

南鳥島における港湾整備に関する現地調査

FIELD INVESTIGATIONS FOR PORT IMPROVEMENT IN MINAMI TORISHIMA

下迫健一郎¹・木村俊介²・工藤博幸³・小野寺清司⁴・米山治男⁵
 Kenichiro SHIMOSAKO, Shunsuke KIMURA, Hiroyuki KUDOH,
 Kiyoshi ONODERA and Haruo YONEYAMA

¹正会員 博(工) (独) 港湾空港技術研究所 海洋・水工部 (前 横浜港湾空港技術調査事務所)
 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

²国土交通省 港湾局 振興課 (前 横浜港湾空港技術調査事務所)
 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

³国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所
 (〒221-0053 神奈川県横浜市神奈川区橋本町2-1-4)

⁴国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部 (〒231-8436 神奈川県横浜市中区北仲通5-57)

⁵正会員 博(工) 国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所
 (〒221-0053 神奈川県横浜市神奈川区橋本町2-1-4)

Minami Torishima, located in the easternmost part of Japan, is one of the most important remote islands because the exclusive economic zone of 430,000km² and the various marine resources surround on the island. Improvement works of port facilities are needed in Minami Torishima to secure the safety of development and the use of marine resources and oceanographic investigations. This paper describes the results of field investigations on bottom sounding, sediment sampling and analysis, soil survey and wave observation, conducted in order to determine the design condition of port facilities.

Key Words : Minami Torishima, remote island, field investigation, port improvement

1. はじめに

我が国の国土面積は約38万km²で、世界第61位とそれほど大きくないが、領海および排他的経済水域 (EEZ) の面積は約447万km²で、国土面積の約12倍もあり、世界第6位の大きさを有している。こうした広い排他的経済水域のかなりの部分は、いわゆる遠隔離島によって確保されている。

南鳥島は、東京から南東に約1,950km、硫黄島から東に約1,280km離れており、北緯24度17分、東経153度58分に位置する日本最東端の島である (図-1)。周囲には、南鳥島を水域根拠とする約43万km²のEEZを有しており、これは我が国全体のEEZの1割以上を占め、きわめて重要な領土となっている。また、南鳥島周辺海域においては、コバルトリッチクラストと呼ばれる、海山斜面から山頂部にかけて海底の岩盤を皮殻状に覆うマンガン酸化物の賦存が期待されており、すでに資源量評価に必要な各種調査も実施されている。

遠隔離島およびその周辺海域において、海洋資源の開発・利用、海洋調査等に関する活動が安全かつ安定的に行われるためには、燃料輸送や補給、荒天

時の待避等が可能な活動拠点の整備が必要である。本論文は、南鳥島における港湾施設の設計・施工に必要な条件を明らかにすることを目的として実施した現地調査の結果をとりまとめたものである。

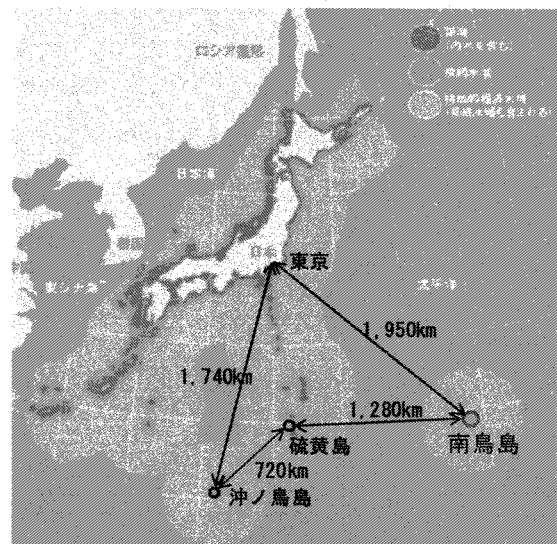


図-1 南鳥島の位置

2. 南鳥島の概要

(1) 地形・地質と動植物の生息状況

南鳥島は、図-2に示すように南岸を底辺とするほぼ二等辺三角形の形状をしており、標高は最高点でも9m程度で平坦である。島の面積は1.51 km²であり、海岸線の総延長は5.6kmである。海底火山の頂部に付着したサンゴ礁によって形成されており、島が成立して以来、一度も大陸と陸続きとなったことのない海洋島である。深部基盤岩は海洋性玄武岩質火成岩類と考えられており、浅部はサンゴ礁堆積物とそれらが固結した浅海性炭酸塩岩（石灰岩）で構成されている。

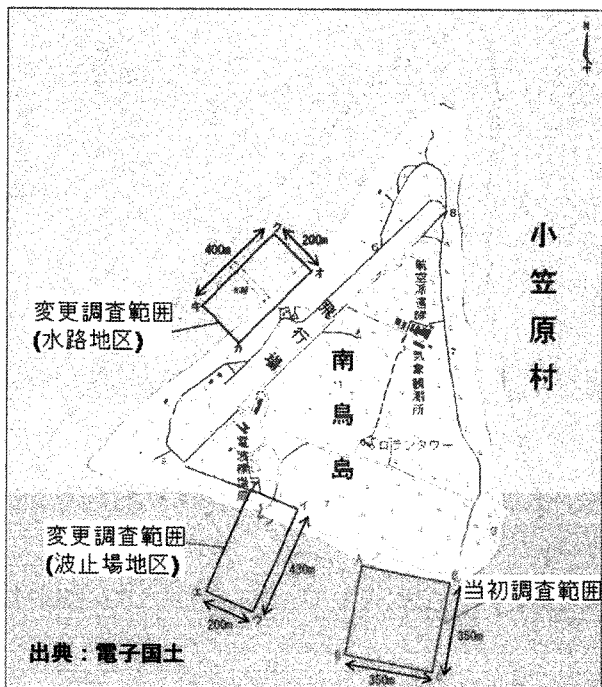


図-2 南鳥島の位置

植物相については、地形の変化に乏しく土壌が未発達であることなどから、植物の多様性は低い。グンバイヒルガオ、ハイシバ、モンパノキ等の海岸性の植物が大半を占めており、固有の植物群落は存在せず、全て広域分布種や外来植物で占められている。モンパノキ、トゲミウドノキ等の森林植生は、高木林はなく、亜高木林と低木林のみである。

動物相については、これまでに十分な調査が行われておらず、不明な点も多い。平成19年の環境省による調査において、鳥類についてはアカオネッタイチョウ、セグロアジサシ、クロアジサシの繁殖、コアホウドリの営巣が確認されている。このうち、セグロアジサシは2,000つがい程度、クロアジサシは10つがい程度が集団繁殖していると推定されている。また、明治34年にはこれら4種を含め、クロアシアホウドリ、カツオドリ等11種の海鳥類の繁殖が報告されている。海鳥類以外には、メジロが100つがい程度生息していると推定されている。

哺乳類については、ノネコ及びクマネズミが確認されている。は虫類については、ホオグロヤモリ、オガサワラヤモリ、オガサワラトカゲが確認されている。このほか、甲殻類としてはサキシマオカヤドリ等3種が、昆虫類としてはオオギンヤンマ等17種が、陸産貝類としてはアフリカマイマイが確認されている。両生類は過去においても生息は確認されていない。

なお、南鳥島およびその周辺海域は海鳥類の集団繁殖地として重要であることから、平成21年11月より、島全体（飛行場を除く）および周辺海域が、鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律（平成14年法律第88号）第28条第1項に規定する鳥獣保護区として指定されている。

(2) 気象条件等

南鳥島は、年間を通して月平均気温が20℃を超える亜熱帯性の気候であり、平年の年平均気温は25.4℃に達する。また、平年では2月から6月が乾期で、年降水量は約1,080 mmである。また、ほぼ一年を通して太平洋高気圧の南側に位置するため、平均風速5 m/s前後の東よりの風が卓越する¹⁾。最近の気象庁の観測によれば、2007年の年平均気温は26.0℃で平年より高く、年降水量は1,018mmであった。また、風については東北東～東の風が卓越し、年平均風速は5.8 m/sであった²⁾。なお、日本の中で唯一日本海溝の東側（太平洋プレート上）に位置しており、周辺を震源とする地震は基本的に発生しない。

南鳥島における潮位は以下のとおりである³⁾。ただし、南鳥島では最近5年（2003年～2007年）平均潮位をT.P.に代えて用いている。

高極潮位（1996～2007年）H.H.W.L. = +3.830
（2002年12月11日4時52分）

朔望平均満潮位（5年平均）H.W.L. = +2.375

平均潮位（5年平均）T.P. = +1.933

朔望平均干潮位（5年平均）L.W.L. = +1.526

低極潮位（1996～2007年）L.L.W.L. = +1.170
（1997年6月6日9時23分）

潮位観測基準面D.L. = ±0.000

(3) 現地の機関と輸送の現状

現在、海上自衛隊の南鳥島航空派遣隊と気象庁の南鳥島気象観測所があり、約20名の政府関係者が常駐している。なお、このほかに海上保安庁の千葉ロランセンター南鳥島ロランC局があり、10名程度が常駐していたが、2009年12月1日で廃止となった。

現地には、海上自衛隊が管理する南鳥島場外離着陸場（延長1,371m、幅45m、昭和11年に旧日本軍が建設）があり、海上自衛隊、航空自衛隊が定期的に本土との輸送のため航空機を運航している。

一方、燃料等の危険物や飛行機に搭載できない大型の資機材は、船舶で輸送されており、本土からの輸送期間は約5日である。現地には港湾施設が無く、

旧日本軍が整備した舟艇係船地跡（延長約30m、喫水1～2m程度）しかないため、貨物船を沖合に停泊させ台船に積み替えて陸揚げしている。そのため、安定的な物資輸送に大きな支障を来しており、波浪のため一週間程度沖待ちしたこともある。

3. 現地調査

(1) 調査の概要

今回の現地調査は、主に2009年11月2日から27日までの1か月弱で実施した。調査内容は大きく分けて以下の4項目である。

- ・深浅測量：D-GPSおよびシングルビーム音響測深器による深浅測量および汀線測量
- ・波浪観測：超音波・水圧式の波向・波高計による1時間間隔の20分連続計測
- ・土質調査：陸上部3箇所でのボーリング、磁気探査、標準観入試験、物理試験
- ・環境調査：サンゴ群集広域調査(33地点)および定点調査(5地点)、底生生物・底質調査(4地点)

調査地点については、東側は常に波にさらされていること、西側は滑走路があり土地利用上の制約があることなどから、図-2に示すように、当初は利用されていない土地の多い島の南東部での調査を予定していた。しかしながら、実際に現地へ行ってみると、予想以上に海象条件が厳しく調査が困難であった。これは、東からの波が屈折の影響により島の南東端付近に向けて収斂し、波高が増大するためと考えられる。そのため、調査位置を南側中央付近（舟艇係船地跡付近）と西側中央付近に変更して行った。本論文においては、便宜上これらを南側波止場地区および西側水路地区と呼ぶこととする。なお、当初は海中でのボーリング調査も行う予定であったが、波浪や資材の運搬などの条件から実施が困難であっ

たため、陸上部のみで実施した。図-3は、調査地点および調査内容の詳細を示したものである。

波浪観測は、施設の整備箇所として南側波止場地区が最も有力であると考え、南側の海岸線から約250m沖合の水深20m程度の地点に、超音波式の波高計を設置した。なお、波高計は電池式で3～4か月の連続観測が可能である。2010年3月2日には、同一機種別の波高計に交換してそれまでの計測データを回収し、引き続き波高の計測を行っている。

(2) 深浅測量

海域の測量は、岸に沿う方向の測線を20m間隔で設定し、ゴムボートで可能な限り測線上を直進しながら、D-GPSおよび音響測深機を用いて位置および水深のデータを連続取得した。また、陸上海浜部の測量は、RTK-GPS測量により、10m×10mの格子状に設けた測点および顕著な変化点において標高を測定した。波止場周辺のリーフ内の汀線付近については、水深が浅く波が荒いことから、ゴムボートやRTK-GPSによる測量が不可能であったため、任意の測点で水準測量を行って可能な限り補完した。なお、波止場周辺のリーフ縁付近の砕波帯と、水路部周辺沖合の暗礁が多い範囲については、ゴムボートによる安全航行が不可能と判断して調査範囲から除いた。

南側波止場付近については、沿岸方向200m×岸沖方向430mの範囲で測量を行った。波止場内は、西側の船着き場付近が水深-1.5～2m程度まで掘削されている。波止場先端から沖に向かっては、水深約20m程度までは8%程度の勾配であるが、徐々に勾配が急になり、水深30m程度以深では海底勾配が1:2程度の急斜面となり、水深が一気に深くなる。また、波止場の両側はC.D.L. -0.5～+1m程度の露出岩盤帯となっており、露出岩盤帯と礫浜の境界は概ねC.D.L. +1～2mの間であった。

一方、西側水路付近については、沿岸方向400m×

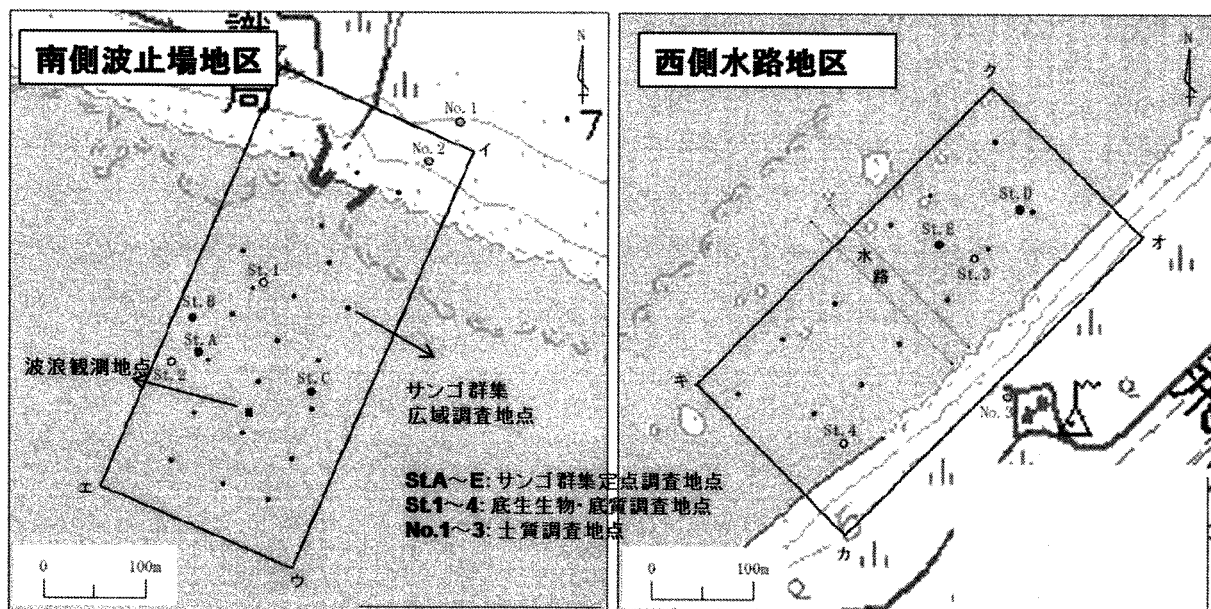


図-3 現地調査の地点と調査内容

岸沖方向200mの範囲で、リーフ内のみの測量を行った。水路部分は水深1～1.5m程度、幅20m程度で、岸から北西方向に延びている。水路両側は海底の勾配がほとんどなく、水深は0.4～0.8m程度であった。

(3) 波浪観測

計測された波浪データは、2009年11月10日～2010年3月2日までであり、台風の接近の少ない冬期に該当する。観測期間中の有義波高と有義波周期の頻度表を表-1に、有義波高および波向の頻度分布を図-4に示す。出現頻度の多い波浪は、有義波高0.5～1.0m、有義波周期6～8s、波向S～SWであった。ちなみに、同一期間の風況データ（気象庁の観測）によると、出現頻度の多い風況は、風速2.5～7.5m、風向N～Eであった。

表-1 有義波高と有義波周期の頻度表

統計期間 2009年11月10日～2010年3月2日		規定回数	2685 回
対象地点 南鳥島		測得回数	2684 回
		欠測回数	1 回 (0.0%)

波高(m)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0以上	計	累計
0.00～0.50			2	187	15						214	214
			0.4	7.0	0.6						8.0	6.0
0.50～1.00			303	1201	419	2					1955	2169
			11.3	45.9	15.6	0.1					72.8	80.8
1.00～1.50			71	194	100	35					400	2569
			2.6	7.2	3.7	1.3					14.9	95.7
1.50～2.00			7	46	25	23					101	2670
			0.3	1.7	0.9	0.9					3.8	99.5
2.00～2.50			1	12		1					14	2684
			0.0	0.4		0.0					0.5	100.0
2.50～3.00											0	2684
											0.0	100.0
3.00～3.50											0	2684
											0.0	100.0
3.50～4.00											0	2684
											0.0	100.0
4.00m以上											0	100.0
計	0	0	394	1670	556	61	0	0	0	0	2684	
	0.0	0.0	14.7	62.2	20.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
累計	0	0	394	2064	2620	2684	2684	2684	2684	2684		
	0.0	0.0	14.7	75.9	97.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

上段は半級回数
下段は出現率(%)

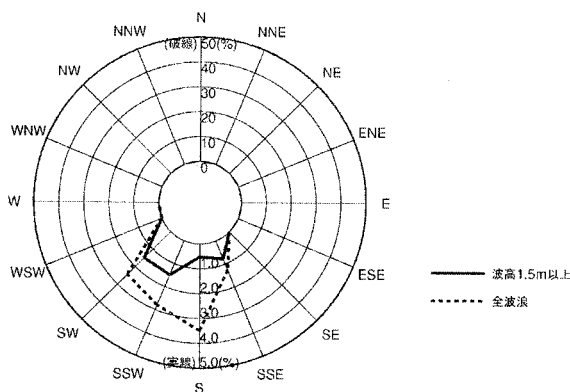


図-4 有義波高と波向の頻度分布

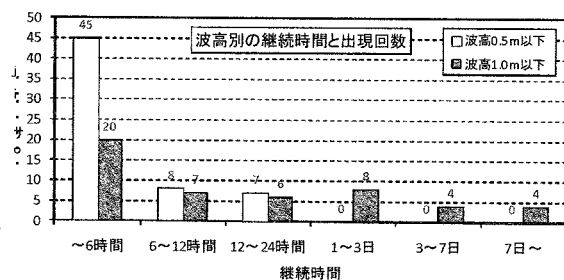


図-5 波高別の継続時間と出現回数

図-5は、波高別の継続時間と出現回数を示したものである。有義波高0.5m以下が6時間以上継続したのは15回あるが、1日以上継続したことはなかった。一方、有義波高1.0m以下が1日以上継続したのは16回であった。

有義波高1.5m以上の状態を高波浪時、風速10m/s以上の状態を強風時と定義すると、風向が北寄りの強風時が8回あったが、高波浪は1度も発生しなかった。これは、北側からの波に対しては、観測地点が島の遮蔽域に入るためである。一方、風向が南寄りの強風時は4回あり、いずれも高波浪が発生している。また、南方で発生した台風によるうねり性波浪の到達により、風速が10m/s以下で高波浪が発生したケースも1回あった。

なお、台風の通過や直撃が想定される夏季においては、より厳しい状況となることが予想されることから、通年の波浪観測が必要である。また、港湾施設の整備に当たっては、さらに長期間のデータが必要であるので、別途、波浪推算を実施して長期間の波浪データを推定することが必要である。波浪推算におけるパラメータの設定においては波浪観測データとの比較検証が必要であり、今回の観測データが活用できる。

(4) 土質調査

ボーリング作業に先立って、不発弾等の危険物が存在する可能性を想定し、掘削位置を中心とした10m×10mの範囲で水平磁気探査を、また、ボーリング位置から15cmの位置で鉛直磁気探査を実施した。その結果、ボーリング位置の近傍には危険物は存在しないと判断されたので、当初予定した位置で機械ボーリングを行った。

ボーリング調査の結果、表層部はサンゴ礫やサンゴ砂で構成された砂礫層が、層厚0.0～5.0m程度で分布しており、一部、汀線近くでは露岩が観察された。また、砂礫層下部の石灰岩層は、セメント化した硬い部分と砂礫状を呈する部分が交互に出現する互層を成している。

図-6は、南側 (No. 2) におけるボーリング調査結果によるN値の分布を示したものである。N値が50以上の硬い層とN値が20～30程度の比較的軟らかい層が交互に存在していることが分かる。こうした傾向は、他の地点でもほぼ同様である。また、標準貫入試験の結果、サンゴ砂礫層はN値=17～39であった。一方、石灰岩層はN値=18～50以上で、N値が30以下の部分は砂礫状で分布する箇所に対応し、N値が30を超える部分は固結度の高い石灰岩となっていると思われる。

南鳥島の石灰岩の表層部は第四紀完新世の石灰岩で、同時代に生成した琉球石灰岩とその性状が似ており、琉球石灰岩での調査及び施工事例が参考となる。琉球石灰岩では設計上の留意点として以下の4点が指摘されている⁴⁾。

1) 明確な支持層の不在

- 2) 硬質塊状部における鋼管杭の座屈
- 3) 琉球石灰岩の不均一性
- 4) 空洞の存在

今回の陸上でのボーリング結果によれば、粘性土を挟む土層は皆無（細粒分はすべて10%以下）であり、石灰岩層中で極端にN値が低下する（N値が10以下となる）傾向はなかった。これは、南鳥島が大洋上の孤島であり、琉球石灰岩と堆積環境が異なることに起因していると考えられる。

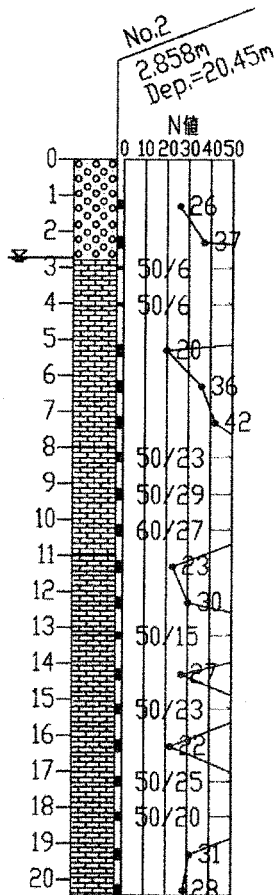


図-6 ボーリング調査結果の例

(5) 環境調査

a) サンゴ群集広域調査

サンゴ群集広域調査は、「沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き」⁵⁾で記載されている調査方法に準じ、波止場地区および水路地区において、スクーバ潜水によるスポットチェック法を基本とし、波止場地区の浅い場所ではシュノーケリングによる調査も行った。

図-7(1)は、波止場地区におけるサンゴ類の分布状況を示したものである。サンゴ類は、汀線付近の岩盤帯ではほとんどみられないものの、水深が深くなるにつれてサンゴ類の総被度は徐々に増加している。特に、水深16～20m程度では総被度が50%を超えており、最もサンゴ類が多い水深帯となっている。一方、図-7(2)は、水路地区における分布状況である。調査範囲がリーフ内の水深の浅い場所のみで

あったこともあり、サンゴ類の総被度は最大でも30%未満であった。

なお、全調査地点において、稚サンゴ（群体サイズ5cm未満）の加入はみられなかった。通常、サンゴ礁海域では、環境が悪化した場所でも、再生産のため少なくとも数群体の稚サンゴの加入がみられることが多く、このように海域全体にわたって稚サンゴが確認されないことは稀である。これは、南鳥島が絶海の孤島であり、潮流等によるサンゴ幼生の供給がほとんどないことが原因と考えられる。また、白化したサンゴ類や病的なサンゴ類はほとんど見られず、サンゴ食生物のシロレイシガイダマシやオニヒトデも確認されなかった。

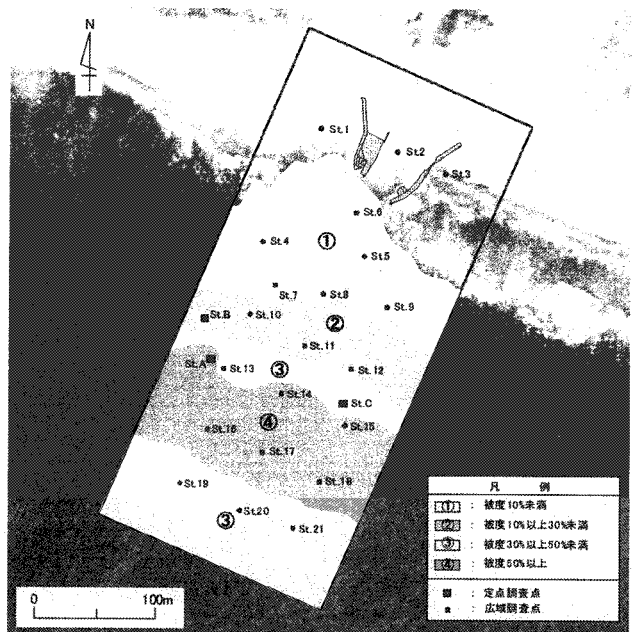


図-7(1) サンゴ類の分布状況（波止場地区）

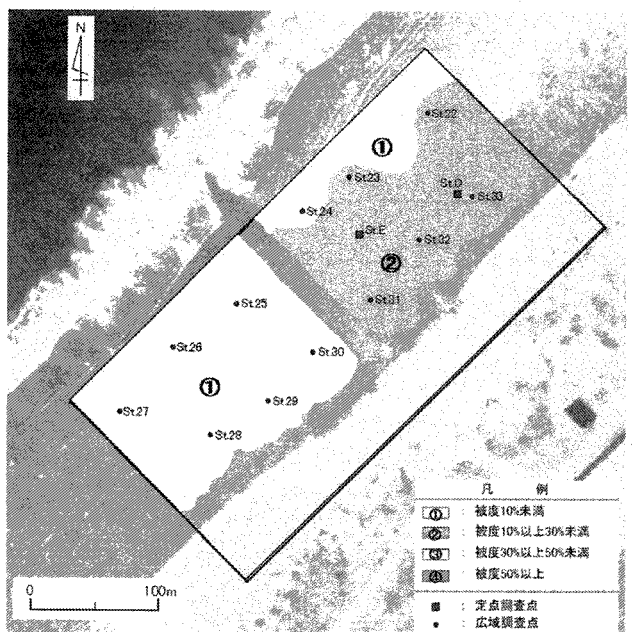


図-7(2) サンゴ類の分布状況（水路地区）

b) 底生生物および底質調査

底生生物および底質調査については、図-2に示したとおり、波止場地区および水路地区のそれぞれで2地点ずつ実施した。調査は、ダイバーがスミス・マッキンタイヤー型採泥器のバケット部を使用し、採泥器1回あたり0.05m²の底泥面積を3回採泥した。底生生物については、1mm目合のふるいでこして残ったものを試料とし、出現種の同定および個体数の計測を行った。また、底質については、3回採取したものを平均化して試料とし、粒度組成の分析を行った。表-2に採取した試料の内容を示す。

底生生物については、4地点で採集された底生生物は、環形動物門15種類、節足動物門12種類、その他2種類の計29種類であった。調査地点別の種類数は4～23種類の範囲にあり、St.3で最も多く、St.1で最も少なかった。また、出現個体数については14～253個体/0.15m²の範囲にあり、種類数と同様にSt.3で最も多く、St.1で最も少なかった。動物門別にみた個体数の組成比率は、いずれの調査地点においても環形動物門が最も高かった。

表-2 採取した試料の内容

調査地点	波止場地区		水路地区	
	St.1	St.2	St.3	St.4
水深 (m)	9.4	18.7	1.5	1.6
泥温(°C)	27.9	27.8	28.0	28.2
底質	砂混じり礫	礫混じり砂	砂礫	砂礫
色相	灰	浅黄橙	灰白	灰白
臭気	なし	なし	なし	なし
夾雑物	なし	なし	なし	なし

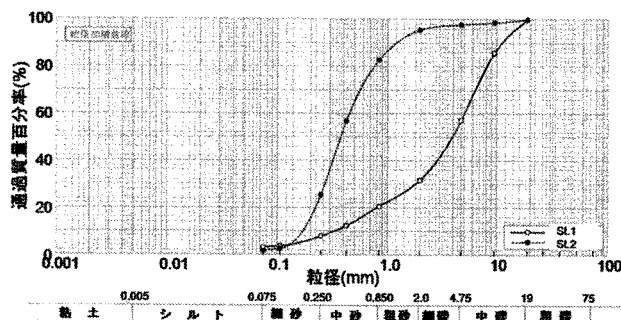


図-8(1) 底質の粒度試験結果 (波止場地区)

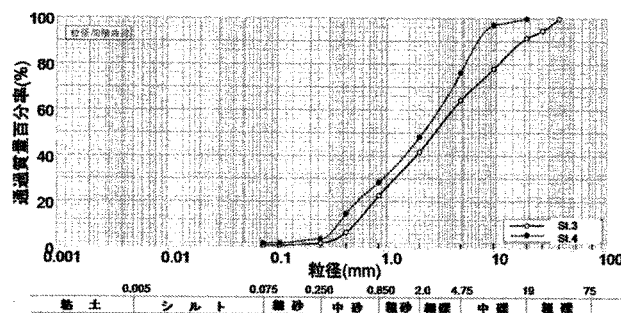


図-8(2) 底質の粒度試験結果 (水路地区)

図-8(1)は、St.1およびSt.2における粒度加積曲線を示したものである。St.1の粒度組成は中礫分および細礫分の多い砂混じり礫であり、St.2は中砂分および細砂分の多い礫混じり砂である。一方、図-8(2)は、St.3およびSt.4における粒度加積曲線である。いずれの地点についても、中砂分から中礫分まで比較的均等な分布となっている。

4. まとめ

今回の調査により、南鳥島における港湾整備のために必要となる基本的な土質条件、波浪条件、環境条件等が明らかになった。今回の調査では、南側波止場地区と西側水路地区の2箇所を候補地として調査を実施したが、西側については、水深が浅いため大規模な浚渫が必要となること、また、滑走路があるため土地利用に制約があることから、係留施設等を整備する場所としては、南側のほうがより適していると考えられる。

なお、実際に港湾施設を設計および施工するためには、さらに詳細な設計条件を決定する必要がある。特に、波浪条件については、今回の観測は比較的波の穏やかな期間であったため、台風の通過や直撃が想定される夏季の、より厳しい状況についてさらに検討が必要である。波浪観測については現在も継続しているが、今後は過去の気象データに基づく波浪推算も行うことにしている。また、南鳥島全体が鳥獣保護区に指定されていることから、鳥類調査についても実施する予定である。

謝辞：本調査に関しては、国土交通省港湾局振興課の田邊俊郎課長、菊地身智雄室長、阿野貴史課長補佐から貴重な助言をいただいている。また、調査の実施に当たっては、いであ(株)の笠原勉氏ほか多数の方々に多大なる協力を得ている。さらに、現地への渡航および滞在に関しては、海上自衛隊、海上保安庁、気象庁の皆様のご協力を得ている。ここに記して、感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 気象庁 HP : <http://www.jma.go.jp/>
- 2) 気象庁：大気・海洋環境観測報告第9号（2007年観測成果），2009。
- 3) 気象庁：気象庁潮位表，2009。
- 4) 蟻川辰美，佐々木暢彦：琉球石灰岩を支持層とする港湾施設の設計手法の検討，基礎工，3月号，pp.73-77，2009。
- 5) 沖縄総合事務局開発建設部，（財）港湾空間高度化環境研究センター港湾・海域環境研究所：沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き，2007。