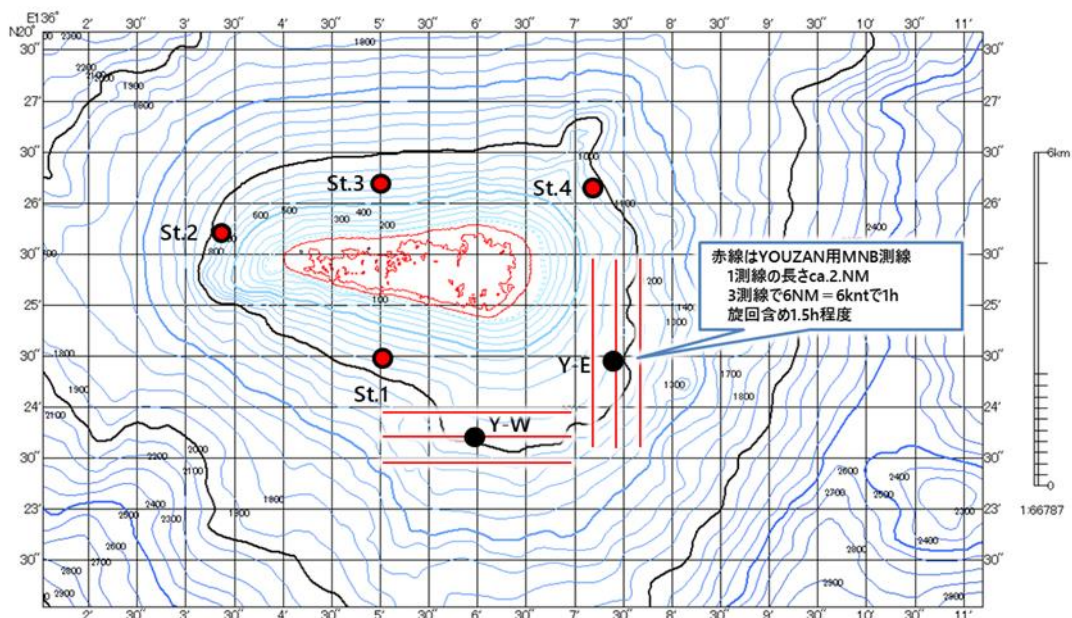
③ 自律型無人探査機（AUV）による観測

ア 調査目的

日本最南端にある沖ノ鳥島は、約 3,000 万年前に伊豆小笠原マリアナ古海嶺から分裂した九州パラオ海嶺上に存在し、その周辺海域には、マンガン団塊やコバルトリッチクラストなど、コバルトやニッケルを含有した海洋鉱物資源の賦存が期待されている。しかし、その産状や分布状況に関する情報はほとんどない。そこで、マルチビーム観測によって得られた海底地形の状況を踏まえ、4K カメラ等を搭載した AUV を用いて、海底基盤岩や、海底に沈んだ珊瑚礁の様子、有望資源の賦存状況等の海中撮影を試み、鉱物資源の分布など、沖ノ鳥島周辺海域の実態把握の一助とする。

イ 調査方法

当初計画では、下図に示す Y-E 及び Y-W 地点付近の 2 か所にて観測を行う方針とし、現地海域においてマルチビーム観測により最新の海底地形データを取得後、調査測線を決定した上で、4K 対応ビデオカメラによる動画撮影とスチルカメラによる海中の撮影を行うものとした。



(図 2 再掲) 当初予定していた調査地点及び測線図

※ 地形図は一般財団法人日本水路協会, 2016. 海底地形デジタルデータ M7027Ver.2.0 沖ノ鳥島海域

調査航海に先立ち、出港前々日の 11 月 30 日（火）に、使用する機器の積込及び艀装を実施した。積込及び艀装状況の様子を、図 24 及び図 25 に示す。



（図 24）AUV を「望星丸」へ積み込む様子

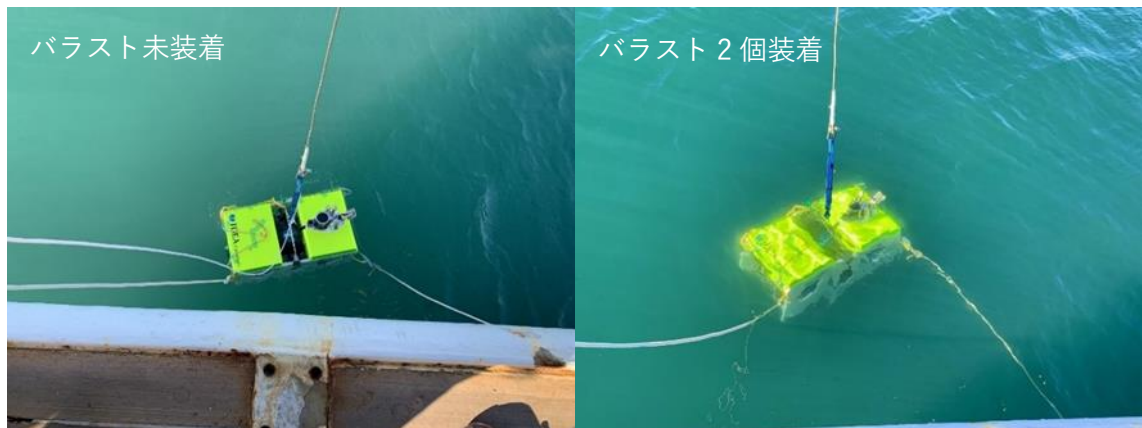


（図 25）AUV や水中音響測位装置等の艀装状況

また、12 月 2 日（木）に出港後、清水港泊地に錨泊し、「望星丸」に装備された船尾クレーンを用いて海中に吊架し、浮力調整及び音響通信試験を実施した。

浮力調整試験は、バラスト（重し）による潜航と浮上を行う AUV において、バラスト未装着で浮く状態、バラスト 2 個装着時に沈む状態であることを、潜航前に確実に確認する必要があるために行うものである。

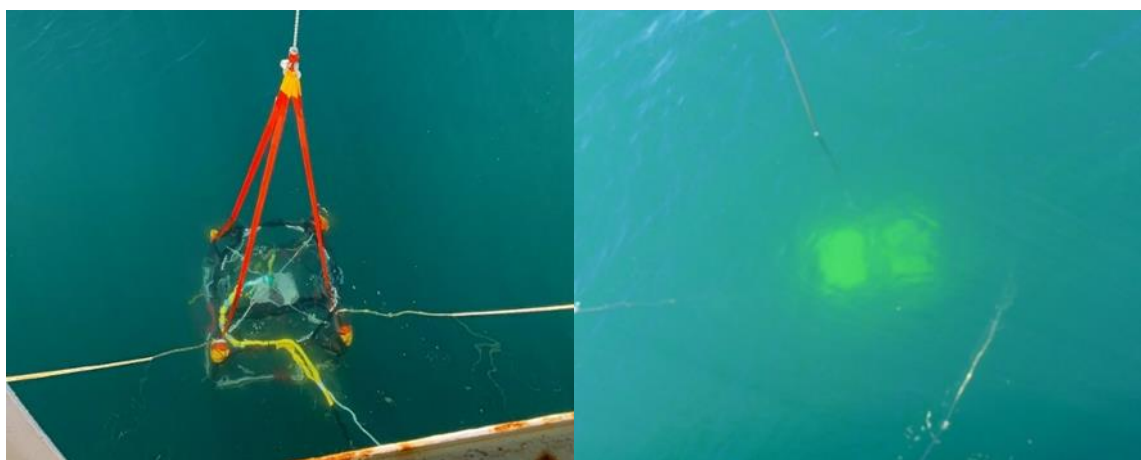
実際に使用するバラストを用いて、バラスト未装着、2 個装着時の浮力状況を確認し、AUV の浮力調整に異常のないことを確認した。浮力調整試験時の状況を図 26 に示す。



(図 26) 清水港泊地での浮力調整試験の様子

また、音響通信試験は、艀装した音響測位装置や音響信号伝送装置が、AUV 本体と正常に通信が行える状況であるか確認するために行うものである。

吊架により AUV を海面下 15m まで沈めて音響通信試験を実施し、音響測位装置及び音響モデムは AUV 本体と正常に通信が行えること、音響通信機器類に異常のないことを確認した。音響通信試験時の状況写真を図 27 に示す。



(図 27) 清水港泊地での音響通信試験の様子

ウ 現地における調査活動の結果

調査海域では、日中は常時約 10m/秒の風と 2m 以上のうねりを伴っていた（「2(2) 海洋調査 ① 気象・海象調査」表 3「1 時間おきの気象・海象目視データ」、同表 4「10 分おきに記録した気象等データの一部」参照）。

調査初日となる 5 日（日）は、7 時時点で北東からの風速が 15m/秒以上、波高も 3m を超えていたため、沖ノ鳥島南側の静穏域に回り込み、海況を確認した。しかし、風浪の影響が大きく、作業艇による揚収作業等が安全に実施できないと判断されたため、観測は見送った。5 日（日）の海況写真を図 28 に示す。



（図 28）5 日（日）の海況

調査 2 日目となる 6 日（月）も、午前中の風速は 12m/秒以上で、波高も 4m となる予報であった。このため、5 日（日）同様、作業艇による揚収作業等が安全に実施できないと判断され、今回の調査における AUV による海中観測は中止となった。6 日（月）の海況写真を図 29 に示す。



（図 29）6 日（月）の海況

(2) 海洋調査

① 気象・海象調査

ア 調査目的

船舶に搭載された各種計器を定期的に観測すること等により、調査日の気象・海象状況を明らかにする。

イ 調査方法

「望星丸」に搭載された自動気象観測装置などの計測機器により、航走しながら、風向・風速・気温・気圧等を測定したほか、目視による風浪・うねり・雲・天候の観測を実施した。

また、調査期間中における沖ノ鳥島周辺の流れの水平分布を把握するため、人工衛星に搭載されたマイクロ波レーダ高度計によって得られた絶対海面力学高度から海表面流を推定した。海面高度を測定し、その傾きを求めると海面での流れを推定することができる。絶対海面力学高度は、フランス国立宇宙センターのデータアーカイブ AVISO (<https://www.aviso.altimetry.fr/en/home.html>) からダウンロードし、 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ に格子化された準リアルタイムデータを使用した。また、海表面流は、絶対海面力学高度に対して地衡流平衡を仮定することによって算出した。

ウ 現地における調査活動の結果

日中の天気は、概ね晴であったが、雲量（空全体を 10 とした場合の雲が占める割合で、0 又は 1 のときは快晴、2～8 のときは晴、9 又は 10 のときは曇）は多い状態であった。

風向・風速については、調査初日となる 5 日（日）は日の出以降、北東から、15m/秒を超える強い風が続き、翌 6 日（月）も概ね同様の傾向であった。

また、気温については、昼夜をとおして 25°C 前後で大きな変化は見られず、気圧は 1,010hPa 程度で推移していた。なお、海水温は 27.5°C 程度であった。沖ノ鳥島の平均的な風速 6m/秒、気温 26.8°C 、海水温 27.7°C と比べると、風が強い一方で、気温や海水温は概ね平均並みと言える水準であった。

海面はかなり波があり（風浪階級 0～9 段階のうち概ね 4）、また、波のうねりはやや高い（うねり階級 0～9 段階のうち概ね 4）状態であった。

沖ノ鳥島周辺海域で観測した 1 時間おきの気象・海象目視データを表 3 に、10 分おきに記録した気象等データの一部を表 4 に示す。

(表3) 沖ノ鳥島周辺海域で観測した1時間おきの気象・海象目視データ

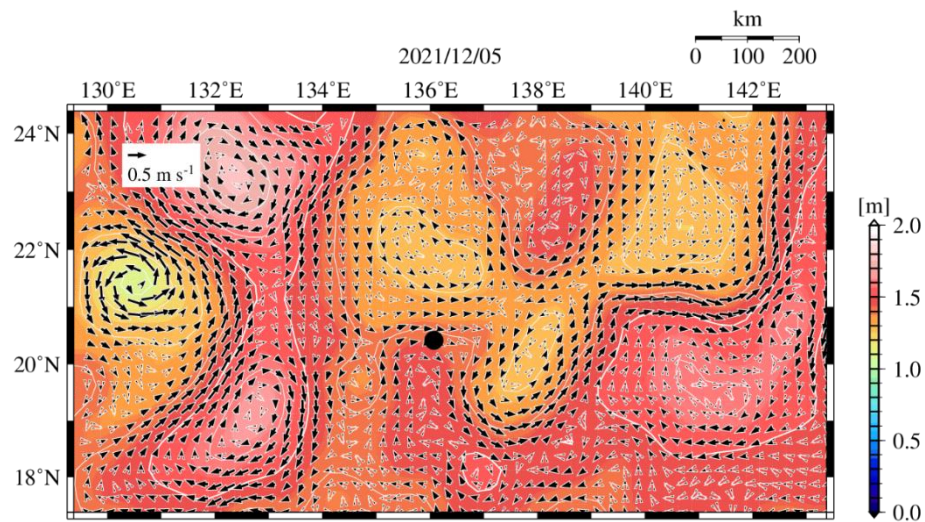
観測時点				北緯		東経		天候	雲形	雲量	風浪			うねり		
年	月	日	時刻	度	分	度	分				向き	高さ(m)	階級	向き	高さ(m)	階級
2021	12	5	0:00	21	25.734	136	17.570	c	-	9	-	-	-	-	-	-
			1:00	21	12.053	136	15.464	c	-	9	-	-	-	-	-	-
			2:00	20	58.220	136	12.958	bc	-	6	-	-	-	-	-	-
			3:00	20	44.400	136	11.179	bc	-	8	-	-	-	-	-	-
			4:00	20	30.640	136	9.132	bc	-	6	-	-	-	-	-	-
			5:00	20	24.299	136	6.006	bc	-	8	-	-	-	-	-	-
			6:00	20	26.214	136	4.087	bc	-	8	-	-	-	-	-	-
			7:00	20	24.333	136	5.781	bc	Sc,Cu	7	NE	2.5	4	NE	3.0	4
			8:00	20	26.367	136	5.692	bc	Sc,Cu	6	NE	3.5	5	NE	4.5	7
			9:00	20	24.802	136	4.138	bc	Sc,Cu	6	NNE	1.5	4	NE	2.5	4
			10:00	20	24.796	136	4.684	bc	Sc,Cu	6	NNE	1.5	4	NE	2.0	4
			11:00	20	24.580	136	5.473	bc	Sc,Cu	6	NE	1.5	4	NE	2.0	4
			12:00	20	24.696	136	5.087	bc	Sc,Cu	8	NE	1.5	4	NE	2.0	4
			13:00	20	24.895	136	4.163	c	Sc,Cu	9	NE	1.5	4	NE	2.0	4
			14:00	20	24.869	136	4.246	bc	Sc,Cu	8	NE	1.5	4	NE	2.0	4
			15:00	20	24.484	136	5.861	c	As,Cu	9	NE	1.5	4	NE	2.0	4
			16:00	20	24.383	136	5.462	c	As,Cu	9	NE	1.5	4	NE	2.0	4
			17:00	20	23.958	136	5.125	c	As,Cu	9	NE	2.0	4	NE	3.0	4
			18:00	20	23.402	136	5.347	o	-	10	-	-	-	-	-	-
			19:00	20	22.963	136	5.282	c	-	9	-	-	-	-	-	-
			20:00	20	24.675	136	4.992	bc	-	8	-	-	-	-	-	-
			21:00	20	24.519	136	3.967	c	-	9	-	-	-	-	-	-
			22:00	20	24.848	136	3.966	bc	-	7	-	-	-	-	-	-
			23:00	20	24.530	136	5.370	c	-	9	-	-	-	-	-	-
2021	12	6	0:00	20	24.544	136	5.405	c	-	10	-	-	-	-	-	-
			1:00	20	24.659	136	4.820	c	-	10	-	-	-	-	-	-
			2:00	20	24.670	136	4.510	c	-	10	-	-	-	-	-	-
			3:00	20	24.488	136	5.309	c	-	10	-	-	-	-	-	-
			4:00	20	24.839	136	4.061	o	-	10	-	-	-	-	-	-
			5:00	20	24.818	136	4.236	bc	-	8	-	-	-	-	-	-
			6:00	20	24.837	136	4.115	c	-	9	-	-	-	-	-	-
			7:00	20	24.807	136	4.561	bc	As,Cu	8	NE	2.0	4	ENE	2.0	4
			8:00	20	24.779	136	4.884	bc	As,Cu	8	NE	2.0	4	NE	2.0	4
			9:00	20	24.713	136	3.483	bc	Ac,Cu	8	NE	2.0	4	ENE	2.5	4
			10:00	20	24.606	136	3.983	bc	Ac,Cu	8	ENE	2.0	4	ENE	2.5	4
			11:00	20	24.645	136	4.297	bc	Ac,Cu	7	NE	2.0	4	ENE	2.0	4
			12:00	20	24.628	136	4.322	bc	Ac,Cu	6	NE	1.5	4	ENE	2.0	4
			13:00	20	24.752	136	4.503	bc	Ac,Cu	8	NE	1.2	3	ENE	2.0	4
			14:00	20	27.806	136	10.924	bc	Ac,Cu	8	NE	1.5	4	NE	3.0	4
			15:00	20	34.383	136	19.923	bc	Sc,Cu	8	NE	1.5	4	NE	4.0	7
			16:00	20	42.997	136	26.979	c	As,Sc	9	NE	1.5	4	NE	4.0	7
			17:00	20	50.940	136	32.367	bc	As,Cu	8	NE	1.5	4	NE	3.0	4
			18:00	20	59.824	136	38.155	bc	-	8	-	-	-	-	-	-
			19:00	21	9.532	136	44.462	bc	-	8	-	-	-	-	-	-
			20:00	21	19.416	136	51.036	bc	-	5	-	-	-	-	-	-
			21:00	21	29.342	136	57.743	c	-	9	-	-	-	-	-	-
			22:00	21	39.395	137	4.570	bc	-	8	-	-	-	-	-	-
			23:00	21	49.399	137	11.358	bc	-	6	-	-	-	-	-	-

(表 4) 10 分おきに記録した気象等データの一部

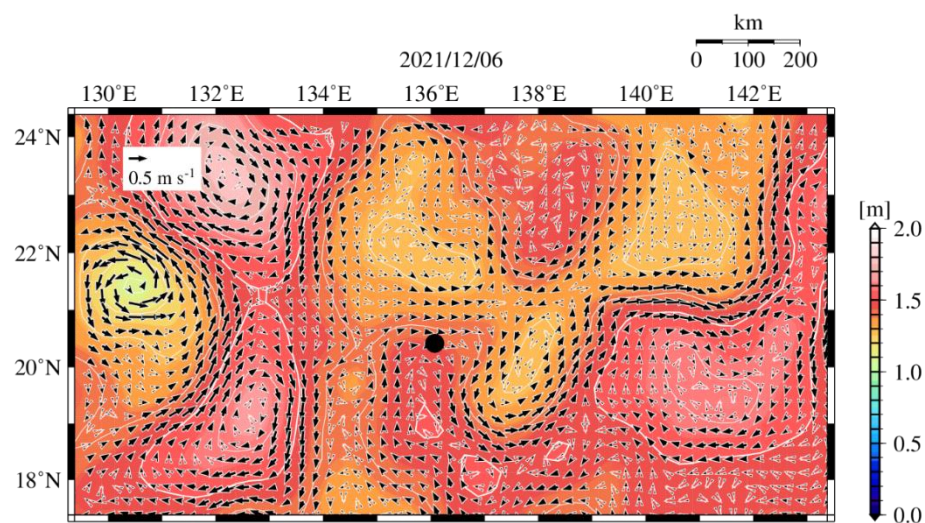
観測時点				北緯		東経		船速	水温	真風速	真風向	気温	湿度	日射	気圧
年	月	日	時刻	度	分	度	分	knot	℃	m/s	度	℃	%	W/m ²	hPa
2021	12	5	0:10	21	23.408	136	17.410	14.1	26.1	13.1	40.1	24.03	53.6	0.0	1,014.5
			1:00	21	12.053	136	15.464	14.0	26.9	13.6	37.9	23.91	59.1	0.0	1,014.2
			2:00	20	58.220	136	12.958	13.9	27.2	14.4	35.4	24.05	54.2	0.0	1,013.3
			3:00	20	44.400	136	11.179	14.0	27.5	13.0	32.7	24.15	57.1	0.0	1,012.8
			4:00	20	30.640	136	9.132	14.0	27.5	13.2	35.4	24.22	61.4	0.0	1,012.0
			5:00	20	24.299	136	6.006	4.6	27.5	14.3	28.2	24.52	63.7	0.0	1,011.6
			6:00	20	26.214	136	4.087	3.5	27.6	14.6	48.0	24.50	66.4	0.0	1,012.2
			7:00	20	24.333	136	5.781	5.3	27.5	15.1	42.3	25.15	62.9	23.1	1,012.9
			8:00	20	26.367	136	5.692	5.8	27.5	15.4	38.2	25.16	59.0	212.4	1,012.4
			9:00	20	24.802	136	4.138	2.8	27.5	14.6	40.4	25.35	62.3	442.1	1,012.9
			10:00	20	24.796	136	4.684	3.5	27.5	15.4	38.0	25.19	61.2	245.8	1,012.2
			11:00	20	24.580	136	5.473	4.0	27.5	14.8	30.8	25.41	61.3	641.2	1,011.6
			12:00	20	24.696	136	5.087	4.0	27.5	15.2	41.0	25.67	58.0	377.9	1,010.9
			13:00	20	24.895	136	4.163	4.4	27.5	14.2	44.2	25.67	58.5	343.7	1,010.2
			14:00	20	24.869	136	4.246	3.2	27.4	15.2	38.4	25.65	57.9	493.5	1,009.6
			15:00	20	24.484	136	5.861	4.7	27.4	14.1	43.1	25.47	60.7	244.5	1,009.3
			16:00	20	24.383	136	5.462	4.7	27.4	15.7	39.4	25.48	62.6	92.0	1,009.1
			17:00	20	23.958	136	5.125	4.8	27.4	15.1	39.5	25.57	64.6	3.1	1,009.5
			18:00	20	23.402	136	5.347	5.1	27.4	15.1	39.4	25.43	66.8	0.0	1,010.2
			19:00	20	22.963	136	5.282	4.6	27.4	15.6	51.6	25.38	67.4	0.0	1,010.8
			20:00	20	24.675	136	4.992	5.6	27.4	15.7	57.1	25.72	66.8	0.0	1,010.8
			21:00	20	24.519	136	3.967	4.5	27.4	16.2	61.1	25.68	66.9	0.0	1,010.4
			22:00	20	24.848	136	3.966	3.8	27.4	15.0	54.2	25.77	66.2	0.0	1,010.9
			23:00	20	24.530	136	5.370	4.2	27.4	14.6	45.6	25.66	70.2	0.0	1,010.5
2021	12	6	0:00	20	24.544	136	5.405	2.7	27.3	14.2	44.6	25.72	69.8	0.0	1,010.1
			1:00	20	24.659	136	4.820	4.3	27.4	13.1	50.4	25.75	72.2	0.0	1,010.0
			2:00	20	24.670	136	4.510	3.9	27.4	13.9	37.3	24.08	81.3	0.0	1,009.4
			3:00	20	24.488	136	5.309	3.8	27.4	13.2	41.2	24.46	82.7	0.0	1,009.0
			4:00	20	24.839	136	4.061	4.7	27.4	11.7	52.9	24.65	84.3	0.0	1,009.0
			5:00	20	24.818	136	4.236	4.2	27.4	12.7	57.7	25.69	80.4	0.0	1,008.6
			6:00	20	24.837	136	4.115	3.3	27.4	11.8	56.3	24.82	84.4	0.0	1,008.8
			7:00	20	24.807	136	4.561	2.3	27.4	13.3	55.1	25.38	82.6	17.0	1,008.2
			8:00	20	24.779	136	4.884	3.0	27.4	16.0	49.8	25.50	87.2	263.2	1,007.5
			9:00	20	24.713	136	3.483	5.4	27.4	13.8	57.5	25.92	83.7	279.9	1,008.8
			10:00	20	24.606	136	3.983	2.6	27.4	12.2	50.2	26.29	83.2	375.1	1,008.6
			11:00	20	24.645	136	4.297	0.3	27.4	11.4	52.3	26.49	81.4	416.8	1,008.5
			12:00	20	24.628	136	4.322	0.2	27.4	10.6	53.1	26.78	79.5	659.8	1,007.7
			13:00	20	24.752	136	4.503	0.1	27.4	8.7	38.9	26.13	88.2	576.2	1,007.3
			14:00	20	27.806	136	10.924	11.0	27.5	9.7	50.6	26.25	87.1	352.1	1,006.6
			15:00	20	34.383	136	19.923	10.9	27.4	10.1	46.5	26.69	84.3	185.2	1,006.5
			16:00	20	42.997	136	26.979	11.4	27.3	9.8	40.2	26.48	87.0	118.7	1,006.7
			17:00	20	50.940	136	32.367	8.5	27.1	9.1	47.1	26.02	94.0	24.6	1,007.0
			18:00	20	59.824	136	38.155	11.3	26.8	8.9	32.8	26.18	93.8	0.0	1,007.5
			19:00	21	9.532	136	44.462	11.4	26.3	8.7	43.7	26.16	95.3	0.0	1,008.3
			20:00	21	19.416	136	51.036	11.2	26.4	7.8	41.4	26.43	93.5	0.0	1,008.8
			21:00	21	29.342	136	57.743	12.0	26.5	7.4	40.2	26.49	92.9	0.0	1,008.8
			22:00	21	39.395	137	4.570	12.3	26.5	6.1	47.4	26.32	93.9	0.0	1,009.0
			23:00	21	49.399	137	11.358	12.0	26.5	5.3	47.0	26.17	94.9	0.0	1,008.4

現地調査が行われた 5 日（日）及び 6 日（月）の絶対海面力学高度とそれから推定された海表面流の水平分布を図 30 及び図 31 に示す。図中のカラーは絶対海面力学高度、矢印は海表面流、黒丸は沖ノ鳥島を示す。絶対海面力学高度の等値線の間隔は 0.1m とした。

両日とも沖ノ鳥島は、北緯 19 度、東経 136 度付近に存在する正の絶対海面力学高度の縁に位置していた。この正の絶対海面力学高度周辺では、時計回りの循環が存在し、その循環に伴って、沖ノ鳥島周辺では、 $0.1\sim0.3\text{ms}^{-1}$ 程度の東寄りの流れが形成されていた。以上のことから、5 日（日）及び 6 日（月）の沖ノ鳥島周辺は時計回りの循環の縁に位置し、両日ともこの循環に伴う東寄りの流れの中で調査が実施されていたことが確認された。



（図 30）5 日（日）の絶対海面力学高度と海表面流の水平分布



（図 31）6 日（月）の絶対海面力学高度と海表面流の水平分布

② 水質調査（環境 DNA 調査を含む）

ア 調査目的

生物生産の源となる栄養塩の状況等を把握するとともに、魚類相の基礎知見の蓄積に資する環境 DNA の採取など、生物の生息・生育の場となる海洋の水質の現状を把握し、生物生産性や海域利用の在り方に資する基礎的情報を得る。

イ 調査方法

当初計画では、島周囲の 6 か所に観測地点を設け、CTD 採水器により、水深 1,000m までの水温・塩分・クロロフィル量の鉛直プロファイルを作成するとともに、うち 4 地点では、表層・中間層・最低層の 3 層における栄養塩分析用の採水及び表層における環境 DNA 分析用の採水を実施することとした。なお、環境 DNA とは、生物の体液等から海中に溶け出している生物由来の DNA（若しくは RNA）であり、解析することで生息する魚類の種類が推定できる。

ウ 現地における調査活動の結果

調査期間全般にわたって海況が悪く、甲板作業や観測機器の曳航が安全に実施できないと判断されたことから、計画地点での CTD 採水器による水温・塩分把握や、サンプル採水は実施できなかった。

そのため、水温・塩分については、マルチビームによる音響データの水中伝搬速度や密度測定のための補正值（水深に伴う温度変化）を得ることも兼ね、2 地点（XCTD_1205、XCTD_1206）で XCTD を投入した。その様子を図 32 及び図 33 に、結果を表 5 に示す（図 34 及び図 35 は表 5 をグラフ化したもの）。



（図32）XCTD_1205での投入の様子

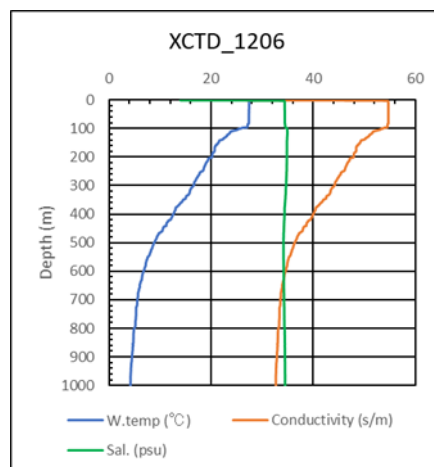
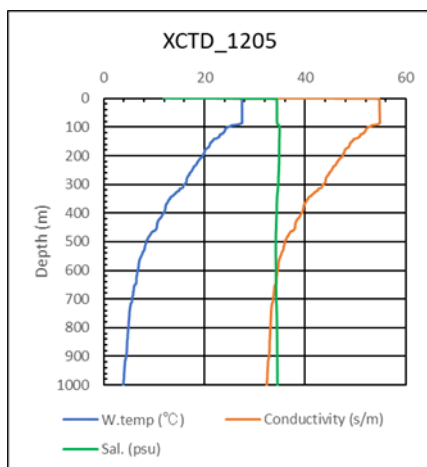


（図33）XCTD_1206での投入の様子

(表5) XCTD_1205とXCTD_1206の結果 (10mごと)

	20211205 04:25:26 20-25.9800N 136-08.3010E			20211206 10:06:03 20-24.5384N 136-04.1200E		
Depth (m)	W.temp (°C)	Conductivity (s/m)	Sal. (psu)	W.temp (°C)	Conductivity (s/m)	Sal. (psu)
1	27.49	54.068	32.562	27.43	52.866	31.955
10	27.53	54.791	34.358	27.39	54.681	34.375
20	27.57	54.865	34.372	27.39	54.696	34.381
30	27.53	54.821	34.370	27.40	54.696	34.378
40	27.56	54.851	34.374	27.37	54.696	34.393
50	27.55	54.851	34.372	27.37	54.696	34.394
60	27.56	54.866	34.371	27.35	54.681	34.399
70	27.56	54.881	34.379	27.35	54.696	34.402
80	27.57	54.896	34.379	27.34	54.696	34.407
90	27.05	54.551	34.513	27.10	54.530	34.466
100	24.55	52.482	34.890	25.38	53.295	34.846
110	24.18	52.091	34.902	23.75	51.661	34.908
120	23.76	51.650	34.890	23.29	51.164	34.891
130	23.09	50.966	34.879	22.74	50.556	34.850
140	22.46	50.244	34.827	21.70	49.423	34.818
150	21.62	49.405	34.835	21.31	49.070	34.819
160	21.17	48.940	34.834	20.79	48.528	34.809
170	20.92	48.685	34.822	20.64	48.386	34.815
180	20.17	47.920	34.818	20.59	48.333	34.814
190	20.07	47.822	34.814	20.18	47.925	34.809
200	19.77	47.515	34.815	20.10	47.847	34.807
210	19.15	46.873	34.797	19.31	47.046	34.799
220	18.75	46.480	34.794	18.98	46.700	34.789
230	18.44	46.165	34.784	18.72	46.444	34.786
240	17.89	45.580	34.760	18.49	46.203	34.777
250	17.61	45.302	34.746	18.00	45.684	34.748
260	17.18	44.845	34.712	17.62	45.299	34.732
270	16.80	44.440	34.686	17.29	44.957	34.714
280	16.52	44.140	34.663	16.93	44.571	34.686
290	16.48	44.109	34.660	16.63	44.261	34.665
300	16.01	43.578	34.611	16.43	44.037	34.649
310	15.74	43.314	34.597	15.99	43.568	34.611
320	15.04	42.564	34.539	15.78	43.357	34.599
330	14.30	41.791	34.475	15.54	43.086	34.571
340	13.75	41.206	34.428	15.01	42.535	34.528
350	13.21	40.659	34.392	14.41	41.896	34.474
360	12.80	40.254	34.363	13.96	41.430	34.440
370	12.37	39.819	34.337	13.44	40.900	34.398
380	12.26	39.714	34.333	12.97	40.421	34.367
390	12.19	39.644	34.326	12.76	40.210	34.356
400	11.86	39.324	34.308	12.47	39.924	34.333
410	11.54	38.994	34.289	12.23	39.683	34.319
420	11.07	38.529	34.258	11.79	39.223	34.282
430	10.75	38.225	34.243	11.24	38.692	34.259
440	10.61	38.094	34.237	11.15	38.614	34.249
450	10.53	38.004	34.225	10.49	37.966	34.220
460	10.23	37.718	34.210	10.22	37.695	34.198
470	9.41	36.923	34.174	9.63	37.123	34.169
480	9.11	36.653	34.162	9.30	36.808	34.160
490	8.76	36.323	34.154	9.07	36.596	34.152

500	8.47	36.053	34.148	8.71	36.280	34.147
510	8.28	35.888	34.154	8.51	36.099	34.147
520	8.16	35.768	34.153	8.34	35.933	34.147
530	8.00	35.633	34.146	8.13	35.753	34.151
540	7.68	35.363	34.152	7.91	35.557	34.147
550	7.45	35.138	34.148	7.48	35.181	34.150
560	7.16	34.902	34.159	7.29	35.015	34.158
570	7.04	34.793	34.164	7.16	34.895	34.161
580	6.96	34.733	34.170	7.10	34.849	34.160
590	6.87	34.673	34.181	6.88	34.669	34.171
600	6.76	34.583	34.186	6.68	34.503	34.180
610	6.63	34.463	34.185	6.47	34.322	34.188
620	6.53	34.375	34.186	6.40	34.262	34.187
630	6.49	34.358	34.195	6.32	34.202	34.189
640	6.47	34.343	34.194	6.09	34.006	34.201
650	6.22	34.132	34.206	5.95	33.901	34.218
660	5.99	33.938	34.210	5.84	33.810	34.218
670	5.94	33.893	34.207	5.72	33.705	34.227
680	5.84	33.803	34.214	5.61	33.630	34.244
690	5.70	33.698	34.227	5.59	33.630	34.243
700	5.63	33.653	34.237	5.49	33.539	34.254
710	5.59	33.623	34.240	5.46	33.524	34.253
720	5.33	33.428	34.279	5.41	33.494	34.268
730	5.20	33.338	34.299	5.24	33.374	34.295
740	5.14	33.308	34.317	5.23	33.374	34.302
750	5.09	33.278	34.333	5.23	33.374	34.297
760	5.06	33.263	34.344	5.20	33.359	34.305
770	5.02	33.248	34.362	5.15	33.321	34.306
780	4.97	33.203	34.362	5.11	33.298	34.318
790	4.95	33.203	34.371	5.10	33.298	34.322
800	4.90	33.158	34.369	4.87	33.133	34.369
810	4.81	33.098	34.382	4.78	33.072	34.386
820	4.77	33.083	34.400	4.74	33.042	34.387
830	4.75	33.068	34.400	4.72	33.033	34.394
840	4.70	33.038	34.402	4.71	33.027	34.391
850	4.64	32.993	34.413	4.70	33.027	34.396
860	4.62	32.978	34.412	4.67	33.010	34.401
870	4.60	32.963	34.413	4.59	32.952	34.408
880	4.59	32.963	34.416	4.50	32.877	34.414
890	4.52	32.918	34.426	4.46	32.862	34.426
900	4.46	32.873	34.431	4.44	32.847	34.428
910	4.27	32.723	34.445	4.40	32.817	34.428
920	4.19	32.663	34.458	4.30	32.741	34.438
930	4.16	32.648	34.455	4.27	32.726	34.442
940	4.12	32.618	34.465	4.22	32.696	34.448
950	4.09	32.603	34.468	4.22	32.696	34.450
960	4.02	32.543	34.471	4.19	32.666	34.450
970	4.02	32.543	34.468	4.14	32.636	34.453
980	3.97	32.501	34.468	4.16	32.651	34.452
990	3.93	32.468	34.472	4.14	32.641	34.456
1000	3.85	32.408	34.474	4.14	32.636	34.448



(図34) XCTD_1205の結果

(図35) XCTD_1206の結果

また、栄養塩及び環境 DNA 分析のためのサンプル採水については、CTD 採水器の曳航に代え、5 日（日）と 6 日（月）に島の周囲において、船内の第二研究室又は後部甲板にて水深およそ 5m の表層水を採取した。採水の様子を図 36 に示す。



（図 36）採水の様子

栄養塩分析用の採水は、4 地点にて行い（5 日（日）は船を徐々に移動しながら実施）、瓶を共洗い 3 回後、海水を採取し冷凍（ -50°C ）で保存した。採水の状況を表 6 に示す。

（表 6）栄養塩分析用採水の状況

	採水地点①	採水地点②	採水地点③	採水地点④
採水	第二研究室（ウェットラボ）にて採取			後部甲板にて採取
	500ml ガラス瓶 2 本、表層水（水深およそ 5m）			
位置（緯度）	20-24.8046 N	20-24.4837 N	20-23.2077 N	20-24.8585 N
位置（経度）	136-04.1506 E	136-05.4117 E	136-05.4967 E	136-03.2448 E
年月日	2021.12.5（日）			2021.12.6（月）
時刻	08 時 59 分	14 時 22 分	18 時 02 分	—
水深（m）	719	665	—	—
水温（ $^{\circ}\text{C}$ ）	27.493	27.435	27.352	27.422
塩分（psu）	34.266	34.279	34.279	34.249

帰港後、採水により得られたサンプル 4 本を用いて栄養塩類濃度を分析したところ、表 7 に示すとおり、全窒素の値は 0.17～0.23mg/L、全リンの値が 0.006～0.010mg/L、全有機体炭素の値が 0.8～1.3mg/L であった。

窒素とリンは、生物の生育に欠かせない栄養素で、海中にも含まれる元素である。全窒素（TN：Total Nitrogen）は、無機体窒素と有機体窒素の総量で表され、そのうち、無機性窒素は、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素に、有機性窒素は、蛋白質に由来するものとそうでないものとに分類される。また、全リン（TP：Total Phosphorus）は、水中に含まれる無機及び有機リン化合物中のリンの総量を言う。水中の窒素やリンなどの栄養塩が多くなると、富栄養化の状態となり、藻類の異常繁殖により赤潮などの原因となることが知られている。

全有機体炭素（TOC：Total Organic Carbon）は、水中に存在する有機物の総量を、有機物中に含まれる炭素量で表わした「水の汚れ」を示す指標の一つとして用いられる。

表 7 の栄養塩類濃度の分析結果は、当該海域において、顕著な富栄養化や汚染が進行しているわけではないことを示すものである。一方、全窒素の値は、外洋域としては若干高い値を示しており、これが今回の採水方法によるものか、海洋の特徴を示しているものかについては、更なる検証が必要である。

（表 7）得られたサンプルを用いた栄養塩類濃度の分析結果

試験項目	単位	2021.12.5（日）		2021.12.6（月）	
		South-1	South-2	South West-1	South West-2
全窒素（TN）	mg/L	0.17	0.20	0.23	0.20
全リン（TP）	mg/L	0.010	0.009	0.006	0.007
全有機体炭素（TOC）	mg/L	1.3	0.8	0.9	1.2

※ TN:JIS K 0102 (2019) 15.6, TP:JIS K 0102 (2019)46.3.1, TOC:JIS K 0102 (2019) 22 法による解析結果

環境 DNA 分析用の採水は、2 地点にて行い、採取後、0.45 μ m フィルター (Sterivex, Millipore) にて濾過し、RNA 変性兼保存溶液 (RNAlater Solution, Invitrogen) 又は DNA 変性兼保存溶液 (Buffer STL Tissue lysis buffer, Qiagen) を添加後、冷凍 (−50°C) で保存した。採水の状況を表 8 に示す。

(表 8) 環境 DNA 分析用採水の状況

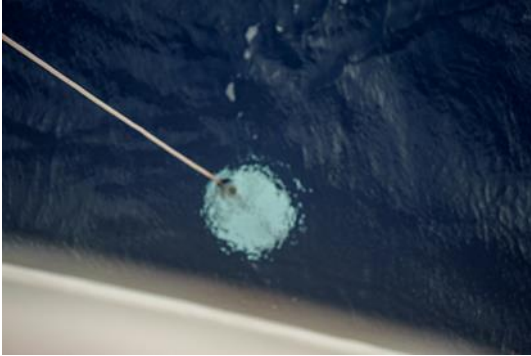
		採水地点①	採水地点②
		第二研究室 (ウェットラボ) にて採取	後部甲板にて採取
		120L 表層水 (水深およそ 5m)	
開始	位置 (緯度)	20-24.8799 N	20-24.5628 N
	位置 (経度)	136-04.2651 E	136-04.2505 E
	年月日	2021.12.5 (日)	2021.12.6 (月)
	時刻	08 時 52 分	08 時 51 分
	水深 (m)	—	953
	水温 (°C)	27.498	27.388
	塩分 (psu)	34.266	34.253
終了	位置 (緯度)	—	20-24.7980 N
	位置 (経度)	—	136-03.1371 E
	年月日	—	2021 年 12 月 06 日
	時刻	—	9 時 03 分
	水深 (m)	—	1,220
	水温 (°C)	—	27.420
	塩分 (psu)	—	34.250

帰港後、採水により得られたサンプル 12 本を解析した結果、全サンプルから環境 DNA (若しくは RNA) が検出された。これらのデータを魚類 DNA データベースと照合したところ、表 9 に示すとおり、熱帯系の魚並びに回遊性の魚など、少なくとも 46 種の魚類の生息が確認された。

(表 9) 環境 DNA サンプルから検出された海産魚の種 (属)

和名	Species	和名	Species
1 ナミダクロハギ	Acanthurus japonicus	24 ホタルビハダカ	Lampadena urophaos
2 スジクロハギ	Acanthurus leucopareius	25 ホソトンガリハダカ	Lampanyctus nobilis
3 ナガニザ	Acanthurus nigrofusus	26 アカマツカサ	Myripristis berndti
4 シマハギ	Acanthurus triostegus	27 ゴマテングハギモドキ	Naso maculatus
5 フトミカヅキハダカ	Bolinichthys distofax	28 テングハギ属	Naso sp.
6 モンダルマガレイ	Bothus mancus	29 タカサゴヒメジ	Parupeneus heptacanthus
7 ギンガメアジ属	Caranx sp.	30 リュウキュウエビス	Plectrypops lima
8 ゴコウハダカ属	Ceratoscopelus sp.	31 ヒメダイ属	Pristipomoides sp.
9 シテンチョウチョウオ	Chaetodon quadrimaculatus	32 ハナゴイ	Pseudanthias pascalus
10 ツクシトビウオ属	Cheilopogon sp.	33 ベンテンウオ	Pteraclis aesticola
11 オニハゲブダイ	Chlorurus frontalis	34 ニシキヤッコ	Pygoplites diacanthus
12 ハゲブダイ	Chlorurus sordidus	35 ハナアイゴ	Siganus argenteus
13 アミメミノカエルウオ	Cirripectes imitator	36 ヨロンスズメダイ	Stegastes insularis
14 ハマトビウオ属	Cypselurus sp.	37 ヨロイホシエソ	Stomias nebulosus
15 シロハナハダカ	Diaphus perspicillatus	38 Symbolophorus cf evermanni	Symbolophorus cf evermanni
16 ユメハダカ属	Diplophos sp.	39 ハコベラ	Thalassoma quinquevittatum
17 クロタチカマス	Gempylus serpens	40 マグロ属	Thunnus sp.
18 ヒレナガヤッコ	Genicanthus watanabei	41 マアジ属	Trachurus sp.
19 トンプソンチョウチョウウオ	Hemitaenichthys thompsoni	42 チチブ属	Tridentiger sp.
20 ニノジトビウオ属	Hirundichthys sp.	43 アカオビシマハゼ	Tridentiger trigonocephalus
21 カツオ	Katsuwonus pelamis	44 オキアジ	Uraspis helvola
22 Lampadena anomala / ガンテンハダカ	Lampadena anomala / Diaphus luetkeni	45 オキアジ属	Uraspis sp.
23 カガミイワシ	Lampadena luminosa	46 ツマリウキエソ / ヤベウキエソ	Woodsia nonsuchae / Vinciguerria nimbaria

XCTD による水温・塩分の観測や、栄養塩及び環境 DNA 分析のためのサンプル採水に加えて行った、海水の透明度など表面観測の結果は図 37 のとおりである。

		位置（緯度）	20-24.7768 N
		位置（経度）	136-04.5096 E
		開始時刻	12 時 51 分
		終了時刻	13 時 08 分
		表面水温（℃）	27.402
		水温塩分（psu）	34.265
		水色	1
年月日	2021.12.6（月）	透明度（m）	25.7

（図37）透明度確認の様子と表面観測の結果

(3) 環境調査

① 生物相観測

ア 調査目的

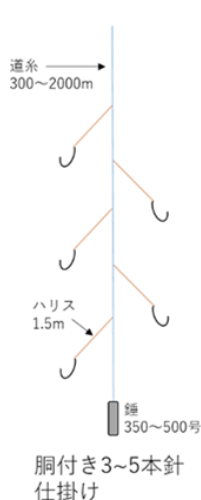
亜熱帯の外洋域は貧栄養で生物生産性が低いと言われるが、沖ノ鳥島のように外洋域に存在する島や海山の周辺では、他の外洋表層に比べて生産性が高くなり、多様な魚類や無脊椎動物が生息することが知られている。また、回遊性魚類の産卵場として利用されていることも予想されており、海洋生態系・食物連鎖の基礎となるプランクトンの現状を把握することは重要である。しかし、沖ノ鳥島周辺海域における動物プランクトン等についての知見は少ない。そこで、沖ノ鳥島周辺海域における小型～中型動物プランクトンや魚類を採集し、生息・生育する生物の種類組成を把握する。

イ 調査方法

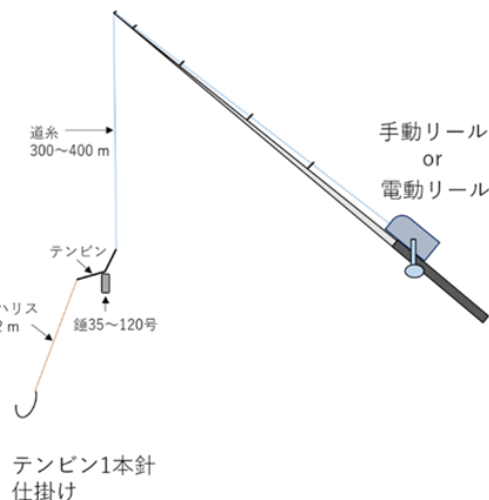
当初計画では、島周囲の4か所に観測地点を設け、プランクトンネット曳きによる調査、手釣り及び釣具による釣り調査を行うこととしていた。

プランクトンネット曳きによる調査は、NORPAC-Twin ネット（図 38、口径 45cm・ネット長約 2m・目合 0.335mm と目合 0.1mm）を用い、深度 150m から 0m の鉛直曳きを行い、採集されたプランクトンは中性ホルマリン海水にて固定し、その後、沈殿管に移して静置することでプランクトンの生物量（容積：L）を計測することとした。計測後にサンプル瓶に移して持ち帰り、実体顕微鏡を用いて、主要な動物プランクトン分類群（カイアシ類や枝角類、ヤムシ類など）の出現個体数を計数するものである。

また、手釣り及び釣具による釣り調査では、「望星丸」の舷から、天秤仕掛け若しくは胴付き仕掛け（図 39）で、オキアミ、サバの切り身などを餌として、表層から海底付近（最大水深 1,000m）までを対象とした採捕を実施し、採集された魚類は、各種 1～3 個体を写真撮影用に冷凍で持ち帰り、写真撮影後に 10%ホルマリンで固定、70%エタノールに置換し液浸標本として、若しくは除肉し骨格標本として保管することとした。あわせて、得られた魚類のうち、多く採集された種に関しては、消化管を冷凍して持ち帰り、消化管内容物のマイクロプラスチック調査についても実施することとした。



(図 38) NORPAC-Twin ネット



(図 39) 釣りによる魚類採取

ウ 現地における調査活動の結果

プランクトンネット曳きによる生物採集は、調査期間全般にわたって海況が悪く、15m/秒以上の風と高いうねりが常に発生するなど、甲板作業や観測機器の曳航が安全に実施できないと判断されたことから、中止となった。

それに代わるものとして、6日(月)に島の南西において、船の海水汲み上げポンプによる表層水を用いた動物プランクトンの採集を試みた。生物相分析用採水の状況を表 10 に示す。200L の海水をプランクトンネット(目合 0.1mm)で濾し取ることで、少量の動物プランクトン試料を得た。5%中性ホルマリンで固定、持ち帰り検鏡したところ、小型カイアシ類がほとんどであった。

(表 10) 生物相観測用採水の状況

		採水地点①
		後部甲板にて採取 200L 表層水(水深およそ 5m)
終了	位置(緯度)	20-24.3938 N
	位置(経度)	136-04.6498 E
	年月日	2021.12.6(月)
	時刻	08 時 41 分
	水深(m)	904
	水温(°C)	27.384
	塩分(psu)	34.254

また、魚類相と消化管内のマイクロプラスチックの出現状況の把握を目的とした手釣り及び釣具による釣り調査についても、当日は風速 10m/秒以上、流速約 3knot と極めて海況が悪かったため、実施は不可能と判断され、中止となった。なお、船舶に飛び込んできたトビウオ科 5 個体を捕獲した。

② マイクロプラスチック調査

ア 調査目的

日常生活においてプラスチック製品が使われ始めて約 60 年が経つが、廃棄されたプラスチック類が海洋へ流れ着き、海洋プラスチック汚染 (Marine Plastics Pollution) として問題となっている。マイクロプラスチック (以下、「MPs」という。) とは、一般に 5mm 以下のプラスチック片のことを指し、主に海岸など、破碎され世界中で分布が認められている。Isobe et al. (2007)によれば、MPs の観測浮遊密度は、東アジア地域で 3.70 個/m³、瀬戸内海で 0.39 個/m³、北太平洋で 0.12 個/m³、南極海で 0.031 個/m³であり、人間活動との関係が示唆されている。生態系や海洋動物、人間社会にも影響する可能性がある環境中や生物体内の MPs の分布の広がりや生物への暴露状況等を知ることは重要であるが、外洋域における MPs の量や種類に関する情報は乏しい。そこで、陸域や人為的な影響を受けにくい特色を有している沖ノ鳥島の周辺海域において、浮遊 MPs の試料を得て、分布、種類、量等の情報を収集する。

イ 調査方法

当初予定では、島周囲の 4 か所に観測地点を設け、ニューストンネット (図 40、離合社 Cat. No. 5552、口枠 75cm 角 (0.56G、ステンレス鋼製)・側長 300m・網地はニップ 60 目 (目合 0.35mm)・底管は塩化ビニール製 (10φ×25cm)) を用いて、海水表面がネット開口部上端からおよそ 1/3 の位置になるようロープで調整し、船速 2knot で 10 分曳網することとした。

ネット揚収後は、濾水計を読み取り、外側から海水をかけてコッドエンド (採集されたプランクトンを濃縮して回収するネットの末端部分) に試料を流し落としてねじ口瓶に移し、冷凍 (又は冷蔵) 保存して持ち帰り、フェントン試薬 (過酸化水素水に硫酸鉄(II)を混合したもの) で有機物を分解した後、溶液中の浮遊物を回収、MPs を抽出することとした。また、前記の手釣り及び釣具による釣り調査により得られた魚類のうち、多く採集された種に関しては、消化管を冷凍し持ち帰り、消化管内容物を調査することとした。



(図 40) ニューストンネット

ウ 現地における調査活動の結果

調査期間全般にわたって海況が悪く、甲板作業や観測機器の曳航が安全に実施できないと判断されたことから、計画地点におけるニューストンネットの曳網による表層水の MPs 調査を行うことはできなかった。

それに代わるものとして、参考調査のため、船内研究室又は後部甲板にて水深およそ 5m の表層水を採取した。1,000L を目合 330 μ m のメッシュで濾過後、採集物を 500ml (5 日 (日) 分) 又は 1,000ml (6 日 (月) 分) のプラスチック広口瓶に回収し、冷凍 (−50℃) で保存した。MPs 分析用採水の状況を表 11 に示す。なお、船内の配管を通過した海水は、沖ノ鳥島周辺海域の MPs を表すものではないことに留意が必要である。

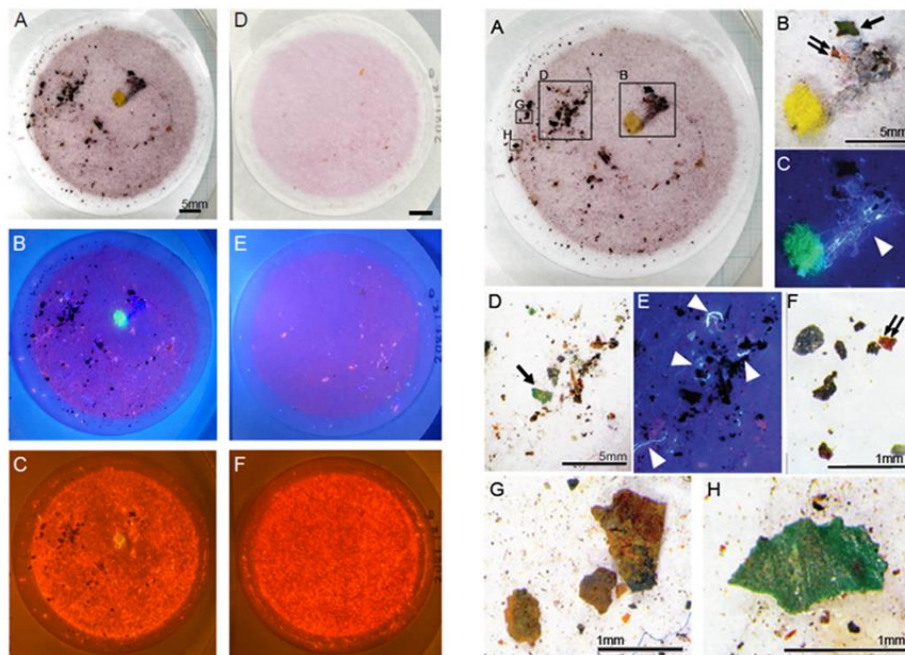
(表 11) MPs 分析用採水の状況

		採水地点①	採水地点②
		第二研究室 (ウェットラボ) にて採取	後部甲板にて採取
		1,000L 表層水 (水深およそ 5m)	
開始	位置 (緯度)	20-24.6593 N	20-24.8531 N
	位置 (経度)	136-05.1828 E	136-03.2981 E
	年月日	2021.12.5 (日)	2021.12.6 (月)
	時刻	14 時 15 分	09 時 09 分
	水深 (m)	—	1,095
	水温 (°C)	27.436	27.421
	塩分 (psu)	34.283	34.249
終了	位置 (緯度)	20-24.0998 N	20-24.4108 N
	位置 (経度)	136-05.9175 E	136-04.2680 E
	年月日	2021.12.5 (日)	2021.12.6 (月)
	時刻	16 時 06 分	09 時 28 分
	水深 (m)	—	1,036
	水温 (°C)	27.381	27.385
	塩分 (psu)	34.288	34.253

帰港後、持ち帰った標本を、プラスチック表面に付着する蛍光性の染色試薬であるナイルレッド(最終濃度 0.5 µg/ ml)で染色後、ガラス繊維濾紙(Whatman GF/A)に濾過し、可視光、UV-LED 375 ブラックライト (コンテック PW UV943H-04)、及び青色 LED トランスイルミネーター (オプトコート LEDB-SB0XH) 照射下で観察した。その画像を図 41 及び図 42 に示す。

図 41 は、A～C が第二研究室及び CTD 格納庫のホースから汲んだ海水、D～F が後部甲板ホースから汲んだ海水により得た試料で、A・D が明視野、B・E がブラックライト照射、C・F が BV ライト照射下である。

図 42 は、第二研究室及び CTD 格納庫から採取した海水をガラス繊維濾紙(Whatman Gf/A)で濾過した様子であり、B 又は D は、濾紙 A 上の B 又は D 領域を拡大したもの、C 又は E は、B 又は D を同視野でブラックライト照射したものである。濾紙上には様々な形状のものが見られ、繊維が絡まったもの(C、D) やブラックライトで光る繊維も多く見られた(矢尻)。塗料片又はプラスチック片と思われるもの(矢印、H)が見られたが、周囲が鋭利なことから海洋上の MPs ではなく船内のごみと思われる。また、サビと思われる茶色い小片も多く見られた(二重矢印、G)。黒い鉱物のようなものも確認され(F)、海底火山由来の軽石の可能性もあるが詳細は不明である。後部甲板で採取した海水からはほとんど小片は得られなかったことから、今回見られた小片は、海水とともに船内の給水管を通過した船舶由来のものと思料される。



(図 41) 採水で得た試料 (図 42) 第二研究室等で得た試料