

財務・経済管理省
インフラ・公共事業省

バヌアツ国
ポートビラ港国際多目的埠頭整備事業
準備調査（その2 環境調査）

最終報告書

平成24年1月

(2012)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

い で あ 株 式 会 社

東大
JR
11-042

財務・経済管理省
インフラ・公共事業省

バヌアツ国
ポートビラ港国際多目的埠頭整備事業
準備調査（その2 環境調査）

最終報告書

平成 24 年 1 月

(2012)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

い で あ 株 式 会 社

外貨交換レート（2012 年 1 月現在）

1 Vanuatu Vatu=0.84 Japanese Yen

序 文

独立行政法人国際協力機構は、バヌアツ共和国のポートビラ港国際多目的埠頭整備事業にかかる協力準備調査を実施することを決定し、同調査をいであ株式会社及び株式会社アイデスから構成される共同企業体に委託しました。

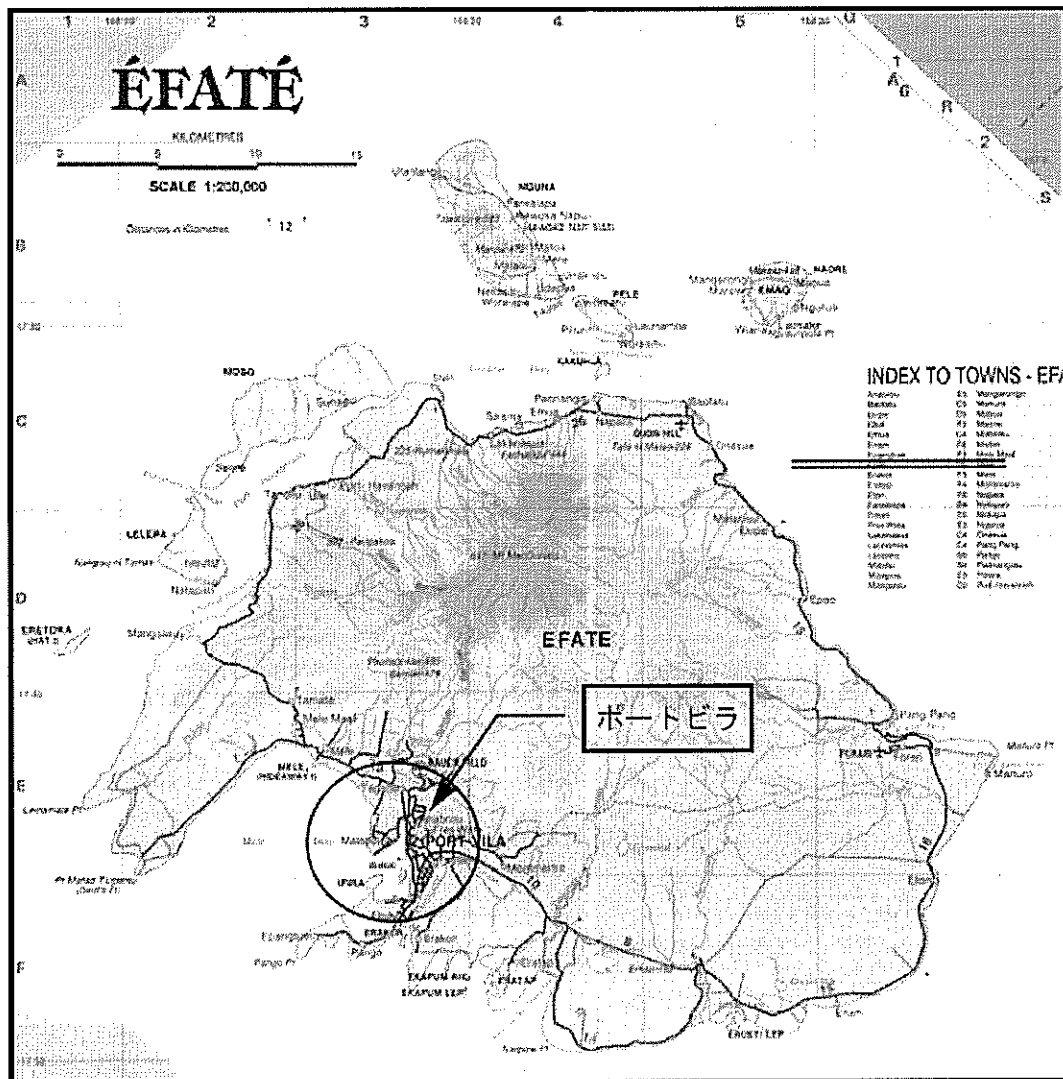
調査団は、平成 23 年 10 月から 24 年 1 月まで、バヌアツの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本事業の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力いただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 24 年 1 月

独立行政法人国際協力機構
東南アジア・大洋州部
部長 広田 幸紀



ポートビラ位置図



ポートビラ湾スター埠頭及びメイン埠頭位置図

(2009年7月2日撮影 IKONOS 画像)



スター埠頭 (2011年11月13日撮影)

要 約

1. サンゴ礁の実態調査

1-1. サンゴ礁分布マップ

事業実施によって影響を受ける可能性のあるスター埠頭周辺におけるサンゴ群集の分布状況は、被度 10%以上 30%未満の分布域が 6 ケ所、5%未満の分布域が 1 ケ所であった。優占種は、5 分布域でハマサンゴ属（塊状）、1 分布域でヤッコアミメサンゴ、1 分布域でユビエダハマサンゴであった（図 1）。

埋立で消滅する予定の海域には、被度 10～30%のハマサンゴ属（塊状）群集が 2 ケ所、被度 10～30%のユビエダハマサンゴ群集が 1 ケ所ある。

上述の分布域以外では、サンゴ群集が連続的に分布しておらず、連続しても被度が 1%未満と低い場所がほとんどであった。

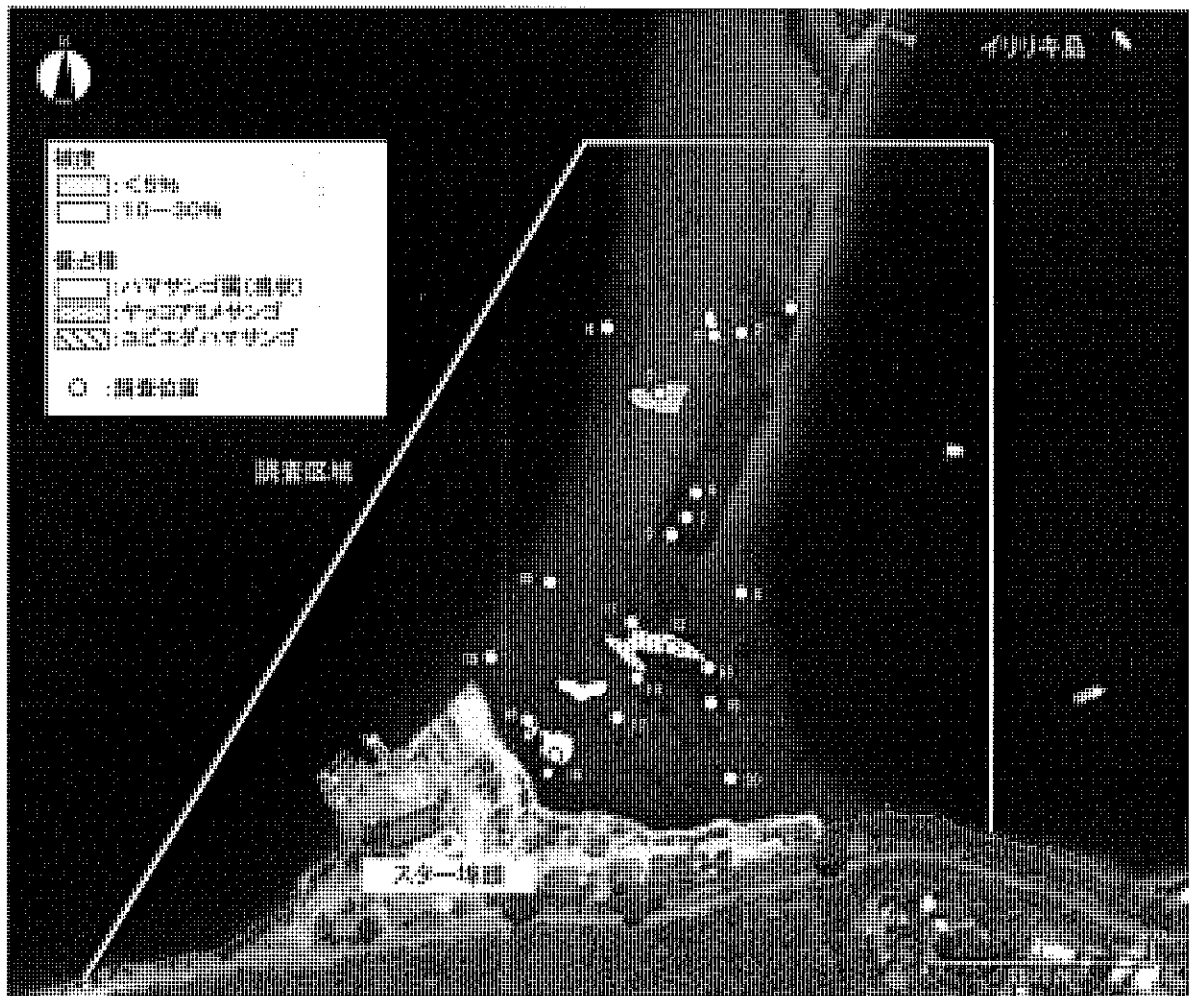


図 1 サンゴの分布状況

1-2. トランセクト調査

ポートビラ湾長期モニタリングのベースラインとなるトランセクト調査地点は、ポートビラ湾湾口部に近い地点群と、湾奥部に位置する地点群に大別された。ポートビラ湾湾口部に近い地点群では、サンゴ類の平均被度は5%未満～33%であった。湾奥部の地点群は、サンゴ類の平均被度は高くても5%未満であり、湾口部の地点群と比較して低かった。

1-3. サンゴ生息環境調査

湾口部及び湾奥部のサンゴ群集域における調査期間中の平均濁度は湾口部 St. 1 で 0.70、湾奥部 St. 2 で 0.67 と低く、大きな違いはみられなかった。水温は St. 1 で 26.4～27.6℃、St. 2 で 26.2～27.3℃であった。塩分は St. 1 と St. 2 とともに 34.8 前後であった。

1-4. 移設対象サンゴ分布調査

移設が提案されている埋立予定区域付近におけるサンゴ群集は、水深 1.5～2.1m に存在する A～E の 5 群に大別された（図 2）。A のハマサンゴ属（塊状）群集では、ハマサンゴ属（塊状）群体が 122 群体確認され、大きいものは 3m を超える群体が確認された。B のハマサンゴ属（塊状）群集では、1m 以上 2m 未満のハマサンゴ属（塊状）が 5 群体確認された。C のユビエダハマサンゴ群集では、約 4 m² のサンゴ群集が 5 ヶ所確認された。D のハマサンゴ属（塊状）群集では、3m 未満のサンゴが 97 群体確認された。E のヤッコアミメサンゴ群集では、群集規模 310 m² 程度が確認された。



図 2 埋立予定区域付近における移設対象サンゴ分布状況

移設先候補地であるイリリキ島西岸区域における調査の結果、埋立予定区域の優占種であるハマサンゴ属（塊状）やユビエダハマサンゴ、ヤッコアミメサンゴの分布が確認され、底質、水深とも大きな違いはみられなかった。

2. 海洋環境調査

2.1 測深調査

海底深度データの不足を補い、数値モデルの解析精度を向上させるため、イリリキ島南部の浅海域を測深し、潮位補正した結果、調査区域は潮位基準面から-1.5～+0.25mと浅い海域であることが明らかになった。

2.2 流況調査

湾全体の海流の主たる駆動力となっている湾口での海水の出入りを把握することにより影響評価を行うため、湾口および影響評価の対象であるスター埠頭周辺の流向流速について、観測した。その結果、湾口の St. C1 では、日周潮および半日周潮の長軸流速は 1～5cm/s であり、上層の日周潮と半日周潮の長軸流速の大きさは同程度または半日周潮のほうがやや大きく、下層では半日周潮のほうが大きかった。楕円はおおよそ東南東-西北西方向に扁平していた。湾奥の St. C2 では、日周潮および半日周潮の長軸流速は 1～3cm/s であり、概して潮汐成分は小さいが、小潮期の日周潮の流速がやや大きかった。

2.3 水底質調査

スター埠頭整備に伴う濁りの影響予測・評価、環境保全対策およびモニタリング計画に活用するため、湾口およびパレー小湾における水温・塩分及び濁度を鉛直測定した結果、水温では大潮期、スター埠頭の水深 2m 付近で躍層がみられたほかは、鉛直的に大きな変動はみられなかった。塩分では、小潮期、湾口で底層よりも表層のほうが低い傾向がみられたが、降雨の影響と思われる。濁度では、大潮期、パレー小湾市場沖の底層で、顕著に高い傾向がみられた。

スター埠頭沖の底質は砂質の占める割合が大きく、海域の濁りに寄与するシルト・粘土分の割合は数パーセントと小さかった。

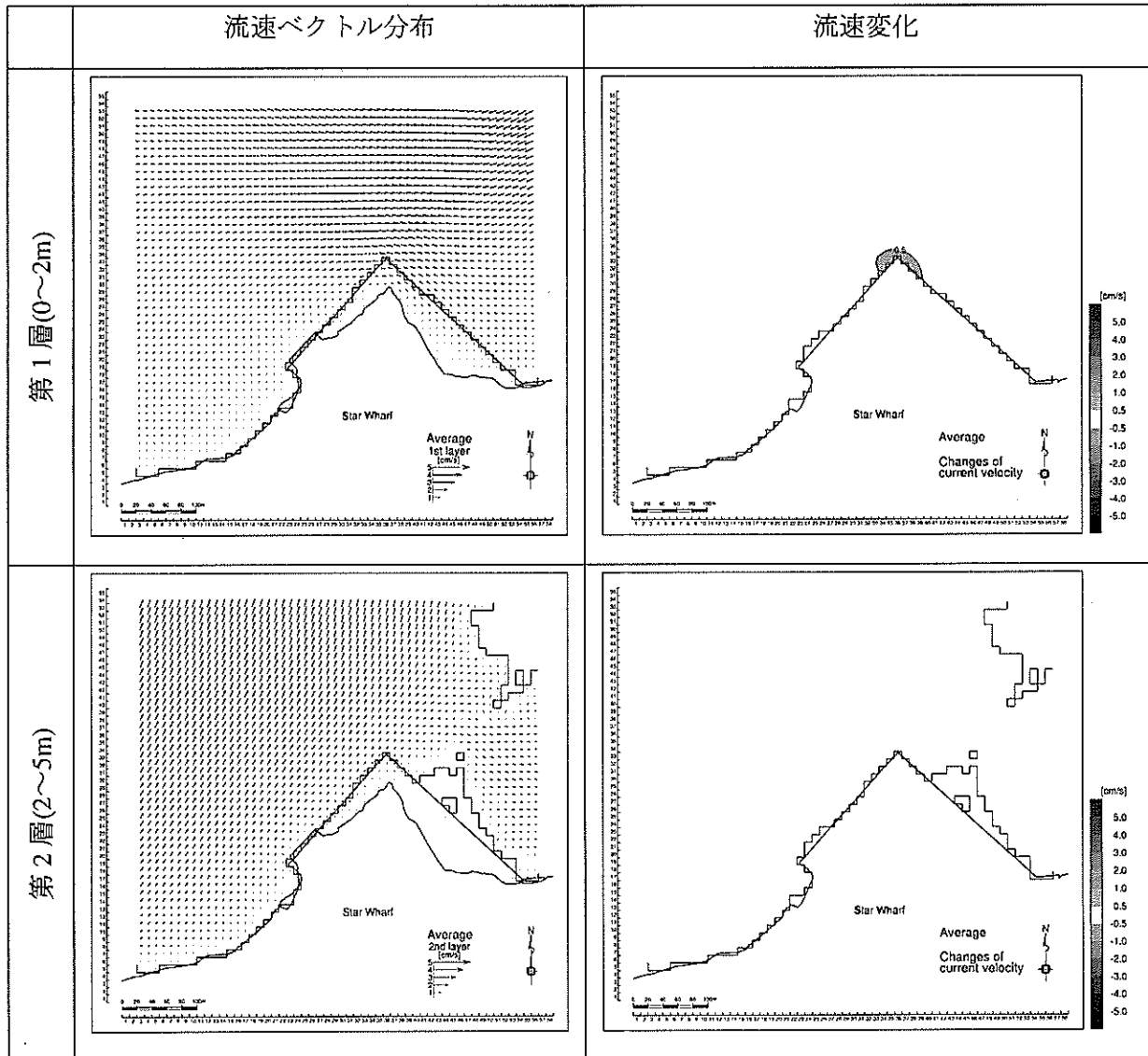
3. 数値モデルの作成

流向流速実測調査結果を用いて、流動モデルの再現性を検討した上で、港湾整備の地形条件を加味して、海流への影響を予測した。また、工事中のシルト移流・拡散・堆積モデルにより、工事による濁りの拡散範囲と堆積範囲を予測した。

3.1 流速の変化

流速の変化は、スター埠頭の埋立地近傍の第 1 層に限られており、その変化は 1cm/s の減少域となっている。流速の変化域は、下げ潮時や干潮時に広がる傾向で、上げ潮時の流速変化域は狭く、満潮時には ±0.5cm/s 以上の変化はみられていない。平均流の流速変化は、埋立地近傍で 0.5cm/s の流速の減少域が局所的にみられている（図 3）。

流向の変化は、埋立地の存在により若干の変化はみられるものの、現況における流れの向きを大きく変える状況はみられていない。



(黒矢印：現況再現結果、赤矢印：将来予測結果)

図3 流況の変化(平均流、小領域、第1層および第2層)

3.2 海水交換の変化

海水交換の変化については、ポートビラ湾全体の流れは上層で流出、下層で流入する流れが形成されており、断面を通過する流量に若干の変化は生じているものの、その差は小さい結果となっている。

以上のことから、事業実施に伴うポートビラ湾全体の海水交換は、現況とほとんど変わらない状態と考えられる。

3.3 シルト流入・拡散・堆積モデルの作成

(1) SS 濃度分布

ポンプ浚渫船（汚濁防止膜なし）の場合の予測結果をみると、SS 濃度分布が浚渫箇所の海底面付近の層である第3層（5～10m 深）でみられている。SS 日最大値 2mg/L の範囲が負荷の発生場所から半径約 100m の範囲内に広がっている。

汚濁防止膜ありの場合の予測結果をみると、SS の広がり汚濁防止膜なしの場合よりも狭い範囲の拡散に限られており、日最大値 ~~2~~2mg/L の範囲は、負荷の発生場所から半径約 60m の範囲内となっている。

グラブ浚渫（汚濁防止膜なし）の予測結果をみると、全ての層において SS 濃度分布がみられており、第2層（2～5m 深）で最も広い範囲に拡散している。SS の広がり、日最大値 ~~2~~2mg/L の範囲が負荷の発生場所から第1層（0～2m 深）で半径約 200m の範囲内に、第2層（2～5m 深）で半径約 250m の範囲内に広がっている。また、第3層（5～10m 深）および第4層（10m 以深）でも半径約 150m の範囲内に SS が拡散している。

汚濁防止膜ありの場合の予測結果をみると、SS の広がり汚濁防止膜なしの場合よりも狭い範囲の拡散に限られており、日最大値の 2mg/L の範囲は、負荷の発生場所から半径約 100m ～200m の範囲内となっている。

(2) シルトの堆積

ポンプ浚渫船（汚濁防止膜なし）の場合、堆積厚が 1mm 以上の範囲は、施工場所を中心として半径約 60m の範囲内になると予測し、施工場所よりも西側へ広がりやすい結果となった（図 4）。堆積厚の最大値は、10mm 以上となっているが、工事期間中の施工場所の移動を考慮すると、この値よりも小さくなると考えられる。

グラブ浚渫の場合（汚濁防止膜なし）の場合、堆積厚が 1mm 以上の範囲は、施工場所を中心として半径約 150m の範囲内になると予測し、施工場所よりも西側へ広がりやすい結果となった（図 5）。堆積厚の最大値は、10mm 以上となっているが、工事期間中の施工場所の移動を考慮すると、この値よりも小さくなると考えられる。

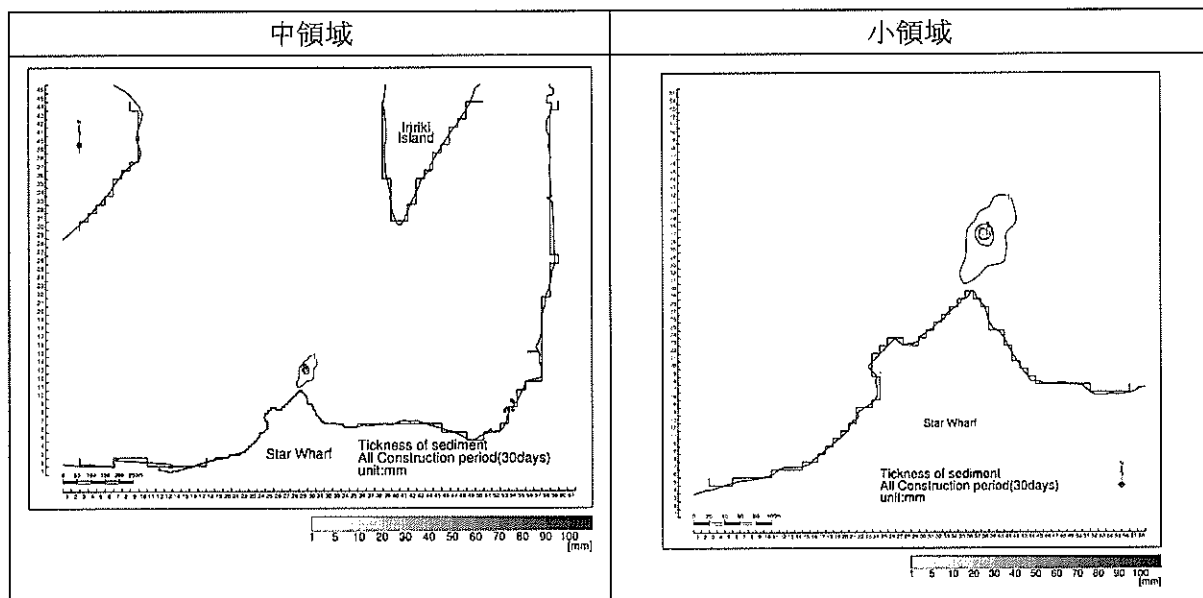


図4 SSの堆積分布（ポンプ浚渫）

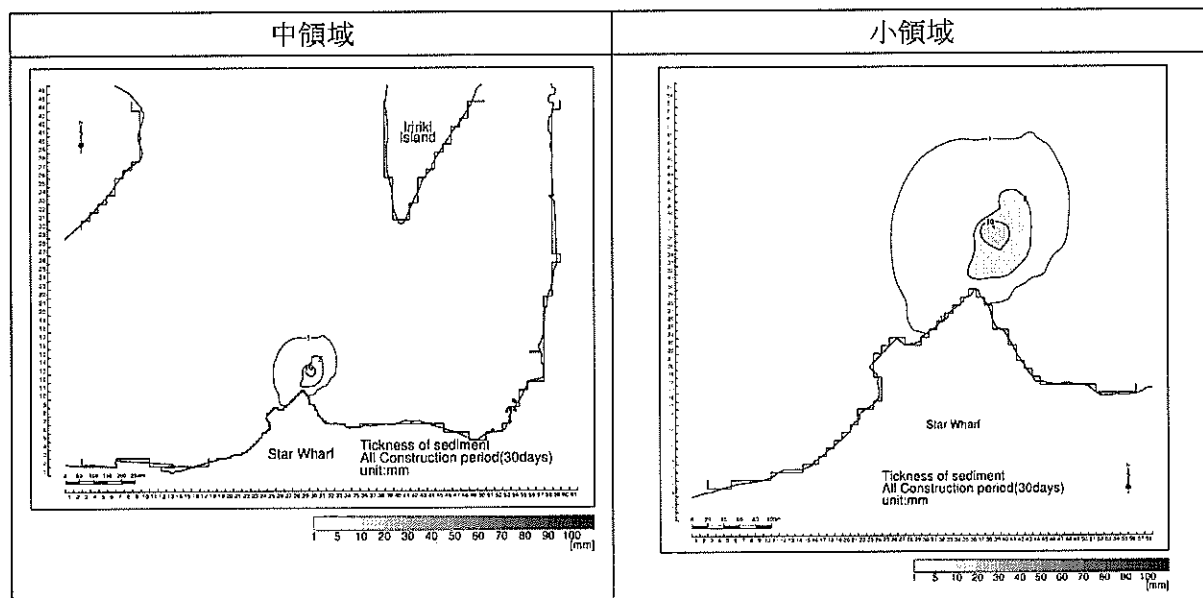


図5 SSの堆積分布（グラブ浚渫）

4. サンゴと流況への影響

4.1 事業実施による影響の評価

4.1.1 埋立による消滅の影響

埋立箇所においては大型個体を有するサンゴ高被度域の一部が失われることが予測される(図7)。

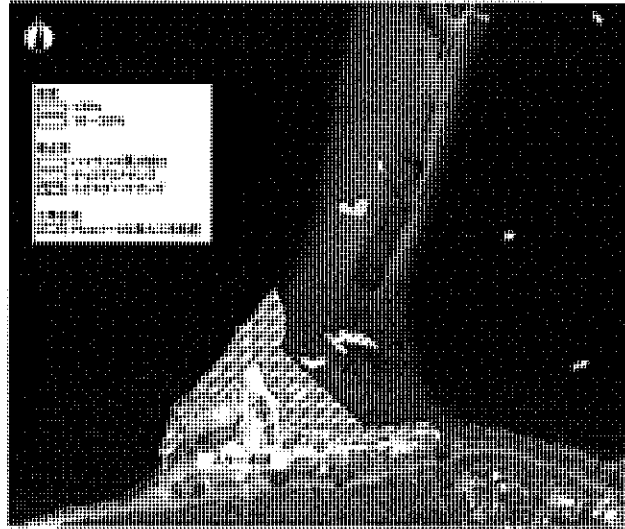


図6 サンゴ群集礁の分布と工事実施区域の重ね合わせ

4.1.2 流動変化に伴う影響

流速変化域は図8に示すとおり、スター埠頭近傍でみられており、流速が現況より遅くなることが想定されるが、流速の変化は1 cm/s程度であり、流速変化によるサンゴ類への影響の程度は小さいと予測される。

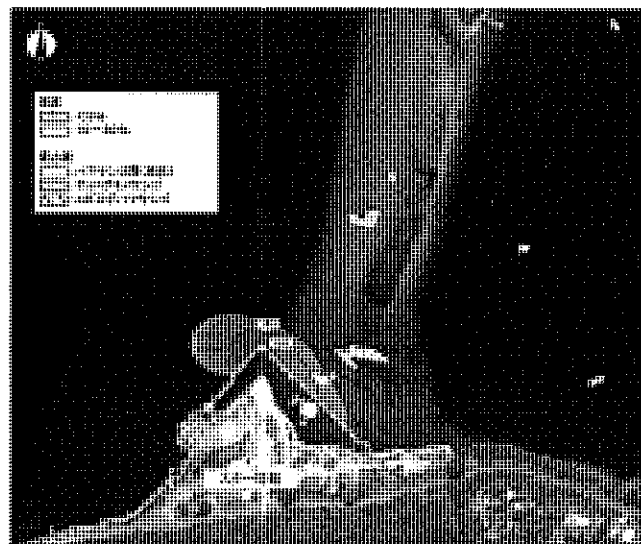


図7 サンゴ群集礁の分布と流速変化値図の重ね合わせ(下げ潮時)

4.1.3 シルトの拡散、堆積に伴う影響

SS の日最大濃度の分布については、ポンプ浚渫はサンゴ生息域に到達しないが、グラブ浚渫は到達する（図 8(1)）。SS の堆積分布については、ポンプ浚渫、グラブ浚渫ともに、サンゴ生息域に到達することはない（図 8(2)）。そのため、グラブ浚渫の場合、シルト拡散によりサンゴに影響を与える可能性があり、ポンプ浚渫を選択することが適切である。しかし、ポンプ浚渫であっても、濁りの発生及び堆積がサンゴ生息域の近傍であるため、流況によってはサンゴに影響を及ぼす可能性も考えられる。仮に、流出した土砂や浮泥が体表に堆積した場合には、サンゴ類と共生する褐虫藻の光合成活性が低下し、その成長に影響を及ぼす。また、サンゴ類は体表に付着した浮泥を取り除こうと大量の粘液を分泌し、衰弱すると考えられる。さらに、白化の起こりやすい高水温期等の脆弱期には、サンゴ類に影響を及ぼす可能性が大きくなると予測される。

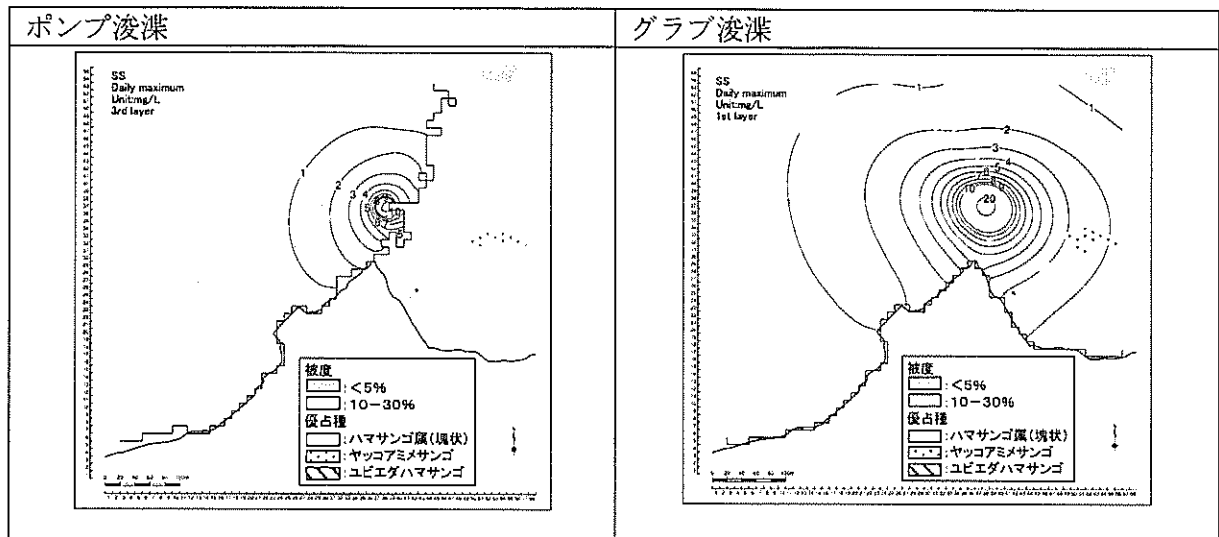


図 8(1) サンゴ群集礁の分布と SS の日最大濃度の分布の重ね合わせ

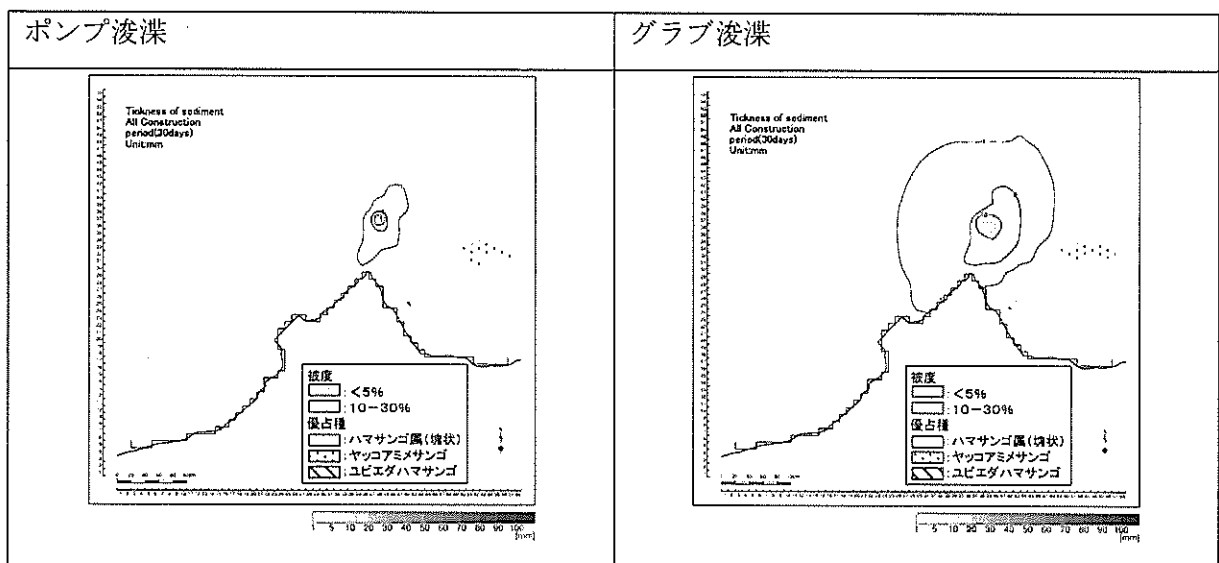


図 8(2) サンゴ群集礁の分布と SS の堆積分布の重ね合わせ

4.2 緩和策の検討

4.2.1 埋立による消滅に対する緩和策

埋立予定地に分布するサンゴは塊状ハマサンゴ属が合計 127 群体、枝状のユビエダハマサンゴが約 20 m²である。これらは水深 1.5~2.1mの浅所に分布するため、大型の船舶の使用が困難であることから、塊状ハマサンゴ属については、小型船舶により運搬可能な大きさのものに限定せざるを得ない。現地で備船可能な船舶の規模から考えると、塊状ハマサンゴ属については群体の長径 2m 以下程度のものを移設対象とするのが適当と考えられる。移設対象とするサンゴは表 1 に示す通り、塊状ハマサンゴ属で 121 群体、ユビエダハマサンゴで約 20 m²となる。

表 1 移設対象サンゴ（黄色枠）

分布域		A		B		C
優占種		ハマサンゴ属（塊状）		ハマサンゴ属（塊状）		ユビエダハマサンゴ
項目		群体数	面積（㎡）	群体数	面積（㎡）	群集規模（㎡）
群体長径	<1m	97	19			約 20
	1～2m	19	34	5	9	
	2～3m	5	25			
	>3m	1	10			
合計		122	88	5	9	約 20
うち移設対象計		116	53	5	9	約 20

4.2.2 シルト堆積影響に対する緩和策

工事による濁りの拡散範囲は、工事区域を中心に拡散することが予測されている。浚渫工事の工法によって影響範囲は異なっており、浚渫工事の工法はサンゴ生息域に影響が及ぶ可能性が低いポンプ浚渫が望ましい。また、ポンプ浚渫による工事においても、サンゴ生息域側には汚濁防止膜の二重設置が望ましい。

グラブ浚渫による工事の場合は、ポンプ浚渫にくらべて濁りが拡散することから、汚濁防止対策をさらに強化する必要がある。例えばサンゴ生息域側には汚濁防止膜の二重設置と浚渫の施工場所における汚濁防止枠の使用が望ましい。

5. 環境管理、モニタリング計画

5.1 工事中

5.1.1 全体実施体制

環境管理モニタリングは、事業の全体責任を担うインフラ公共事業省と財務経済省の責任のもとで行われ、ほとんどの項目については、工事業者への委託内容に含めて発注することで実施する。また、イフィラ港湾開発サービス社（IPDS）を中心とする事業管理グループが実務面をサポートする。また、サンゴの移設やモニタリングについては、海洋生物についての技術や経験を要するため、水産局の協力のもとで行う。

5.1.2 水質

多項目水質計を用いて濁度、pH、水温、塩分について、浚渫工事直前では3日間、浚渫工事期間中は1日1回、8監視地点及び3バックグラウンド地点で実施する。工事監視基準値との比較を行い、工事により基準値超過をした場合には、基準を満たすまで浚渫工事を一時休止する。なお、濁りについては、海域での濁りがストームウォーターによるものかを塩分、目視観察等により判断する。

5.1.3 サンゴ礁生態系のモニタリング

工事監視の手法は、スポット調査により得られたサンゴの生息状況を踏まえ、工事監視基準との比較を行い、工事により基準を満たさない場合には、移設等の新たな対策を講じる。

5.1.4 EIA レポートの環境管理・モニタリング計画の更新

F/S のなかで作成され、バ国環境局に承認されている EIA レポートで提案されている環境管理・モニタリング計画のうち、サンゴ等生態系と海流への影響要因になりうる工事中（海上工事）の計画について、バ国の関係機関と実施に向けた協議を行い、実施の確認と必要に応じた計画の更新を行った。

5.2 供用時

5.2.1 全体実施体制

工事中と同様に事業の全体責任を担うインフラ公共事業省と財務経済省の責任のもとで実施する。また、サンゴ及び水質のモニタリングについては、水産局及び地質鉱物水資源局による長期モニタリングの結果を活用する。

5.2.2 流況

供用後におけるポートビラ湾の流況の変化の予測結果では、スター埠頭整備事業の実施による影響は、事業実施区域近傍でのわずかな流速変化がみられる程度であり、ポートビラ湾の海水交換に影響を及ぼすものではないと考えられる。したがって、本事業の影響をモニタリングする必要性は低いものと評価した。

5.2.3 水質

地形的に最も独立性が高く、都市からの負荷が集中するパレー小湾の水質環境を特にモニタリングすることが適当である。測定は自動的、定期的に多数の連続データがとれる無人観測ブイによることが有効である。

5.2.4 サンゴ

比較的被度の高かったスター埠頭とイリリキ島間、イフィラ島北部、バツマル小湾口の 3 地点において、年 1 回程度の頻度で実施する。

5.2.5 EIA レポートの環境管理・モニタリング計画の更新

ターミナル所有者／オペレーターが実施する環境管理、地質鉱物水資源局、水産局との協力により実施する環境管理、今後バヌアツ国で取り組むべき環境管理について整理した。

6. 提言

6.1 サンゴ礁保全計画の策定

ポートビラ市街における污水处理整備事業が進めば、ポートビラ湾の水質は安定化されるため、サンゴ礁の保全計画を策定し、環境管理を行うことが求められる。

6.2 埋立護岸法面のサンゴ創生

代償措置として、埋立護岸法面にサンゴ着床基盤によるサンゴ移植や法面加工による加入促進を試みることにより、サンゴ群集の創生を図るための試験を行う。

6.3 ポートビラ湾の持続的利用に向けた枠組みの形成

モニタリングデータの評価、科学的知見に基づくポートビラ湾の環境保全や持続的利用に向けた課題の協議、情報共有、合意形成を目的としたポートビラ湾の環境保全と持続的利用のためのコミッティの設置を提案した。

6.4 戦略的環境影響評価の実施

今後港湾開発の重要性が高まる場合、限られたポートビラ湾の水域の集約的な利用の在り方のみならず、他の地域に新たな港湾開発を行う可能性を含め、多様な観点からの議論が必要になると考えられるため、できるだけ早期に観光開発を視野に入れた交通インフラ整備の将来計画を検討し、戦略的環境影響評価を行うことを提案した。

目 次

調査位置等

要約

1.調査の背景と目的.....	1
1.1 背 景.....	1
1.2 目 的.....	1
2.調査概要.....	2
2.1 調査対象地域.....	2
2.2 国際多目的埠頭整備事業の概要.....	2
2.3 調査内容.....	3
2.4 現地調査期間.....	6
2.5 バヌアツ国関係機関.....	6
3.バヌアツ国における環境保全の現況.....	7
3.1 バヌアツ国の環境保全政策、法令及び環境影響評価制度.....	7
3.2 ポートビラ湾の持続的利用をめぐる動向.....	13
3.3 サンゴ礁及び海洋生物の現況.....	16
3.4 海洋環境の現況.....	21
3.5 自然資源の持続的利用に向けた提言.....	25
4.スコーピング.....	26
4.1 代替案の検討.....	26
4.2 本調査のスコーピング.....	31
4.3 サンゴ等生態系と海流への影響に係るスコーピング.....	38

5.現地調査.....	41
5.1 サンゴ礁の実態調査.....	41
5.2 海洋環境調査.....	108
5.3 情報公開手続き・ステークホルダー協議.....	134
6.数値モデルの作成.....	138
6.1 検討内容.....	138
6.2 流動モデル.....	141
6.3 シルト流入・拡散・堆積モデル.....	177
7. 事業実施によるサンゴと流況への影響と緩和策.....	205
7.1 事業実施による影響への評価.....	205
7.2 緩和策の検討.....	217
8. 環境管理モニタリング計画.....	228
8.1 工事中.....	228
8.2 供用時.....	242
9. 提言.....	255
9.1 サンゴ礁保全計画の策定.....	255
9.2 全国レベルからの環境保全計画や開発計画の策定.....	256
9.3 ポートビラ湾の持続的利用に向けた枠組みの形成.....	256
9.5 環境管理・モニタリングに関わる人材の育成と組織の強化.....	258

1. 調査の背景と目的

1.1 背景

バヌアツ国（以下「バ」国）は近年、建設関連産業と観光業に牽引され、高い経済成長を達成しているが、道路、港湾等の経済基盤の整備が追いついておらず、開発上の課題となっている。そこで「バ」国政府は、国家の長期計画である優先行動議題（Priorities & Action Agenda 2006-2015）の中で、ポートビラ港の港湾施設の改善を最重要課題として掲げている。特に同港は、国際的な安全基準を満たしておらず、またコンテナ貨物に対応できない構造となっていたことから、わが国は無償資金協力「ポートビラ港埠頭改善計画」（2007年-2009年）を実施し、緊急対応として同港の安全性の強化や国際用埠頭におけるヤードの改修（バラ積み用→コンテナ用）等機能の強化を図った。

しかし、同港では近年、経済発展に伴って、取扱い貨物量の急増に伴い貨物船が急増する中で、大型観光船を始めとした船舶の入港も急増しており、貨物船が荷役の中断や沖待ちを余儀なくされるケースが多発している。そこで、「バ」国政府は国際貨物用の栈橋やヤードの規模を拡大するため、国内用埠頭も含めた同港の総合的な開発を計画し、AusAID に国際貨物用埠頭の開発に係るフィージビリティ・スタディ（以下 F/S）の実施を要請した。その後、同政府は同 F/S の完成を受けて、2010 年 9 月にその事業化に係る円借款をわが国政府に要請した。

同要請を受けて、2011 年 2 月にファクトファインディング調査団を派遣し、要請内容の確認や円借款に係る基本的事項の確認を行うとともに、同年 3 月に港湾施設、港湾開発、財務分析、環境社会配慮の 4 分野の専門家を「バ」国に派遣し、上記 F/S のレビューに係る技術指導を行った。これらの結果に基づき、プロジェクトの妥当性の検討を行ったところ、EIA については AusAID が F/S の中で調査を実施し、作成した報告書は「バ」国土地省環境局により 2010 年 8 月に承認済みであるものの、サンゴ等の生態系に対する影響やポートビラ湾内の海流への影響についてさらに検証するため、より詳細なデータを収集することが望ましいと判断された。

1.2 目的

新規の円借款事業の形成を図るため、対象海域におけるサンゴ礁の実態や湾内の海流についての追加データを収集し、その結果に基づいて緩和策や事業実施後のモニタリング計画を作成し、わが国無償資金協力事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とした。

なお、本業務は環境社会配慮ガイドライン(2010)に沿って進めることを基本とし、また、カテゴリーA とされていることから、環境社会配慮助言委員会での検討、ならびに情報公開を念頭におき、科学的合理性をもった調査の実施、結果の解析、評価に努めることとした。

2 調査概要

2.1 調査対象地域

バヌアツ国ポートビラ港スター埠頭及び周辺海域（ポートビラ湾）

2.2 国際多目的埠頭整備事業の概要

本事業は、ポートビラ港スター埠頭において、国内貨物用埠頭を国際貨物用に転用するための
栈橋の改修・拡充を中心としたコンテナターミナル開発を行うものである（図 2.2-1）。プロジェ
クトコンポーネントは以下のとおりである。

①土木工事

- 多目的コンテナ及び貨物船全般用杭栈橋新設（L：200m、B：20m、D：12.3m）
- 背後地埋め立て（0.94ha、3.4 万 m^3 ）
- コンテナヤード改善
- 浚渫（バースボックス等 6.2 万 m^3 、水深 12m） 等

②機材調達

- 可動式コンテナクレーン
- 重フォークリフトトラック
- 空コン用ハンドラー 等調達

③コンサルティング・サービス：詳細設計、入札補助等

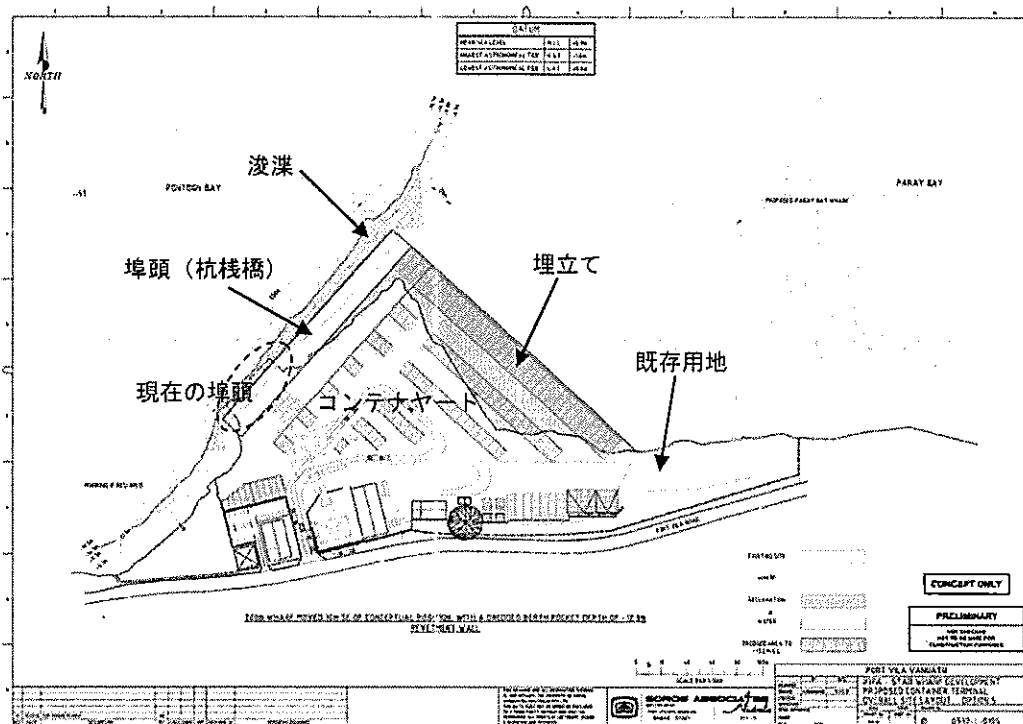


図 2.2-1 事業計画図（スター埠頭）

出典：Star Terminal Construction Project, Bankable Feasibility Study, Final Report (2010)

2.3 調査内容

本調査で実施した内容を以下に示す。

(1) サンゴ等生態系・海流の調査

- サンゴ等の生態系
 - 影響評価や緩和策、モニタリングのベースラインとして、種類や被度を含むサンゴ等の実態を把握した。
- ポートビラ湾内の海流
 - 湾内の海流の実態を把握し、事業に伴う海流変化を予測するため、海流（流向・流速）を実測により把握した。
 - 事業に伴う海流変化、濁り及びシルト堆積の影響を定量的に評価するため、数値モデルを用いた予測計算を行った。

(2) 環境管理・モニタリング計画策定

上記の実態把握と予測結果をふまえ、サンゴ等生態系及び湾内の海流への影響評価を行うとともに、緩和策としてのサンゴ等の移植計画の提案、サンゴ、水質、海流のモニタリング計画の策

定を行った。計画は、実施機関と協議のうえ、実行可能な内容とすることに留意した。

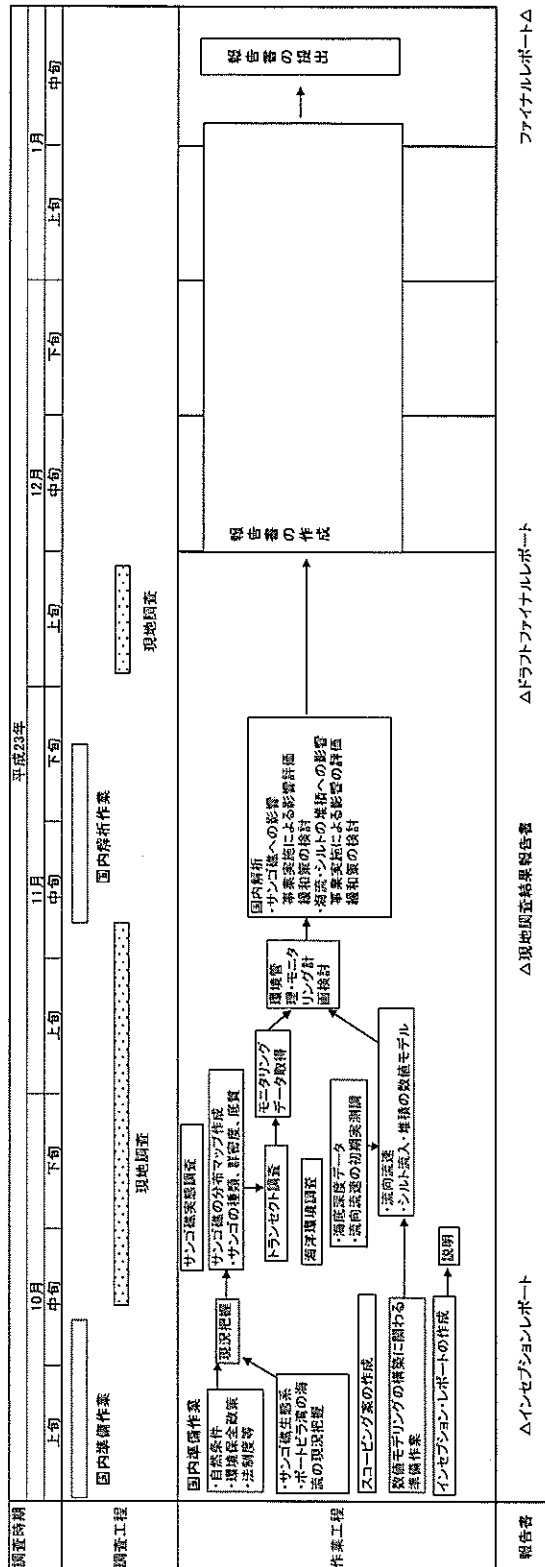
(3) 情報公開・ステークホルダー協議

JICA 環境社会配慮ガイドライン上、EIA の公開及び地域住民等を対象としたステークホルダー協議の開催が必要となっている。本調査では、JICA が実施促進する①EIA 公開、②ステークホルダー協議開催について、技術面から支援した。

<ステークホルダー協議対象者（案）>

- ・ 周辺住民（コミュニティ代表者等）
- ・ 漁業者（漁業組合代表者等）
- ・ 観光業者（イリリキ島リゾート等）

調査フローを次ページに示す。



2.4 現地調査期間

2011 年 10 月 19 日～11 月 17 日 及び 12 月 3 日～9 日

2.5 バヌアツ国関係機関

(1) 実施機関

- ・財務・経済管理省 (Ministry of Finance and Economic Management)
- ・インフラ・公共事業省 (Ministry of Infrastructure and Public Utilities)

(2) 協議機関

- ・環境保護保全局 (Department of Environmental Protection and Conservation, Ministry of Lands & Natural Resources)
- ・水産局 (Department of Fisheries, Ministry of Agriculture)
- ・地質・鉱物・水資源局 (Department of Geology, Mine and Water Resources, Ministry of Lands & Natural Resources)

3. バヌアツ国における環境保全の現状

3.1 バヌアツ国の環境保全政策、法令及び環境影響評価制度

3.1.1 環境及び開発関連法制度

(1) 概 要

バヌアツ国の環境及び開発関連法制度とその概要を表 3.1.1-1 に整理した。環境保全や沿岸の開発、保護区の設置などに関する一連の法制度としてはすでに整備されている。

表 3.1.1-1 バヌアツ国の環境及び開発関連法制度の概要

法制度	概 要
1. 夜間騒音管理法 Control of Nocturnal Noise Act 1965	ポートビラとサント島のルガンビルを対象に、夜9時から朝5時の間の音楽を含む騒音を規制している。
2. 生物多様性条約 Convention on Biological Diversity (Ratification) Act 1992	生物多様性の保全や持続的利用に関する国際条約であり、バ国は批准している。
3. 環境保護保全法 Environmental Protection and Conservation Act (環境管理保全法 (Environmental Management and Conservation Act 2002) が 2011 年 1 月に名称変更)	バ国の環境保全にかかる基本法であり、環境保護保全局局長の権限、EIA の手順、バイオ探索、保護区の指定について定められている。
4. 環境影響評価規則 Environmental Impact Assessment Regulations 2011	環境管理保全法の下で本年発効した新規則。EIA の手順を具体化している。
5. 漁業法 Fisheries Act 2005	漁業管理計画の策定、漁船の登録、漁法の規制、漁業規制区域の設定等を定めている。
6. 前浜開発法 Foreshore Development Act 1975	平均高潮位より低い海岸の土地開発に際する手続きについて定めている。
7. 鉱山鉱物法 Mines & Minerals Act 1986	鉱物採取に関する規定を定めており、海底浚渫や埋め立て土砂採取においても同法にもとづく許可が必要である。
8. オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書 Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer (Ratification) Act 1984	オゾン層破壊物質の削減を目的とする国際条約であり、バ国は批准している。
9. 国立公園法 National Parks Act 1993	国立公園の指定や管理について定められている。
10. 土地計画法 Physical Planning Act 1986 (Chapter 193)	土地開発に係る申請手続きが定めている。土地計画においては自治体が責任をもっている。
11. 遺跡保護法 Preservation of Sites and Artifacts Act 1975	歴史、民族、芸術的遺跡・遺産の保護に関する法律。
12. 水資源管理法	水資源の保護、管理、利用に関する法律。湾

Water Resources Management Act 2002	内の水質管理もこの法律に基づく。
13. 野鳥保護法 Wild Bird (Protection) Act 1962	野鳥保護のため、鳥類の捕獲や殺傷を規制している。

(2) 環境影響評価に係る法制度

EIA の手順については環境保護保全法のなかで概要が定められており、本事業も同手順に従ってすでに EIA 報告書の承認がなされている。なお、2011 年 7 月に同法のもとで環境影響評価規則 (Environmental Impact Assessment Regulations) が定められ、手続きの一部がより具体化された。追加となった主な規定は以下のとおりである。

- すべての事業における初期環境評価 (Preliminary Environmental Assessment) の実施
従来は EIA 手続きが必要になる事業の基準があいまいであったが、新規則により、小規模な個人住宅の建設等を除くほとんどすべての事業でまず初期環境評価を実施し、それをもとにフルスペックの EIA 実施の必要性が判断されることとなった。
- パブリックコンサルテーションの実施
従来の手続きでは EIA の過程では、ステークホルダー協議などのパブリックコンサルテーションを義務付けていなかったが、新規則ではこれが明記された。これにより、事業者は事業内容についてのコンサルテーションを開催することが必要になり、またその開催場所は、最低 1 回は事業区域の近傍で行わなければならないことが規定された。さらに、環境保護保全局長の判断により、EIA の TOR 作成段階と EIA レポートが完成した段階で、コンサルテーションを実施できるようになった。EIA レポートのコンサルテーションを開催する場合には、EIA レポートのコピーがどこで入手できるかも明らかにしなければならなくなっており、EIA レポートの公開義務にもつながっている。
- 環境管理モニタリング計画 (Environmental Management and Monitoring Plan) の策定
従来法律では環境管理モニタリング計画の策定については明記されていなかったが、新規則では EIA レポートの一環として同計画を策定し、承認を受けることが義務付けられた。

本事業に関してはすでに EIA を実施していることから、初期環境評価の手続きは必要ないが、パブリックコンサルテーションについては本調査期間中に 2 回開催され、新基準にも適合している。

(3) 保護区に関する法制度

バ国の保護区に関する法制度を以下に整理した。本事業予定地及びその周辺地域はこれら法制度で定められた保護区や国立公園には該当しない。

- 環境保護保全法に基づく保護区 (Conservation Area)
環境保護保全局長は、以下の基準に該当する地区を、慣習に基づく土地所有者の承諾を得たうえで保護区に指定することができる。
 - a. 遺伝的、歴史的、地質学的、または生物学的に特有な資源であること
 - b. 国内に特有または国際的に重要な野生動植物の生息地であること
 - c. 世界遺産条約のもとで保護が必要なこと
 エファテ島では、北部の Nguna-Pele が海洋保護区に指定されており、地元コミュニティによるサンゴ礁の管理が行われている。
- 国立公園法に基づく公園 (National Park)

国立公園法では、以下の基準を満たす地区を国立公園や国の自然保護区に指定することができる。

- a. 特有な生態系、遺伝的資源、物理的生物的性状をもつこと
- b. 科学的観点から保全の価値の高い貴重な動植物の生息地であること
- c. 優れた自然景観を有すること
- d. 考古学的または他の科学的、環境上の重要性をもつこと

公園の指定は、複数の省からの局長や部族長で構成される国立公園評議会の勧告のもとで行われる。しかし、環境保護保全局によれば、実際に指定された地区はまだないとのことである。

- 漁業法に基づく保護区 (Marine Reserve)

農業森林水産畜産省大臣は、近接する土地所有者や地元政府と協議のうえ、海洋保護区の指定を行うことができる。保護区では、許可なしに漁業活動、サンゴの採取や破壊、浚渫や土砂採取、生息場の攪乱、沈船の撤去や破壊を行うことが禁止される。

3.1.2 環境保全施策

(1) サンゴ礁等生態系保全

サンゴ礁に特化したものではないが、バ国の生態系保全策としては、環境保護保全法にもとづく EIA の実施や保護区の制定等を通じて実施されている。

生物多様性条約のナショナルレポート(2006)によれば、バ国の生態系関連のモニタリングとしては以下があるが、全般に調査研究は少なく、生態系に関する知見は限られているとのことである。また、技術的、財政的能力不足により、包括的な調査は行われていない。

- a. 環境変化を評価するためのベースラインとして、エファテ島周辺の数か所における沿岸域の生息環境のモニタリングが行われている。（ポートビラ湾内では行われていない。）
- b. 海産有用種（食糧、装飾品等）の採取による影響のモニタリングのため、選定された種について個体数調査が行われている。
- c. 森林再生調査地のモニタリングが行われている。

(2) 沿岸資源管理

バヌアツにおいて、2006-2007 年に実施された農業センサスによれば、地方部世帯ではその食糧の 77% を自給に頼っていること、全世帯の約 78% が漁業に関わり、その 73% が主に自給を目的としているなど、自給自足生活を行うバヌアツの地方部の住民にとって、水産物は貴重なたんぱく質供給源の一つとなっている。このため、バヌアツ政府にとって適切な水産資源管理を持続的に行っていくことは大きな関心の一つであり、中期計画である「国家優先課題・行動計画 (Priority & Action Agenda、以下 PAA) : 2006-2015 年」では、水産部門について「地方住民のほとんどが何らかの形で関与し、現金収入源のみならず自給的栄養源として依存している沿岸漁業資源の適切な管理と利用が必要」としている。以下に、水産資源管理に関する項目を抜粋する。

(1) 水産資源管理を改善するために：

- 1) 水産セクター戦略を策定する。
- 2) 漁業に関する法令を改訂する。
- 3) 水産局の組織能力を強化する。
- 4) 沿岸水産資源の管理に関する州政府の能力を強化する。

(2) 沿岸とサンゴ礁の持続的資源管理を改善するために：

- 1) 沿岸およびサンゴ礁水産資源を管理するため、住民参加を促す。
- 2) サンゴ礁魚の流通・販売市場を整備する。

- 3) 水産セクター関係者の参加を促進する。
- 4) 人工浮魚礁（FAD）を設置するため、地域住民の参加を促す。

国家による実際の沿岸資源管理として、漁獲サイズによる資源管理および漁期による資源管理を行っている。これらは漁業法に規定されており、法律を破った場合には10万バツ以下の罰金が課せられる。また、漁期による管理の事例として、サンマ州およびトルバ州のヤシガニ漁の漁期規制が挙げられる。ヤシガニの禁漁期は2005年から5年間、毎年8月～10月の3ヶ月実施された。2010年7月の資源調査の結果、さらに5年間の禁漁期の実施が決定され、現在に至っている。

中期計画である、このPAAの課題達成にはその基礎となる「漁業管理（体制）の改善」が急務であり、短期戦略（2009-2012）フレームワークでは、経済成長・雇用促進の機動力となる生産セクターにおける優先戦略（課題）として農林水産・検疫省内の農業・地方開発局と水産局普及部門の組織能力強化を挙げている。

これらの政策を実行するのは、農林水産畜産省（MAQFF）の水産局（VFD）である。水産局の設立の目的は、「バヌアツ国民の最大の利益を確保するため水産資源に関する適切な政策管理と持続的な開発を行うこと」である。

水産局の運営体制は、本部がポートビラに、北部を統括する地域事務所がサンマ州ルーガンビルにある。また、その他のすべて州に支局があり、水産支局員が配置されている。2010年11月現在、水産局には52名の職員（うち正規雇用34名、非正規雇用3名、他機関への出向中2名、空席13ポスト）が勤務している。特にサンゴ礁など海洋資源のモニタリングに関する専門性の高い技術者を抱えており、本案件で提案する環境管理・モニタリング計画を実行する組織面、人材面では十分な体制を整えているといえる。また、水産局の職員の離職率は現状では大変低い。

また、予算面では、水産局の活動予算は、2008年には約42百万バツであったが、2009年には78百万バツと2倍近い伸びを示しており、2010年度にも約77百万バツが通常予算として確保されている。また、2010年度については、地方／離島部の水産振興のためにさらに20百万バツの予算が割り当てられた。2011年にも同程度の予算措置が見込まれている。

一方、バヌアツでの沿岸資源管理は、これまで述べてきた、国家による法的な漁業規制とは別に、村落独自のルールによる資源管理がある。村落独自のルールによる資源管理の例として、「自然環境保全における住民参加：熱帯沿岸における海洋保護区を例に²⁾」には村落の独自ルールによる資源管理の例が24例示されている。水産局で把握していないものも多いと見られ、現在ではバヌアツ全土でさらに多くの村落レベルの資源管理が行われているものと見られる。

多くの場合、村落が伝統的に保有する海域をMPAまたは禁漁区（タブーエリア）とする場合が多いが、いくつかの村では漁具規制、禁漁期などを設定している例も見られる。この村落レベルの資源管理は、NGOやドナーなどの働きかけがきっかけとなって開始される場合と、居住コミュニティが資源の減少傾向を懸念して開始される場合がある。ウリ島のMPAのケースでは、きっかけはドナーからの働きかけであったが、調査時点では資金援助を受けずに、独自で資源管理を継続している。また、多くのMPAでは、特定のまたはすべての資源の利用が通年禁止されているが、村で何らかのイベントがあり、村民に現金収入が必要になった場合などに限り、チーフの許可で一時的に禁止措置が解かれるなど、特例措置がある。このようにバヌアツでは、伝統的な村落組織の力によるMPAを設けるなどの水産資源管理が一般的となっており、村落ベースのMPAは増えている。

（JICAによる水産局の能力強化及び人材育成への支援）

この沿岸資源管理の促進を担う水産局の能力強化をはかり、コミュニティの沿岸資源の管

¹ FISHERIES DEPARTMENT (2008) ANNUAL REPORT

² 中谷誠治 (2004). -- 国際協力機構国際協力総合研修所.

理の適切な実践を目指して、JICAにより、2007年～2009年の3年間、「豊かな前浜プロジェクト」が実施された。同プロジェクトにより、沿岸資源管理に関する水産局職員の技術・能力は十分に強化が図られた。さらに現在、村落コミュニティ自身による沿岸資源管理能力の強化を図っていくための水産局職員の指導能力を養成することを目的とした「第2フェーズ」が準備されており、2012年の早い段階に開始され、3年間実施される予定である。同プロジェクトの実施により、水産局の継続的に事業を実施するための能力は維持される見込みがある。水産局の職員の離職率は大変低く、若い職員もカウンターパートとしてプロジェクトに関わるため、長期的な能力の定着が期待される。

また、本事業の実施を前にして、水産局からは、同局の主にサンゴ礁に関する定点観測を支援するための短期のシニアボランティアの要請が提出されており、JICAにて候補者の募集が行われている。同ボランティアが派遣されれば、水産局の本事業に係る環境モニタリング活動に対する能力の強化が期待される。

(3) 水質保全

バ国は、水資源管理法にて水質基準及び水質保全について規則を定めているが、時代とともに変化する生活環境及び経済状況による環境への影響を配慮するものとして、バヌアツ国家水戦略（National Water Strategy 2008-2018）を作成し、地質鉱物水資源局（Department of Geology, Mines and Water Resources）が主体となり、国全体の水資源を長期的かつ包括的に管理するため、以下の目標を立てている。

1. 透明性のある水資源規制管理のための、法的枠組みと関連機関の役割の明確化
2. 地質鉱物水資源局の組織能力強化
3. コミュニティによる水関連施設の運営維持
4. 水源地の管理と保護
5. 水質モニタリングと基準維持
6. 家庭用伝統的水利用と持続的経済発展のための適切な施設導入
7. 政府とステークホルダー間の情報共有メカニズム

これらの目標に基づく実施計画は策定中であり、水質基準もまだできていない状況にある。

(4) 廃棄物管理

バ国は廃棄物管理に特化した法規制はなく、廃棄物管理や環境管理分野の法令としては、環境保護保全法がある。

一方、環境保護保全局によれば、リサイクルや最終処分場管理含め廃棄物管理に特化した法案として、Waste Operations and Services Act、Ozone Layer Protection Act、Environmental Management and Conservation（Waste and Litter Control）Regulations が作成されている段階にあり、いずれもゴミの回収処分、管理の在り方や責任を定めるものとして検討されている。

さらにバヌアツ政府は現在、国家廃棄物管理戦略を作成中であり、ドラフト段階となっている。

一方、廃棄物管理に関する取り組みの現状であるが、首都ポートビラの市街地のごみ収集は市によって週2回行われている。リサイクルが実施されていないためごみの分別収集は行われていないが、全てのごみがブッフア処分場に運ばれている。最終処分場としてポート・ビラ市役所が運営管理しているブッフア処分場は2008年にJICAの技術協力プロジェクト「ブッフア処理場改善プロジェクト（2006年9月～2008年9月）」の支援で準好気性衛生埋立処分場に改善された。現在、処分場の運営管理自体は問題が無いが、同処分場の残余年数が短くなっているため、運営マニュアルの改善やモニタリング強化が必要とされる。また、リサイクル活動は行われていない。リサイクル業者は1社にとどまり、鉄くずの収集のみを行っている。バヌアツでは物価が高いため、集めたアルミ缶やプラスチックの海外への運び出しに

輸送量が掛かり過ぎることが原因である。

このような現状に対し、JICA は、バ国を含む大洋州 14 国を対象に、廃棄物管理方法の改善を目的とした太平洋地域環境計画（SPREP）のプロジェクトを支援してきている。バ国を対象とした支援としては、2011～2016 年を期間として現在以下の取り組みを行っているところである。

1. ローカルスタッフ、作業員の能力強化
2. 廃棄物回収処分の設備と管理の改善
3. 廃棄物リサイクルの促進
4. 廃棄物管理計画と政策

3.2 ポートビラ湾の持続的利用をめぐる動向

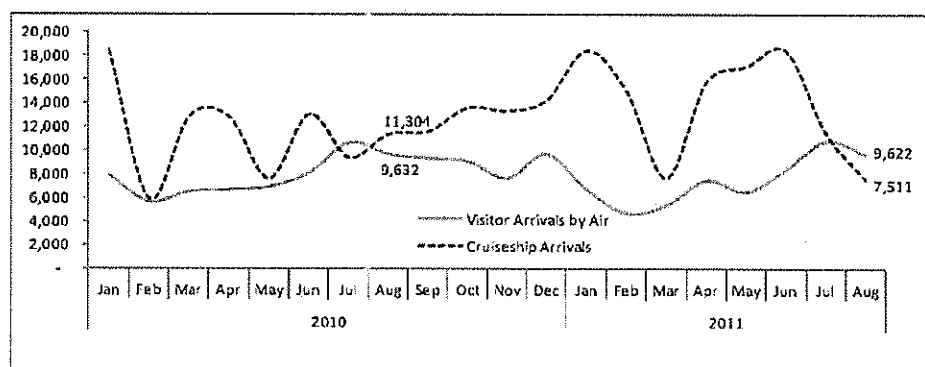
3.2.1 観光施策と現状

バ国は主要な産業として観光開発を積極的に進めており、「Vanuatu Tourism Development Master Plan 2004-2010」を策定している。同計画において、持続的な観光開発のために重要な要素として以下があげられている。

1. 交通ネットワークとシステム整備によるアクセスの確保
2. 適切な観光施設やサービスの創出
3. 適切なマーケティング
4. 持続的な観光資源管理
5. 社会経済発展への寄与の最大化

バ国への訪問者数は、国際航空便、クルーズ船あわせて月2～3万人であり（図 3.2.1-1）、約半数がオーストラリアからの訪問者である（2011年8月の国別訪問者割合：オーストラリア53%、ニュージーランド19%、ニューカレドニア10%、ヨーロッパ3%、日本1%）。

バ国の観光の魅力は豊かな自然と伝統文化にある。Vanuatu Tourism Development Master Plan 2004-2010によれば、エファテ島以外の島ではこれらの魅力が色濃く残っているにもかかわらず、アクセスや移動手段の悪さから実際の訪問人数は少なく、観光客の大半は、国際空港と港があり、道路状況や交通機関の信頼性が高いポートビラにとどまる結果となっている。ポートビラではアクセスの良さに加えて大規模な宿泊施設や商業施設、マリンスポーツ等の観光客向けのサービスが充実しており、観光客の快適な滞在が可能となっている。



Source: Vanuatu National Statistic Office

図 3.2.1-1 バ国訪問者数の推移

3.2.2 ポートビラ湾の利用状況

ポートビラ湾の自然の持続的利用と保全のあり方を検討するための資料として、湾の利用や現在進行中の開発計画に関する情報を整理した。

(1) レクリエーション・観光利用の現状

ポートビラ湾内で行われているレクリエーション、観光利用の主な位置を図 3.2.2-1 に示す。湾内は静穏であるため、年間をとおして各種のマリンスポーツに利用されている。サンゴなど水中を観察するスノーケリングやグラスボートはイリリキ島から北側の湾口に近いエリアが中心となっており、湾奥では行われていない。ダイビングスポットは湾奥に2箇所あるが、いずれも沈

船が目的であり、サンゴ等の観察を目的としたものではない。地元ダイビングサービス業者によれば、このうちポンツーン小湾のスポット（ロシア沈船）へは週2回程度ツアーが行われているが、パレー小湾のスポットは、透明度の悪さから最近では利用が少なくなっているとのことである。なお、これらは主に国外からの観光客による利用であり、地元住民によるレクリエーションとしては、北部の海岸での海水浴があげられる。

これらの状況から、本事業実施による観光への負の影響はほとんど見られないと考えられる。ただし、レジャーボート等の航行への影響が考えられるため、工事中、供用時それぞれについて制限区域の調整を行うことを環境管理計画に含める。



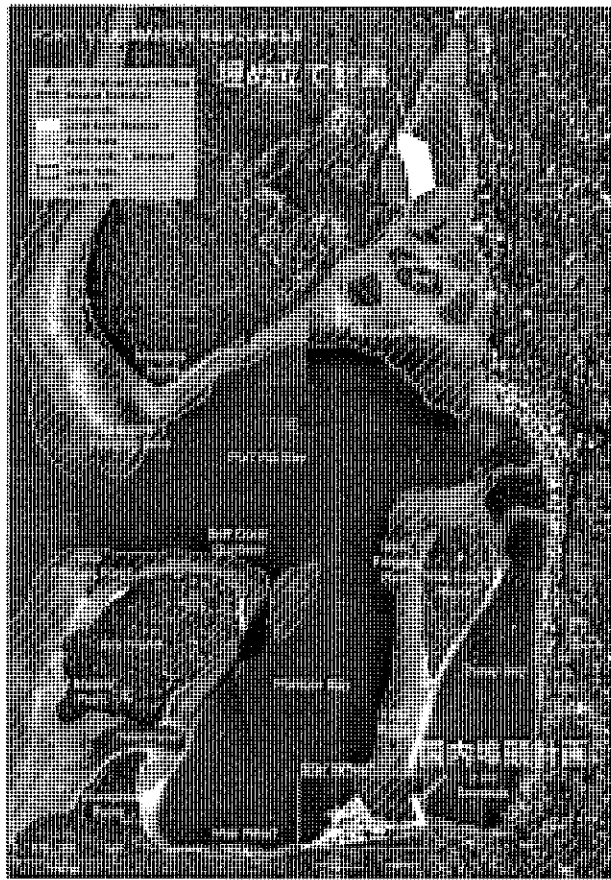
注) 地元観光業者への聞き取り、観察結果をもとに作成。
ベースマップ：Supplementary
Environmental Impact Assessment of
Star Terminal Development (2010)

図 3.2.2-1 ポートビラ湾のレクリエーション・観光利用

(2) 開発計画

スター埠頭の東側には、ADB とニュージーランド政府の支援による国内埠頭の建設が計画されている。同計画はバ国の離島間の海上交通を強化するためのものであり、岸から約 200m 突き出した突堤の形状の埠頭として計画されている。ADB によれば、現在 IEE についてバ国環境保護保全局の承認を得たところであるが、バ国側からは今後詳細な EIA が必要との認識が示されたとのことである。詳細な事業計画は今後策定される。

北部のバツマル小湾では、約 1.5ha の埋め立て計画が議論されている。EIA の手続きは現在実施中であり、その一環として 10 月にステークホルダー協議が開催されている。新聞報道によれば EIA では埋立地の利用計画は明記されておらず、ステークホルダー協議においても具体的な説明はなされていないが、目的はリゾート開発であるといわれている。リゾート開発は周辺でも進んでおり、対岸もすでにリゾート施設（ホテル等）となっている。埋め立て計画地には住民が海水浴等で利用している自然の浜が含まれており、事業計画の適切性が議論されている。



注) 新聞報道、ADB 資料をもとに作成。
ベースマップ：Supplementary
Environmental Impact Assessment of Star
Terminal Development (2010)

図 3.2.2-2 ポートビラ湾の開発計画位置図

3.3 サンゴ礁及び海洋生物の現況

3.3.1 地形

バヌアツ国は地理的には、1774 年ジェームズ・クックにより命名されたニューヘブリデス諸島として知られ、70 以上の火山島、隆起サンゴ礁島群から成る。首都ポートビラの位置するエファテ島は主としてサンゴ石灰岩よりなり、隆起地形があちこちに見られる³。ポートビラ湾周囲も隆起地形に囲まれており、市街地はその斜面あるいは台地上に形成されている。

ポートビラ湾は西のメレ湾に開く狭い開口部（17° 45' S、168° 18' E）があるのみの急深な天然の良港で、パレー小湾、ポンツーン小湾、バツマル小湾、ポートビラ主湾の 4 海域に地形的に区分される。バツマル小湾を除いて、各湾の水深は 40m 以上ある。メイン埠頭、スター埠頭ともにポンツーン小湾の最奥部に位置する。最も静穏なパレー小湾には 50 隻以上の大型ヨットが係留している。

裾礁に区分されるサンゴ礁地形が湾央イリリキ島周囲及び同島の南端から南に向かい延伸し、パレー小湾の独立性を高めている。スター埠頭はこの地形による浅瀬を埋立てたものと考えられる。バツマル小湾口もサンゴ礁による浅瀬で閉じられており、湾奥にはマングローブが分布する。ポートビラ主湾口を形成するイフィラ島及びマラポア岬周囲も裾礁により縁どられている。

3.3.2 サンゴ群集

2010 年 4 月に刊行された EIA 報告によれば、ポートビラ湾における主要なサンゴ群集は Most Important Coral Areas として次の 5 ヶ所が示されている（図 3.3.2-1）。

- ① マラポア礁：バツマル小湾の湾口にサンゴ礁が発達
- ② マラポア岬：岬に沿って裾礁が分布
- ③ イリリキ裾礁：塊状サンゴが分布
- ④ イフィラ裾礁：塊状サンゴが分布
- ⑤ イリリキ南延礁：高被度サンゴ群が点在

³ 水路部（1935）南太平洋諸島西部水路誌 第1巻



同報告書によれば、Most Important Coral Areas は、次のような調査結果から選定されている。

- ① 底生生物群集の現存量が多くて、健全な状態（摂餌、産卵行動）を示している
- ② なんらかの原因で海底基盤が空白になった場所に、新たな生物の着生が多くみられる
- ③ サンゴ群集構造が安定的（成長が遅く古い塊状ハマサンゴ類と成長が早い枝状ミドリイシ類との組合せ）
- ④ 造礁サンゴとソフトコーラル類が混生し、生物多様性が高いため、環境攪乱に強い

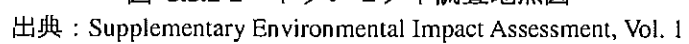
ただし、イリリキ島北西部の Area はトランセクト調査地点が設定されていないので、定性的な調査結果に基づくものと思われる。

モニタリングのための定量的な定点調査として、トランセクト調査がポートビラ湾内を 4 海域に区分し（St. 1：直接工事の影響を受けるスター埠頭周辺、St. 2：影響を受ける可能性があるイフィラ島沿岸、St. 3：同様にイリリキ島南部、St. 4：対照区としてのバツマル小湾口）、各海域 4 ヶ所、計 16 ヶ所で実施されている（図 3.3.2-2）。

調査結果によれば、スター埠頭付近の St. 1 でサンゴ被度、多様性ともに最も低く、イリリキ島南部の St. 3 及びバツマル小湾口の St. 4 で最も高かった。ただし、St. 1 においても埋立予定区域にはサンゴ被度、多様性の高い場所があった（ただし、多様性の数量的根拠は示されていない）。それらは、塊状ハマサンゴを主とするもので、イリリキ島裾礁に移設することを提案している。

浚渫予定区域にはサンゴや底生生物はみられないが、底質が砂底のため、工事によるシルト拡散対策の実施を提案している。魚類生息状況については、全箇所において、現存量、多様性共に低く、特に大型魚が見られないことから、乱獲によるものとしている。バツマル小湾を海洋保護区とすればポートビラ湾の魚類資源の涵養に資することが述べられている。

また、浚渫区域西側の既存埋立地海岸にはガンガゼ類（ポートビラ湾で最もよく目につく底生動物）や、ナマコ類、ヒトデ類がわずかにみられるため、これらについては、容易に移動が可能なものについては、近辺に移動し、移動不可能なものについては、汚濁防止幕設置により工事中の生息環境の保全を提案している。



3.3.3 海草藻場

ポートビラ湾には海草も場はあまりみられず（急深で浅所が極めて少ないため）、バツマル小湾の西側浅所に分布する程度である。このも場はジュゴン（3 個体と推定されている）の摂餌場所と考えられている。マングローブもバツマル小湾奥に分布するほかは、イフィラ島の南西部にもわずかに分布する程度である。バヌアツにおけるマングローブ面積は 2500～3500ha と見積もられているが、そのうち 2000ha はエファテ島北方に位置するマラクラ島に分布する⁴。

3.3.4 ジュゴン、ウミガメ類

(1) ジュゴン

EIA 報告ではバツマル小湾における推定個体数を 3 個体としている。水産局ソンペルト主任研究官からの聞き取りでは、2011 年に 2 回、パレー小湾に 1～2 個体が回遊するのが目撃された。バヌアツにおけるジュゴンの学術調査は行われていないが、過去（1983 年）の報告によれば、個体数は多くないが、バヌアツ全域に生息している⁵。上記研究官の情報では、ポートビラ湾付近では主個体群はメレ湾（海草も場が広く分布）に生息し、偶発的に一部の個体がバツマル小湾の海草を摂餌しに回遊する。そのため、本事業がジュゴンの回遊生息に与える影響は軽微であると考えられる。

(2) ウミガメ類

バヌアツで見られるウミガメ類の多くはアオウミガメとタイマイである。これらの最も重要な産卵地はマラクラ島周辺である。また、北端のトレス諸島、中部のエピ島にも主要な産卵地がある⁶。EIA 報告には種の記載以外に特に報告はない。ソンペルト研究官の情報では、ポンツーン小湾奥でもかつては産卵が見られたが、開発によりみられなくなった。メレ湾にある主個体群の一部がポートビラ湾内にも時折回遊するが、最大でも 5 個体以下である。バツマル小湾に海草群落があるので摂餌に来遊するが、沿岸の開発が進んでいるため、産卵はない。今回調査中にも 3 回ほど観察したが、全てポートビラ湾の北部であった。そのため、ポートビラ湾奥における本事業がウミガメ類の回遊生息に与える影響は軽微であると考えられる。

3.3.5 水産資源

バヌアツにおける水産経済の貢献は GDP の約 1 % で小規模であるが、地方家庭の 60 % においては食糧や現金収入の糧として重要な役割を果たしている。その生産量は約 2400t/年と見積もられている⁷。バヌアツでは 1990 年まではタカセ貝と夜光貝が主要な水産輸出品であった。これらはボタンや細工品材料として取引された。しかし、1920 年代からの乱獲により、資源が減少してしまったため⁸、2006 年から JICA の支援で「豊かな前浜プロジェクト」が実施され、その一環として、水産局にタカセ貝と夜光貝及びシャコガイの種苗生産施設が整備された。現在、夜光貝 3500 個体/年、タカセ貝 4000 個体/年、シャコガイ類 100,000 個体/年が地方漁村に配布され、放流されている。それらは成長後、収穫され、夜光貝は細工材料として販売される。シャコガイは家庭における食糧として使われる。

⁴ David G (1985) Les mangroves de Vanuatu: 2eme partie, presentation generale. Naika 19:13-16.

⁵ Crossland J (1983) Vanuatu's new fishery conservation measures, Naika 12: 10-11.

⁶ Pritchard PCH (1981) Marine turtles in the South Pacific. The Biology and Conservation of Sea Turtles: 153-262.

⁷ Secretary of the Pacific Community (2008) Vanuatu Aquaculture Development Plan 2008-2013

⁸ Lovell E et al (2004) Status of coral reefs in the south west pacific: Fiji, Nauru, New Caledonia, Samoa, Solomon Islands, Tuvalu and Vanuatu: 337-361. Status coral reefs of the world.

ポートビラ湾における水産資源は地域漁民による乱獲等のため、魚類、無脊椎動物を含めて著しく減少傾向にある。食用魚だけでなく、サンゴ礁魚などの観賞魚の乱獲も進んでいる。2001年～2003年に観賞魚の輸出は2万匹から7万匹に急増しており、この傾向が続くと予想されているが、これは伝統的漁民によるものでなく、水産局も詳細は把握していない⁹。

水産局ルドリック技官への聞き取りでは、ポートビラ湾内ではほとんど漁業の操業はなく（わずかにバツマル小湾、パレー小湾でヒメジ類、アイゴ類を対象とした刺網が行われている）、漁民（ポートビラ湾内に約20隻）は湾外沖合での一本釣り、湾外浅所での刺網を行っているとのことであった。

ポンツーン小湾における漁業活動は事業地周辺に居住しているイフィラ族にのみ許可されており、ポートビラ湾内で漁獲された魚類の販売はシガテラ毒の問題から自家消費のみが許されていることもあり、銕漁を主とするわずかな漁獲量の極めて小規模なものである。

このように、ポートビラ市における水産業、水産経済は小規模なものであり、本事業実施による水産資源への影響も考えられないことから、本事業実施による、湾を利用する漁業者、海産物採集者への影響は低いと考えられる。

なお、スーパーでは輸入魚が販売されているが、高価なため、一般市民は主食となるイモ類や野菜等の生鮮食品は中央市場等で購入し、副食品としては安価に購入できるインスタント食品、缶詰などを好む傾向が強まっている。

また、水産局横の棧橋には韓国マグロ漁船が水揚げし、鮮魚を日本へ空輸するとのことであった。冷凍魚の場合はフィジーに水揚げする。

3.4 海洋環境の現況

3.4.1 海流

バヌアツは西流する南赤道海流の影響下にあり、エファテ島付近では南東貿易風の影響下にある5月～10月には1/4～3/4ktで西流する。ポートビラ湾の潮流は、上げ潮は湾口からパレー小湾及びポンツーン小湾に流れ、下げ潮はその逆である。流速は風により影響され、無風時はほとんどない⁹。SPREP/SOPAC 調査¹⁰によれば、湾内の流速は0.8m/s以下で、スター埠頭付近の流れは一般に微弱である。

2006年のEIA報告¹¹によれば、潮汐周期中の表層流は0.03～0.10m/sで、ほとんど南西流したが、15m深では0.07～0.30m/sで逆方向へ流れた。

EIA報告では2010年2月12日（大潮付近）の簡易な測定器による測流結果があり、それによれば、スター埠頭付近の流速は微弱で0.25m/sであった。

今回潜水調査中にもイリリキ島とスター埠頭間でまれに下げ潮時に微弱な西流を感じたくらいである。

3.4.2 水質

ポートビラ湾の水質は海岸から見る限りは、湾奥のスター埠頭付近でも澄んでみえる。しかし、湾内には表土流出、浄化槽のオーバーフロー、都市排水、湾内に停泊する多数の船舶からの排水等多くの負荷がある。

湾内の水質測定は、地質・鉱物・水資源局が1999年～2004年、3～6ヶ月間隔で、湾内14地点

⁹ United Kingdom Hydrographic Office (2006) Admiralty Sailing Directions, Pacific Islands Pilot vol. 2.

¹⁰ Carter R (1983) Baseline Studies of Port Vila and Eraker Lagoons, Vanuatu. Cruise Report No.82 of PE/VA 6/T-1 to 4.

¹¹ Esrom DE (2006) Environmental Impact Assessment for the Star/Ardimanni Wharf Rehabilitation and Improvement Project.

で実施してきたが、2004年5月火災により、測定機器が損失したため、中断し、2009年再開したが、予算不足により停止したままとなっている。

EIA調査では、水温、塩分、pH、溶存酸素量、透明度、大腸菌群数、窒素・リン（一部の地点のみ）の測定が行われた。経年的に増加が示されたのは、大腸菌群数で、パレー小湾やメイン埠頭付近で上昇した。浄化槽からのオーバーフローと考えられる。透明度はバツマル小湾で堆積物のために低く、イリリキ島排水口付近でも減少傾向がみられる。スター埠頭直近では測定は行っていないが、イリリキ島南延礁やメイン埠頭におけるデータでは特に問題点はなかった。

また、事業区域に隣接するパレー小湾の水質環境について、その独立性から海水交換が十分行われないため、深部の海水が滞留し、堆積物、栄養塩、汚染物質が蓄積され、深部が貧酸素状態となることを指摘している。

2009年以降調査が行われていなかったが、地質・鉱物・水資源局がオーストラリアの協力で2010年にポートビラ湾表層水質観測を実施した。その結果によれば、パレー小湾周辺では、硝酸態窒素が2010年11月、0.04mg/l、同年12月、0.5mg/l、亜硝酸態窒素が2010年11月、0.005～0.01mg/lであった。また、リン酸態リンは2010年11月、0.01～0.03mg/l、同年12月0.14～0.22mg/lであった。

比較的閉鎖性のサンゴ礁環境で市街地に隣接し、類似性のある琉球列島の石西礁湖では、季節にかかわらず硝酸態窒素は<0.01mg/l、亜硝酸態窒素は<0.005mg/l、リン酸態リンは<0.003mg/lであることが多い。それに比べると、パレー小湾では2010年12月、硝酸態窒素が50倍、リン酸態リンが約50～70倍と硝酸態窒素とリン酸態リンの量が極めて高い。2010年11月では、硝酸態窒素が4倍、亜硝酸態窒素が同程度、リン酸態リンが3～10倍と高い。

全般にpHは海域では弱アルカリを示すことが普通であるが、調査データをみると中性が多いので、陸水の影響が強いことが示唆される。

これらのデータを見る限り、陸域負荷が12月に極端に高いので、何らかの気象的要因があるものと考えられる。EIA報告が指摘するように、雨期における降水が負荷を湾に流入させるものと考えられる。

今回調査中の10月27日13:30、パレー小湾中央（17° 45'03.0" S、168° 18'42.9" E）で、多項目水質計により、鉛直観測を行ったところ、濁度が底へ向かうほど高くなる傾向が示された（図 3.4.2-1）。同時に、水深30mまで潜水し、生物の確認を行ったが、浅所から30mまでサンゴの分布はほとんどみられなかった。水深30m付近では泥の堆積があり、表在する動物はみられなかった。濁りのため、光の到達がかなり少なく、サンゴの生息は困難と思われる。また、地質・鉱物・水資源局が2002年4月に実施した水質調査では、パレー小湾及びスター埠頭付近で底層の無酸素状態がすでに確認されており、すり鉢状底部の環境が悪化していることは間違いないようである。今回市街地沖での表層濁度が0.85、スター埠頭付近における水平透視度が約10mであったことを考えると、内湾的環境であると考えてよいと思われる。

陸域からの汚染に対しては、(3)で述べるとおりADBの支援による汚染対策が開始されようとしているので、今後の水質モニタリングの強化を図ることにより、汚染対策の実効を監視することが、ポートビラ湾の水質保全対策の観点から適切と思われる。具体的にはパレー小湾中央において、無人観測ブイを設置し、表底層で水温、塩分、濁度、クロロフィル、DOの観測を行うことがよいと思われる。

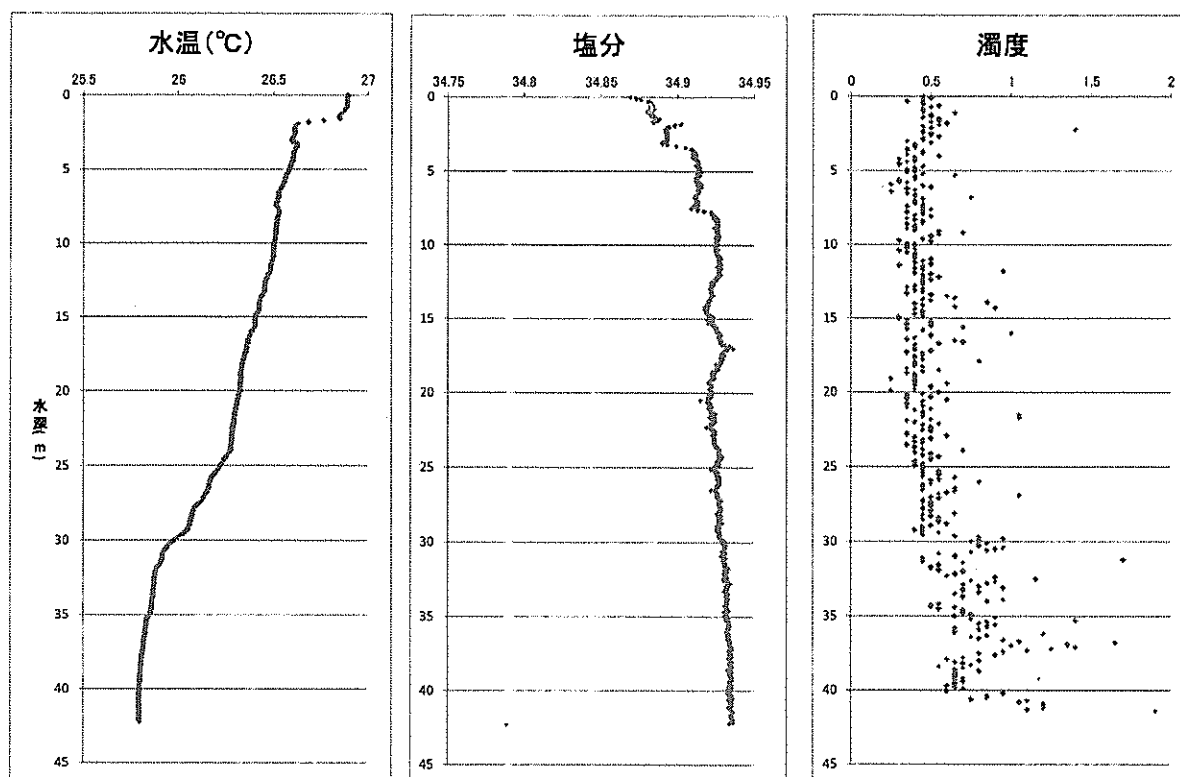


図 3.4.2-1 パレー小湾中央における水質鉛直分布

3.4.3 水質の改善に向けた計画

バヌアツ政府は現在、ADB の支援により、ポートビラ都市圏における下水システムと道路排水システムの改善を目的とした「ポートビラ都市開発プロジェクト（2011 年～2016 年）」の実施を計画している。同プロジェクトのアウトプットは以下のとおりである。

1. 道路ネットワークと排水の改善
2. 家庭用、商業用浄化槽（腐敗槽）の普及及びスラッジ処理の改善
2016 年までに 50%以上の家庭及び 75%以上の商業施設・民間企業が浄化槽を活用
3. 公衆トイレ等の衛生施設改善
4. 政府機関、コミュニティ、利用者組織の能力強化
5. 事業管理サービスの提供

とくに、現在ポートビラ市内では雨水排水システムが十分でなく、降雨時には道路の冠水や交通混乱が生じていると同時に、雨水が道路や土壌表面を洗い流しながら湾に流入するため、湾内のシルト堆積要因にもなっている。そのため、同事業により排水システムが改善されれば、湾の水質への負荷も小さくなることが期待される。

また、浄化槽（腐敗槽）からのスラッジ処理の改善としては、市の北部に処理場を建設する計画が含まれている。これにより、各家庭や商業施設の浄化槽の維持管理が適正化され、より効果的な水処理が行われることが期待される。さらに、建設される処理場は将来下水道が整備された際の下水处理場としても想定されており、下水道システム整備に向けた第一歩ともなっている。



出典：Initial Environmental Examination, Port Vila Urban Development Project, ADB (2011)

図 3.4.3-1 道路の冠水状況

3.4.4 気候変動に伴う海面上昇が事業に及ぼす影響

EIA レポートによれば、ポートビラにおける海面上昇は+3.6mm/年、地殻変動による地盤沈下を差し引くと+2.7mm/年と見積もられている。この数値から単純計算すると 50 年で 135mm の上昇となるが、この値は埠頭の設計条件の範囲内となっている。

3.5 バヌアツ国における環境保全の現状-まとめ

これまで述べてきたように、同国では環境保全や開発に関する法制度はひととおり整備されており、環境保全に向けた施策も、必ずしも十分ではないが、可能な範囲で進められている。また、環境保全行政を担う体制については、人材の少なさや予算不足が懸念されるが、例えば沿岸資源の保全を管轄する水産局では近年予算が急増しているなど、バヌアツ政府も環境保全を重要視していることがうかがえた。日本政府も ODA 事業を通じて同国の沿岸資源の保全や廃棄物管理の分野で支援を行っており、同国政府の能力強化や人材育成などの面で効果をあげている。

一方、同国が今後、経済発展を支えている観光開発を持続的に進めていくためにも、また、同国の地方を中心に住民の貴重な食料源ともなっている沿岸水産資源を枯渇させないためにも、自然資源の持続的利用は同国にとって最重要課題であると考えられる。今後、上述した法制度や施策、日本政府による支援が実際に自然資源の持続的利用につながっていくことが望まれる。

4. スコーピング

4.1 代替案の検討

(1) 概要

バヌアツは、大洋州の中でも経済的に遅れたメラネシアに位置し、経済は自給自足的農業を基盤とし、援助以外での外貨収入はココナッツオイルやコブラの輸出しかなく、2000年代初頭までは経済的に停滞していた。1997年半ばより、同国は貧困状態からの脱却を目指して、ADBの協力のもと大規模な構造調整政策である「包括的改革計画」を採用し、積極的に観光振興に取り組んできた結果、2003年以降、観光収入と、観光部門に関連した建設需要により6～7%の高い成長を達成（2008年の実質成長率6.3%）した。また、その結果、首都のあるシェファ州への人口の集中が進んでおり、以下表4.1-1のとおり、毎年3.7%の増加を見ている。

表 4.1-1 シェファ州における人口動態

		シェファ州
州都		ポートビラ
首都からの距離		首都
人口(人)*	男女計	78,721
	男性	40,547
	女性	38,174
平均人口増加率 (%) *		3.7
人口密度 (人/km ²) *		52
家計収入の割合 (%) **	給与	34.3
	農業	18.6
	漁業	1.2
	自家消費	30.5
	その他	15.4

このような経済成長やエファテ島における人口の増加を背景として、首都ポートビラ港における輸入貨物量が急増している。また、一方で観光客数も年々増加しており、ポートビラ港へのオーストラリアやニュージーランドからの観光クルーズ船の寄港が急増しており、現在のポートビラ港の国際用埠頭であるメイン埠頭だけでは対応が困難となっている。このような背景から、貧困からの脱却を目指すバヌアツ経済にとって新たな国際コンテナターミナルの開発は不可欠となっている。

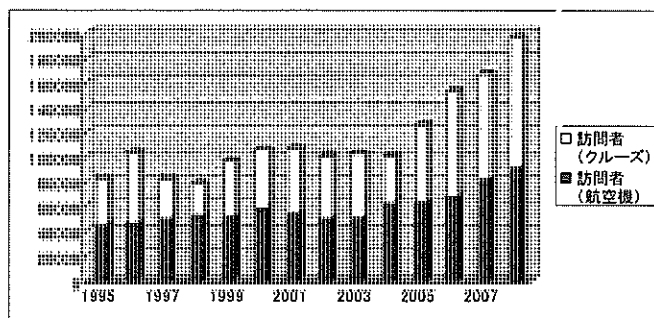


図 4.1-1 バヌアツにおける観光客数

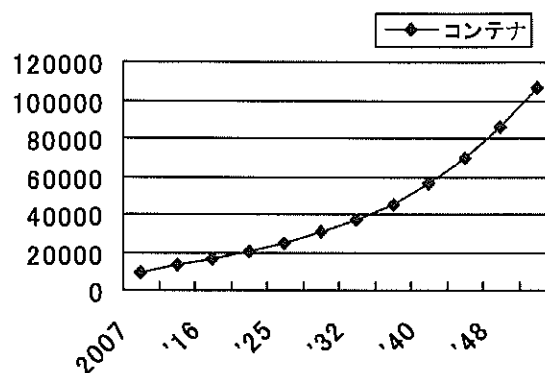
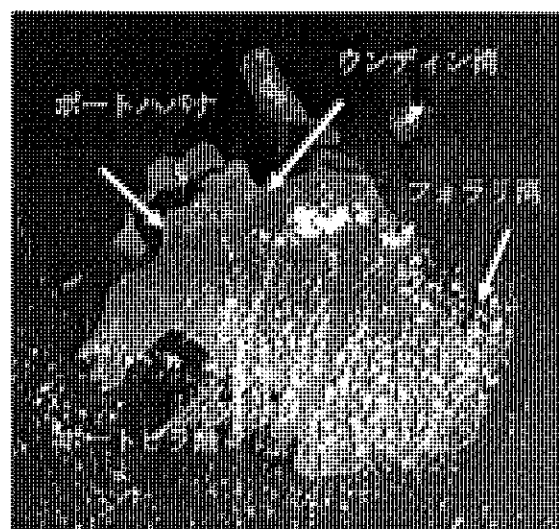


図 4.1-2 ポートビラ港におけるコンテナ
貨物量（実績・予測）

そこで、国際コンテナターミナルの開発を必須の条件として、EIA 調査の中で、現在の候補地であるポートビラ港スター埠頭と、既存のメイン埠頭、ポートビラ湾内の他の地点及びエファテ島内の他の3地点を代替候補地（図 4.1-3 参照）として、環境や社会への負のインパクトのリスクがより低いこと、新しい国際コンテナターミナルに求められる需要を満たすこと、などの観点から比較検討した。

（港湾開発における他の候補地）



出典：EIA 報告書

図 4.1-3 候補4地点の位置図

このうち、ポートビラ港メイン埠頭はポートビラ湾の中で他にコンテナ貨物を扱える唯一の埠頭であるが、同埠頭は背後に切り立った崖が迫っていることから、拡張は極めて困難であり、また、観光クルーズ船やより大きなタンカーに優先度が置かれているため、コンテナの取り扱いには限界があることから、検討から除外した。

(2) 代替候補地の検討

以下に各候補地点の検討結果を述べる。

○ ポートビラ湾内の他の地点

・スター埠頭とメイン埠頭の間地点

平地がなく、狭い回廊上になっており、開発のためには背後の崖を削る必要があるが、環境への影響がより大きく、さらに技術的に危険性が高い。

・スター埠頭の東側

スター埠頭とイリリキ島との間の浅瀬の東端にすでに国内埠頭の新設が計画されているが、同埠頭の周囲はスター埠頭と比べて浅瀬になっていることから、国際貨物船に対応するためには、より大きな浚渫が必要となる。さらに背後はスター埠頭と同じく切り立った崖になっており、求められるコンテナヤードの面積を確保するためには埋立面積もより大きくなり、環境への負荷はより大きなものとなる。また、栈橋がパレー小湾側となるため、同小湾内のレジャー目的の船舶などとの事故の危険性が高まるなど観光への影響が懸念される。

・ポートビラ湾の東側（BP石油ターミナル～バツマル小湾）の前浜

すでにCBD(Central Business District)として開発されており、特に海岸沿いはホテルやレストランなどの観光施設や商業施設となっていることから、当該地区の新たな開発はこれら施設の移転を伴い、観光や経済に与える影響は極めて甚大となる。また、前浜はスター埠頭のような浅瀬ではないことから、埋立の規模がより大きくなり、そのための土砂の確保も含めて環境への負荷はより大きくなる。

・バツマル小湾

浅瀬で潮の干満が平坦で、海藻やマングローブが密集していることから、重要な魚類の生育場となっており、伝統的に海洋保護地域として保全されてきた。他方、現在は住民による漁業に利用されており、また沿岸にはすでに観光レジャー施設などの開発計画が作成されている。従って、同湾内での新たな港湾開発は、マングローブ等の自然環境や漁業、既存の開発計画に負の影響を与えることになる。

・ポートビラ湾の北西に位置するマラポア岬の海岸及び丘陵地

ポートビラ湾の湾口に位置するマラポア岬の海岸にはサンゴの裾礁が広がっていることから、港湾開発のためにはこのサンゴ礁をより大規模に埋め立て、浚渫を行う必要があり、環境への影響はより大きくなる。また、当該地区は住宅地ゾーンとして位置づけられており、高級住宅地としてすでに開発が進んでいる。同地区の住宅地としての開発は、ポートビラ港の開発需要を生み出しているものであり、本事業にとっても不可欠な要素であるが、当該地区におけるコンテナ貨物専用ターミナルの開発は、騒音や粉じんなどの面でより住民に対して大きな影響を与えることになる。

○ エファテ島内の他の3地点

・北岸のポートハバナに位置する港湾施設

十分な水深があり、外海から避難できる地形となっており、さらに第2次世界大戦中は米艦隊が使用していた港湾施設があるため、港湾開発の候補地としては適しているが、現在、大戦の史跡として旧港湾施設そのものが観光スポットとなっており、バンガローのような宿泊施設も存在する。さらにハバナ湾を構成しているモソ島、レレパ島、ハット島を望むハバナハーバー周辺はスキューバダイビングのスポットが集中している。同港湾を新たに開発する場合、観光スポットとしての利用が大きく制限されることになる。また、周囲は未開発地となっているが、国際コンテナ貨物用ターミナルとして新たに開発する場合、コンテナヤードの用地を確保するとともに、港湾労働者の住居などを整備するために新たに森林を切り開く必要があり、より環境に負荷を与える。

・ フォラリ湾に位置する鉱山事業地

島内でちょうどポートビラ港の反対側に位置する。1970年代に閉山したが、以前はマンガン鉱石を輸送するための小さな貨物船が寄港していた。旧港施設の前は水深もあり、港湾としては適地である。ただし規模がかなり小さいため、コンテナヤードの整備のためには後背地の確保が不可欠であるが、後背地は未開発の森林となっており、その伐採が避けられない。また、旧港施設に面して集落があり、同施設を利用した開発を行う場合、集落の移転が発生する。

・ ウンディン湾

バヌアツ政府によって港湾サイトとして位置づけられている場所。ただし現在、港湾施設は全く存在しない。同湾の沿岸部は水深がやや浅いため、浚渫が必要になる。また、ハバナハーバーからウンディン湾岸に位置するナガールビーチ・バンガローを経てビーチカマーリゾートに至るノースエファテと呼ばれる一帯は、ハバナ港周辺から続くスキューバダイビングのスポットやビーチ、温泉などが点在する観光地となっており、同地区におけるコンテナ貨物用の港湾開発は、これら観光地や観光資源ともなっている自然環境に大きな影響を与える。

また、エファテ島内の他の3地点に関しては、未開発の土地を新たに開発すると、スター埠頭よりもさらに重大なインパクトを環境に与えることになると考えられる。さらにコンテナをポートビラ市内まで運搬するための新たな道路の開発が必要となり、島内の交通に与える影響や、輸送距離が延びることでエネルギー消費量、温室効果ガスの放出など大気汚染の量が増加する。特に都市外の候補地の開発においては、近代的なコンテナターミナルのにとって不可欠な電力や給水、通信などの基礎インフラ並びに労働者が不足しており、これらの開発にあたってこれら労働者は、ポートビラ市内からの往復のための交通手段が必要となり、新たな環境へのインパクトとなるリスクがある。

(3) 開発地点の選定

ポートビラ港スター埠頭においては、埋立や浚渫による主に工事対象区域（埋立）におけるサンゴ礁の消滅や工事中のシルトの流出、増加する入港船舶からの排水や廃棄物の投棄、マリンペストの持ち込みなどによる環境への影響の可能性が考えられる。また、ポートビラ湾はすでに既存の港湾施設をはじめ沿岸の開発が進んでいるが、湾内でさらなる開発を行うことで、環境への

負荷が一層高まるとともに、間接的に経済発展に寄与することで、さらなる湾への環境悪化が進む可能性も考えられる。

しかし、同埠頭は 1970 年代から埋め立てられ、現在、5 ヘクタールの面積の平坦地を有しており、40 年以上産業港、商業港として使用されてきており、また、同埠頭は埋立を計画している背後はイリリキ浅瀬、水深が深いポンツーン小湾に直接面しており、埋立や浚渫の規模を最小限にとどめることができる。さらにポートビラ市内までの交通も港湾のために建設された Wharf Road を使用可能でアクセスが良く、交通渋滞等による環境や社会への影響を最小化できる。その他、ポートビラ市内の CBD や住宅地から適度に離れており、都市計画では産業ゾーンに位置付けられていることから、都市住民への環境上の負の影響もほとんどないこと、近辺に関連施設やインフラが多く存在することから、新たな開発が不要であること、ポートビラ湾内で最も海洋環境上、最も重要なバツマル小湾からも適度に離れていること、などの利点もある。

一方、他の代替候補地はほとんど開発がなされておらず、かつエファテ島内における観光スポットが数多くみられること、候補地の中には集落の住民の移転が必要になること、首都ポートビラへの貨物の運搬や労働者の移動のための新たな道路やインフラの整備が必要となること、などから、環境や観光、社会などに与える影響という観点から比較検討した場合、スター埠頭が、同国の経済開発に資する新たな国際コンテナターミナルの開発のために最も適切な位置であると考えられる。

また、今回の調査の結果、湾内の生態系への新たな脅威又は影響は予測されないことから、代替案の再検討は必要ないと判断される。

4.2 本調査のスコーピング

(1) スコーピング範囲

スコーピング対象範囲は、ポートビラ港スター埠頭の国際コンテナターミナルとしての開発に伴う、多目的コンテナ及び貨物船全般用杭棧橋新設（L:200m、B20m、D12.3m）、背後地埋立（0.94ha：3.4万m³）、コンテナヤード改善、浚渫（6.2万m³、水深12m）に係る工事の実施及び完成後の運用である。

(2) 事業全体のスコーピング案

EIAの結果に基づく、上記対象範囲の本調査前のスコーピング案は以下の通りである。

表 4.2-1 スコーピング案

項目	工事中	供用後	評価根拠
社会環境			
非自発的住民移転	D	D	開発予定地は現在も港湾として利用されている施設であり、対象地域内に居住者は存在しない。
日常生活への影響	B-	B+	工事中一時的に、周辺住民は騒音振動等の影響を受ける可能性がある。ただし、地形的に背後は岸壁となっており、周辺の住民は隣接する岸壁の上に居住する住民のみで、直接隣接する地区に居住する住民は存在しないため、騒音や振動などの影響は大きくないと考えられる。一方、供用後においては、物流の効率化が図られることにより輸入貨物の入手の迅速化や物価の低下*、埠頭近辺の交通事情**や景観の改善などの正の影響が考えられる。なお、同埠頭は現在も国内用埠頭として利用されており、供与の前後における騒音・振動に大きな変化は生じない。 *貨物船の沖待ち時間の短縮や貨物の取扱効率の大幅な改善、その他輸出入コストの削減による物価への好影響が予測されている。 **現在はメイン埠頭に下されたコンテナが一旦スター埠頭に運搬されて蔵置され、またメイン埠頭に戻して検査が行われるなど不効率なオペレーションが行われている。スター埠頭の整備により、このような複雑なオペレーションが不要となる。
雇用を含む地域経済への影響	B+	A+	プロジェクトによる雇用機会の増大が予想される。また、輸出入貨物に対応可能となることから、物流の障害が取り除かれ、建設業など輸入資材に頼った産業の安定的な成長に寄与する。また、間接的に観光客の増加に対応が可能となることから、地元の観光産業のさらなる発展に寄与し、同産業に関連する雇用の増加にもつながる。 なお、輸入促進および拡大の受け入れ体制整備のため、港湾オペレーションや輸送、税関等の効率化に向けた能力強化がオーストラリアの支援により図られている。
土地利用	D	B+	直接的な土地利用の変化は生じない。間接的には、物流の効率化によりリゾート開発や宅地開発などがより進む可能性がある。
地域の分断	D	D	プロジェクトによる地域分断は予想されない。
既存の社会インフラ	D	B+	ポートビラ港においては、ADB 及びニュージーランドの協力により新

項目	工事中	供用後	評価根拠
およびサービス			たに国内専用埠頭が別途建設される予定であり、同埠頭完成後には現在スター埠頭が担っている国内用貨物の取り扱いが新埠頭に移管されるため、物流サービスに支障は生じない。その他の社会インフラ及びサービスに変化は生じない。供与後は、新たな社会インフラとして機能することにより、物流サービスが大幅に改善（特に輸入貨物の物流に要する時間の大幅な短縮）され、さらに現在の複雑な港湾荷役のオペレーションが改善されることにより、近辺の交通事情が改善される。一方、物流量の増加により市内へのトラックの量の増加が考えられるが、市内への道路は実質的に埠頭専用となっていることから、大きな影響は考えられない。
貧困、先住民族、少数民族	B+	B+	工事期間中は工事に従事する労働者の雇用を通じて、さらに供与後は地元のコミュニティ（部族）による港湾事業の経営の安定化を通じて同コミュニティに属する住民の収入向上につながる。また、間接的には本事業を通じた観光や建設業を中心とした産業の振興が図られることにより、貧困削減に貢献する。なお、周辺地域に先住民族及び少数民族のコミュニティは存在しない。
利益と損害の分配	D	D	港湾開発を通じて物流の効率化による物価の低下などの利益を広く国民に還元できるため、不公平な分配は生じない。
地域内での対立・紛争	D	D	プロジェクトによる地域内での対立・紛争は予想されない。
水利用および水利用権	D	A+	水利用及び水利権そのものに大きな変化は生じない。他方、コンテナの検疫のための洗浄に用いる防虫剤などによる地下水汚染に関し、現在は存在しない排水処理施設が新たに設置されることにより、大きく改善される。
公衆衛生	B-	D	工事中の労働者用の宿舍建設などによる地域の公衆衛生に関する影響が予想されるが、工事中の一時的なものであり、その影響は限定的であると考えられる。
感染症等による危険性	B-	B-	労働者の流入による感染症の発生の危険性はあるが、工事中の一時的なものであり労働者に対する教育等により対応可能である。また、工事中には浚渫を行う船舶等、供用後は増加する入港船舶やコンテナ貨物に付帯する害虫などの外来種の侵入による影響が想定される。
文化財	D	D	プロジェクト計画地周辺にはいくつかの民族的な文化遺産が存在するが、大きな影響は想定されない。
自然環境			
地形・地質	B-	B-	新栈橋の前部の浚渫（3.4 万 m ³ ）及びコンテナヤードの拡張のための埋立（約 6 万 m ³ ）により地形に変化が生じ、海流等へ影響を与える可能性が考えられる。しかし、現在の埠頭（約 5ha）自体も埋立地であり、また新たに埋立を計画している場所はサンゴ礁の隆起した水深2m程度の浅瀬であり、他方、栈橋側の浚渫は急勾配で水深が大きくなっている場所であることから、同影響は大きくないと考えられる。
土壌浸食	B-	B+	建設時にシルトの流出などが想定される。供与後は、コンテナヤードが舗装され、護岸工がなされることにより、土壌浸食のリスクが低減される。

項目	工事中	供用後	評価根拠
地下水	D	D	プロジェクトによる地下水への影響は特に想定されない。
水文	D	C-	埋め立て等により周辺の流況が変化する可能性がある。
沿岸環境	B-	B-	新たな棧橋の建設や浚渫、埋立の実施により、沿岸環境への影響（サンゴ礁の消滅、濁りの拡散やシルトの堆積）が想定される。
動植物相・生態系	B-	B-	陸上では、対象地における樹木約 60 本を移設するが、これらは固有種ではなく植林されたものであり、影響は大きくはない。また、果実等は港湾労働者が食用や医薬用などとして利用しているが、樹木の本数は 1 種類につき数本程度であり、供給量は限られていることから、樹木が移設されることによるこれらの人々の生活への影響は大きくない。 また、埋め立て地である事業地（スター埠頭）にもともと棲む動物は存在せず、現在も野鳥及びコウモリだけであることから、影響はほとんど想定されない。なお、これらの野鳥やコウモリも特に事業地に限定して生息しているものではないため影響は小さいと考えられる。 また、エファテ島には IUCN のレッドリストで VU (Vulnerable) とされる 2 種のコウモリ (<i>Pteropus anetianus</i> (Vanuatu flying fox), <i>Notopteris macdonaldi</i> (Fijian blossom bat)) が生息するが、森林や果樹園で採食するため本事業の影響はほとんどないと考えられる。鳥類では VU の <i>Charmosyna palmarum</i> (Palm Lorikeet)、<i>Erythrura regia</i> (Royal Parrotfinch)、<i>Megapodius layardi</i> (Vanuatu Megapode)、NT (Near threatened) の <i>Esacus giganteus</i> (Beach Thick-knee) がエファテ島に生息するが（うち、<i>M. layardi</i> と <i>E. giganteus</i> は固有種）、山地もしくはマングローブや河口を主な生息場とするため、本事業による影響はほとんどないと考えられる。 一方、海洋では、埋立により 1.6ha の範囲でサンゴを中心とした海底生物が影響を受ける可能性がある。サンゴについてはバヌアツで 78 種が VU とされており、これらへの影響を軽減するためにも詳細な調査が必要である。
気候	D	D	プロジェクトによる地域の気象に対する重大な変化は予想されない。
景観	D	B+	現在の無秩序なコンテナの蔵置が解決され、景観が改善される。一方、埠頭の延長と埋め立てによって部分的に陸地を数十m～百m程度沖に拡張することとなるが、それによって景観が大きく変化することはない。
地球温暖化	B-	B-	工事中は工事車両往来及び重機の使用及び交通渋滞により、一時的な温暖化ガスの増加が想定される。供用後は、物流量の増加により市内へのトラックの量が増加し、温暖化ガスが増加する可能性がある。 なお、ポートビラにおける海面上昇は+3.6mm/年、地殻変動による地盤沈下を差し引くと+2.7mm/年と見積もられている。単純計算すると 50 年で 135mm の上昇となるが、この値は埠頭の設計条件の範囲内となっている。
汚染対策			
大気汚染	B-	B-	工事中の一時的なものであるが重機使用や交通渋滞の発生による大気汚染への影響が予想される。供用後は、物流量の増加により市内へのト

項目	工事中	供用後	評価根拠
			ラックの量が増加し、大気汚染が増加する可能性がある。
水質汚染	B-	B-	浚渫、埋立工事に伴うシルトの拡散などによって一時的な周辺海域の水質悪化の可能性がある。また、供与後も増加する入港船舶からの排水・油濁による汚染の可能性がある。 加えて、港湾整備に伴う陸域での諸活動の活性化により、閉鎖的な内湾であるポートビラ湾の有機性汚濁や富栄養化への影響が考えられる。
土壌汚染	D	D	プロジェクトに起因する土壌汚染は予想されない。また、本事業の実施により、これまで未舗装であったコンテナヤードの舗装や排水処理施設の整備、廃棄油、燃料、化学物質等の保管倉庫の設置等により、汚染のリスクは改善される。
廃棄物	B-	B-	工事中の建設廃材や宿舎からの生活廃棄物の発生が予想される。供与後は増加が予想される入港船舶から投棄される廃棄物が増加することが想定される。
騒音振動	B-	D	工事中に建設機械による騒音振動や粉じんの発生が予想される。EIAの中では工事時間の制限や粉じん防止タンクの利用などが緩和策として提案している。供与後は供与前と比較して騒音や振動に変化は想定されない。
地盤沈下	D	D	事業対象地は隆起サンゴ礁の固い地盤に建設されており、地盤沈下の可能性は想定されない。
悪臭	D	D	プロジェクトに起因する悪臭の発生は予想されない。
底質土	C-	D	浚渫工事にあたってシルトの流出の可能性が想定される。
事故	B-	D	工事作業中の事故、工事車輛の運行による事故が想定される。

備考

評価基準

A-: 重大な負の影響が予想される。

A+: 重大な正の影響が予想される。

B-: 一定の負の影響が予想される。

B+: 一定の正の影響が予想される。

C-: 影響度合いが不明なため追加的な検証が必要。

D: 影響がないか極めて軽微と判断される。そのため追加的な環境影響評価調査は不要。

(3) 今回の追加調査の対象範囲の絞り込み

上記スコーピング案では、社会環境については建設工事に伴う一時的な影響を除いて負の影響が予想される項目は、「感染症等による危険性」の項目のみである。

さらに、汚染対策では、「大気汚染」「水質汚染」、「廃棄物」並びに「底質土」への影響が考えられるが、このうち「水質汚染」、「廃棄物」と上記「感染症等による危険性」は主に入港船舶によってもたらされる影響である。これらについては、既存 EIA の中で、入港船舶に対する国際条約遵守のための国内法整備や規制の強化、関連機関の能力向上、その他の防止対策を通じて改善することが提案されている。また、スター埠頭で発生する汚濁水や廃棄物の発生についても、以下に述べるとおり対策が計画されている。これらの実施により、本事業実施によるポートビラ湾の「水質汚

染」や「廃棄物」への影響は大きく緩和されると考えられる。そこで、これら緩和策について本報告書の8章に記す環境管理・モニタリング計画に盛り込むこととする。一方、「底質土」で懸念されている工事中のシルトの流出については、事業計画の中で、シルト拡散防止ネットを張ることで、海の濁りなどによる被害は防止することが想定されているが、影響度合いが不明であり、追加的な検証が必要であると判断される。

表 4.2-2 想定される入港船舶による影響と EIA で提言されている緩和策の内容

項目		想定される影響	緩和策
工事中の工事船舶による影響			
油濁汚染	燃料油、発電機や機材用ディーゼル油、潤滑油、油圧オイル	海難事故による流出のリスクがある。また、工事船舶の場合、流出しても量的には限定的。	2か所のオイルターミナルでは、海難事故による油流出防止策を用意しており、対応可能。
外来種の侵入		船舶の付着生物	出航港湾の調査、出航前の確認、洗浄等の実施、船の底等の検査、工事前のメレ湾の外での洗浄等
供用後の入港船舶による影響			
油濁汚染	燃料油、発電機や機材用ディーゼル油、潤滑油、油圧オイル	海洋における油濁汚染の大半は港湾におけるタンカーのオイルカーゴからの積み出しや船舶への燃料補給の際の発生する。これらはスター埠頭では行われなため、油濁汚染が発生する可能性はほとんどない。	
		海難事故による流出	海上安全対策の強化（航路標識の設置等） （無償案件でタグボート供与済）
	船底汚水、廃棄油	海への投棄	MARPOL 条約（投棄の禁止）の遵守、国内法の整備（現在、BioSecurity Bill が議会を通過）。IMO 関連の条約の批准。
外来種（マリンペスト）の侵入		船舶バラスト水の排出	湾内での排出の禁止、IMO 関連条約の遵守（公海での交換）、国内法の整備（現在、BioSecurity Bill が議会を通過）。 スター埠頭の付着生物調査を行ったうえで、長期的・広域的なリスク管理

	船舶の付着生物→抗付着生物塗装（但し、TBT はかえって化学的な汚染につながる）	IMO 関連条約の遵守、TBT 塗装の禁止と毒性の低い塗装の採用、AFS 条約の批准、関連国内法の整備
船舶からの廃棄物	船舶内での廃棄物の処理	MARPOL 条約で定められた義務の履行（処理施設の整備） →既存の高度焼却施設の修理、メンテの実施。 →オイルターミナルにおける廃棄油の回収及びリサイクル ※現在、JICA は廃棄物管理に対する技術協力を実施中。
船舶の雑排水	貨物船の乗員による雑排水は、量的には限られているが、コレラ、腸チフスなどの病原菌が侵入する可能性がある。	未処理の雑排水の排出を禁止した MARPOL 条約（Annex4）の加盟・批准と国内法の整備、規制の強化。
油、化学物質等危険物		埠頭に安全装置付きの燃料貯蔵タンクを設置する。

< 供用時のスター埠頭から生じる水質への影響について >

埠頭からの排水の種類には雨水、コンテナ洗浄水、事務所のトイレ等からの排水があるが、事業による施設整備により排水の水質は現状よりも改善される（表 4.2-3）。そのため、直接的にみれば、事業は湾内の水質にプラスの効果をもたらす。

一方、港湾が発展することによって間接的に経済活動が活性化され、ポートビラ市全体からの汚濁負荷が増加する可能性は否定できない。これについては要因を特定し必要な負荷削減策を講じるためにも、長期的なモニタリングを行い、状況を監視することが重要である。

表 4.2-3 埠頭からの排水の現状と将来（供用時）

排水の種類	現 状	将 来
1 雨水	未舗装のターミナルの土壌表面を洗い、そのまま海に流入する。	ターミナルは舗装されるため、雨水排水へのシルト等の混入は少なくなる。雨水は集水路を通過して5か所のトラップに集められ、ゴミなどが除去された後に海に排水される。
2.コンテナ洗浄水	洗浄水は、未舗装の土壌表面から地下にしみ込むか、海に流出している。検疫上の必要性から殺虫剤等の使用を求められる場合があるが、現在は十分な管理体制ができていないため使	洗浄水は排水路を通過してトラップに集められ、シルト、油分が除去された後に海に排水される。検疫上の必要性から殺虫剤等の使用を求められる場合には、水洗浄が終わ

[illegible]

図 4.2-1 新埠頭の施設計画（排水位置）

一方、現状の埠頭周囲の海底には、周辺住民などが投棄したとみられるゴミが散在している。原因としては、住民の意識の低さのほか、地域のゴミの回収処分システムが十分なものとなって

いない可能性が考えられるが、これについては 3.1.2 章で述べたとおり、バ国としても取り組みを進めており、JICA も支援を行っている。

＜供用時のスター埠頭周辺の自然環境について＞

自然環境に関する項目では、本事業で計画されている新棧橋の建設や浚渫、埋立が、地形や地質に変化を与え、沿岸環境やサンゴ等の海洋生態系、海流へ影響を与える可能性が考えられる。しかし、冒頭に記載したとおり、量的にどの程度の影響が想定されるのか、また、サンゴの保全については EIA の中でも緩和策が提案されているが、具体的にどのような方法を用いるのかといった点が明らかにされていない。そこで、今次調査は、AusAID が F/S の中で実施した EIA で調査・検討された項目のうち、「サンゴ等の生態系に対する影響」と「ポートビラ湾内の海流への影響」についてさらなる検証が必要と判断し、より詳細なデータを取得し検討するものである。

4.3 サンゴ等生態系と海流への影響に係るスコーピング

本調査は、AusAID が F/S で実施した EIA（以下「既往 EIA」）において、さらなる検証が必要と判断された「サンゴ等の生態系に対する影響」と「ポートビラ湾内の海流への影響」について、より詳細なデータを取得するため追加調査・検討を行うものである。

サンゴ等生態系と海流について、可能性のある影響と必要な緩和策、及び既往 EIA におけるこれらの検討状況は表 4.3-1 のとおりである。これをふまえ、各調査項目において、既往 EIA に不足しているとみられる内容と本調査の実施方針を表 4.3-2 に整理した。

表 4.3-1 影響と想定される緩和策及び既往 EIA における検討状況

項目	期間	影 響	想定される緩和策	EIA において必要な調査・検討	既往 EIA における調査・検討状況（既往 EIA の課題）
サンゴ等生態系	工事中	埋立てによる消滅	－ 工事区域内のサンゴ等の移植	サンゴ等の種類、被度を含む詳細な分布の把握結果に基づく、工事区域内のサンゴの評価 移植方法の検討	種類、被度を含む詳細な分布図は作成されていない (A)。 移植の提案はされているが、具体的ではない (B)。
		工事による底泥の巻き上げに伴う濁り及びシルトの堆積	－ 濁り拡散・堆積域内のサンゴ等の移植 － 濁りの発生・拡散抑制（汚濁防止膜、密閉式グラブの適用等）	工事による濁りの拡散、堆積予測とサンゴ等の分布に基づく影響の評価	濁りの拡散、堆積域の定量的な予測はなされていない (C)。また、サンゴの分布図は作成されていない。

			- 濁りのモニタリング	影響予測結果に基づくモニタリング計画の策定（地点、頻度、調査事項等）	モニタリングの提案はされているが、地点や頻度等を含む具体的なものではない（D）。
	供用時	流れの変化による生息状況の変化	- 変化域内のサンゴ等の移植	地形変化に伴う流れの変化予測とサンゴ等の分布に基づく影響の評価	流れの変化予測はなされていない（E）。また、サンゴの分布図は作成されていない。
			- サンゴのモニタリング	影響予測結果に基づくモニタリング計画の策定（地点、頻度、調査事項等）	モニタリングの提案はされているが、地点や頻度等を含む具体的なものではない（F）。
		水質への影響 （港湾整備により間接的にひきおこされる陸域での諸活動の活性化による湾内の有機汚濁や富栄養化）	- 水質、生態系の長期モニタリング - 排水規制、水質基準等	水質の現況把握、長期的なモニタリング計画の策定	水質の長期モニタリングの提案はされているが、具体的ではない（G）。
ポートビラ湾内の海流	供用時	流れの変化による海流の停滞、それに伴う水温上昇や水質悪化等	- 埋立て地形の見直し、作渚等の対策 - 流れのモニタリング	流れの観測結果に基づく変化の定量的予測・評価	流れの観測はごく短時間流速が測定されただけで、周期性が分析できる観測結果ではなく、数値計算にも利用できない。このため、定量的な予測評価も行われていない。（H）

（A）－（H）は表 4.3-2 との対応を示す。

表 4.3-2 既往 EIA の課題と本調査の実施方針

項目	区分	既往 EIA の課題	本調査の実施方針
サンゴ等生態系	サンゴ等の実態把握	影響評価や緩和策のベースラインとなるサンゴ礁の分布図が作成されていない。(A)	埋立てによる消滅区域、濁り・シルト堆積や流れの影響を受ける可能性のある範囲を中心に、サンゴの分布状況を調査し、被度で区分された分布図を作成した。
		実施されたトランセクト調査（調査測線に沿った潜水観察調査）では、サンゴの種組成は把握されておらず、全体の被度のみである。影響の受けやすさや移植方法等はサンゴの種類によっても異なるため、種組成の把握が必要。(A) (B)	AusAID の EIA で行われたトランセクト調査地点から代表点を選定し、種組成を調査した。
		EIA では埋立てのために大規模な塊状ハマサンゴを移植するとされているが、どこにどのくらいのハマサンゴが存在するのか不明。(A) (B)	分布調査及びトランセクト調査を通じ、塊状ハマサンゴの群体数、位置、規模等を把握した。
ポートビラ湾内の海流	海流の実測	スター埠頭周辺の数カ所において、潮汐周期より短い数時間の流速観測が行われているのみで、流向は実測されておらず、海流変化の評価に実用的なデータが得られていない。(H)	湾全体の海流の主たる駆動力となっている湾口での海水の出入りを把握するとともに、湾口および影響評価の対象であるスター埠頭周辺の流向流速を、潮汐周期全体をとらえられるように実測調査した。
	海流変化、濁り及びシルト堆積の定量的予測評価	海流の変化および海流によって移流・拡散・堆積するシルトの挙動について、定量的な評価がなされていない。(C) (E)	流動モデルで流向流速実測調査結果の再現性を検討した上で、事業による地形変化を加味して海流への影響を検証した。これは点在する流向流速実測調査結果を物理法則に則って空間的に補間することに相当する。 また、上記流動モデルで海流の状況を定量化したうえで、シルト移流・拡散・堆積モデルにより、工事による濁りの影響がサンゴ布域に及ばないかを定量的に検証した。
環境管理、モニタリング計画		緩和策としてのサンゴ等の移植、モニタリング計画が具体化されていない。(B) (D) (F) (G)	上記した実態把握と影響評価結果をふまえ、サンゴ等の移植及びモニタリング計画を具体化した。

(A) - (H) は表 4.3-1 との対応を示す。

5. 現地調査

5.1. サンゴ礁の実態調査

各調査の目的、方法、調査場所の一覧を表 5.1.1-2-1 に示す。

表 5.1-1 サンゴ礁実態調査内容一覧

項目	目的	調査地点等	調査方法
サンゴ礁分布マップ	事業による影響評価を行うため、サンゴの分布状況把握	スター埠頭付近 20 地点	①衛星画像からのサンゴ礁底の画像判読を行い、性状ごとに区分した。②性状の分布状況から代表的な潜水調査地点を 20 地点設定した。③潜水調査では、海底に 2m×2m コドラートを敷設し、海底環境やサンゴ、海藻草類、食害生物等の状況を調査した。④これらの結果をもとにサンゴ群集の種類別分布図を作成した。
トランセクト調査	長期モニタリングのベースライン調査	バツマル湾口 3 地点、イフィラ島 2 地点、スター埠頭付近 4 地点の 9 地点	①海底に 40m の目盛り測線を設置し、始点と終点に目印用の杭等を打設した。②潜水調査では、5m ごとに、0.5m×0.5m コドラートを設置し、枠内のサンゴ、海藻類、食害生物等の観察を行い、写真・ビデオ撮影等を行った。
サンゴ生息環境調査	長期モニタリングの基礎データ収集	バツマル湾口及びスター埠頭沖の 2 地点	①サンゴの生息環境を把握するため、自記式水温・塩分計、自記式濁度計を設置した。
移設対象サンゴ分布調査	埋立予定地内のサンゴ分布状況及び移設候補地の現況把握	スター埠頭付近及びイリキ島西岸の 2 地点	①サンゴ群集の種類別サイズ、個数、位置等を把握した。②移設候補地のサンゴの種類、被度、生息環境を調査した。

5.1.1. サンゴ礁分布マップ

(1) 目的

事業による埋立により消滅する区域のサンゴや、海水の濁りの影響を受ける区域のサンゴ等の評価を行うため、対象海域(事業実施によって影響を受ける可能性のあるスター埠頭周辺、特に東側)におけるサンゴ等の分布状況を把握し、種類、被度で区分された分布図を作成するとともに、サンゴの多様度を算出し、サンゴ礁の数量的評価を行った。

(2) 方法

調査は、高分解能の IKONOS 画像から、スター埠頭とイリリキ島間の浅海域について、サンゴ礁の性状を肉眼により判読し、代表的な 20 調査地点を選定した(図 5.1.1-1、表 5.1.1-1)。

その後、2011 年 10 月 20 日～11 月 15 日の間に、各調査地点において潜水調査を実施し、2m×2m の調査枠を用いて、サンゴの種類別被度や群体数、主な海藻類や底生動物等について、観察した(表 5.1.1-2)。また、各地点の調査結果から地点ごとにサンゴ多様度を算出し、サンゴ礁の数量的評価を行った。

現地調査結果と IKONOS 画像を基に、サンゴの被度別、種類別の詳細分布図を作成し GIS 化した。

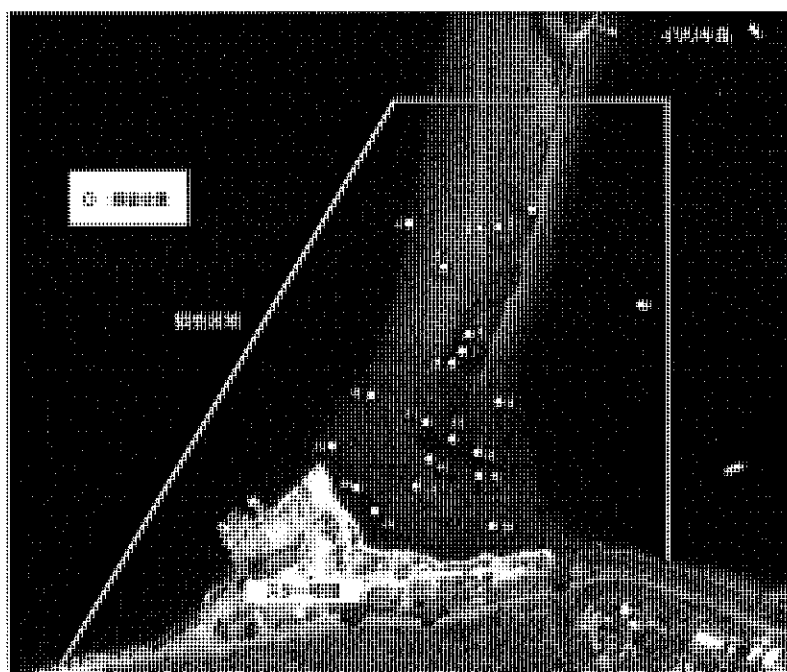


図 5.1.1-1 サンゴ礁分布マップの調査位置図

表 5.1.1-1 サンゴ礁分布マップの調査地点座標

調査地点	調査位置	
1	S 17° 45' 04.9"	E 168° 18' 27.9"
2	S 17° 45' 05.7"	E 168° 18' 26.3"
3	S 17° 45' 05.6"	E 168° 18' 25.5"
4	S 17° 45' 05.6"	E 168° 18' 22.3"
5	S 17° 45' 07.5"	E 168° 18' 23.9"
6	S 17° 45' 10.4"	E 168° 18' 25.0"
7	S 17° 45' 11.2"	E 168° 18' 24.7"
8	S 17° 45' 13.4"	E 168° 18' 26.4"
9	S 17° 45' 11.7"	E 168° 18' 24.2"
10	S 17° 45' 13.1"	E 168° 18' 20.4"
11	S 17° 45' 14.5"	E 168° 18' 23.1"
12	S 17° 45' 15.0"	E 168° 18' 24.2"
13	S 17° 45' 15.5"	E 168° 18' 25.3"
14	S 17° 45' 15.9"	E 168° 18' 23.2"
15	S 17° 45' 15.3"	E 168° 18' 18.7"
16	S 17° 45' 16.7"	E 168° 18' 25.4"
17	S 17° 45' 17.1"	E 168° 18' 22.6"
18	S 17° 45' 17.2"	E 168° 18' 19.8"
19	S 17° 45' 18.3"	E 168° 18' 20.7"
20	S 17° 45' 19.0"	E 168° 18' 26.1"



写真 5.1.1-1 サンゴ礁分布マップの調査状況

表 5.1.1-2 調査枠観察内容

No	項目	記録内容
1	水深	潜水用水深計で水深を記録した。
2	水中写真	調査地点を示したプレートとともに景観を撮影した。
3	底質	優占する底質を記録した（注1）。赤土等が堆積していた場合は堆積状況を記録した（注2）。
4	サンゴ、海藻、その他の動物	サンゴについては総被度、種別被度、群体数を記録する。また、死サンゴの被度も記録した。海藻、その他の動物については主なものを記録した。
5	白化の段階	Hill Jos and C Wilkinson (2004) ¹ の段階を参考に、記録した（注3）。
6	オニヒトデ等食害動物生息状況	確認された場合、オニヒトデの場合は個体数を記録した。

注1) 底質区分：岩盤、転石、礫、砂、泥、人工構造物

注2) 堆積階級（環境省石西礁湖モニタリング基準）：海底を手ではたいたときに、

0：濁りがない、Ⅰ：ほとんど濁らない、Ⅱ：濁る、Ⅲ：外見で泥の堆積がわかる、Ⅳ：泥が海底を覆っている

注3) 白化階級：

0（無）：<1%（白化はみられない、または稀、1、2の白化群体が点在）

Ⅰ（微）：1-10%（白化は稀だが目立つ。群体が部分的に白化）

Ⅱ（中）：10-50%（白化群体が普通にみられる。群体の半分以下が白化）

Ⅲ（高）：50-90%（ほとんどのサンゴが白化している）

Ⅳ（激）：>90%（白化していないサンゴは稀、サンゴ礁が白く見える）

¹ Hill Jos and C Wilkinson (2004) Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs

(3) 結果

(a) 地形、底質、堆積物

各調査地点の底質は、砂と岩盤により構成されており、水深が 0.4～5.9m の範囲内であった。浮泥の堆積状況は、海底面をはたいてもほとんど濁らない場所と、はたと濁る場所に分けられた（表 5.1.1-3）。

(b) サンゴ分布状況

サンゴが連続して分布する場所は、調査区域において 7 カ所確認された（図 5.1.1-2）。

サンゴ群集の被度は、10%以上 30%未満の場所が 6 カ所と多く、5%未満となる場所は 1 カ所のみであった（図 5.1.1-3）。優占種は、ハマサンゴ属（塊状）が 5 カ所、ヤッコアミメサンゴが 1 カ所、ユビエダハマサンゴが 1 カ所であり、多くの場所でハマサンゴ属（塊状）が分布した。

各調査地点におけるサンゴの多様度指数は、St. 20 で 1.946 と最も高く、ST. 9, 11, 15, 17 でそれぞれ 1 種しか確認されなかったため、多様度指数は 0 と低かった（図 5.1.1-4）。なお、確認された 25 種のサンゴのうち、群体数が 10 群体以上と多く確認された種類は、ハナヤサイサンゴ、コブハマサンゴ、ハマサンゴ、ヤッコアミメサンゴ、ユビエダハマサンゴであり、ハナヤサイサンゴ以外のこれらの種は分布の優占種として確認された種類であった。

なお、上述の分布域以外では、サンゴ群集が連続的に分布しておらず、連続しても被度が 1%未満と低い場所がほとんどであった。

事業実施予定区域のスター埠頭周辺では、埠頭西側の浚渫予定区域でまとまったサンゴ群集はみられず、埠頭東側の埋め立て予定区域で、ハマサンゴ属（塊状）やユビエダハマサンゴの分布がみられた。

(c) 攪乱状況

各調査地点の観察結果において、白化現象やサンゴ食生物による影響は確認されず、特に大きなサンゴへの攪乱はみられなかった。通常サンゴの白化は、30℃以上の水温が長期連続することにより発生するが、調査期間中の表層水温は 27～28℃であり、白化の発生する環境ではなかった。また、水質についても陸上から見る限り、海水は澄み切っており、海水流動の小さい袋状の湾の最奥という地形状況であることを考えると陸上からの水質汚染が過度に進行している状態ではない。

(d) 主な海藻類、底生動物

確認された主な海藻類は、13 種であり、ヒラガラガラ属やイワノカワ科、カイメンソウ、珪藻綱等がよく観察された。各調査地点における主な海藻類の出現種数は、1～4 種であり、被度が 5%以上と比較的多くみられた種類は、ヒラガラガラ属、コケイバラ、カイメンソウ、紅藻綱、珪藻綱、ウスユキウチワであった（表 5.1.1-5）。

確認された主な底生動物は 16 種であり、アオスジガンガゼやニワトリガキ、フネガイ科、普通海綿綱等がよく観察された。各調査地点における主な底生動物の出現種数は 0～7 種であり、被度が 5%以上と比較的多くみられた種類は、普通海綿綱やアオスジガンガゼであった（表 5.1.1-6）。

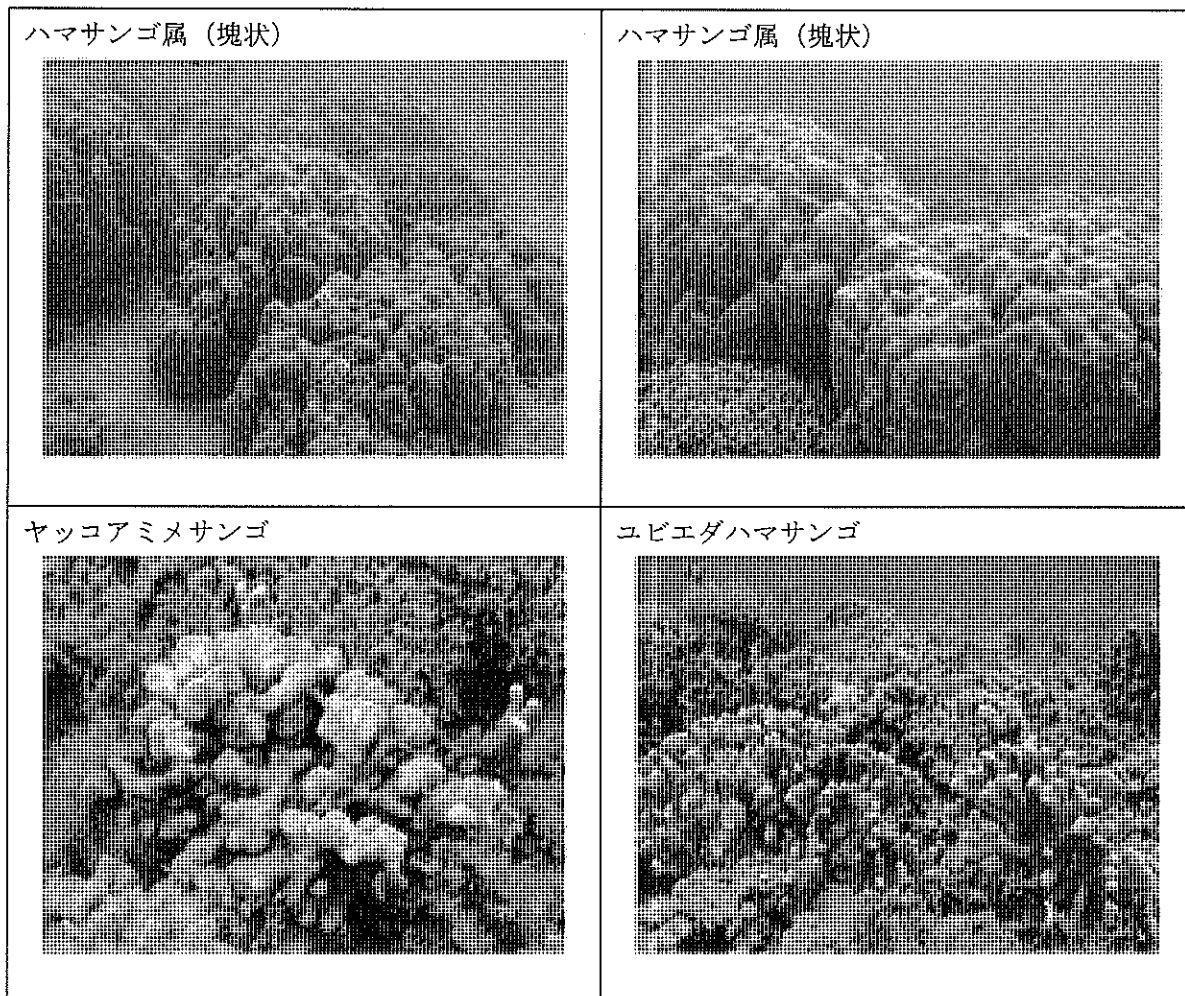


写真 5.1.1-2 主にみられたサンゴ類



図 5.1.1-2 サンゴの分布状況

表 5.1.1-3 調査地点の水深、底質、浮泥の堆積状況

調査地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
水深(m)	0.5	0.5	0.4	5.9	1.0	0.5	1.0	3.5	1.2	2.6
底質	岩盤	岩盤	岩盤	砂	砂	岩盤	岩盤	砂	岩盤	砂
浮泥の堆積状況	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1

調査地点	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
水深(m)	1.8	2.1	2.3	2.1	2.5	2.3	1.7	1.7	1.7	1.9
底質	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂
浮泥の堆積状況	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2

浮泥の堆積状況 (1: 海底をはたいてもほとんど濁らない、2: 海底をはたと濁る)

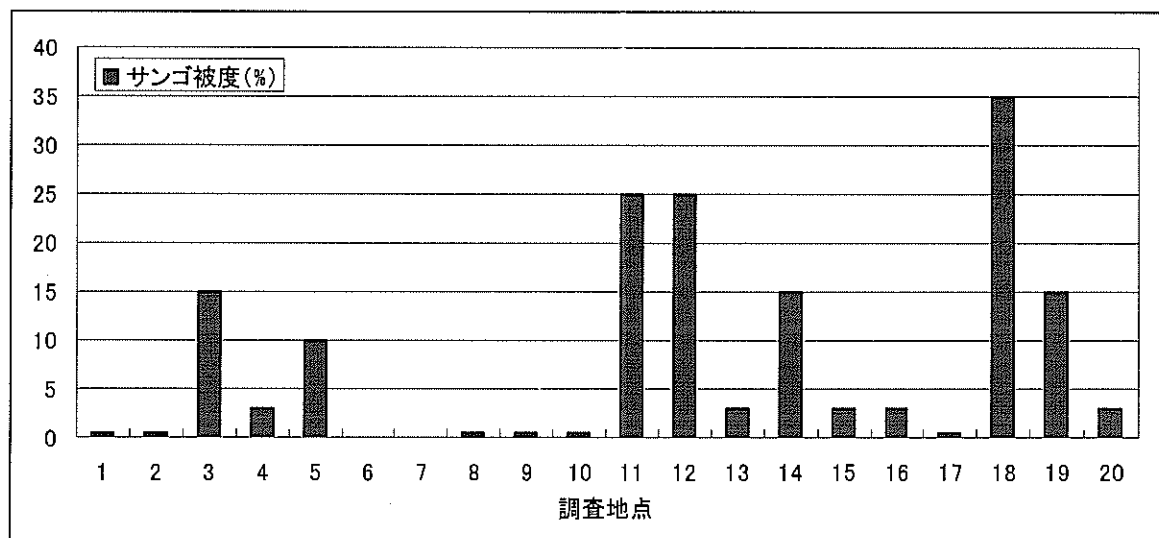


図 5.1.1-3 調査地点におけるサンゴ被度

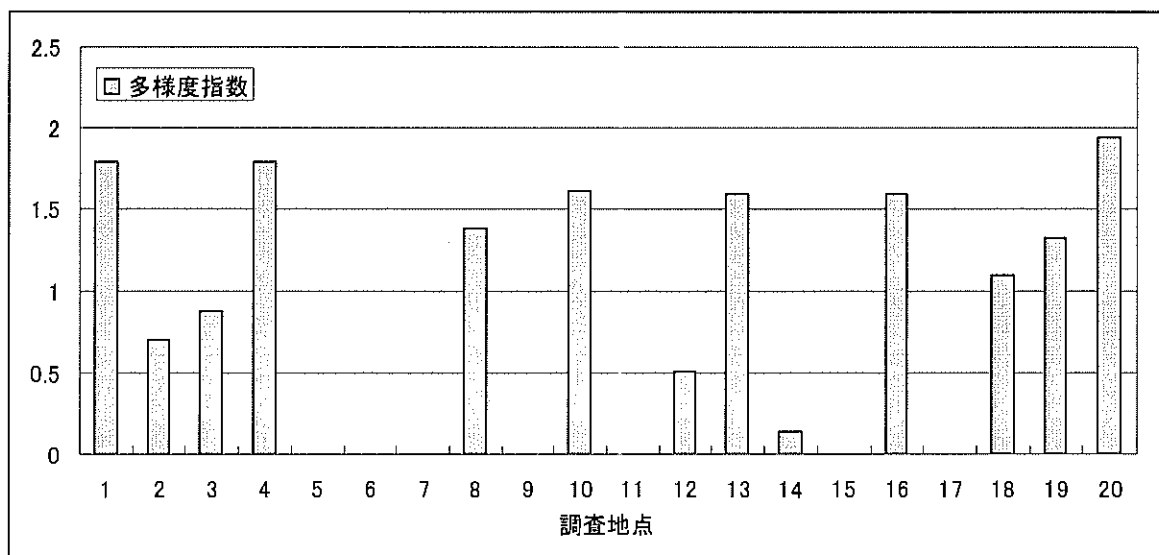


図 5.1.1-4 調査地点における多様度指数

表 5.1.1-4 (1) サンゴ調査結果

調査地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
サンゴ被度	r	r	15%	+	10%	0%	0%	r	r	r											
死サンゴ被度	0%	0%	r	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%											
白化	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし											
植込状況	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし											
No	種名	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数
1	ムカシサンゴ					r	1														
2	ハナヤサイサンゴ	r	11	r	1																
3	コモンサンゴ属(樹枝状)																				
4	スギノキミドリイシ				r	1															
5	コエダミドリイシ																				
6	ヒメマツミドリイシ	r	3																		
7	ハイマツミドリイシ					r	1														
8	タチバナガサミドリイシ					r	3														
9	ハナガサミドリイシ	r	1			r	1														
10	ツツミドリイシ																				
11	サボテンミドリイシ	r	4																		
12	ミドリイシ属(樹枝状)																				
13	アナサンゴ																				
14	センベアナサンゴ																				
15	ハマサンゴ				10%	14													r	2	
16	コブハマサンゴ	r	11	r	5	5%	8	r	1	10%	2					r	1	r	6	r	3
17	ユビエダハマサンゴ																				
18	ヤッコアミメサンゴ	r	2			r	2													r	2
19	アミメサンゴ																				
20	シワシコロサンゴ															r	1			r	1
21	シコロキクメイシ																				
22	キュウリイシ																				
23	オオハナガタサンゴ						r	3								r	3			r	2
24	トゲルリサンゴ															r	1				
25	フカトゲキクメイシ																				
	総出現種数	6		2		4		6		1		0		0		4		1		5	
	多様度指数	1.792		0.693		0.874		1.792		0		-		-		1.386		0		1.609	

注) +:5%未満, r:1%未満

表 5.1.1-4 (2) サンゴ調査結果

	調査地点	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	サンゴ被度	25%	25%	+	15%	+	+	r	35%	15%	+
	死サンゴ被度	r	r	0%	0%	0%	0%	r	0%	0%	0%
	白化	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	煩乱状況	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
No.	種名	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数
1	ムカシサンゴ										
2	ハナヤサイサンゴ						r	1			
3	コモンサンゴ属(樹枝状)						r	1			
4	スギノキミドリイシ									+	1
5	コエダミドリイシ								+	5	
6	ヒメマツミドリイシ										
7	ハイマツミドリイシ								r	1	
8	タチハナガサミドリイシ		r	1			r	1		r	2
9	ハナガサミドリイシ										
10	ツツミドリイシ								r	1	
11	サボテンミドリイシ									r	1
12	ミドリイシ属(樹枝状)								r	3	
13	アナサンゴ		r	1							
14	センベイヤナサンゴ			r	1						
15	ハマサンゴ			+	3			r	4		
16	コブハマサンゴ			r	3	r	1	+	1		
17	ユビエダハマサンゴ			r	1						
18	ヤッコアミメサンゴ	25%	>100	25%	>100	r	4	15%	>100		
19	アミメサンゴ			r	1			r	1		
20	シワシコロサンゴ								25%	15	
21	シコロキクメイシ※								5%	16	
22	キュウリイシ		+	3						+	6
23	オオハナガタサンゴ				r	1				r	1
24	トゲルリサンゴ							+	5		
25	フカトゲキクメイシ							r	1		
	総出現種数	1		4		7		1		7	
	多様度指数	0		0.503		1.589		0.143		0	
								1.589		1.091	
										1.322	
											1.946

注) +:5%未満, r:1%未満

*. IUCN (国際自然保護連合) レッドリストで絶滅、野生絶滅、絶滅危惧種、絶滅危惧 1A 類、絶滅危惧 1B 類に続く VU (Vulnerable: 絶滅危惧 II 類) に評価されている。

表 5.1.1-5 主な海藻類の調査結果

調査地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
植物被度・主要種	r	r	+																	
種名																				
1 ヒラガラガラ属	r			15%			+	5%		15%	20%	10%	15%	r		+			+	
2 ホソエダカニノテ																				
3 モサズキ属													+							
4 サビ亜科(無節サンゴモ類)	r		r									+						+		
5 コケイバラ												10%		5%						
6 イワノカワ科			r	+				+		+			+	+		+				
7 カイメンソウ		r	+			+			15%											
8 テングサモドキ属				+											+		r		+	
9 紅藻綱								+					+				r	+	15%	
10 珪藻綱					+	+			+	10%	+				5%					
11 ウスユキウチワ					+		+									r				20%
12 ムクキツコウグサ																r				
13 サボテングサ属					+				+											
総出現種数	2	1	3	3	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3	3	4	2	3	4	1

注) +:5%未満、r:1%未満

表 5.1.1-6 主な底生動物調査結果

調査地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
底生動物極度・主要種	r	40%	+	0%	0%	r	10%	+	r	r	+	+	+	+	0%	+	5%	+	+	+
種名																				
1 普通海綿綱	r	r						r					r			r	5%			
2 イモガイ科																				r
3 フネガイ科			r							r			r			r			r	
4 ニワトリガキ			r					r		r	r	r		r		r		r	r	r
5 キクザルガイ科								r								r				r
6 ハートガイ																	r			
7 ヒメシヤコガイ																				
8 ヤドカリ亜目			r										r	+				r		
9 アオスシガシガゼ		40%	+				10%	r			r	+	r	+		r		r	r	+
10 トクリガシガゼモドキ																r				
11 ナガウニモドキ												r								
12 クロナマコ						r											r			
13 アカシキリ																				
14 ヨコスジオオナマコ													r			r				
15 ホヤ綱(群体ホヤ類)						r			r											
16 ホヤ綱			r							r										
総出現種数	1	2	5	0	0	2	1	4	1	3	2	3	5	2	0	7	3	3	4	4

注) +:5%未満, r:1%未満

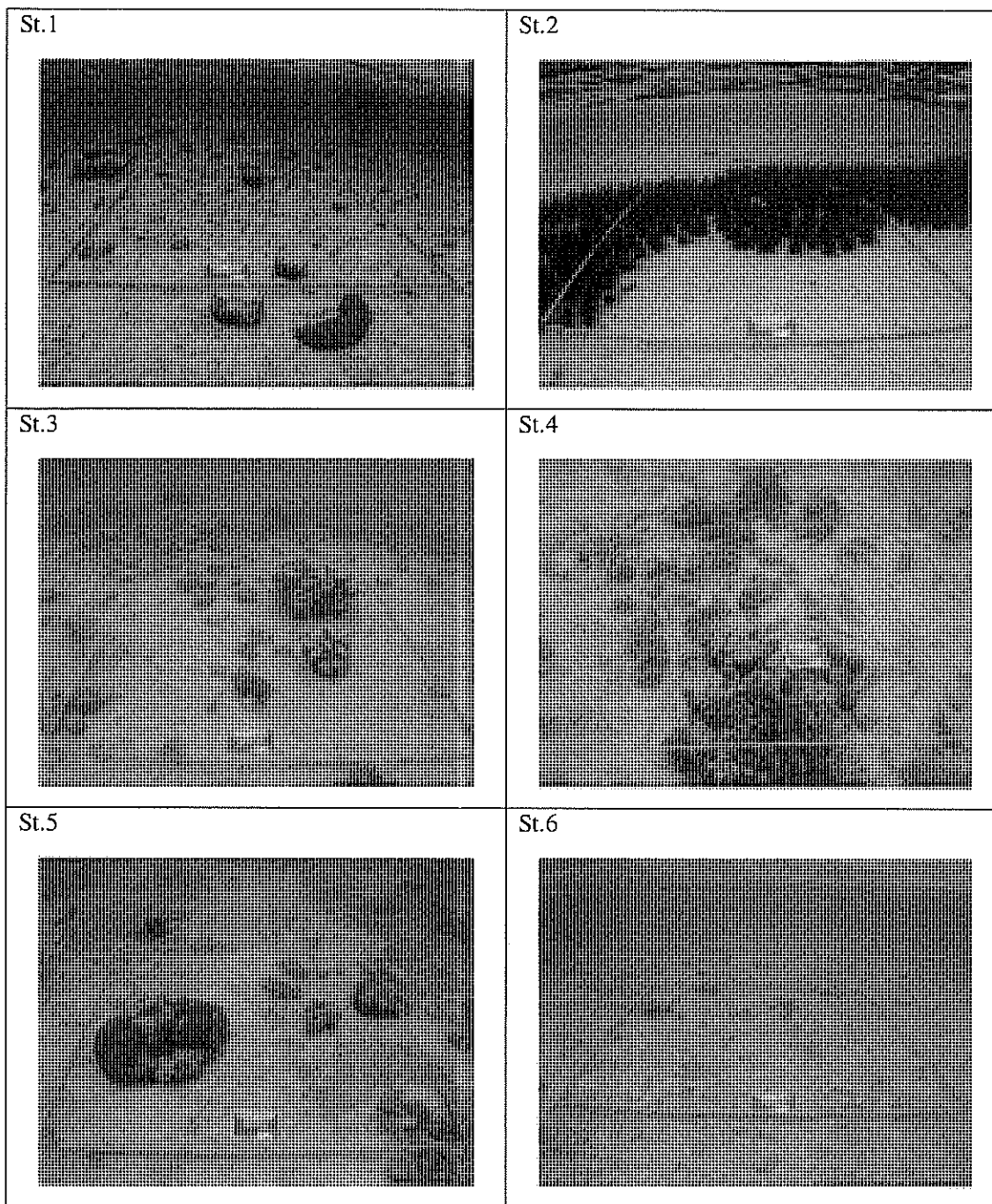


写真 5.1.1-3 (1) サンゴ礁分布マップ調査の海底状況

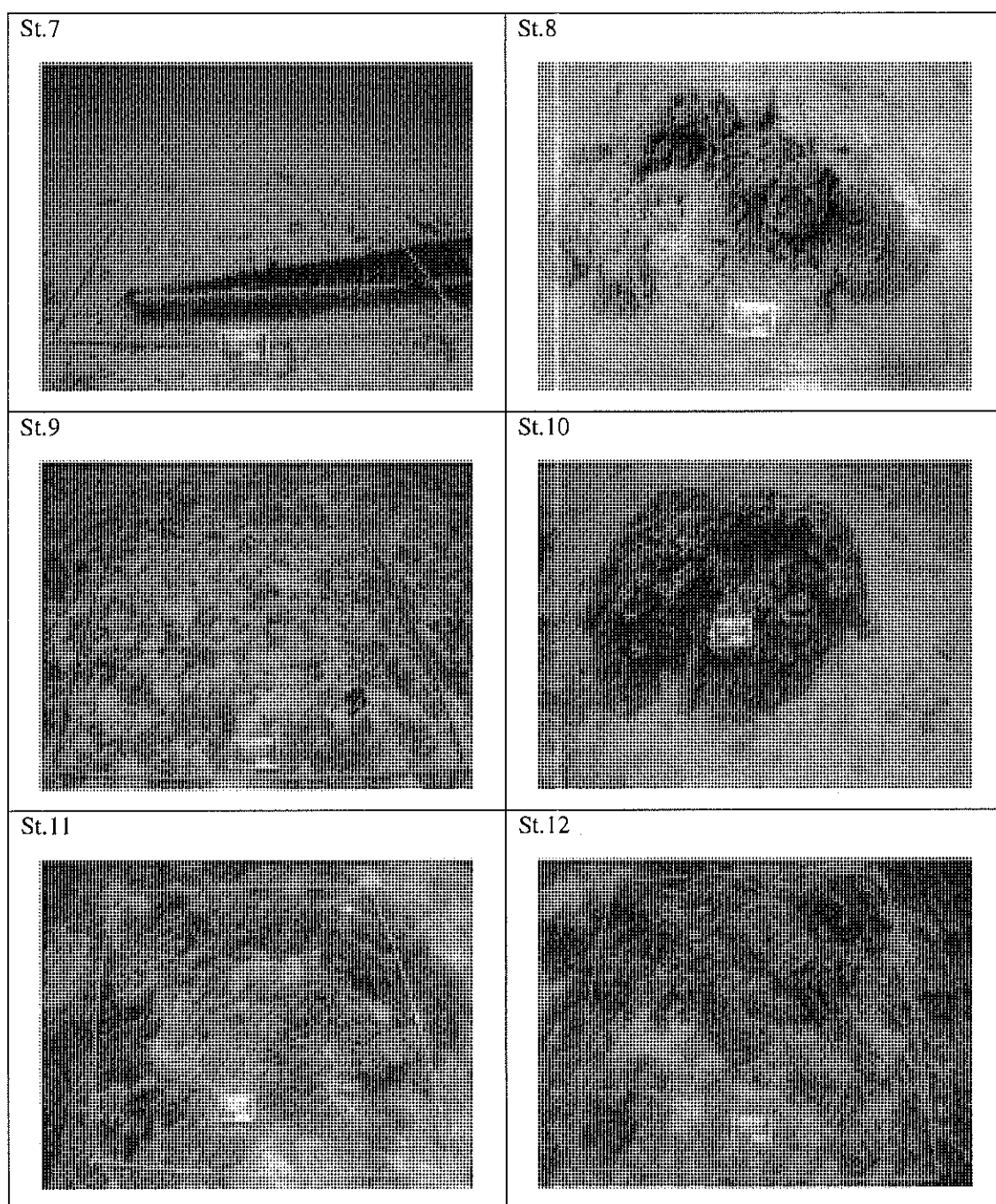


写真 5.1.1-3 (2) サンゴ礁分布マップ調査の海底状況

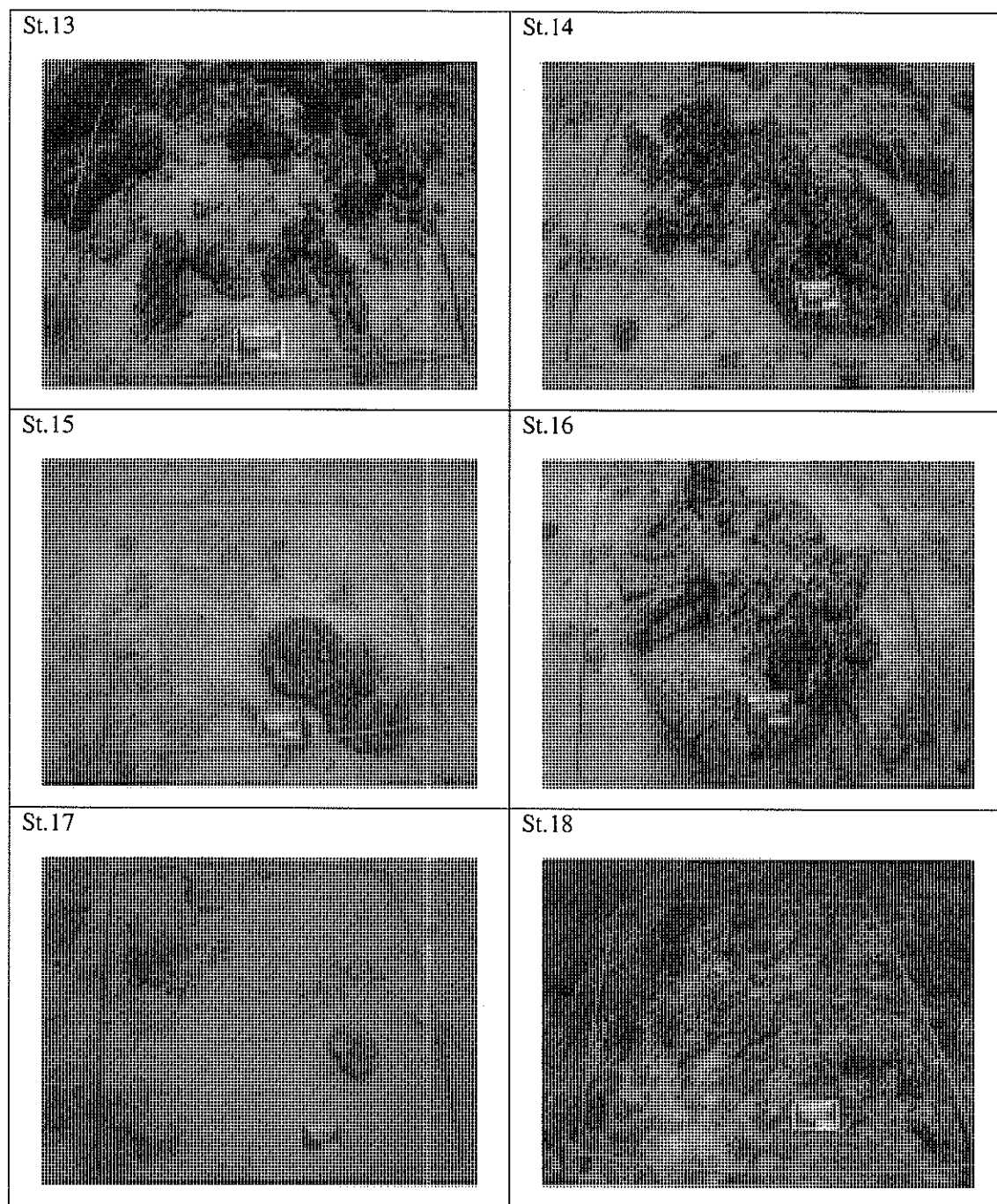


写真 5.1.1-3 (3) サンゴ礁分布マップ調査の海底状況

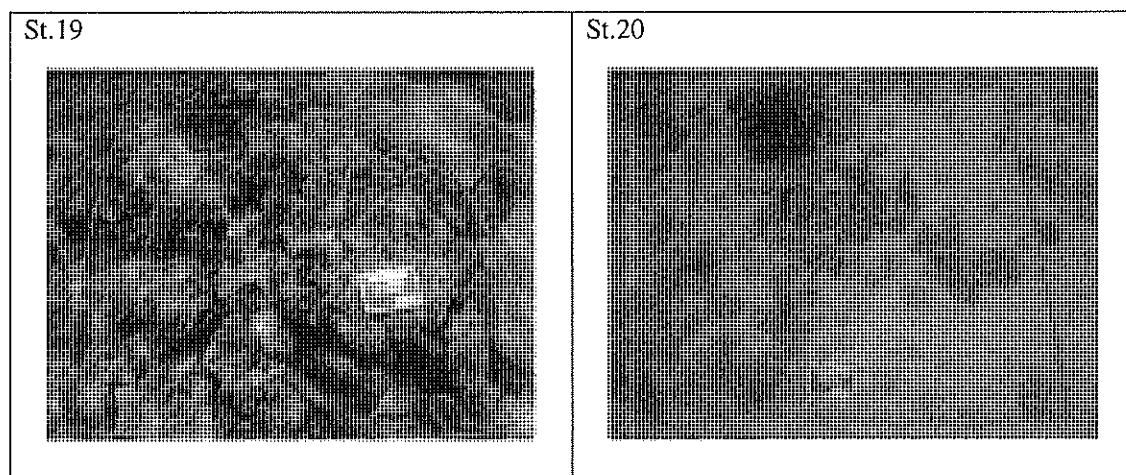


写真 5.1.1-3 (4) サンゴ礁分布マップ調査の海底状況

5.1.2. トランセクト調査

(1) 目的

対象海域のサンゴに対する影響の大きさの評価、緩和策および長期モニタリング計画の十分な検討を行うために、EIAで実施された16ヶ所の既存トランセクト地点から選定した地点において、種の多様性を把握するための種組成調査を実施した。

(2) 方法

調査は、AusAIDによるEIAで実施されたトランセクト調査位置から代表的な9地点を選定し（図5.1.2-1、表5.1.2-1）、2011年10月20日～11月15日の間に実施した。

長期モニタリングの実施にあたっては、GPSの位置情報だけでなく、トランセクトの始点と終点に鉄杭を打設しておくことにより正確に位置を再現できるため、鉄杭が打設可能な場所では、可能な限り鉄杭を打設した。

その後、EIAで実施された手法を踏襲し、各調査地点で設定した40mのトランセクトにおいて、5m間隔で0.5m×0.5m調査枠を敷設し、サンゴ、主な海藻、主な底生動物等について観察を行うと共にトランセクト調査測線両側各0.5mが含まれるようにビデオ撮影を行った。

また、各地点の調査結果から地点ごとにサンゴ多様度を算出し、サンゴ礁の数量的評価を行った。



表 5.1.2-1 トランセクト調査の地点座標

調査地点	始点	終点
S1T4	S 17° 45' 19.7" E 168° 18' 30.3"	S 17° 45' 18.8" E 168° 18' 29.2"
S2T1	S 17° 44' 38.3" E 168° 17' 58.3"	S 17° 44' 37.7" E 168° 18' 57.0"
S2T3	S 17° 45' 03.1" E 168° 17' 50.8"	S 17° 45' 02.0" E 168° 17' 51.3"
S3T1	S 17° 45' 11.8" E 168° 18' 25.6"	S 17° 45' 10.8" E 168° 18' 24.7"
S3T2	S 17° 45' 07.8" E 168° 18' 27.3"	S 17° 45' 07.2" E 168° 18' 26.2"
S3T3	S 17° 45' 03.9" E 168° 18' 26.9"	S 17° 45' 02.8" E 168° 18' 26.4"
S4T2	S 17° 44' 02.4" E 168° 18' 30.2"	S 17° 44' 01.4" E 168° 18' 29.5"
S4T3	S 17° 44' 02.2" E 168° 18' 21.5"	S 17° 45' 00.8" E 168° 18' 21.5"
S4T4	S 17° 44' 00.0" E 168° 18' 13.4"	S 17° 44' 00.5" E 168° 18' 12.2"



写真 5.1.2-2 トランセクト調査の調査状況

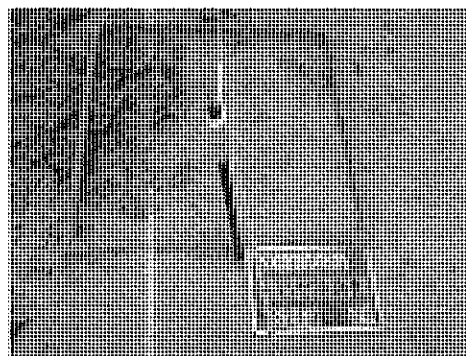


写真 5.1.2-2 設置後の鉄杭の状況

(3) 結果

(a) 各調査測線の状況

S1T4

水深は 3.0～7.2m であり、0m 地点から 40m 地点にむけてなだらかに落ち込む地形であった。主な底質は砂であり、浮泥の堆積状況は海底面を手ではたとと濁る場所が多くみられた。

サンゴの平均被度は 1%未満、出現種数は 2 種、各地点の群体数は各種 1～2 群体、多様度指数は 0.412 であり、ヤッコアミメサンゴやコブハマサンゴがみられた。死亡したサンゴはみられなかった。

主な海藻類の平均被度は 5%未満であり、出現種数は 5 種、優占種は無節サンゴモ類、テングサモドキ属であった。

主な底生動物の平均被度は 1%未満、出現種数は 1 種であり、アオスジガンガゼがみられた。この地点においてサンゴ食生物による攪乱はみられなかった。

S2T1

水深は 3.9～7.7m、主な底質は砂や礫、岩盤であり、浮泥の堆積状況は海底面を手ではたとと濁る場所が多かった。

サンゴの平均被度は 5%未満、出現種数は 12 種、各地点の群体数は各種 1～4 群体、多様度指数は 2.074 であり、コブハマサンゴやセンベシアナサンゴが優占した。死亡したサンゴはみられなかった。

主な海藻類の平均被度は 7%であり、出現種数は 3 種、優占種は無節サンゴモ類、イワノカワ科であった。

主な底生動物の平均被度は 1%未満、出現種数は 1 種であり、普通海綿綱がみられた。この地点においてサンゴ食生物による攪乱はみられなかった。

S2T3

水深は 2.5～3.0m、主な底質は砂であり、浮泥の堆積状況は海底面を手ではたとと濁る状況であった。

サンゴの平均被度は 1%未満、出現種数は 2 種、各地点の群体数は各種 1～3 群体、多様度指数は 0.637 であり、コブハマサンゴやセンベシアナサンゴがみられた。死亡したサンゴはみられなかった。

主な海藻類の平均被度は 1%未満であり、出現種数は 5 種、優占種は珪藻綱や無節サンゴモ類であった。

主な底生動物は観察されなかった。この地点においてサンゴ食生物による攪乱はみられなかった。

S3T1

水深は 1.7～2.8m、主な底質は岩盤や砂、礫であり、浮泥の堆積状況は海底面をはたいてもほとんど濁らない状況であった。

サンゴは観察されず、死亡したサンゴもみられなかった。

主な海藻類の平均被度は 5%未満であり、出現種数は 4 種、優占種はコケイバラと珪藻綱であった。

主な底生動物の平均被度は 1%未満、出現種数は 2 種であり、普通海綿綱とクモヒトデ綱がみられた。この地点においてサンゴ食生物による攪乱はみられなかった。

S3T2

水深は 1.5～1.7m、主な底質は岩盤であり、浮泥の堆積状況は海底面をはたいてもほとんど濁らない状況であった。死亡したサンゴはみられなかった。

サンゴの平均被度は 5%未満、出現種数は 4 種、各地点の群体数は各種 1～2 群体、多様度指数は 1.306 であり、ハナヤサイサンゴが優占した。

主な海藻類の平均被度は 5%未満、出現種数は 2 種であり、無節サンゴモ類やカイメンソウがみられた。

主な底生動物の平均被度は 9%、出現種数は 4 種、優占種はアオスジガンガゼと普通海綿綱であった。この地点においてサンゴ食生物による攪乱はみられなかった。

S3T3

水深は 1.5～1.7m、主な底質は岩盤であり、浮泥の堆積状況は海底面をはたいてもほとんど濁らない状況であった。

サンゴの平均被度は 5%、出現種数は 4 種、各地点の群体数は各種 1～2 群体、多様度指数は 0.869 であり、コブハマサンゴが優占した。死亡したサンゴはみられなかった。

主な海藻類の平均被度は 5%未満であり、出現種数は 2 種であり、カイメンソウや無節サンゴモ類がみられた。

主な底生動物の平均被度は 1%未満、出現種数は 4 種、優占種は普通海綿綱やヒメシヤコガイであった。この地点においてサンゴ食生物による攪乱はみられなかった。

S4T2

水深は 0.9～1.7m、主な底質は礫や岩盤、砂であり、浮泥の堆積状況はほとんどが海底面をはたいても濁らない場所であった。

サンゴの平均被度は 31%、出現種数は 16 種、各地点の群体数は各種 1～33 群体、多様度指数は 2.070 であり、コブハマサンゴやコモンサンゴ属（枝状）が優占した。死亡サンゴの被度は 5%未満であった。

主な海藻類の平均被度は 23%であり、出現種数は 7 種であり、優占種はイギス科であった。

主な底生動物の平均被度は 5%未満、出現種数は 9 種、優占種はシロレイシダマシやヒメシヤコガイであった。シロレイシダマシはサンゴ食巻貝であり、この地点では本種によるサンゴへの食害が確認された。

S4T3

水深は 1.3～2.4m、主な底質は礫、岩盤、砂であり、浮泥の堆積状況は海底面をはたいてもほとんど濁らないかまったく濁らない状況であった。

サンゴの平均被度は 33%、出現種数は 9 種、各地点の群体数は各種 1～9 群体、多様度指数は 0.592 であり、パラオハマサンゴが優占した。死亡サンゴの被度は 5%未満であった。

主な海藻類の平均被度は 19%であり、出現種数は 6 種であり、優占種は無節サンゴモ類やイギス科であった。

主な底生動物の平均被度は 5%未満、出現種数は 7 種、優占種はサンゴイソギンチャクとシロレイシダマシであった。シロレイシダマシはサンゴ食巻貝であり、この地点では本種によるサンゴへの食害が確認された。

S4T4

水深は 1.5～2.0m、主な底質は砂と礫であり、浮泥の堆積状況はほとんどが海底面をはたいても濁らない状況であった。

サンゴの平均被度は13%、出現種数は5種、各地点の群体数は各種1~2群体、多様度指数は0.386であり、ハマサンゴ属(指状)やハマサンゴが優占した。死亡したサンゴはみられなかった。

主な海藻類の平均被度は5%未満であり、出現種数は4種であり、無節サンゴモ類やイギス科がみられた。

主な底生動物の平均被度は15%、出現種数は9種、優占種はウミキノコ属やアオスジガンガゼであった。この地点においてサンゴ食生物による攪乱はみられなかった。

(b) まとめ

トランセクト調査地点は、ポートビラ湾湾口部に近いエフィラ島北側のS2T1ならびにバツマル小湾南側のS4T2、S4T3、S4T4の4地点と、ポンツーン小湾やパレー湾といった湾奥部に位置するS1T4ならびにS2T3、S3T1、S3T2、S3T3の5地点の2つに大別された。

ポートビラ湾湾口部に近い地点では、各調査測線におけるサンゴ類の平均被度は5%未満~33%であり、特にバツマル小湾南側の3地点ではいずれも平均被度が10%以上と高かった。これらの地点におけるサンゴ類の出現種数は、5種~16種であり、ハマサンゴ属のコブハマサンゴ、ハマサンゴ属(指状)、パラオハマサンゴ、ハマサンゴやコモンサンゴ属(樹枝状)が優占してみられ、各測線上における各種の群体数は1~33群体であった。サンゴ群集の多様度指数は0.386~2.074であり、特にS2T1とS4T2が2以上となり、これらの地点の中でも多様性が高かったことが確認された。主な海藻類の平均被度は5%未満~23%であり、無節サンゴモ類やイギス科が多く観察された。また、主な底生動物の平均被度は1%未満~15%であり、シロレイシダマシやヒメシャコガイ、サンゴイソギンチャク、アオスジガンガゼ等がみられた。なお、シロレイシダマシは、サンゴ食巻貝であり、バツマル小湾南側のS4T2やS4T3では、部分的に食害を受け、サンゴが死亡している箇所がみられた。

湾奥部に位置する地点では、各調査測線におけるサンゴ類の平均被度が1%未満~5%であり、S3T1ではサンゴ類が確認されなかった。S3T1を除く地点におけるサンゴ類の出現種数は、2種~4種であり、コブハマサンゴやヤッコアミメサンゴ、センベシアナサンゴ、ハナヤサイサンゴが優占してみられ、各測線上における各種の群体数は1~3群体であった。サンゴ群集の多様度指数は0.412~1.306であり、湾口部近くのS2T1やS4T2でみられた2以上の多様性が高い地点は確認されなかった。主な海藻類の平均被度は1%未満~5%未満であり、無節サンゴモ類やカイメンソウ、珪藻綱等が多く観察された。また、主な底生生物の平均被度は1%未満~9%であり、S2T3ではみられなかった。S2T3を除く地点における主な底生動物の優占種は、普通海綿綱、アオスジガンガゼ、ヒメシャコガイ、クモヒトデ綱であった。

ポートビラ湾湾口部の地点と湾奥部の地点のサンゴ類の調査結果を比較すると、湾口部において、サンゴ類は多くみられ、多様性も高いことが確認された。湾奥部においては、内湾的環境にはあるが、水質の汚染等、陸域からの影響を示す兆候はみられなかった。陸域開発の影響については、スター埠頭の岸沿いにコンクリートブロック等、多数の廃棄物が投棄されているのが確認された程度である。

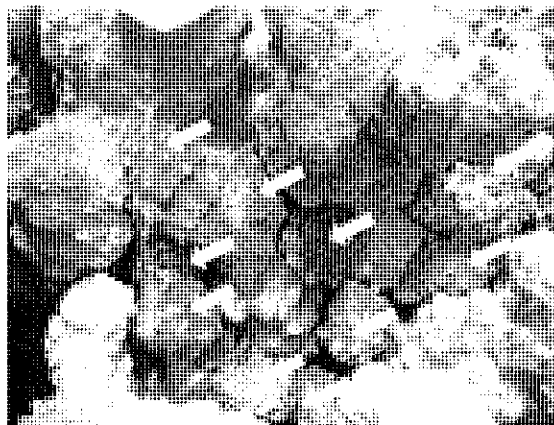


写真 5.1.2-3 調査測線 S4T3 でみられたシロレイシダマシによる食害
(矢印：シロレイシガイダマシ)

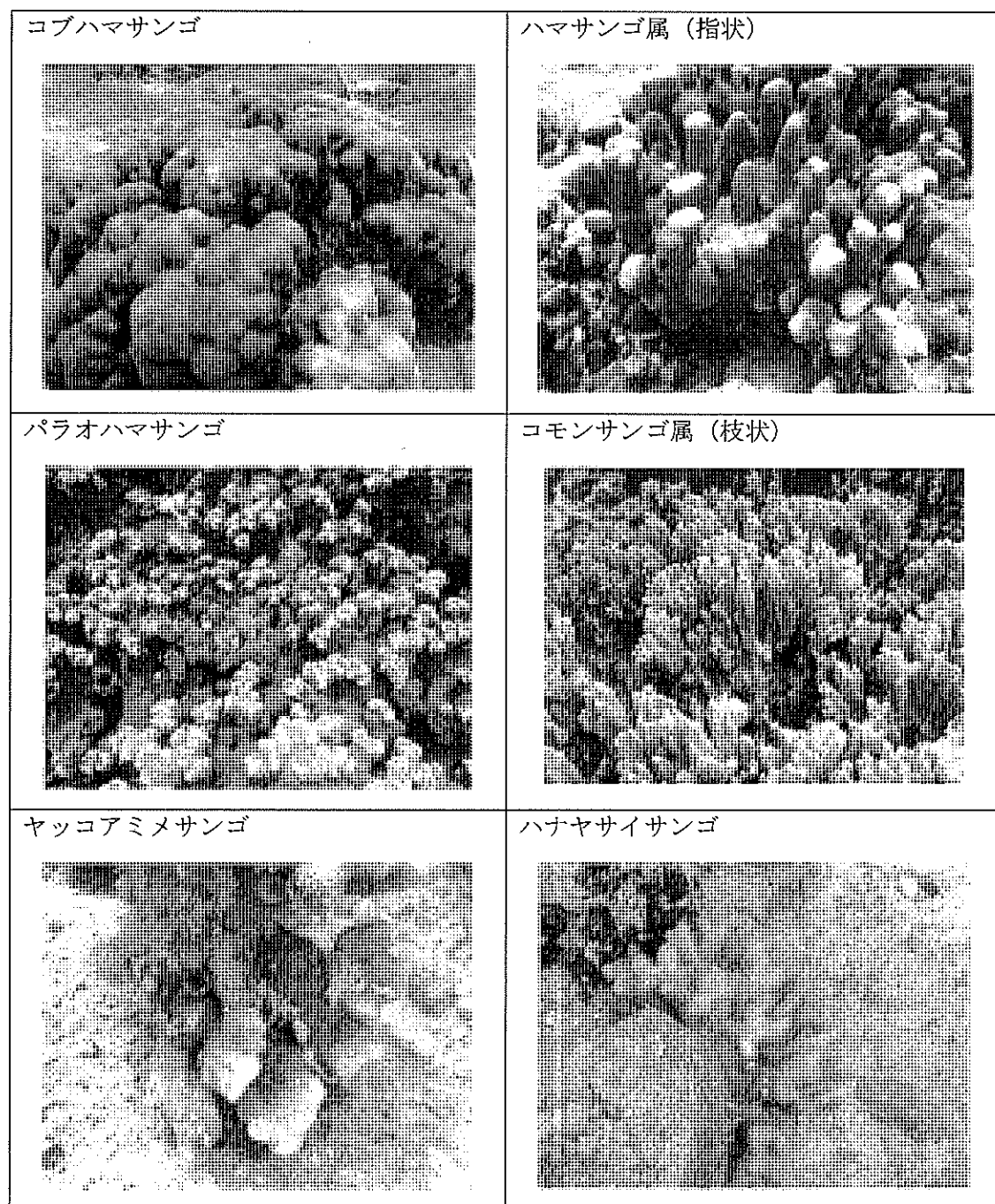


写真 5.1.2-4 主にみられたサンゴ類

表 5.1.2-2 トランセクト調査結果の概要

調査測線		S1T4	●S2T1	S2T3
サンゴ	平均被度	r	+	r
	出現種数	2	12	2
	多様度指数	0.412	2.074	0.637
	優占種	ヤッコアミメサンゴ コブハマサンゴ	コブハマサンゴ ユビエダハマサンゴ	コブハマサンゴ センペイアナサンゴ
死亡サンゴ	平均被度	0%	0%	0%
主な海藻類	平均被度	+	7%	r
	出現種数	5	3	5
	優占種	無節サンゴモ類 テングサモドキ属	無節サンゴモ類 イワノカワ科	珪藻綱 無節サンゴモ類
主な底生動物	平均被度	r	r	0%
	出現種数	1	1	0
	優占種	アオスジガンガゼ	普通海綿綱	

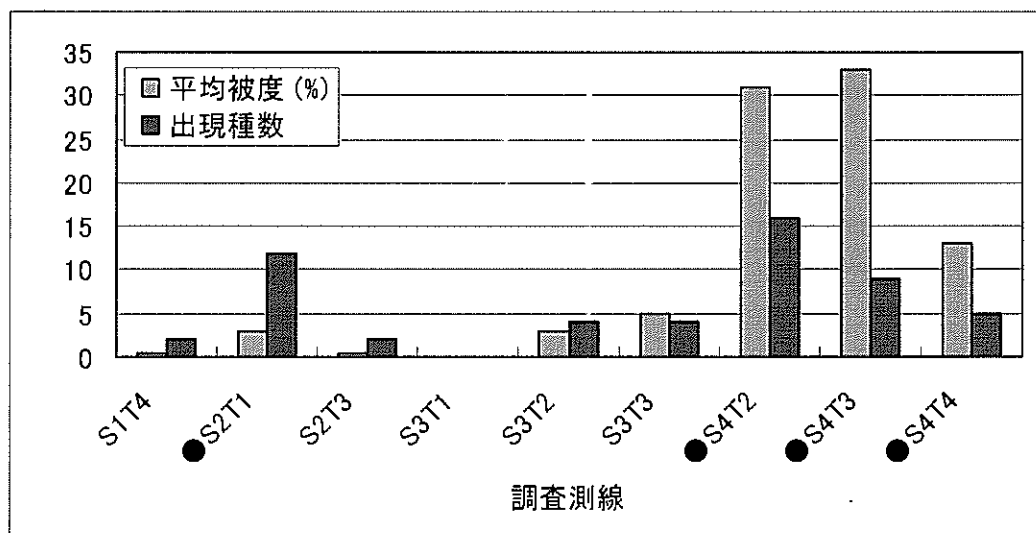
調査測線		S3T1	S3T2	S3T3
サンゴ	平均被度	0%	+	5%
	出現種数	0	4	4
	多様度指数		1.306	0.869
	優占種		ハナヤサイサンゴ	コブハマサンゴ
死亡サンゴ	平均被度	0%	0%	0%
主な海藻類	平均被度	+	+	+
	出現種数	4	2	2
	優占種	コケイバラ 珪藻綱	無節サンゴモ類 カイメンソウ	カイメンソウ 無節サンゴモ類
主な底生動物	平均被度	r	9%	r
	出現種数	2	4	4
	優占種	普通海綿綱 クモヒトデ綱	アオスジガンガゼ 普通海綿綱	普通海綿綱 ヒメシャコガイ

調査測線		●S4T2	●S4T3	●S4T4
サンゴ	平均被度	31%	33%	13%
	出現種数	16	9	5
	多様度指数	2.070	0.592	0.386
	優占種	コブハマサンゴ コモンサンゴ属(枝状)	パラオハマサンゴ	ハマサンゴ属(指状) ハマサンゴ
死亡サンゴ	平均被度	+	+	0%
主な海藻類	平均被度	23%	19%	+
	出現種数	7	6	4
	優占種	イギス科	無節サンゴモ類 イギス科	無節サンゴモ類 イギス科
主な底生動物	平均被度	+	+	15%
	出現種数	9	7	9
	優占種	シロレイシダマシ ヒメシャコガイ	サンゴイソギンチャク シロレイシダマシ	ウミキノコ属 アオスジガンガゼ

+:5%未満、r:1%未満

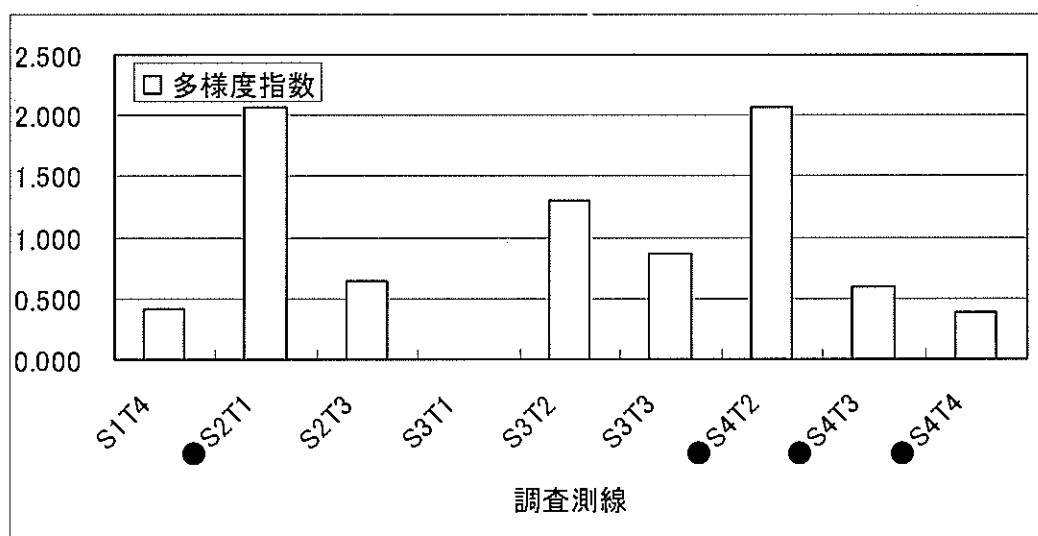
優占種は、被度の高い上位2種を示す。

●:湾口部に近い地点



●：湾口部周辺の調査地点

図 5.1.2-2 調査測線の平均被度と出現種数



●：湾口部周辺の調査地点

図 5.1.2-3 調査測線の多様度指数

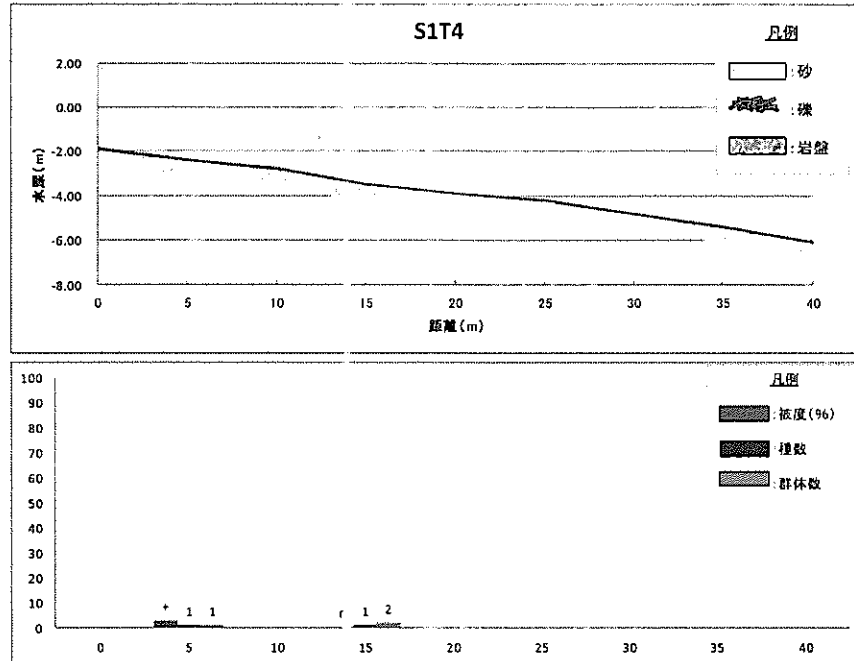


図 5.1.2-4 調査測線 S1T4 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体数

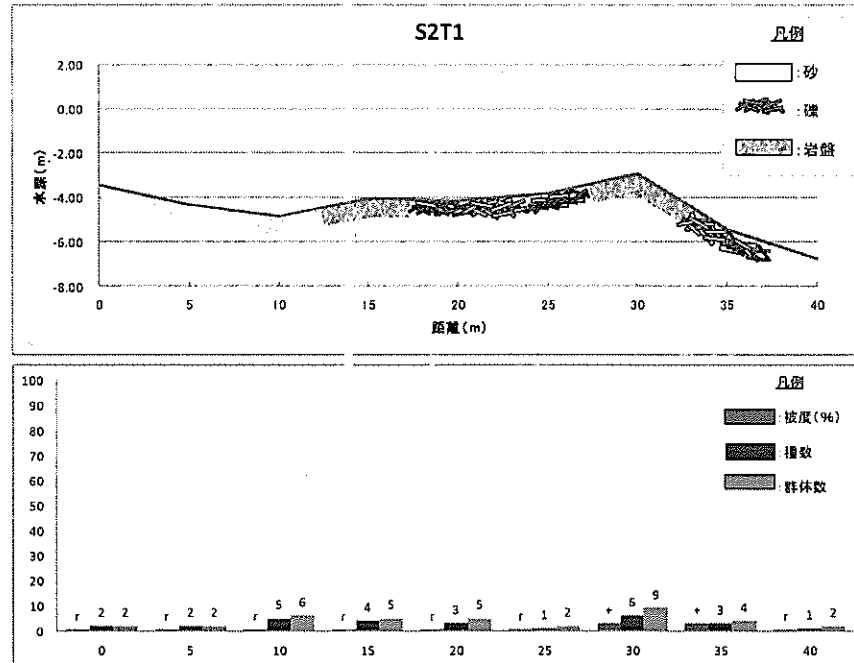


図 5.1.2-5 調査測線 S2T1 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体数

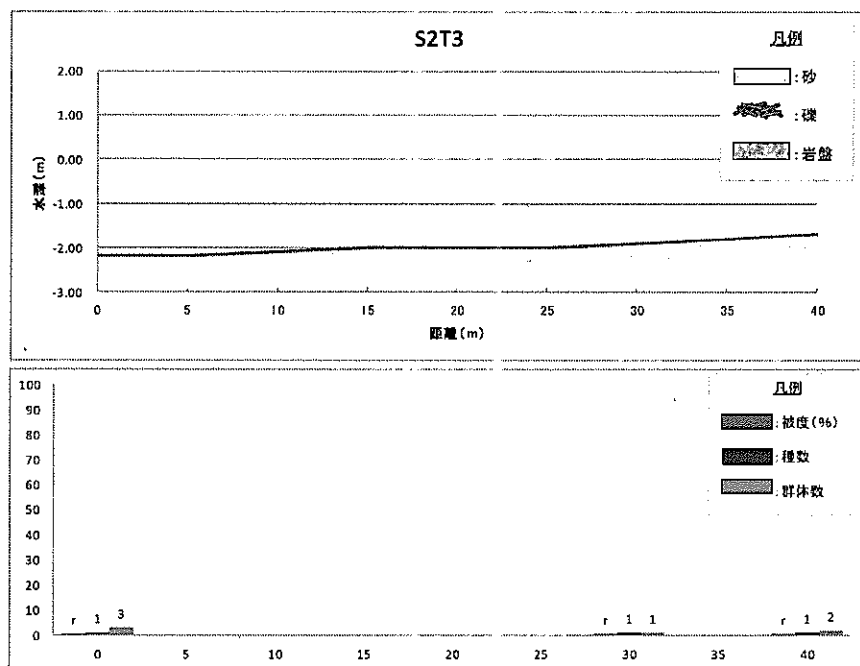


図 5.1.2-6 調査測線 S2T3 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体系数

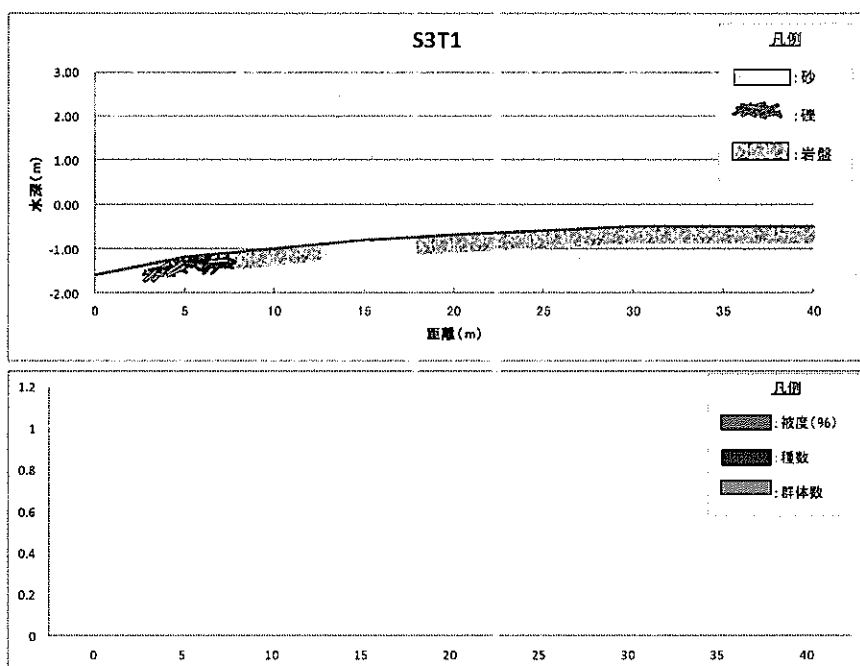


図 5.1.2-7 調査測線 S3T1 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体系数

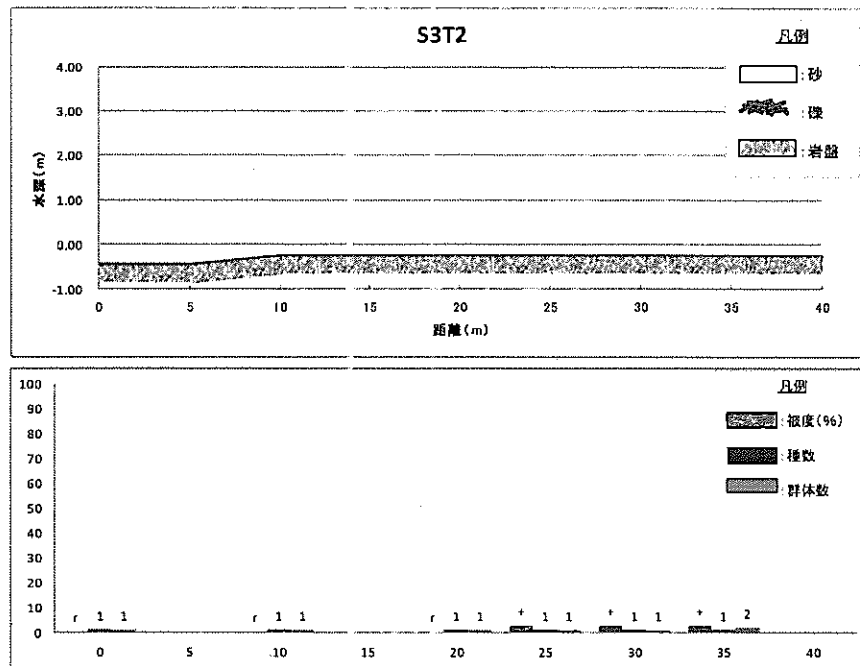


図 5.1.2-8 調査測線 S3T2 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体数

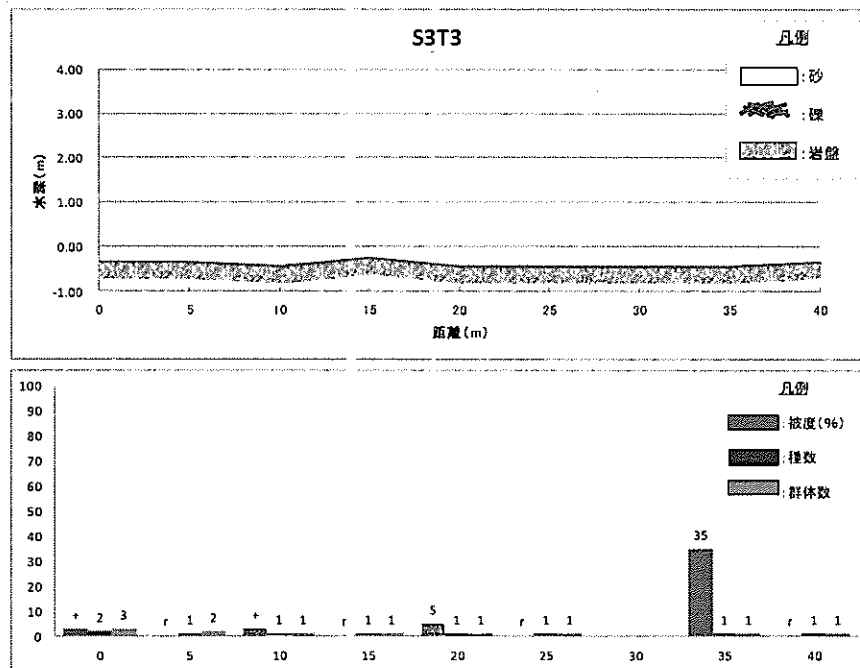


図 5.1.2-9 調査測線 S3T3 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体数

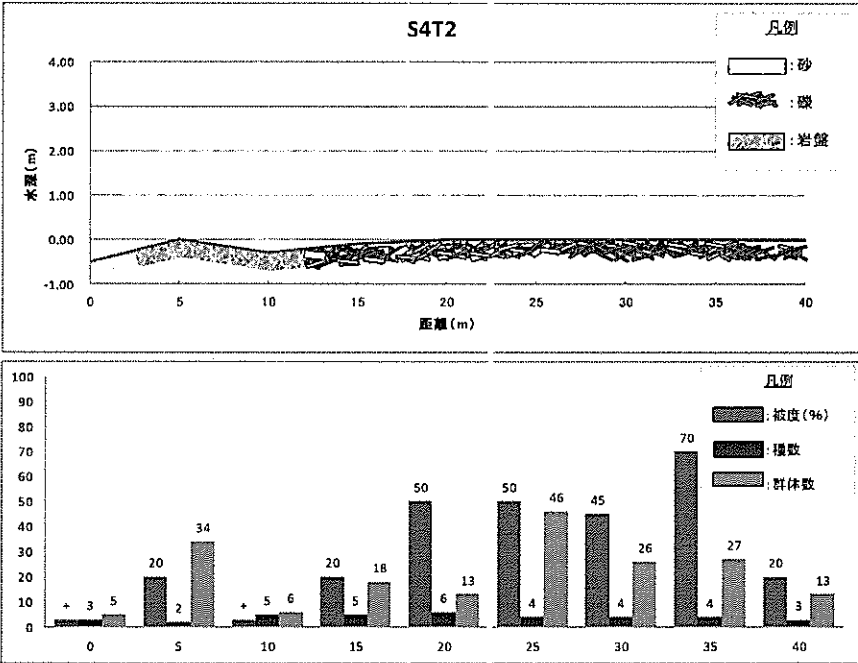


図 5.1.2-10 調査測線 S4T2 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体系数

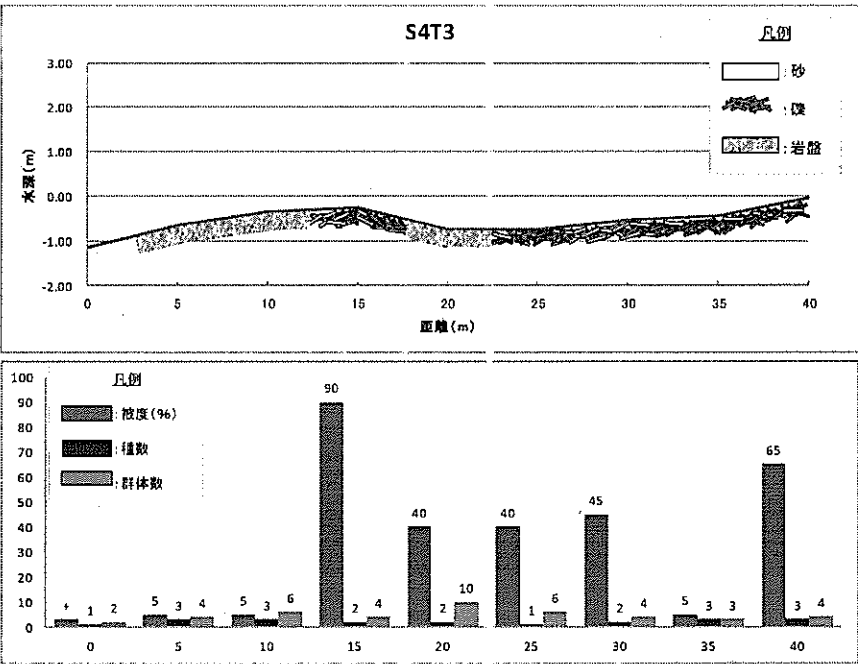


図 5.1.2-11 調査測線 S4T3 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体系数

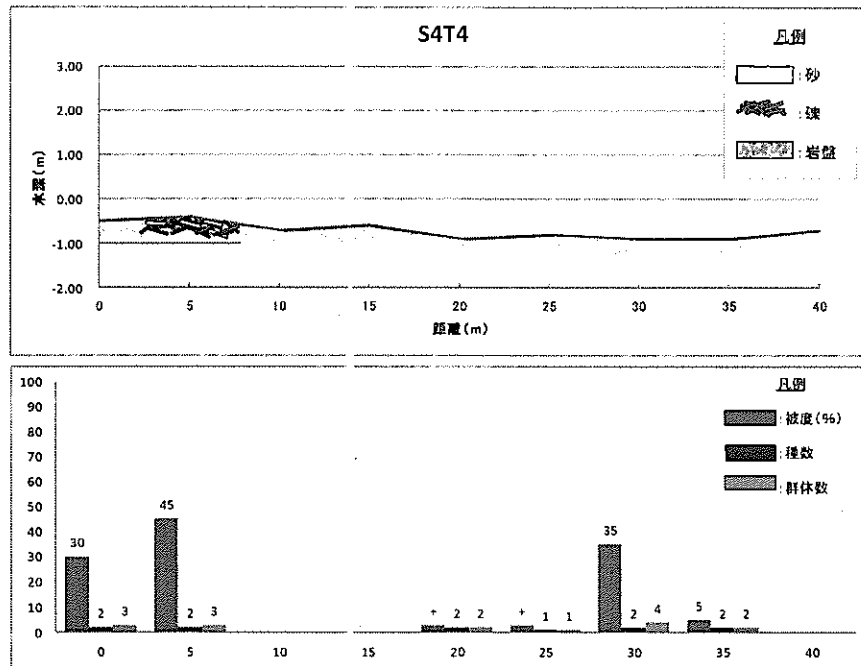


図 5.1.2-12 調査測線 S3T4 の断面地形およびサンゴ被度、種数、群体数

表 5.1.2-3 調査測線 SIT4 における調査結果

サンゴ類																			
No.	測線距離(m)	0		5		10		15		20		25		30		35		40	
	サンゴ被度	0%		+		0%		r		0%		0%		0%		0%		0%	
	死サンゴ被度	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
	白化	なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
	サンゴ食生物による攪乱	なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
	種名	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数
1	コブハマサンゴ							r	2										
2	ヤッコアミメサンゴ			+	1														
	総出現種数	0		1		0		0		0		0		0		0		0	

海藻類										
	測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
No.	種名\植物被度・主要種	0%	0%	+	r	r	0%	0%	10%	+
1	ヒラガラガラ属								r	
2	サビ亜科(無節サンゴモ類)					r			+	+
3	イワノカワ科			+						
4	テングサモドキ属				r				+	r
5	珪藻綱				r					
	総出現種数	0	0	1	2	1	0	0	3	2

底生動物										
No.	測線距離 (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	種名 \ 底生動物被度・主要種	0%	0%	r	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1	アオスジガンガゼ			r						
	総出現種数	0	1	0	0	0	0	0	0	0

水深、底質									
測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
水深(m)	1.90	2.40	2.80	3.50	3.90	4.20	4.80	5.40	6.10
底質	砂、転石	砂、転石	砂、礫	砂、礫	砂、礫	砂、礫	砂	砂、礫	砂、礫

+ : 5%未満、r : 1%未満

表 5.1.2-4 調査測線 S2T1 における調査結果

サンゴ類																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
サンゴ被度		r		r		r		r		r		r		+		+		r	
死サンゴ被度		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
白化		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
サンゴ食生物による攪乱		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
No.	種名	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数
1	ムカシサンゴ													r	1				
2	ノリコモンサンゴ					r	1							r	1				
3	コモンサンゴ属(被覆状)							r	1	r	1								
4	ツツミドリイシ					r	2												
5	アナサンゴ属					r	1												
6	ハマサンゴ							r	1										
7	コブハマサンゴ	r	1			r	1	r	2					r	1	+	1		
8	ユビエダハマサンゴ	r	1			r	1			r	3	r	2	r	4	r	2	r	2
9	ヤッコアミメサンゴ			r	1					r	1					r	1		
10	アミメサンゴ			r	1														
11	シワシコロサンゴ							r	1					r	1				
12	ヒラカメノコキクメイシ													r	1				
総出現種数		2		2		5		4		3		1		6		3		1	

海藻類																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
No.	種名\植物被度・主要種	+		+		+		20%		10%		+		10%		5%		+	
1	サビ亜科(無節サンゴモ類)			+		+		10%		10%		+				r		r	
2	イワノカワ科	+		r		r		+		+		r		10%		+		+	
3	イギス科							+											
総出現種数		1		2		2		3		2		2		1		2		2	

底生動物																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
No.	種名\底生動物被度・主要種	r		0%		0%		0%		0%		0%		r		r		0%	
1	普通海綿綱	r												r		r			
総出現種数		1		0		0		0		0		0		1		1		0	

水深、底質																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
水深(m)		3.45		4.35		4.85		4.05		4.15		3.85		2.95		5.45		6.75	
底質		岩盤、礫		砂、礫		砂、礫		岩盤、礫		礫		礫、砂		岩盤、礫		礫、砂		砂、礫	
+ :5%未満、r:1%未満																			

+ : 5%未満、r: 1%未満

表 5.1.2-5 調査測線 S2T3 における調査結果

サンゴ類																			
No.	測線距離(m)	0		5		10		15		20		25		30		35		40	
	サンゴ被度	r		0%		0%		0%		0%		0%		r		0%		r	
	死サンゴ被度	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
	白化	なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
	サンゴ食生物による攪乱	なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
	種名	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数
1	センベシアナサンゴ													r	1				
2	コブハマサンゴ	r	3															r	2
	総出現種数	1		0		0		0		0		0		1		0		1	
海藻類																			
No.	測線距離(m)	0		5		10		15		20		25		30		35		40	
	種名\植物被度・主要種	+		r		0%		0%		r		r		+		r		r	
	1	サビ亜科(無節サンゴモ類)		+															
	2	テングサモドキ属												r					
	3	紅藻綱				r													
	4	珪藻綱								r		r		+		r		r	
5	サボテングサ属														r				
	総出現種数	1		1		0		0		1		1		2		2		1	
底生動物																			
No.	測線距離(m)	0		5		10		15		20		25		30		35		40	
	種名\底生動物被度・主要種	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
	出現なし																		
	総出現種数	0		0		0		0		0		0		0		0		0	
水深、底質																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
水深(m)		2.20		2.20		2.10		2.00		2.00		2.00		1.90		1.80		1.70	
底質		砂		砂		砂		砂		砂、礫		砂、礫		砂		砂、礫		砂、礫	

+ :5%未満, r:1%未満

表 5.1.2-6 調査測線 S3T1 における調査結果

サンゴ類																			
	測線距離(m)	0		5		10		15		20		25		30		35		40	
	サンゴ被度	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
	死サンゴ被度	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
	白化	なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
	サンゴ食生物による攪乱	なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
No.	種名	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数
	出現なし																		
	総出現種数	0		0		0		0		0		0		0		0		0	

海藻類										
	測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
No.	種名\植物被度・主要種	r	+	+	10%	r	r	r	r	10%
1	コケイバラ		r							10%
2	カイメンソウ	r	r	+		r	r	r		r
3	珪藻綱				10%				r	
4	ウスユキウチワ									r
	総出現種数	1	2	1	1	1	1	1	1	3

底生動物										
	測線距離 (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
No.	種名\底生動物被度・主要種	0%	0%	0%	0%	0%	r	0%	0%	r
1	普通海綿綱						r			
2	クモヒトデ綱									r
	総出現種数	0	0	0	0	0	1	0	0	1

水深、底質									
測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
水深(m)	1.60	1.20	1.00	0.80	0.70	0.60	0.50	0.50	0.50
底質	砂	礫	岩盤	砂	岩盤	岩盤	岩盤	岩盤	岩盤

+ :5%未満、r:1%未満

表 5.1.2-7 調査測線 S3T2 における調査結果

サンゴ類																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
サンゴ被度		r		0%		r		0%		r		+		+		+		0%	
死サンゴ被度		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
白化		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
サンゴ食生物による攪乱		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
No.	種名	被度	群数	被度	群数	被度	群数	被度	群数	被度	群数	被度	群数	被度	群数	被度	群数	被度	群数
1	ハナヤサイサンゴ					r	1							+	1				
2	ツツユビミドリイシ											+	1						
3	コブハマサンゴ															+	2		
4	ユビエダハマサンゴ	r	1							r	1								
総出現種数		1		0		1		0		1		1		1		1		0	

海藻類																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
種名\植物被度・主要種		+		+		+		r		+		r		+		+		+	
1	サビ亜科(無節サンゴモ類)	+		+		+		r		+									
2	カイメンソウ									r		+		+		+		+	
総出現種数		1		1		1		1		1		1		1		1		1	

底生動物																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
種名\底生動物被度・主要種		r		r		+		0%		0%		60%		15%		+		r	
1	普通海綿綱	r		r								10%		+		+		r	
2	クモヒトデ綱													r					
3	アオスジガンガゼ									60%									
4	クロナマコ					+						+							
総出現種数		1		1		1		0		0		1		2		2		1	

水深、底質																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
水深(m)		0.45		0.45		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25	
底質		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤	

+ :5%未満、r:1%未満

表 5.1.2-8 調査測線 S3T3 における調査結果

サンゴ類																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
サンゴ被度		+		r		+		r		5%		r		0%		35%		r	
死サンゴ被度		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
白化		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
サンゴ食生物による撓乱		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
No.	種名	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数
1	ハナヤサイサンゴ	r	2	r	2	+	1	r	1			r	1						
2	スギノキミドリイシ	+	1																
3	ハマサンゴ									5%	1								
4	コブハマサンゴ															35%	1	r	1
総出現種数		2		1		1		1		1		1		0		1		1	

海藻類																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
No.	種名\植物被度・主要種	+		r		5%		+		5%		r		r		r		r	
1	サビ亜科(無節サンゴモ類)													r					
2	カイメンソウ	+		r		5%		+		5%		r				r		r	
総出現種数		1		1		1		1		1		1		1		1		1	

底生動物																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
No.	種名\底生動物被度・主要種	r		0%		r		0%		0%		+		0%		+		r	
1	普通海綿綱	r										+				r			
2	ヒメシヤコガイ											r				+		r	
3	クモヒトデ綱	r				r													
4	ナガウニモドキ					r													
総出現種数		2		0		2		0		0		2		0		2		1	

水深、底質																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
水深(m)		0.35		0.35		0.45		0.25		0.45		0.45		0.45		0.45		0.35	
底質		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤		岩盤	

+:5%未満, r:1%未満

表 5.1.2-9 調査測線 S4T2 における調査結果

サンゴ類																			
測線距離(m)		0	5	10	15	20	25	30	35	40									
サンゴ被度		+	20%	+	20%	50%	50%	45%	70%	20%									
死サンゴ被度		0%	0%	0%	5%	r	r	r	+	0%									
白化		なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし									
サンゴ食生物による攪乱		なし	なし	なし	食害	食害	食害	食害	食害	なし									
No.	種名	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数
1	ハナヤサイサンゴ											5%	1						
2	チリメンハナヤサイサンゴ							15%	1										
3	ショウガサンゴ	r	1																
4	コモンサンゴ属(樹枝状)				+	1		5%	3	r	1	20%	12	30%	11				
5	コモンサンゴ属(被覆状)	+	2														5%	8	
6	スギノキミドリイシ							5%	1	10%	8								
7	ハイスギミドリイシ					r	2												
8	オトメミドリイシ							+	5										
9	マルツツミドリイシ					10%	5												
10	ミドリイシ属(樹枝状)				+	2	+	9	5%	2	10%	22	+	1	r	4	10%	4	
11	ハマサンゴ							15%	1	25%	15								
12	コブハマサンゴ	r	2	15%	33	+	1	+	1			20%	12	30%	10	r	1		
13	バラオハマサンゴ				r	1													
14	ヤッコアミメサンゴ			5%	1			r	1										
15	シロコキクメイシ														+	2			
16	ルリサンゴ				r	1													
総出現種数		3		2		5		5		6		4		4		4		3	

海藻類																			
測線距離(m)		0	5	10	15	20	25	30	35	40									
No.	種名\植物被度・主要種	10%	25%	15%	30%	20%	35%	20%	15%	40%									
1	サビ亜科(無節サンゴモ類)	10%	20%	10%	25%	15%	30%	20%	15%	35%									
2	コケイノバラ				+					+									
3	イワノカワ科			+				+											
4	イギス科					+	5%												
5	紅藻綱			+															
6	ラッパモク		+																
7	サボテンサ属				+														
総出現種数		1	2	3	3	2	2	2	1	2									

底生動物																			
測線距離(m)		0	5	10	15	20	25	30	35	40									
No.	種名\底生動物被度・主要種	+	r	r	+	+	r	r	r	r									
1	シロレイシダマシ				+	r	r	r	r										
2	ニワトリガキ	r		r		r													
3	ヒメシヤコガイ	+	r																
4	ヤドカリ亜目								r	r									
5	クモヒトデ綱									r									
6	アオスジガンガゼ	r			r														
7	ホンナガウニ					r													
8	ナガウニモドキ					r													
9	ホヤ綱				r		r	r											
総出現種数		3	1	1	3	4	2	2	2	2									

水深、底質																			
測線距離(m)		0	5	10	15	20	25	30	35	40									
水深(m)		0.50	0.00	0.30	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00									
底質		砂、礫	岩盤	岩盤、礫	礫	礫	礫	礫	礫	礫									

+ : 5%未満, r: 1%未満

表 5.1.2-10 調査測線 S4T3 における調査結果

サンゴ類																			
No.	測線距離(m)	0		5		10		15		20		25		30		35		40	
	サンゴ被度	+		5%		5%		90%		40%		40%		45%		5%		65%	
	死サンゴ被度	+		0%		0%		r		0%		0%		+		+		+	
	白化	なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
	サンゴ食生物による攪乱	食害		なし		なし		食害		なし		なし		食害		食害		食害	
	種名	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数
1	ハナヤサイサンゴ							+	1							+	1	+	2
2	スギノキミドリイシ			+	2														
3	ハイマツミドリイシ			+	1														
4	ミドリイシ属(樹枝状)													5%	3				
5	ハマサンゴ	+	2													5%	1		
6	バラオハマサンゴ					+	1	90%	3	40%	9	40%	6	40%	1			65%	1
7	ヤッコアミメサンゴ									r	1					r	1		
8	シワシコロサンゴ					r	1												
9	シコロキクメイシ			+	1	+	4											+	1
	総出現種数	1		3		3		2		2		1		2		3		3	

海藻類										
	測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
No.	種名\植物被度・主要種	+	40%	20%	5%	20%	30%	+	25%	25%
1	サビ亜科(無節サンゴモ類)	+		20%	+	15%		+	20%	+
2	コケイバラ		5%							
3	イワノカワ科			+	+					
4	テングサモドキ属					+	+		+	
5	イギス科		35%							25%
6	アオモグサ						25%			
	総出現種数	1	2	2	2	2	2	1	2	2

底生動物										
	測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
No.	種名\底生動物被度・主要種	0%	r	0%	r	0%	r	+	+	10%
1	ウミキノコ属		r							
2	サンゴイソギンチャク									10%
3	シロレイシダマシ				r			+	+	
4	ニワトリガキ						r			
5	ヤドカリ亜目							r		
6	ナガウニモドキ							r		
7	ホヤ綱								r	
	総出現種数	0	1	0	1	0	1	3	2	1

水深、底質									
測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
水深(m)	1.15	0.65	0.35	0.25	0.75	0.75	0.55	0.45	0.05
底質	砂、礫	岩盤、礫	岩盤、礫	礫	岩盤、礫	礫、砂	礫、砂	礫、砂	礫

+:5%未満、r:1%未満

表 5.1.2-11 調査測線 S4T4 における調査結果

サンゴ類																			
測線距離(m)		0		5		10		15		20		25		30		35		40	
サンゴ被度		30%		45%		0%		0%		+		+		35%		5%		0%	
死サンゴ被度		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	
白化		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
サンゴ食生物による撓乱		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし		なし	
No.	種名	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数	被度	群体数
1	ハナヤサイサンゴ	r	1																
2	ノリコモンサンゴ									r	1								
3	ハマサンゴ			+	1					+	1	+	1	+	2				
4	ハマサンゴ属(指状)	30%	2	45%	2									35%	2	5%	1		
5	ヤッコアメサンゴ															r	1		
	総出現種数	2		2		0		0		2		1		2		2		0	

No.	測線距離(m)	0		5		10		15		20		25		30		35		40	
	種名\植物被度・主要種	+		+		+		r		r		r		10%		r		+	
1	サビ亜科(無節サンゴモ類)	r												+				+	
2	イワノカワ科	+												+					
3	イギス科			+		+		r											
4	紅藻綱							r		r						r			
	総出現種数	2		1		1		1		1		1		2		1		1	

底生動物										
	測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
No.	種名\底生動物被度・主要種	10%	20%	0%	95%	r	0%	+	+	0%
1	ウミキノコ属				95%					
2	テングガイ属							r		
3	フネガイ科							r		
4	ニワトリガキ								r	
5	イタボガキ科					r				
6	ヤドカリ亜目	r								
7	アオスジガンガゼ		20%						+	
8	ホヤ綱(群体ボヤ類)							r		
9	ソフトコーラル類	10%								
	総出現種数	2	1	0	1	1	0	3	2	0

水深、底質									
測線距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
水深(m)	0.50	0.40	0.70	0.60	0.90	0.80	0.90	0.90	0.70
底質	砂、礫	礫、砂	砂、礫	砂、礫	砂、礫	砂、礫	砂、礫	砂、礫	砂、礫

+:5%未満、r:1%未満

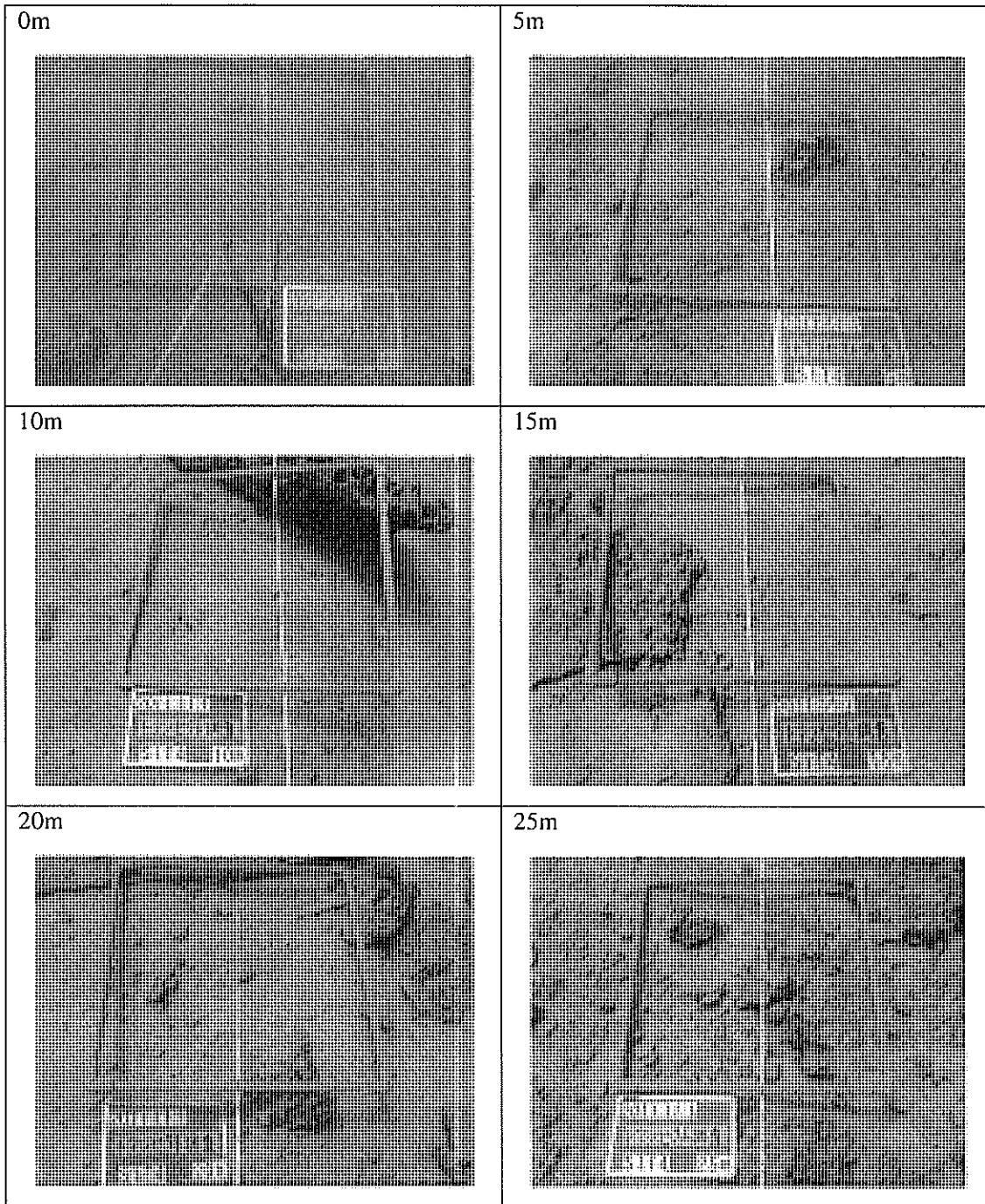


写真 5.1.2-5 (1) トランセクト S1T4 の海底状況

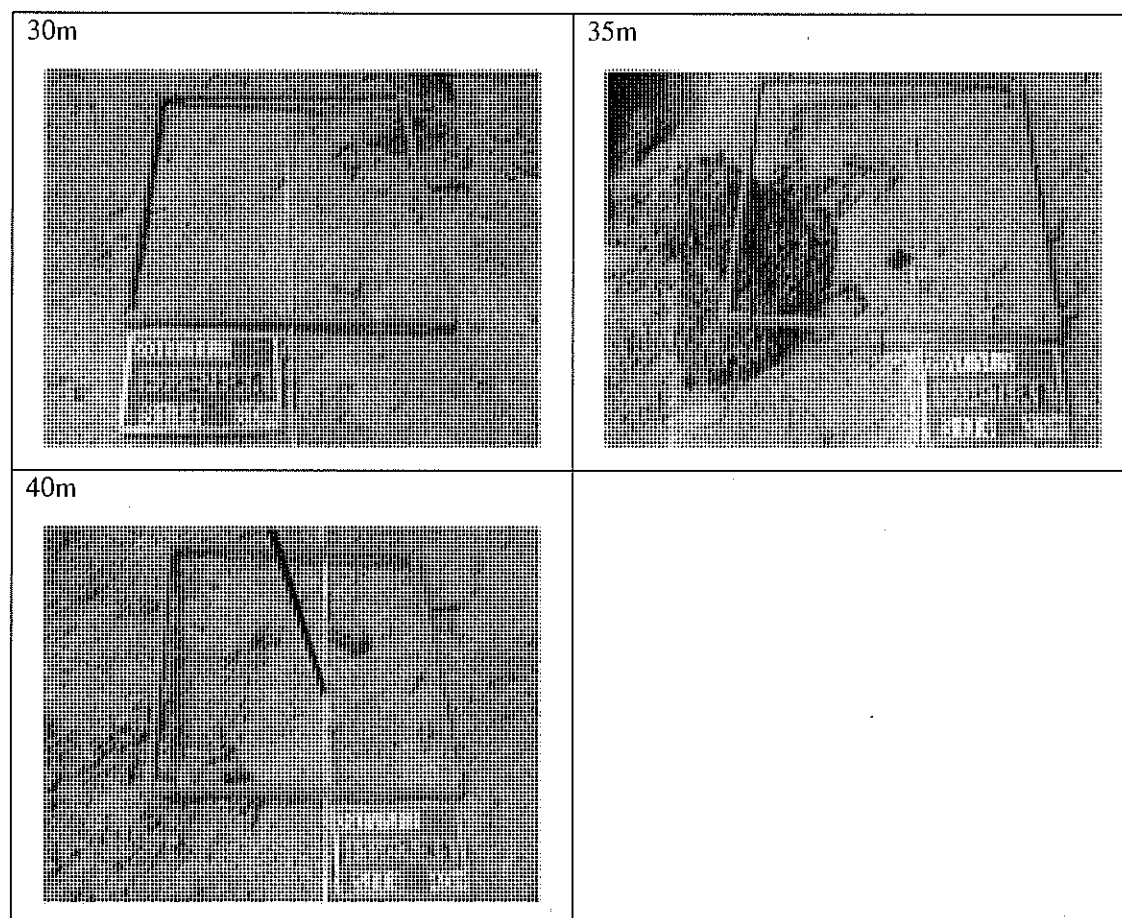


写真 5.1.2-5 (2) トランセクト SIT4 の海底状況

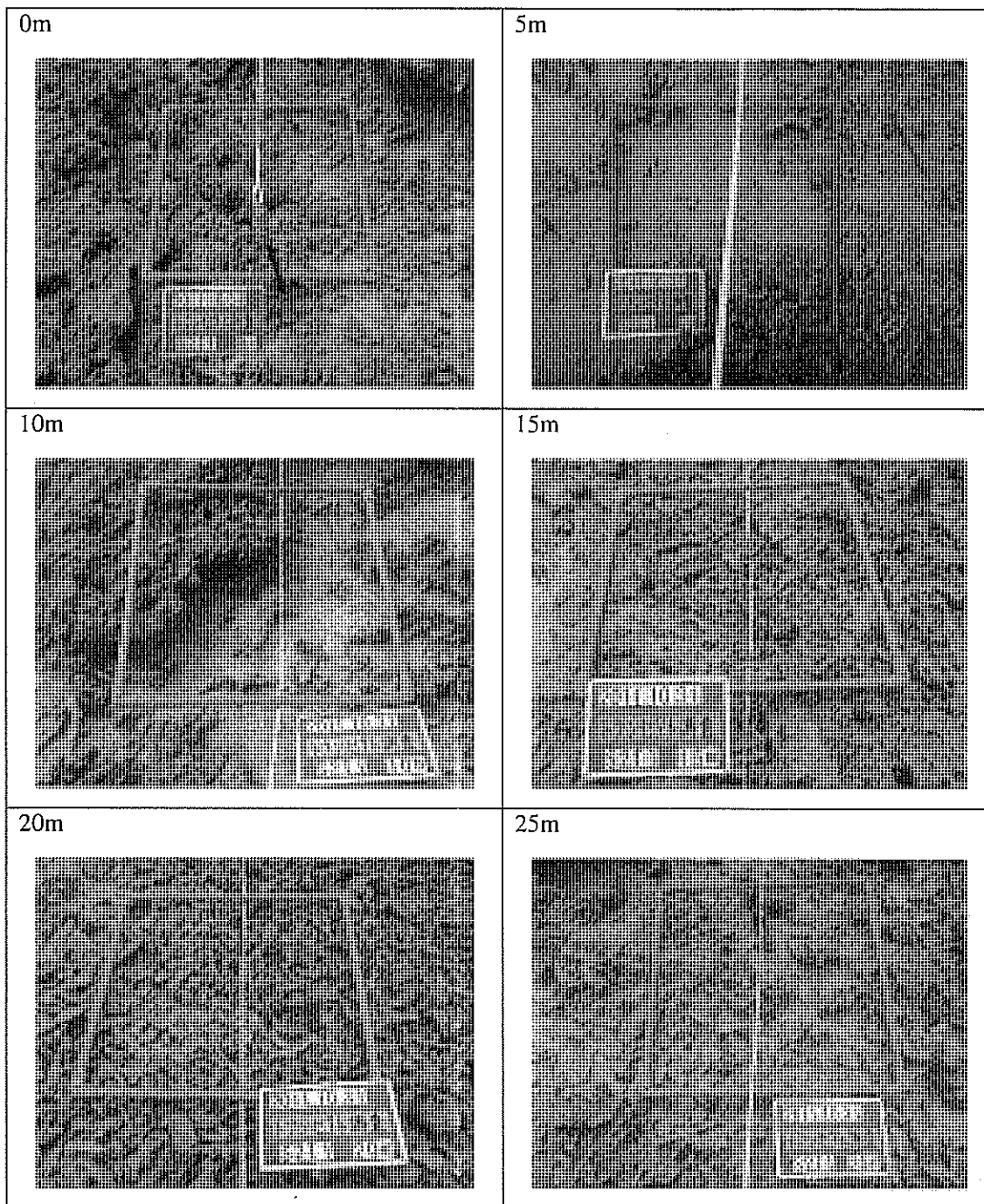


写真 5.1.2-6 (1) トランセクト S2T1 の海底状況

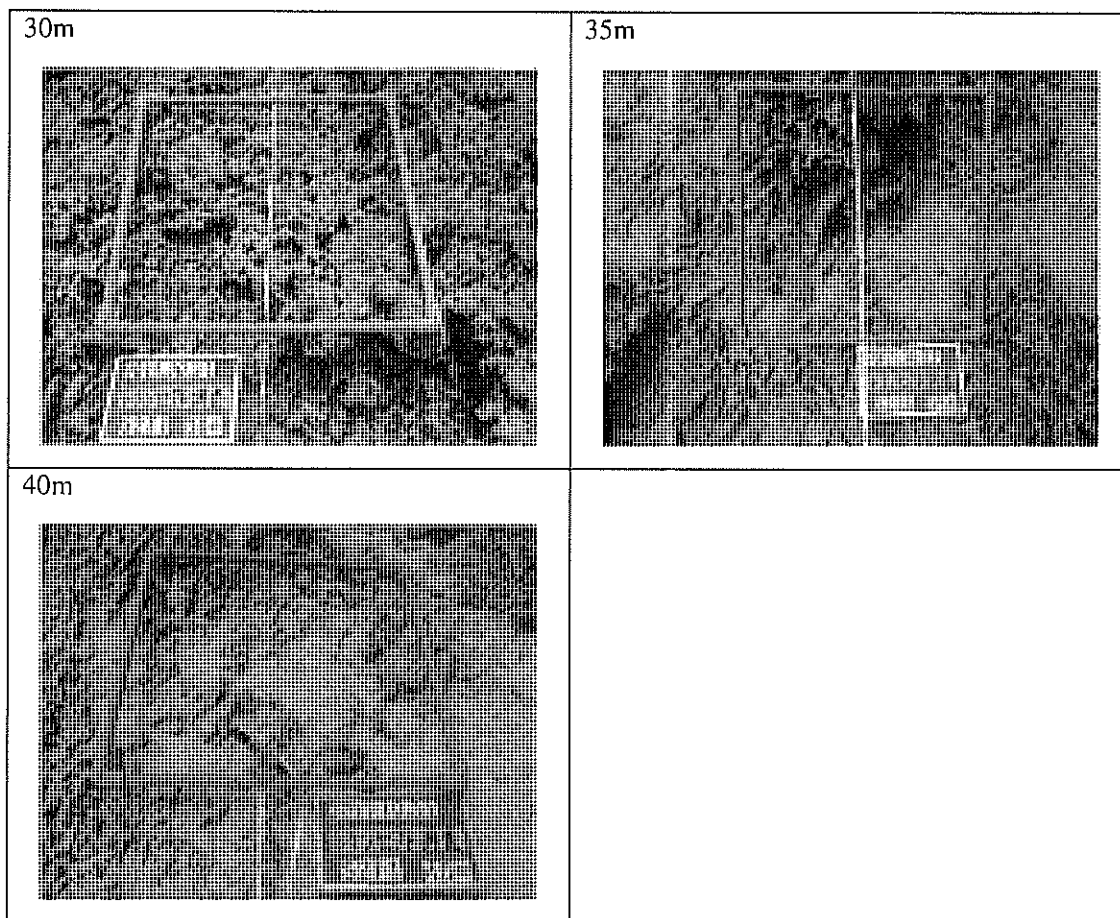


写真 5.1.2-6 (2) トランセクト S2T1 の海底状況

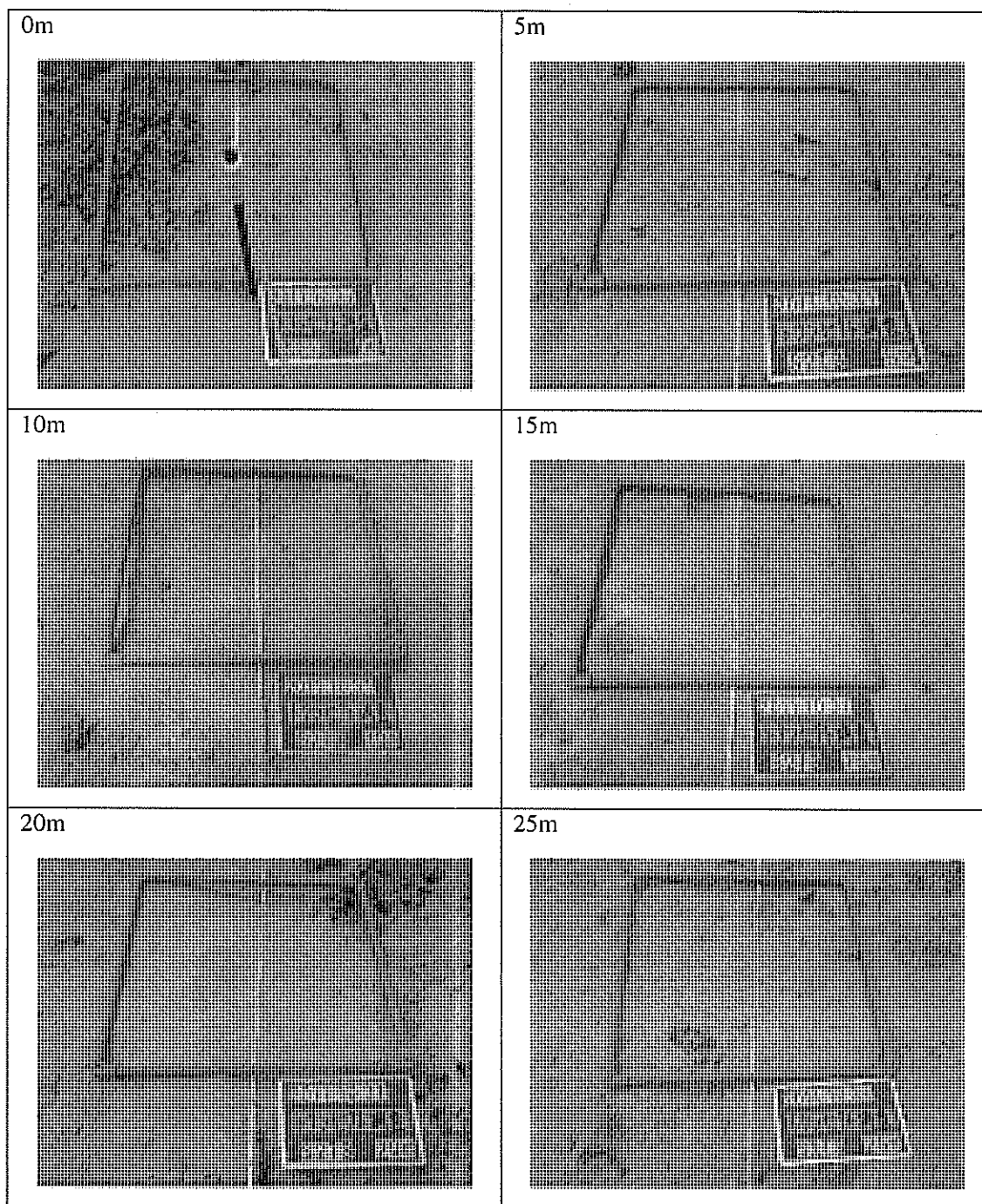


写真 5.1.2-7 (1) トランセクト S2T3 の海底状況

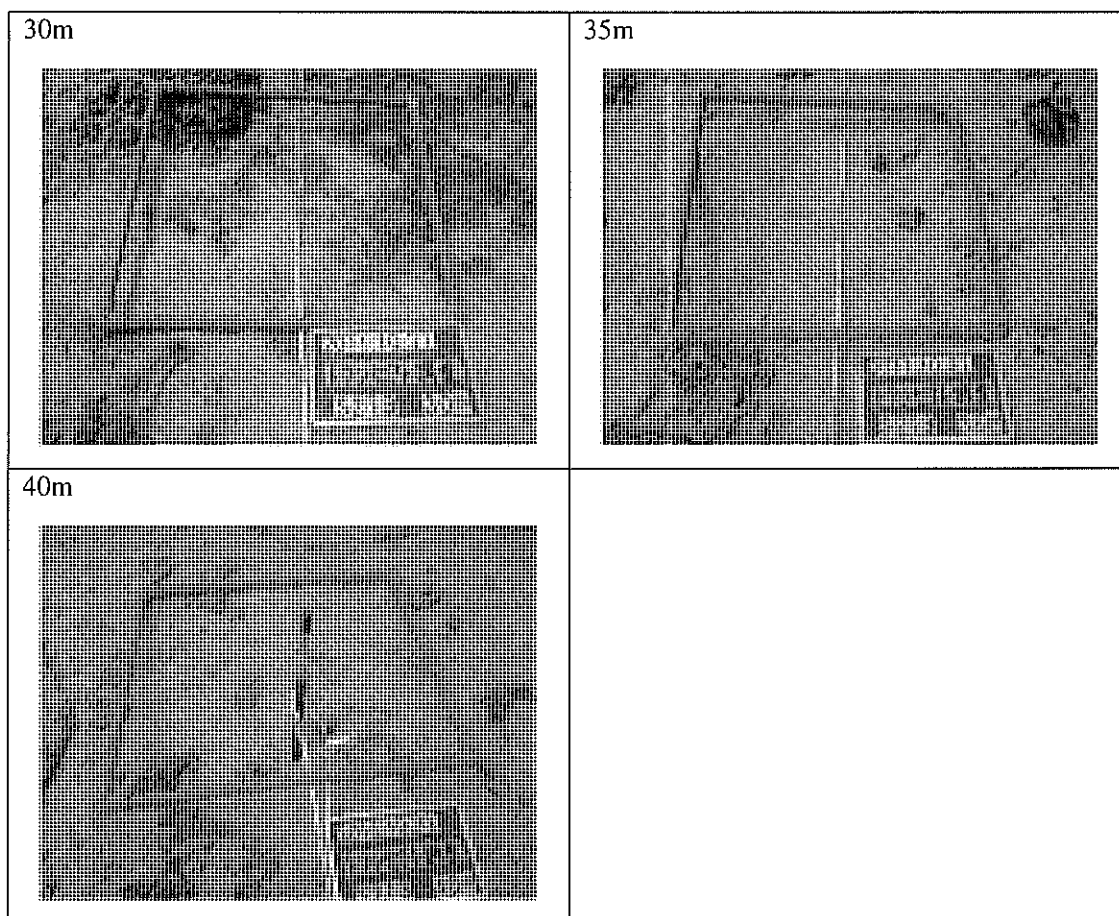


写真 5.1.2-7 (2) トランセクト S2T3 の海底状況

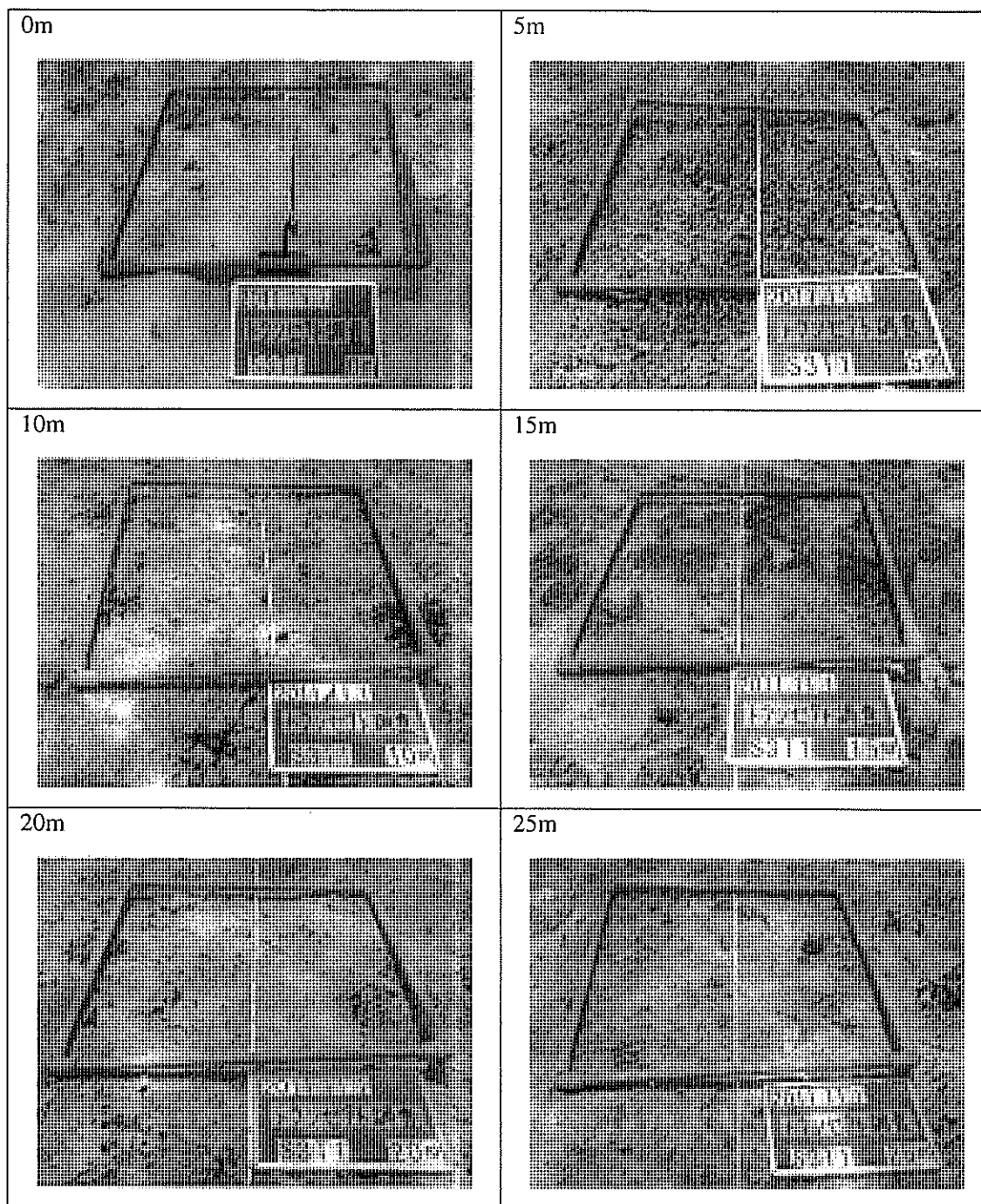


写真 5.1.2-8 (1) トランセクト S3T1 の海底状況

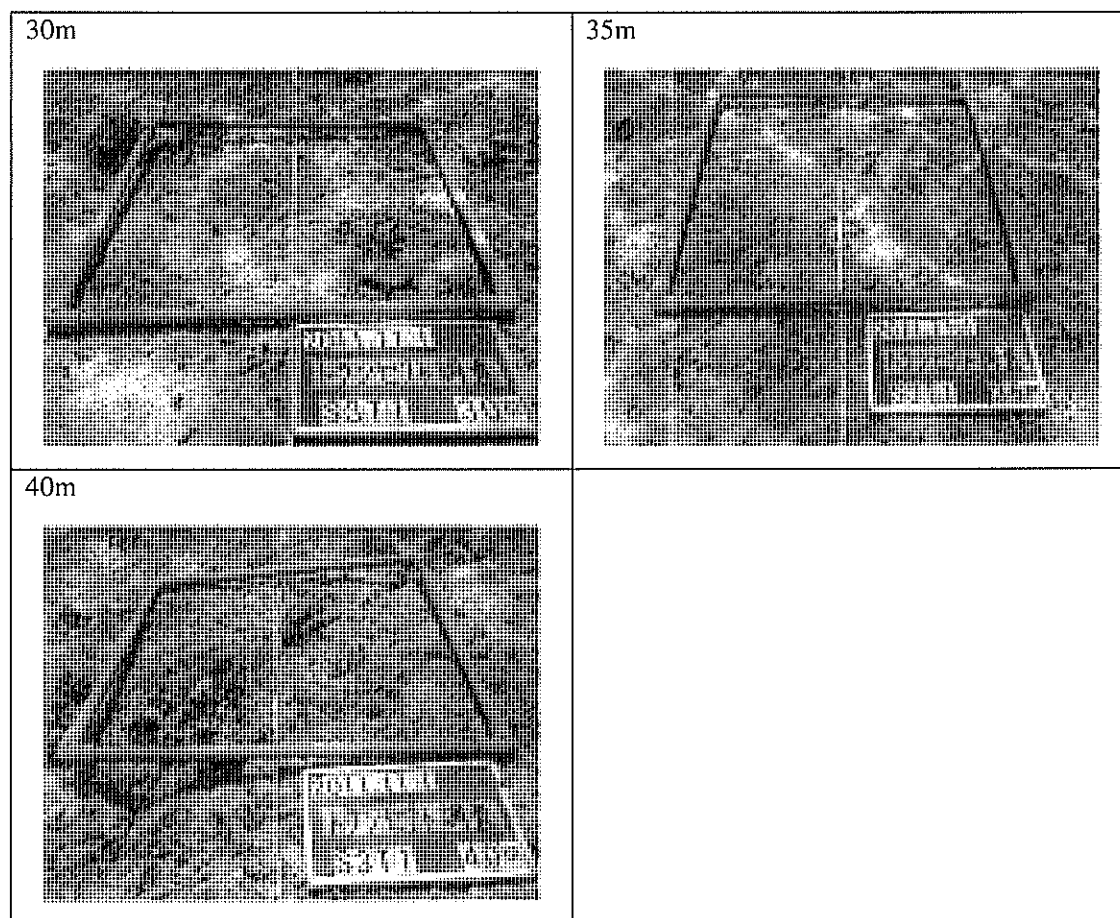


写真 5.1.2-8 (2) トランセクト S3T1 の海底状況

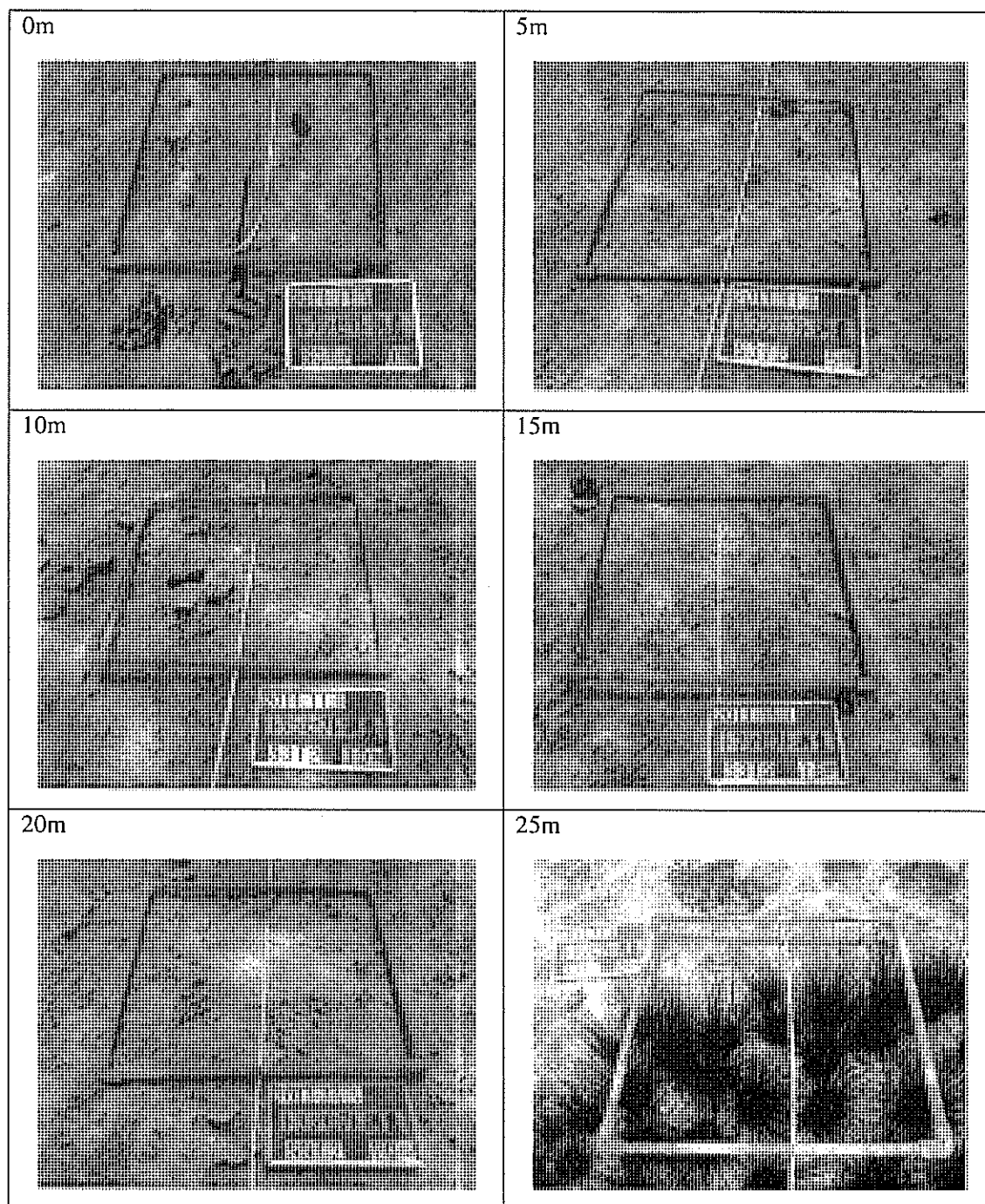


写真 5.1.2-9 (1) トランセクト S3T2 の海底状況

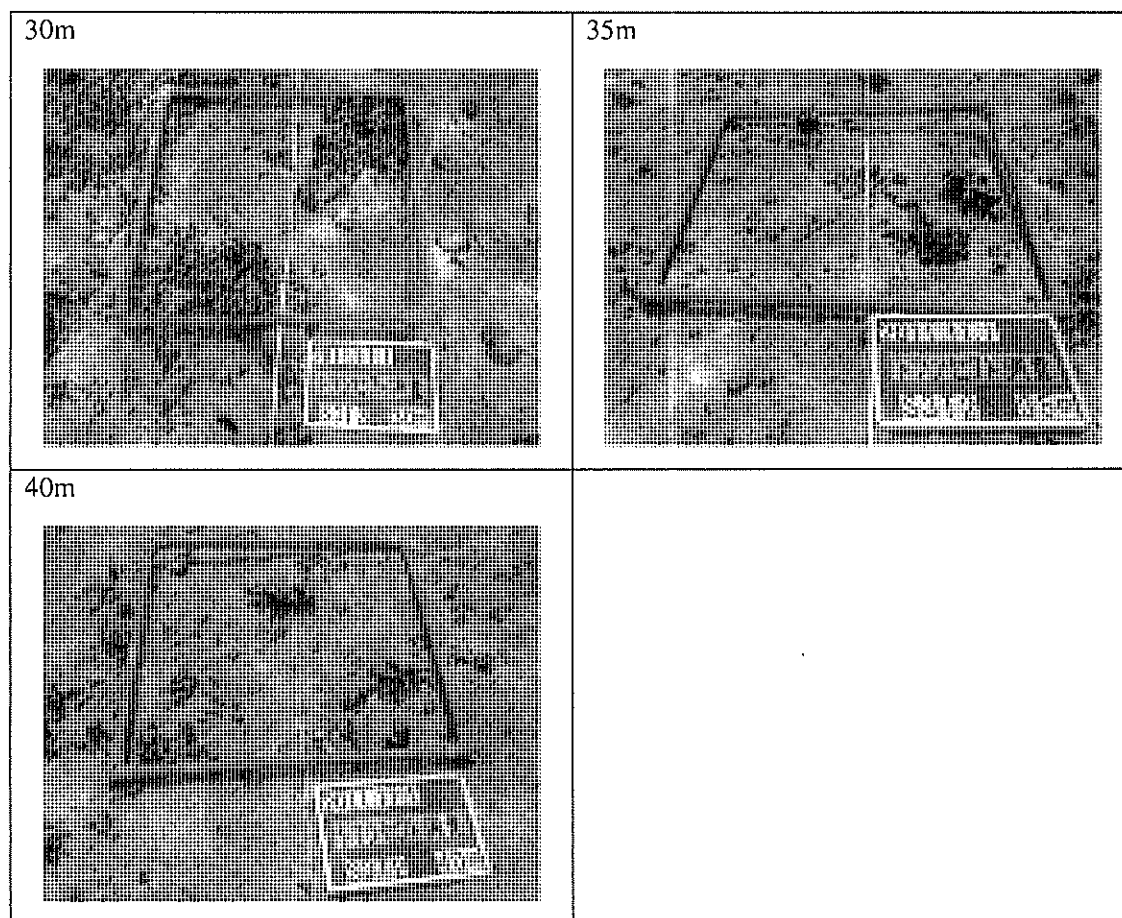


写真 5.1.2-9 (2) トランセクト S3T2 の海底状況

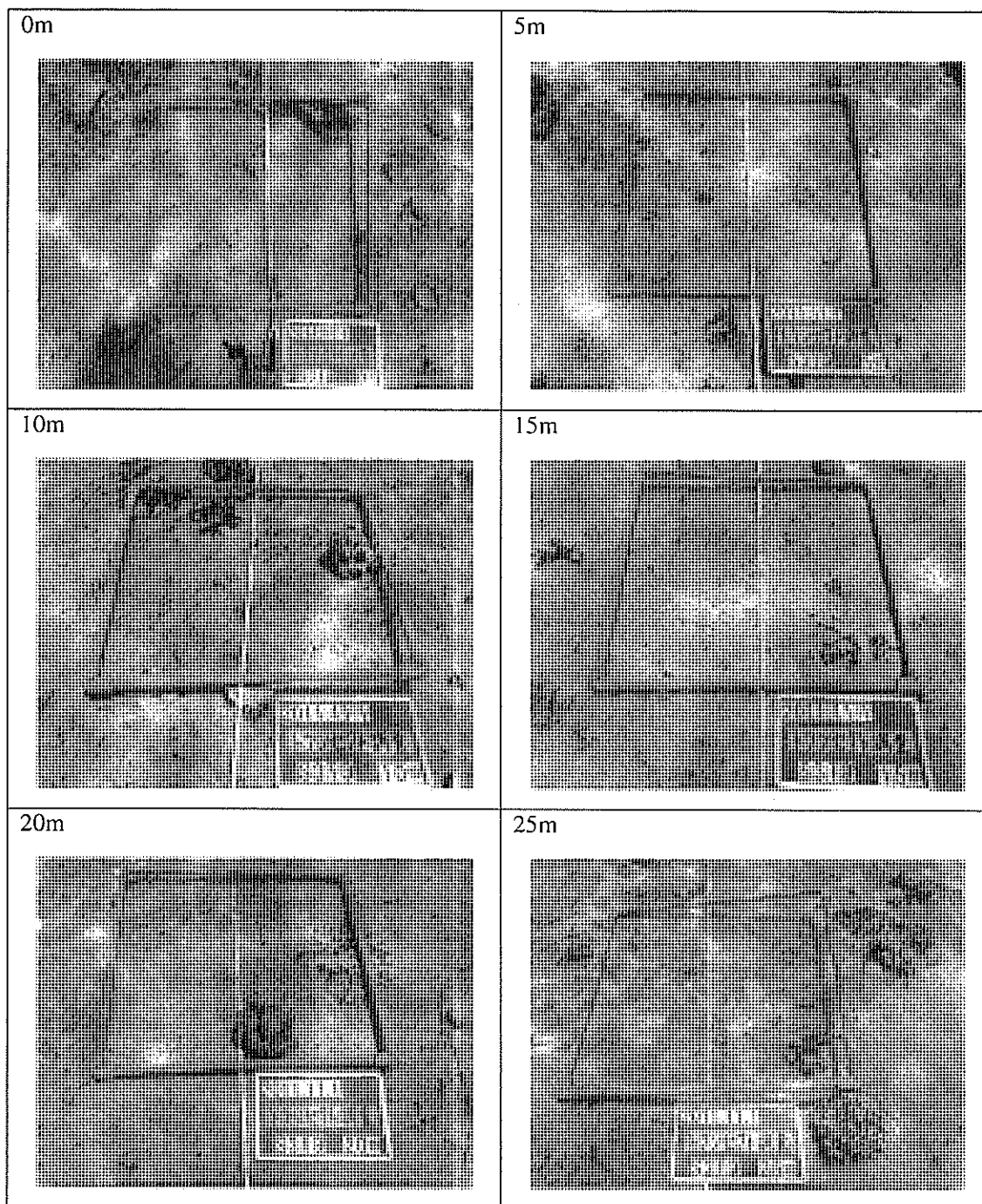


写真 5.1.2-10 (1) トランセクト S3T3 の海底状況

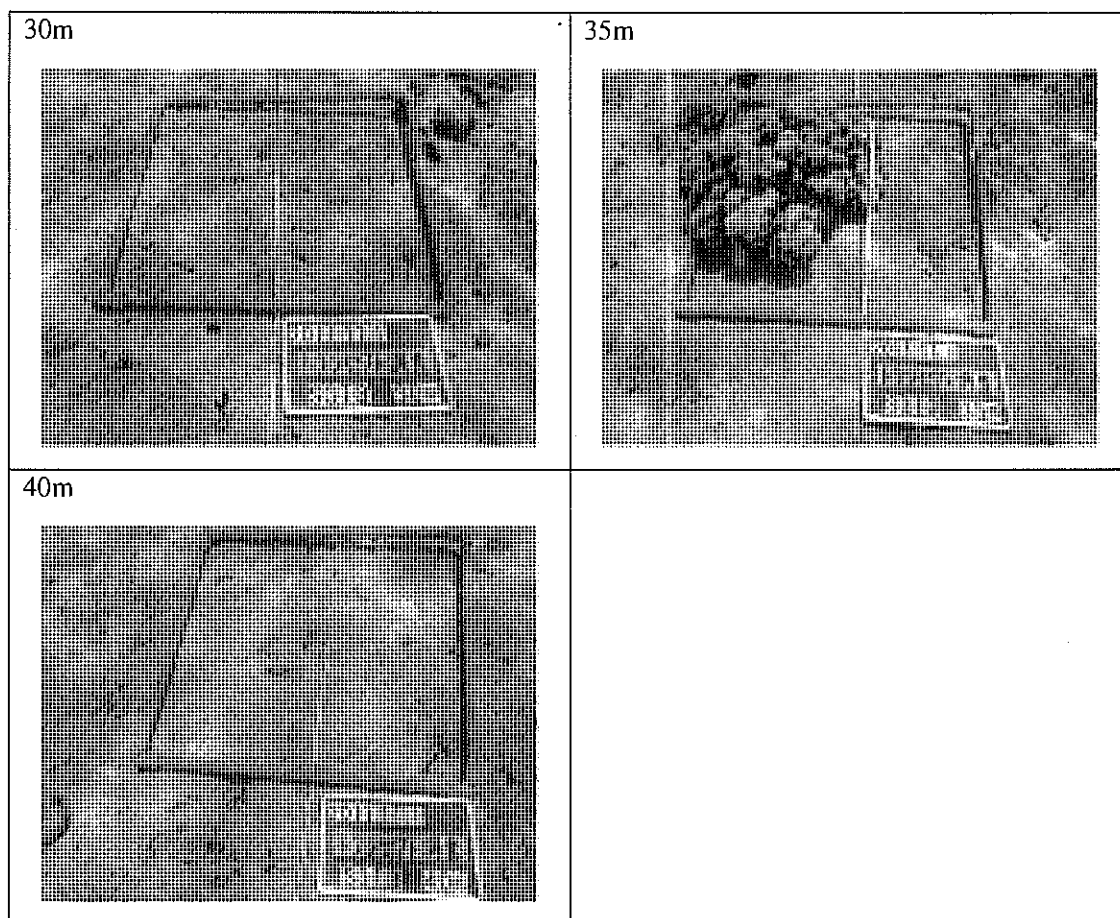


写真 5.1.2-10 (2) トランセクト S3T3 の海底状況

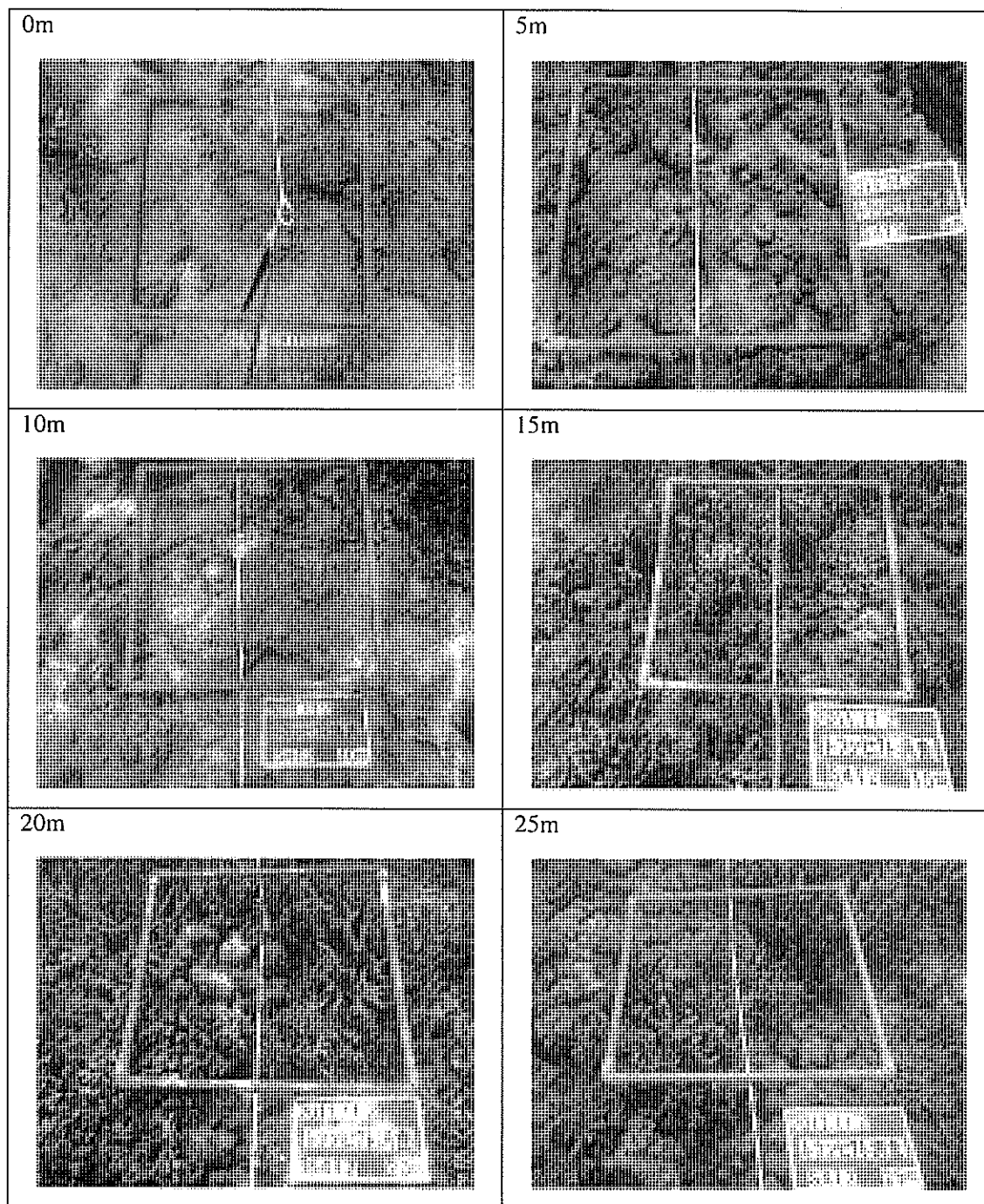


写真 5.1.2-11 (1) トランセクト S4T2 の海底状況

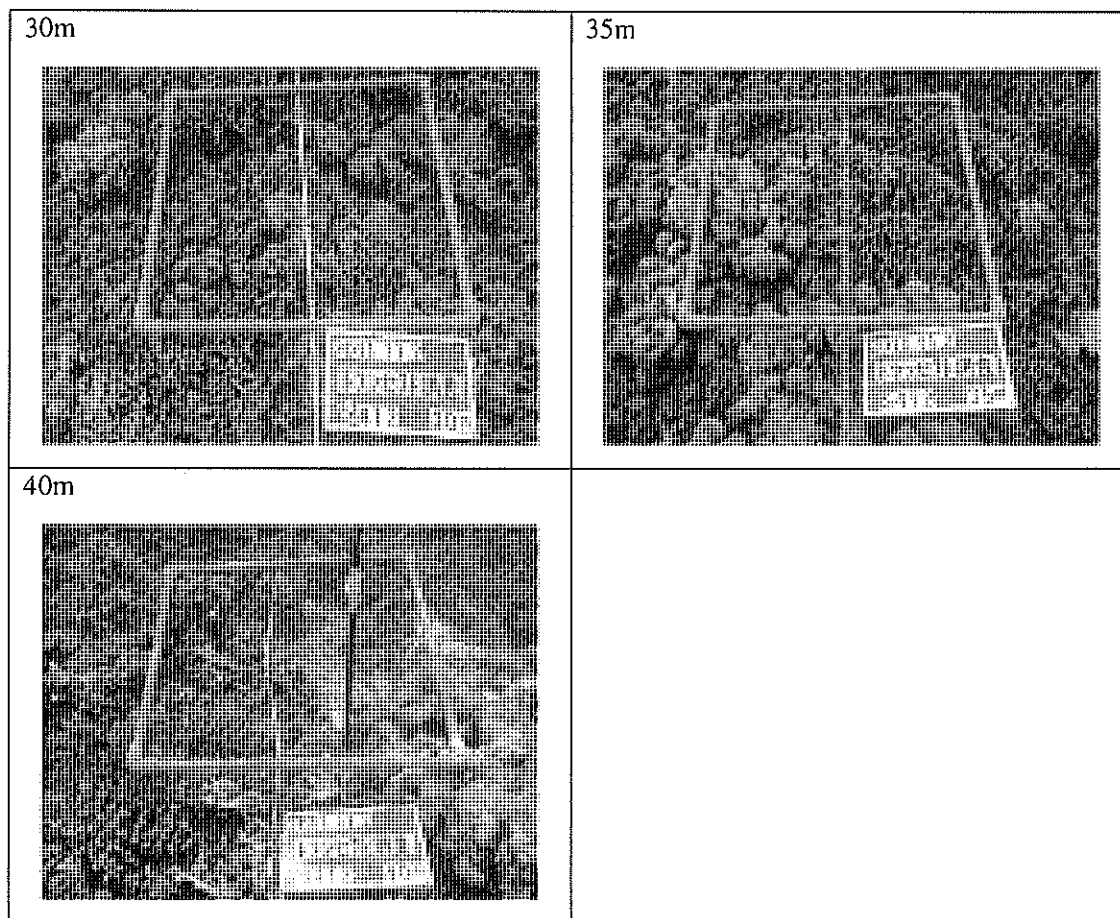


写真 5.1.2-11 (2) トランセクト S4T2 の海底状況

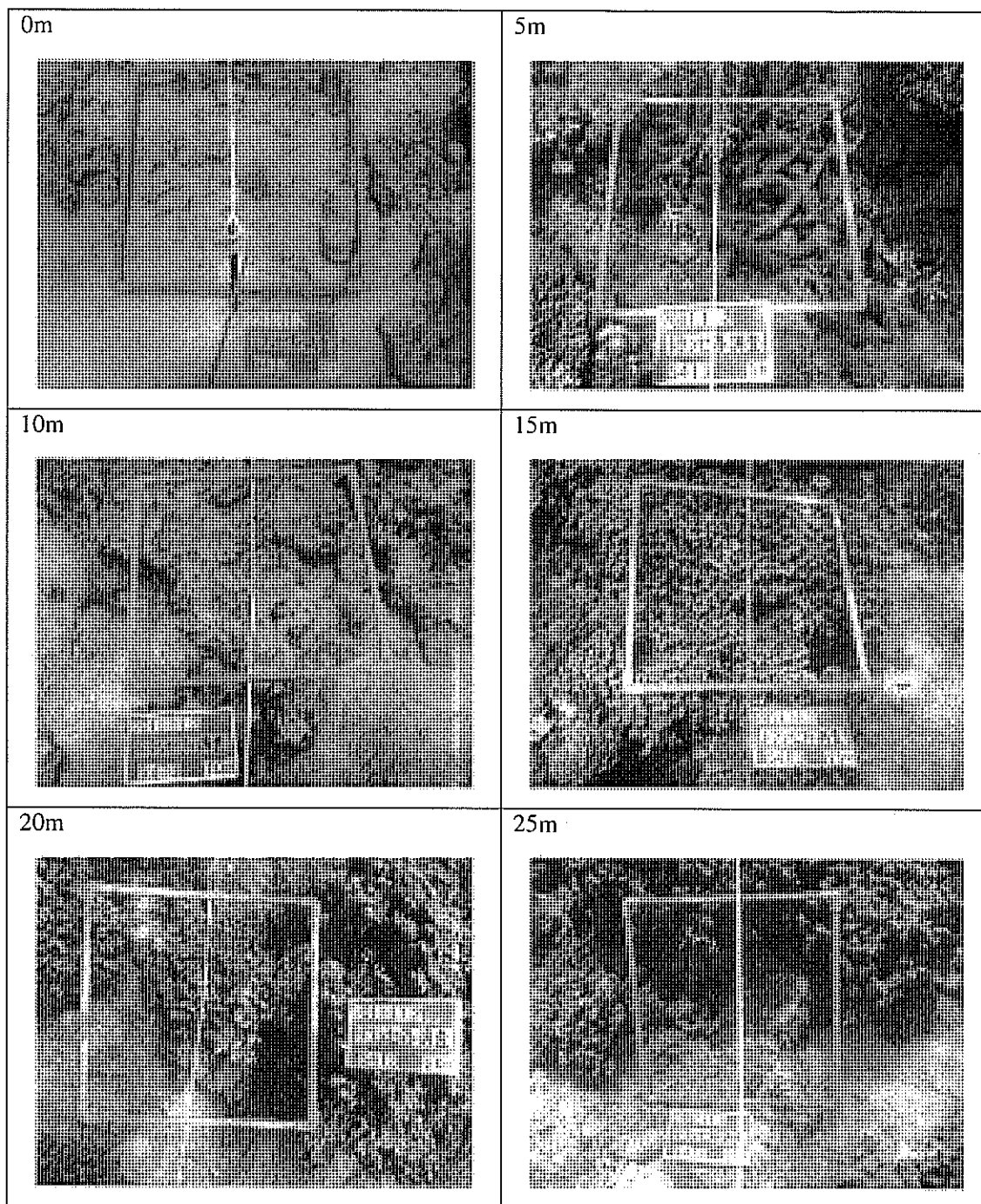


写真 5.1.2-12 (1) トランセクト S4T3 の海底状況



写真 5.1.2-12 (2) トランセクト S4T3 の海底状況

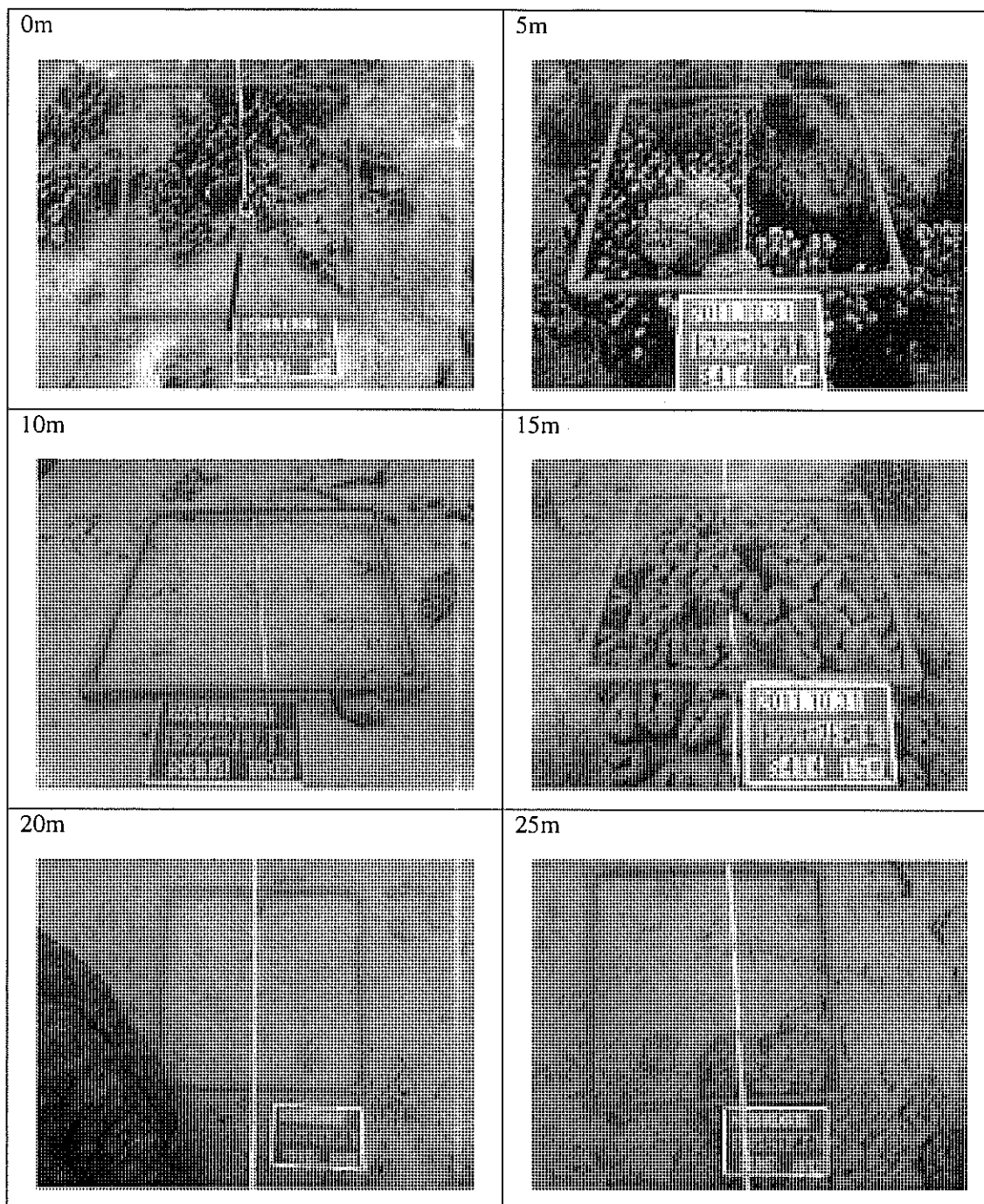


写真 5.1.2-13 (1) トランセクト S4T4 の海底状況

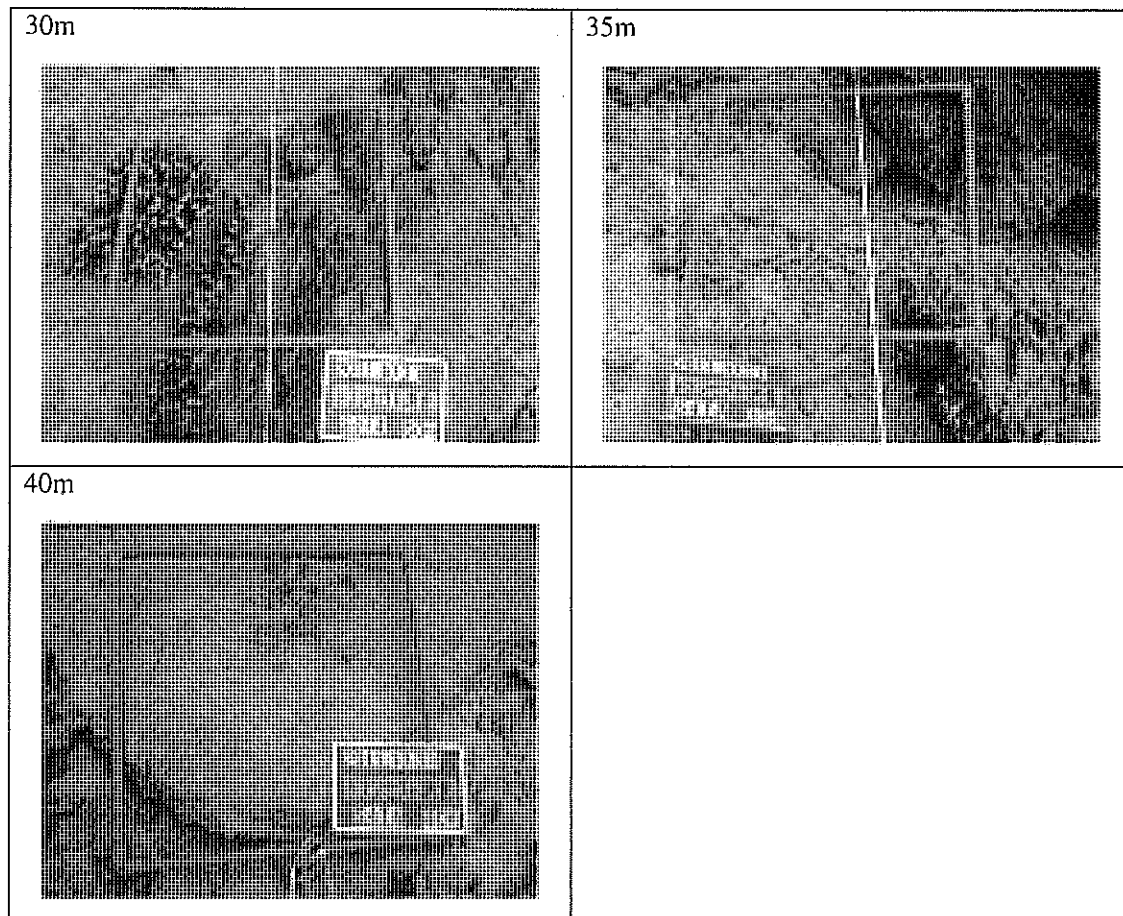


写真 5.1.2-13 (2) トランセクト S4T4 の海底状況

5.1.3. サンゴ生息環境調査

(1) 目的

長期モニタリング計画を作成するにあたり、ポートビラ湾におけるサンゴ分布域の環境条件として、水温、塩分、濁度を調査し、モニタリングの基礎データとする。

(2) 方法

スター埠頭付近及び湾口付近の2箇所のサンゴ生息域に調査地点を設定した（図 5.1.3-1、表 5.1.3-1）。各調査地点において、2011年10月20日～11月15日の間に海底に自記式測定器（JFEアドバンテック社製）を設置し（写真 5.1.3-2.）、毎正時に濁度、10分ごとに水温および塩分の測定を行い、その後、調査結果を整理した。



表 5.1.3-1 サンゴ生息環境調査位置

調査地点	調査位置	
St.Q1	S 17° 44' 02.1"	E 168° 18' 03.8"
St.Q2	S 17° 45' 08.9"	E 168° 18' 22.1"



写真 5.1.3-1 自記式測定器の設置作業状況

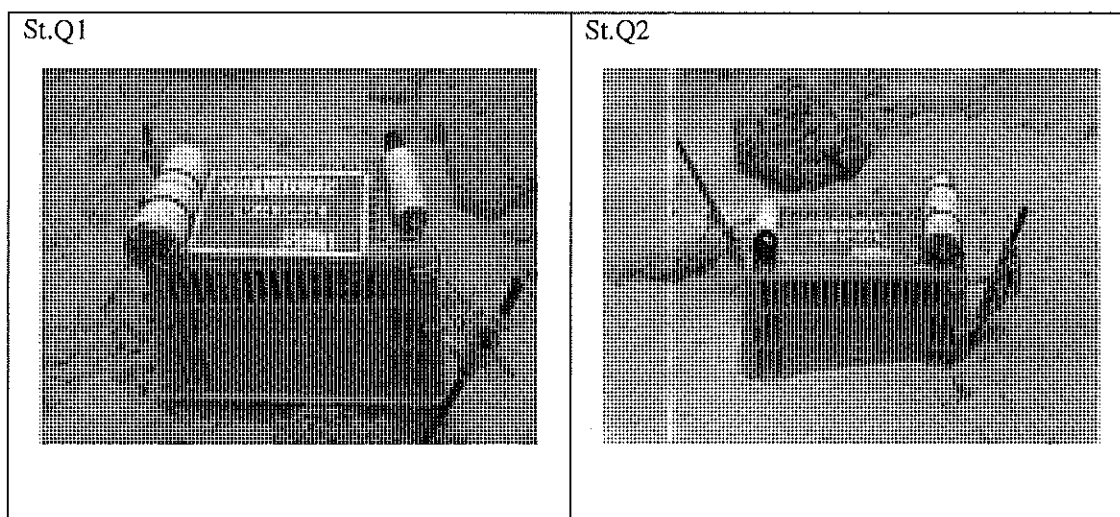
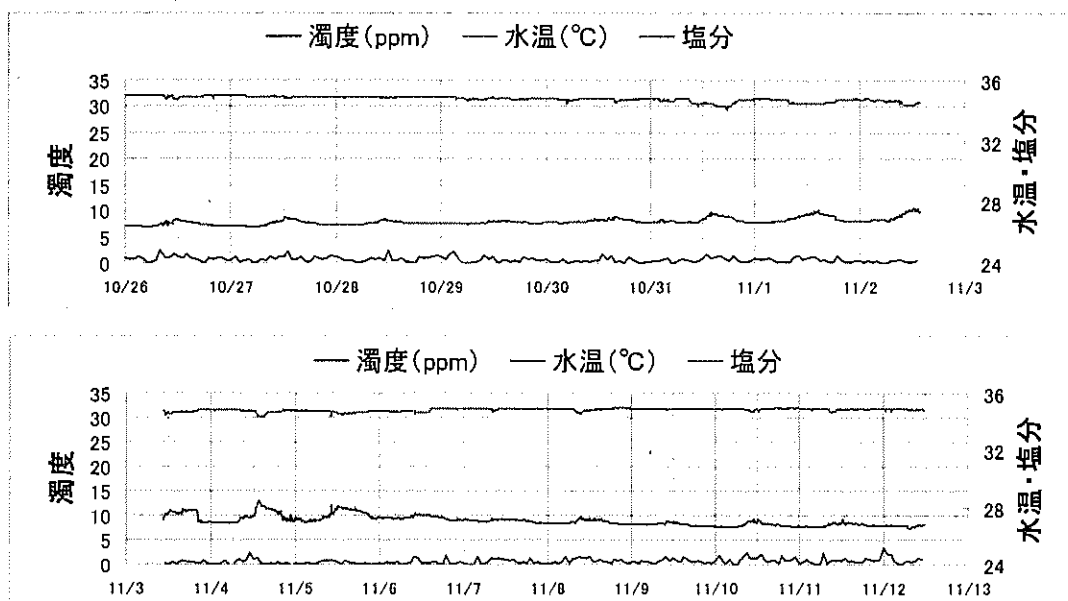


写真 5.1.3-2 自記式測定器の設置後の状況

(3) 結果

2011年10月26日～11月12日までの濁度、水温および塩分のデータを図 5.1.3-2 に示す。
調査期間中の平均濁度は St. Q1 で 0.72、St. 2 で 0.60 と低く、大きな違いはみられなかった。
平均水温は St. Q1 で 26.9℃、St. Q2 で 26.8℃であった。平均塩分は St. Q1 と St. Q2 とともに 34.8 であった。

【St.Q1】



【St.Q2】

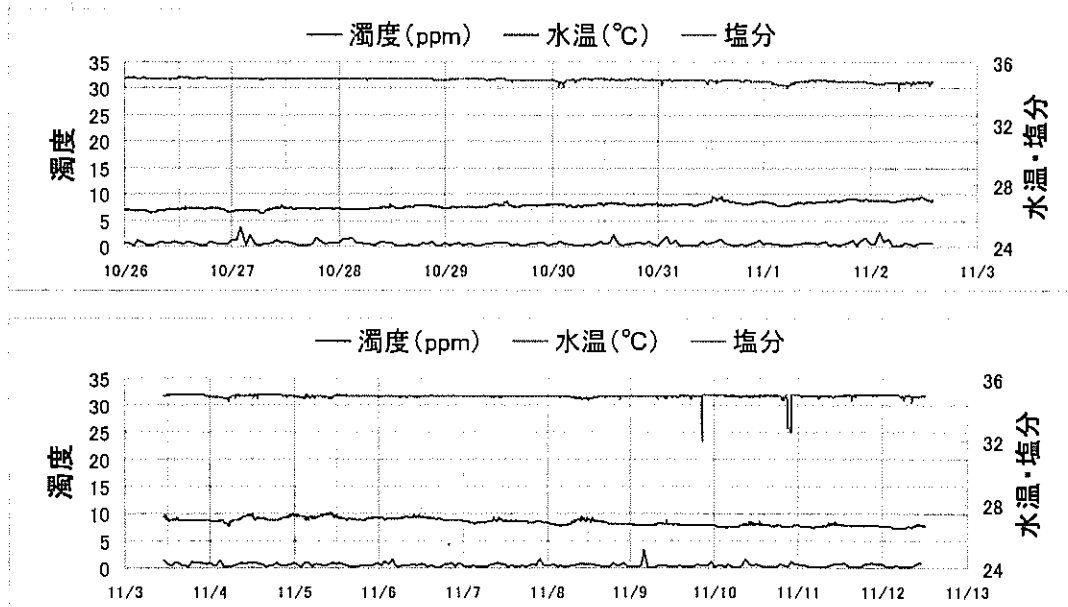


図 5.1.3-2 濁度・水温・塩分データ（2011年10月26日～11月12日）

5.1.4. 移設対象サンゴ分布調査

(1) 目的

埋立が予定されている区域に、塊状ハマサンゴ属やユビエダハマサンゴが、比較的まとまった規模で生息している。特にユビエダハマサンゴの高被度群生は、浅所が限られているポートビラ湾域では稀少な存在であるため、塊状ハマサンゴにあわせて適切な海域へ移設されることが望まれる。適切な移設によりサンゴ生産量、再生産量、すみかの量が維持され、ポートビラ湾のサンゴ礁保全に貢献することになる。

そこで、埋立事業における緩和策として移設が計画されている塊状ハマサンゴ等の分布状況を検討するため、事業実施予定区域およびその周辺の移設元調査区域に生息するサンゴ類の詳細な生息状況と事業実施予定区域近辺で類似の環境を有するイリリキ島西側海域を移設先候補地として、その環境条件を把握することを目的とした。なお、イリリキ島西側の移設先候補地についてはバヌアツ国水産局主任研究官も同意見であった。

(2) 方法

調査は、図 5.1.4-1 に示す事業実施区域およびその周辺の移設元調査区域と、イリリキ島西側の移設先候補地（図 5.1.4-2）で、2011 年 10 月 20 日～11 月 15 日に行った。

移設元調査では、事業実施予定区域およびその周辺におけるサンゴ礁分布マップ調査結果をもとに、移設元調査区域に分布するサンゴ群集において、代表的なサンゴ類のサイズごとの個数あるいは群集規模、位置を観察した。また生息水深や底質についても調査した。

移設先候補地については、20 分程度の潜水調査を実施し、サンゴ類の種類や被度、サンゴ食生物、サンゴの病気について観察を行う他、生息水深や底質についても調査した。



図 5.1.4-1 移設対象サンゴ分布調査位置



図 5.1.4-2 移設先候補地位置

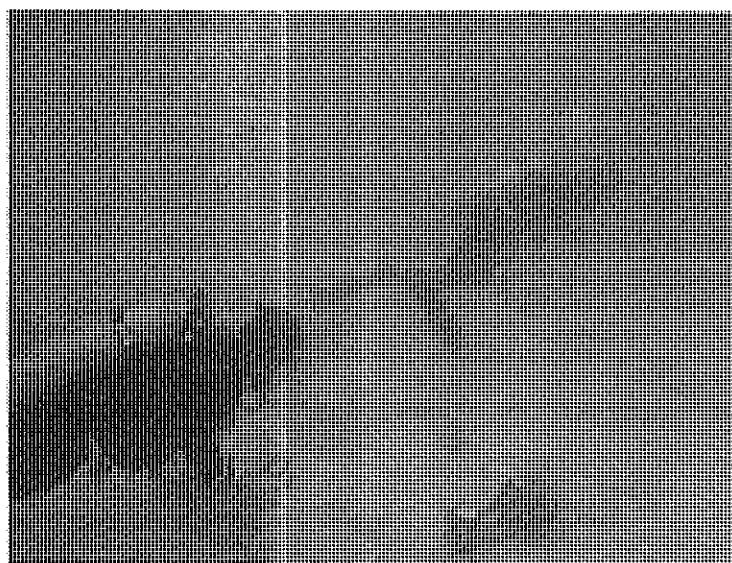


写真 5.1.4-1 移設対象サンゴの調査状況

(3) 結果

(a) 移設元調査

移設元調査区域におけるサンゴ群集は、水深 1.5～2.1m に存在する A～E の 5 ヶ所に大別された（表 5.1.4-1, 表 5.1.4-3）。

A のハマサンゴ属（塊状）群集では、3m 以上のサンゴが 1 群体、2m 以上 3m 未満のサンゴが 5 群体、1m 以上 2m 未満のサンゴが 19 群体、1m 未満のサンゴが 97 群体確認された。

B のハマサンゴ属（塊状）群集では、1m 以上 2m 未満のサンゴが 5 群体確認された。

C のユビエダハマサンゴ群集では、約 4 m² のサンゴ群集が 5 ヶ所確認された。

D のハマサンゴ属（塊状）群集では、2m 以上 3m 未満のサンゴが 3 群体、1m 以上 2m 未満のサンゴが 9 群体、1m 未満のサンゴが 85 群体確認された。

E のヤッコアミメサンゴ群集では、群集規模 310 m² 程度が確認された。

この海域の底質は主に砂や岩盤であり、サンゴは生息基盤に付着しないものが多くみられた。

これらの地点において、サンゴ食生物やサンゴの病気は確認されなかった。

(b) 移設先候補地調査

移設先候補地において、移設元調査区域で確認された優占種であるハマサンゴ属（塊状）やユビエダハマサンゴ、ヤッコアミメサンゴは確認された（表 5.1.4-3）。この海域の底質は主に岩盤及び砂であり、水深が 2.0m と移設元と比較して大きな違いはみられなかった。また、この周辺海域において、サンゴ食生物やサンゴの病気は確認されなかった。

また、遺伝子攪乱の恐れについても、袋状の湾入地形であり、距離も 1km 程度しか離れていないため、その可能性は皆無と考えてよい。

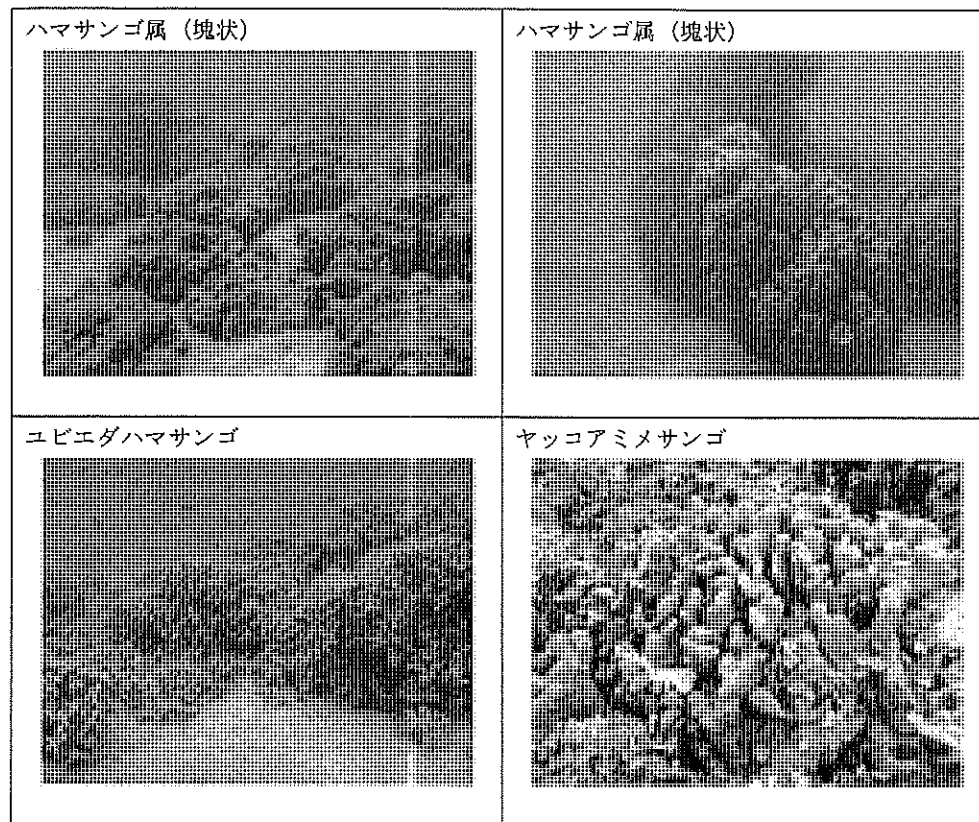


写真 5.1.4-2 移設元調査区域でみられたサンゴ類

表 5.1.4-1 ハマサンゴ属（塊状）が優占する分布域の群体数

分布域		A	B	D
優占種		ハマサンゴ 属(塊状)	ハマサンゴ 属(塊状)	ハマサンゴ 属(塊状)
群体サイズ	<1m	97		85
	1～2m	19	5	9
	2～3m	5		3
	>3m	1		
群体数合計		122	5	97

表 5.1.4-2 その他のサンゴが優占する分布域の群集規模

分布域	C	E
優占種	ユビエダハ マサンゴ	ヤッコアミメ サンゴ
群集規模	約20㎡	約310㎡



図 5.1.4-3 移設元調査区域におけるサンゴ群集分布位置

表 5.1.4-3 移設先で確認されたサンゴ類

No.	サンゴ全体被度	
1	オヤユビミドリイシ	r
2	ハナガサミドリイシ	r
3	センベイアナサンゴ	r
4	ハマサンゴ	+
5	コブハマサンゴ	+
6	ユビエダハマサンゴ	r
7	ヤッコアミメサンゴ	r
8	キュウリイシ	r
9	オオハナガタサンゴ	r
	総出現種数	9

注) + :5%未満、r:1%未満

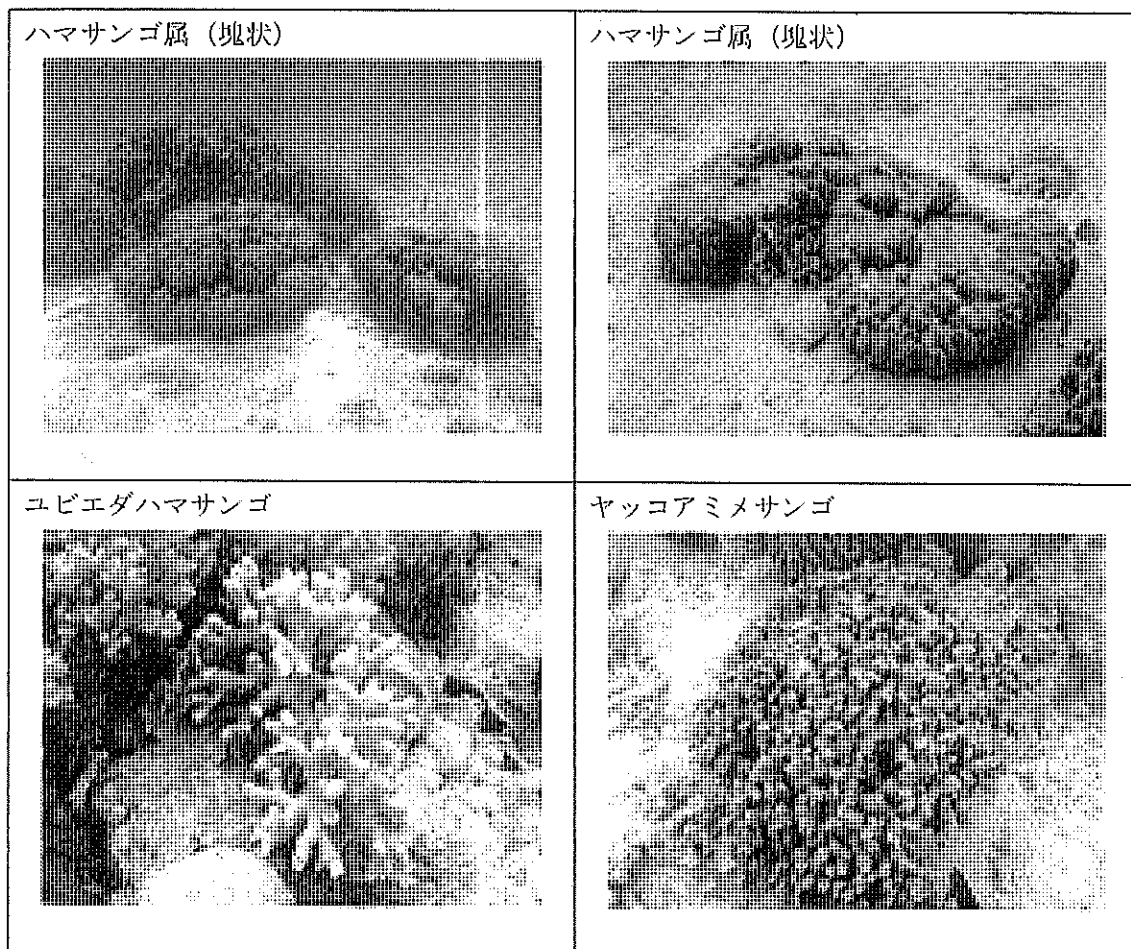


写真 5.1.4-3 移設先調査区域でみられたサンゴ類

5.2 海洋環境調査

5.2.1 測深調査

(1) 目的

湾内の海底深度データの不足を補い、数値モデルの解析精度を向上させるため、特に水深データが不足しているイリリキ島南部の浅海域において深度データを取得する。

(2) 方法

測深調査は、2011年10月21日～11月15日の間に、図 5.2.1-1 および表 5.2.1-1 に示す 30 調査地点で行った。

調査では GPS で位置を測位しながら、船上からレッド間縄にて測深した(図 5.2.1-2)。その後、実測値を調査時の潮位をもとに補正し、水深を計算した。



図 5.2.1-1 測深調査の調査位置

表 5.2.1-1 測深調査の調査地点座標

調査地点	調査位置	
1	S 17° 45' 00.0"	E 168° 18' 29.0"
2	S 17° 45' 00.0"	E 168° 18' 28.0"
3	S 17° 45' 00.0"	E 168° 18' 27.0"
4	S 17° 44' 59.0"	E 168° 18' 26.0"
5	S 17° 45' 02.4"	E 168° 18' 29.1"
6	S 17° 45' 02.5"	E 168° 18' 28.1"
7	S 17° 45' 02.1"	E 168° 18' 27.1"
8	S 17° 45' 01.8"	E 168° 18' 26.1"
9	S 17° 45' 04.5"	E 168° 18' 28.2"
10	S 17° 45' 03.6"	E 168° 18' 27.1"
11	S 17° 45' 02.6"	E 168° 18' 26.1"
12	S 17° 45' 02.2"	E 168° 18' 25.6"
13	S 17° 45' 06.0"	E 168° 18' 28.1"
14	S 17° 45' 05.0"	E 168° 18' 27.1"
15	S 17° 45' 04.5"	E 168° 18' 26.0"
16	S 17° 45' 08.5"	E 168° 18' 27.3"
17	S 17° 45' 08.3"	E 168° 18' 26.3"
18	S 17° 45' 08.0"	E 168° 18' 25.3"
19	S 17° 45' 07.7"	E 168° 18' 24.3"
20	S 17° 45' 11.1"	E 168° 18' 26.1"
21	S 17° 45' 11.1"	E 168° 18' 25.1"
22	S 17° 45' 10.7"	E 168° 18' 24.1"
23	S 17° 45' 09.4"	E 168° 18' 26.8"
24	S 17° 45' 08.6"	E 168° 18' 25.8"
25	S 17° 45' 08.2"	E 168° 18' 24.8"
26	S 17° 45' 07.1"	E 168° 18' 27.2"
27	S 17° 45' 06.3"	E 168° 18' 26.0"
28	S 17° 45' 05.8"	E 168° 18' 25.0"
29	S 17° 45' 11.5"	E 168° 18' 25.6"
30	S 17° 45' 11.3"	E 168° 18' 24.0"

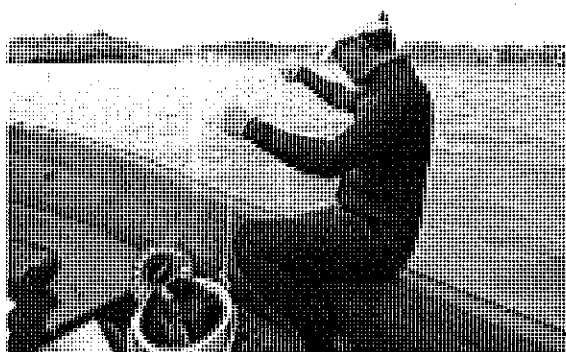


図 5.2.1-2 測深調査の調査状況

(3) 結果

測深調査の結果、調査区域は潮位基準面から-1.5～+0.25mと浅い海域であることが明らかになった。調査結果の詳細を表 5.2.1-2 に示す。

表 5.2.1-2 測深調査結果

調査地点	調査位置		潮位基準面から高さ(m)
1	S 17° 45' 00.0"	E 168° 18' 29.0"	+0.25
2	S 17° 45' 00.0"	E 168° 18' 28.0"	+0.15
3	S 17° 45' 00.0"	E 168° 18' 27.0"	-0.05
4	S 17° 44' 59.0"	E 168° 18' 26.0"	-1.00
5	S 17° 45' 02.4"	E 168° 18' 29.1"	-0.60
6	S 17° 45' 02.5"	E 168° 18' 28.1"	+0.05
7	S 17° 45' 02.1"	E 168° 18' 27.1"	-0.10
8	S 17° 45' 01.8"	E 168° 18' 26.1"	-0.45
9	S 17° 45' 04.5"	E 168° 18' 28.2"	-0.25
10	S 17° 45' 03.6"	E 168° 18' 27.1"	-0.15
11	S 17° 45' 02.6"	E 168° 18' 26.1"	-0.25
12	S 17° 45' 02.2"	E 168° 18' 25.6"	-0.95
13	S 17° 45' 06.0"	E 168° 18' 28.1"	-1.30
14	S 17° 45' 05.0"	E 168° 18' 27.1"	-0.05
15	S 17° 45' 04.5"	E 168° 18' 26.0"	-0.40
16	S 17° 45' 08.5"	E 168° 18' 27.3"	-1.05
17	S 17° 45' 08.3"	E 168° 18' 26.3"	-0.20
18	S 17° 45' 08.0"	E 168° 18' 25.3"	-0.35
19	S 17° 45' 07.7"	E 168° 18' 24.3"	-0.90
20	S 17° 45' 11.1"	E 168° 18' 26.1"	-1.50
21	S 17° 45' 11.1"	E 168° 18' 25.1"	-0.60
22	S 17° 45' 10.7"	E 168° 18' 24.1"	-0.95
23	S 17° 45' 09.4"	E 168° 18' 26.8"	-0.45
24	S 17° 45' 08.6"	E 168° 18' 25.8"	-0.20
25	S 17° 45' 08.2"	E 168° 18' 24.8"	-0.55
26	S 17° 45' 07.1"	E 168° 18' 27.2"	-0.30
27	S 17° 45' 06.3"	E 168° 18' 26.0"	-0.20
28	S 17° 45' 05.8"	E 168° 18' 25.0"	-1.10
29	S 17° 45' 11.5"	E 168° 18' 25.6"	-1.15
30	S 17° 45' 11.3"	E 168° 18' 24.0"	-1.20

5.2.2. 流況調査

(1) 目的

スター埠頭整備の影響を面的にとらえるためには代表性のある流向・流速観測に基づく数値モデルの利用が有効であるため、湾全体の海流の主たる駆動力となっている湾口での海水の出入りを把握するとともに、影響評価の観点から、湾口および影響評価の対象であるスター埠頭周辺の流向流速について、潮汐周期全体をとらえられるように実測調査する。

(2) 方法

測定は、電磁流速計を用いて大潮（2011年10月26日～28日）、中潮（2011年11月5日～7日）、小潮（2011年10月31日～11月2日）のそれぞれにおいて、各24時間の昼夜連続測定を行った。設置場所は、湾口部の St. C1（下層：水深 19.9 m と上層：3.1 m）と湾奥の St. C2（下層：水深 2.2 m の 1 層）の 2 箇所を設置した（図 5.2.2-1, 表 5.2.2-1）。

St. C1 の設置方法は、上層と下層ともに立ち上げ式で行い、St. C2 については水深が浅いため、ステン杭を海底に打ち込み、その杭に測器を設置した（図 5.2.2-2）。各調査期間において、それぞれデータの読み込み、メンテナンスを各 1 回実施した。

なお、流向流速計の設置について、事前に便宜供与を要請し、現地で調査方法の詳細を関係機関に説明し、許可を得た上で実施した。



図 5.2.2-1 流況調査の地点位置

表 5.2.2-1 流況調査の調査地点座標

調査地点	調査位置	
St.C1	S 17° 44' 34.5"	E 168° 17' 33.6"
St.C2	S 17° 45' 12.6"	E 168° 18' 20.8"

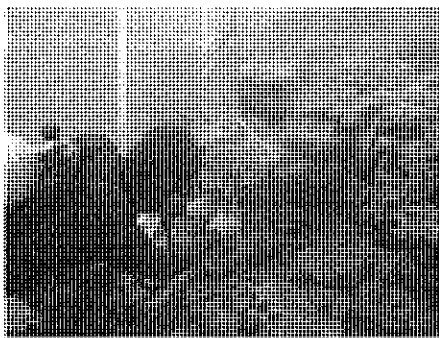


図 5.2.2-2(1) 流向流速計の設置作業状況

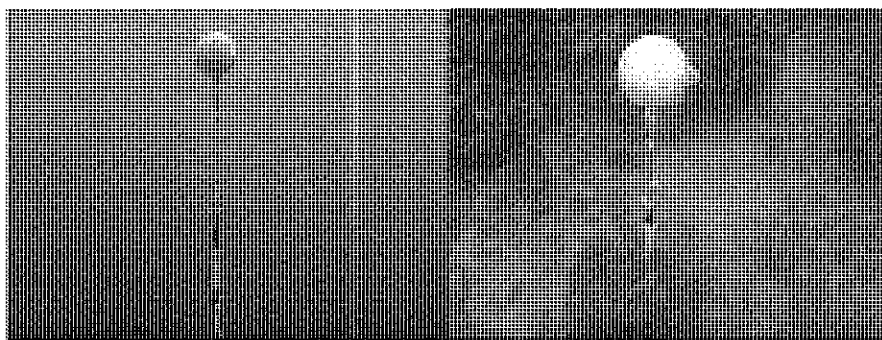


図 5.2.2-2(2) St.C1 における流向流速計の設置状況 (左：上層、右：底層)

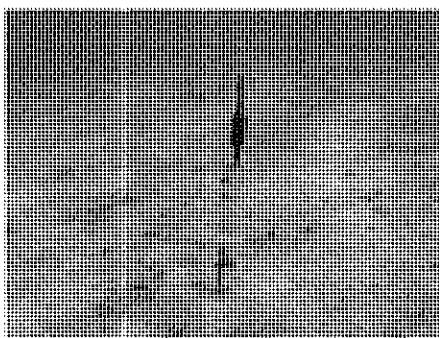


図 5.2.2-2(3) St.C2 における流向流速計の設置状況

(3) 結果

(a) 流況の時系列

流速計で得られたデータの時系列図を作成した。流速計のデータの他にポートビラ湾の推算潮位のデータも併せて示した。

大潮期の結果を図 5.2.2-3 に示す。湾口の St. C1 では、上層で湾から南西方向に流出する流れが多くみられ、下層は上層とは逆に、湾へ流入する東寄りの流れとなっていた。湾奥の St. C2 では、スター埠頭とイリリキ島南延礁の間を通過する往復流がみられた。

小潮期の結果を図 5.2.2-4 に示す。St. C1 の上層では湾へ流入する東寄りの流れや湾口に沿って南下する流れがみられた。St. C1 の下層では、流速の東西成分に比べて南北成分は小さく、おおよそ6時間おきに流向が東西で入れ替わっていた。St. C2 では、おおよそ12時間で流向が反転し、転流していく様子がみられた。

中潮の結果を図 5.2.2-5 に示す。St. C1 の上層で、11月6日0:00頃～04:00頃に比較的流速の大きい南東の流れが観測された。これ以外の期間は概ね流速は小さいものの湾へ流出する傾向を示した。St. C1 の下層では、上層でみられた強い流れに対応するような流れは観測されず、湾へ流入する東寄りの流れであり、調査期間の前半に比べて後半で流速が大きかった。St. C2 では、南東方向の流れが卓越していた。

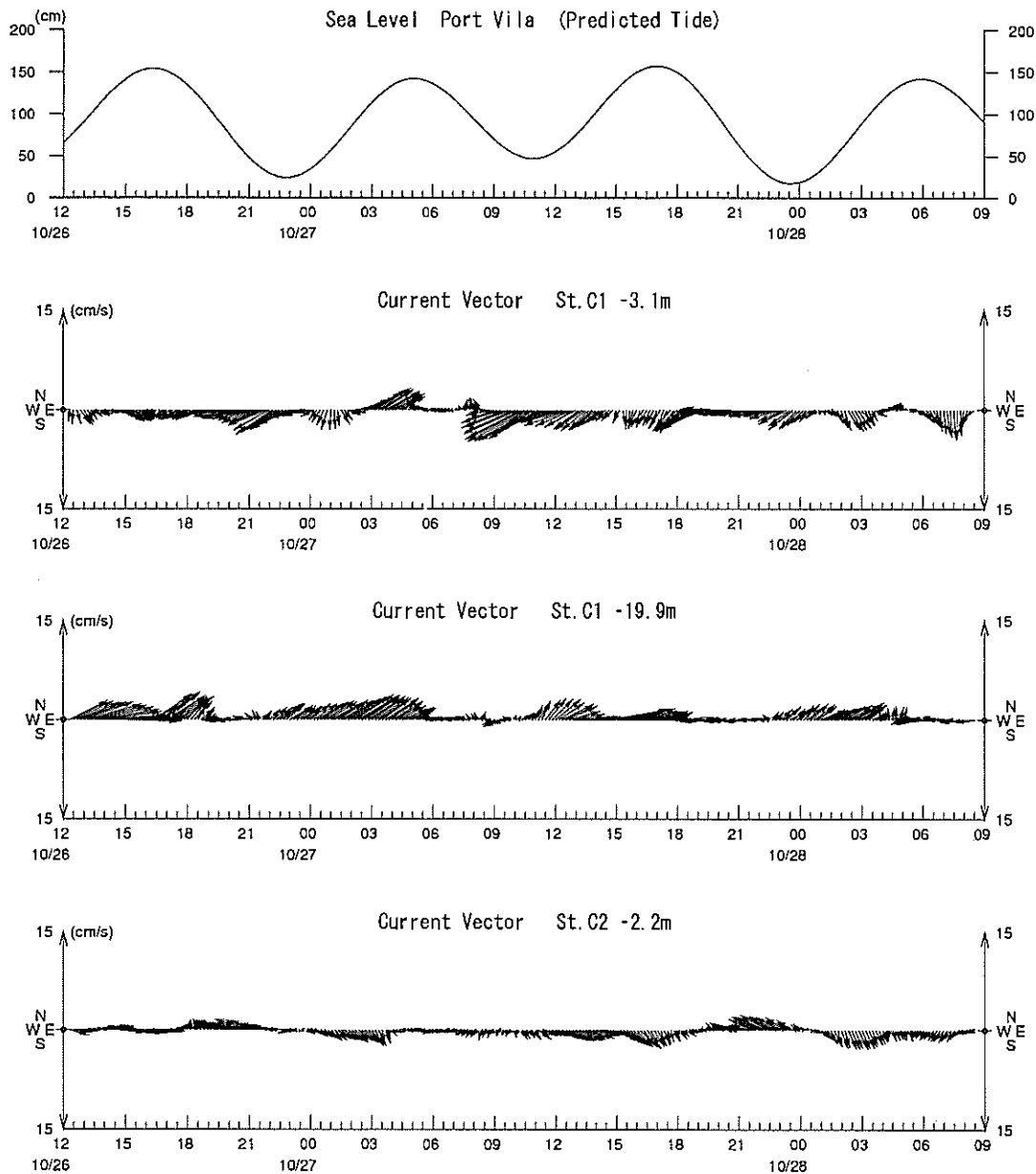


図 5.2.2-3 流速ベクトルおよび潮位(推算潮位)の時系列(大潮期)

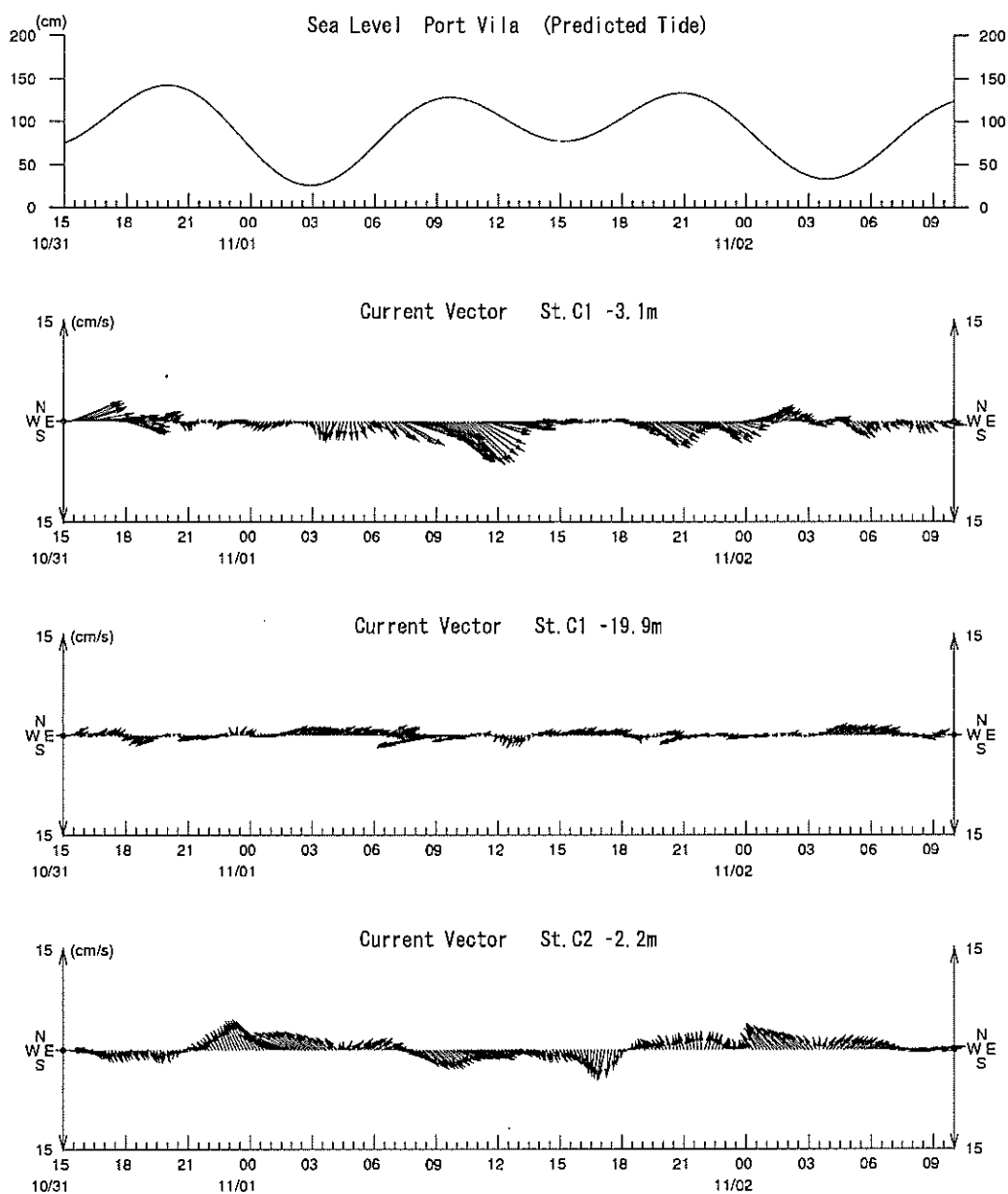


図 5.2.2-4 流速ベクトルおよび潮位(推算潮位)の時系列 (小潮期)

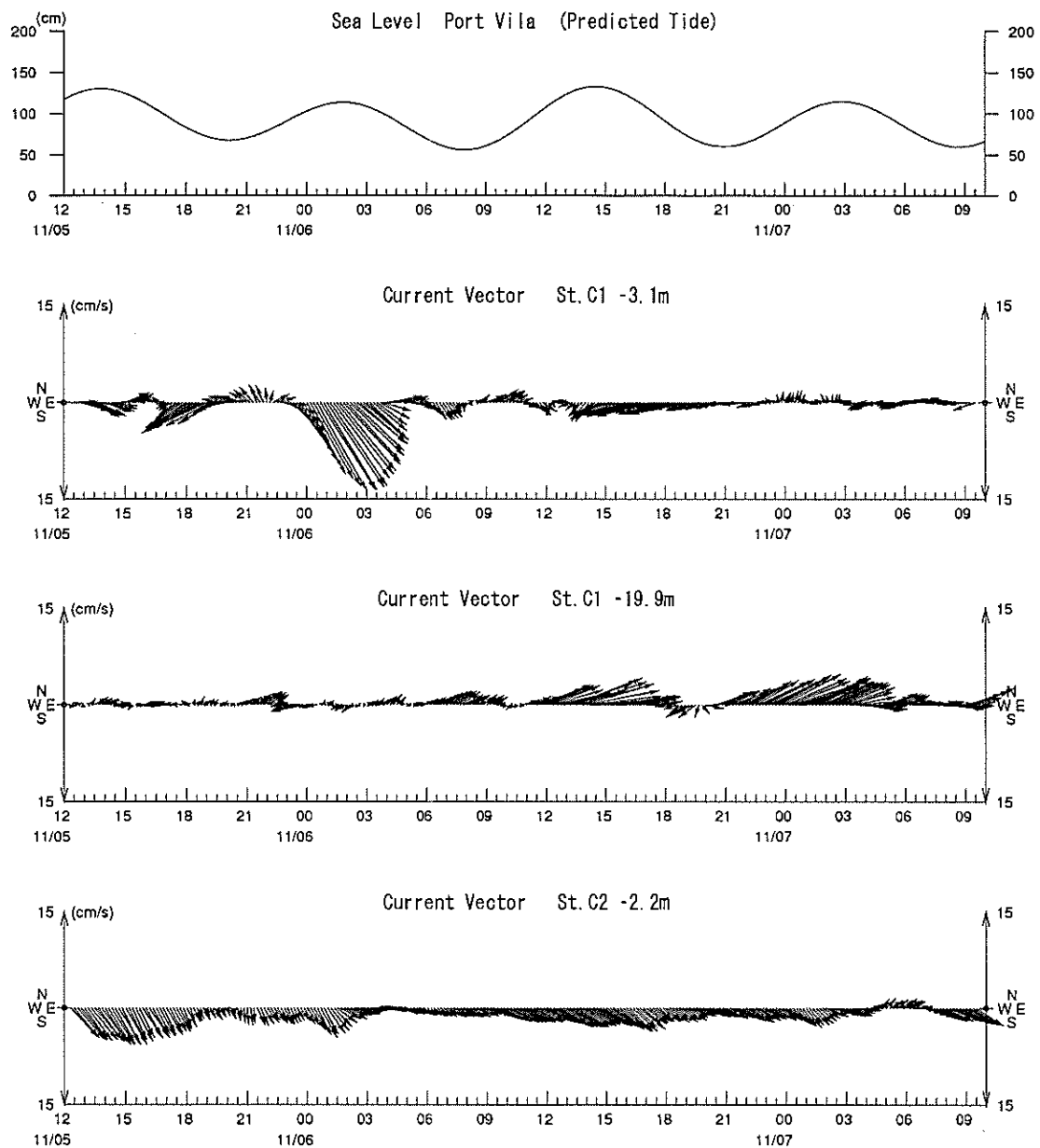


図 5.2.2-5 流速ベクトルおよび潮位(推算潮位)の時系列(中潮期)

(b) 流れの一昼夜調和解析

流れの潮汐成分を把握するために、一昼夜の観測資料を用いて調和解析を行った。一昼夜の調和解析では、1日周期(M_1)、半日周期(M_2)、1/4日周期(M_4)に分解し、その流速と遅角を求める。この場合、各周期成分の毎時角速度を1日周期(15° /時)、半日周期(30° /時)、1/4日周期(60° /時)として次式で表せる。

$$V(t) = U_0 + V_1 \cos(\sigma_{15}t - K_1) + V_2 \cos(\sigma_{30}t - K_2) + V_4 \cos(\sigma_{60}t - K_4)$$

$V(t)$: 時間 t における流速 (cm/s)

U_0 : 平均流 (cm/s)

V : 各周期成分の流速 (cm/s)

K : 各周期成分の遅角 ($^\circ$)

添え字の 1,2,4 は 1 日、半日、1/4 日周期を示す。

σ_{15} : 15° /h ($^\circ$)

σ_{30} : 30° /h ($^\circ$)

σ_{60} : 60° /h ($^\circ$)

t : 0~12h ($^\circ$ /h)

この調和解析は、観測地点で月が南中する時刻を起時($t=0$)とし、太陰時(平均太陽時で1時間2分に相当)の1時間毎、24個のデータをフーリエ解析により流速および遅角を求める。

各潮時の解析期間は表 5.2.2-2 に示すとおりである。ここで、中潮期については、St. C1の上層でみられた強い流れの期間は一時的な擾乱であることから、代表的な流れの場を解析するためにはこの期間を外して、11月6日の6:00から一昼夜とした。

表 5.2.2-2 調和解析の期間

潮時	解析期間
大潮期	2011年10月27日0:00~10月28日0:00
小潮期	2011年11月1日0:00~11月2日0:00
中潮期	2011年11月6日6:00~11月7日6:00

調和解析により得られた東方成分と北方成分の調和定数から日周潮、半日周潮、1/4日周潮別の潮流楕円の要素に変換した結果を表 5.2.2-3~表 5.2.2-5 に示した。また、その潮流楕円を図 5.2.2-6~図 5.2.2-8 に示す。

湾口の St. C1 では、日周潮および半日周潮の長軸流速は $1\sim 5\text{cm/s}$ であり、上層の日周潮と半日周潮の長軸流速の大きさは同程度または半日周潮のほうがやや大きく、下層では半

日周潮のほうが大きかった。楕円はおおよそ東南東-西北西方向に扁平していた。St. C2 では、日周潮および半日周潮の長軸流速は 1~3cm/s であり、概して潮汐成分は小さいが、小潮期の日周潮の流速がやや大きかった。

表 5.2.2-3 潮流の調和定数 大潮期

Obs. Date: 2011 10/27 00:00 to 2011 10/28 00:00													
Station	Layer	Axis	Diurnal Current			Semi-Diurnal Current			Quarter Diurnal Current			Mean Flow	
			Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)
St.C1	3.1m	L	59.4	3.07	244.2	79.0	3.69	135.0	52.8	1.35	205.1	247.2	2.75
		S	149.4	0.02	334.2	169.0	0.82	45.0	142.8	0.11	295.1		
St.C1	19.9m	L	304.8	1.23	218.0	77.5	4.77	85.5	272.7	0.72	72.2	61.1	2.41
		S	34.8	0.27	308.0	167.5	0.28	175.5	2.7	0.25	342.2		
St.C2	2.2m	L	298.2	1.38	195.8	294.7	2.28	271.6	274.2	0.62	301.2	151.1	0.62
		S	28.2	0.33	105.8	24.7	0.36	1.6	4.2	0.15	31.2		

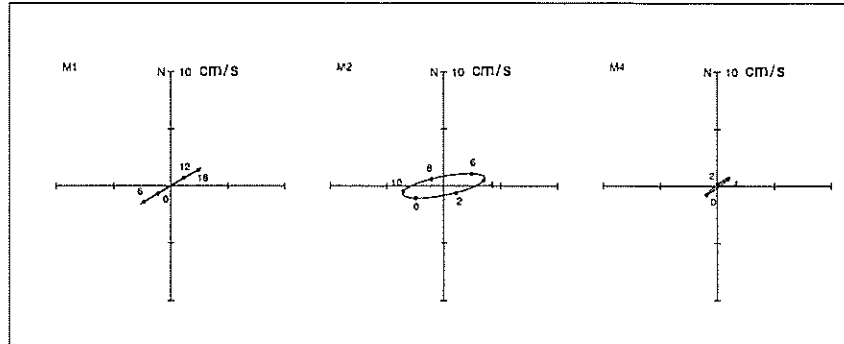
表 5.2.2-4 潮流の調和定数 小潮期

Obs. Date: 2011 11/01 00:00 to 2011 11/02 00:00													
Station	Layer	Axis	Diurnal Current			Semi-Diurnal Current			Quarter Diurnal Current			Mean Flow	
			Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)
St.C1	3.1m	L	285.6	1.82	114.4	293.4	3.74	330.1	38.4	0.62	185.3	119.8	3.64
		S	15.6	0.85	24.4	23.4	0.34	240.1	128.4	0.46	275.3		
St.C1	19.9m	L	72.1	0.83	140.6	77.2	3.06	353.1	275.3	1.44	304.0	47.8	0.13
		S	162.1	0.15	50.6	167.2	0.05	263.1	5.3	0.13	34.0		
St.C2	2.2m	L	317.0	3.27	119.1	273.1	1.59	311.2	311.8	0.92	201.4	38.3	0.26
		S	47.0	0.57	209.1	3.1	0.45	221.2	41.8	0.55	111.4		

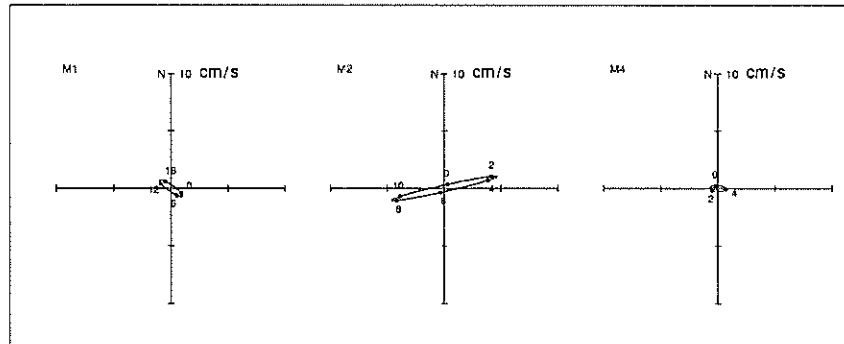
表 5.2.2-5 潮流の調和定数 中潮期

Obs. Date: 2011 11/06 06:00 to 2011 11/07 06:00													
Station	Layer	Axis	Diurnal Current			Semi-Diurnal Current			Quarter Diurnal Current			Mean Flow	
			Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (cm/s)
St.C1	3.1m	L	84.8	4.14	166.6	73.5	3.01	108.9	296.4	0.39	87.1	256.8	2.57
		S	174.8	0.63	256.6	163.5	0.13	198.9	26.4	0.19	177.1		
St.C1	19.9m	L	54.6	0.82	28.3	75.3	4.32	157.9	277.4	1.08	217.9	72.6	5.16
		S	144.6	0.52	298.3	165.3	0.69	247.9	7.4	0.26	307.9		
St.C2	2.2m	L	313.4	1.42	104.2	311.4	0.92	307.5	331.3	0.20	148.7	116.4	3.34
		S	43.4	0.33	194.2	41.4	0.01	37.5	61.3	0.18	58.7		

St.C1 上層



St.C1 下層



St.C2

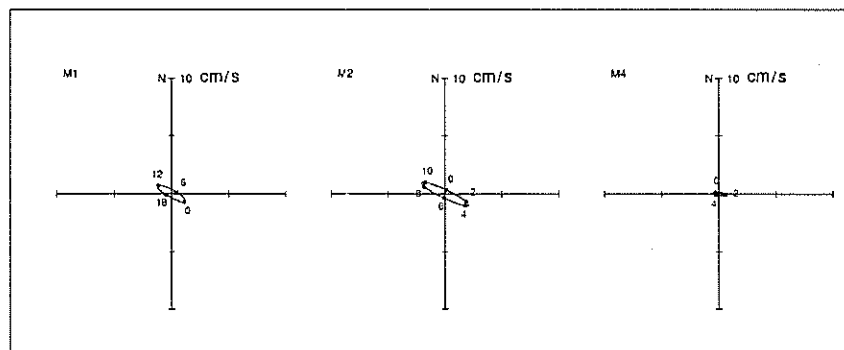
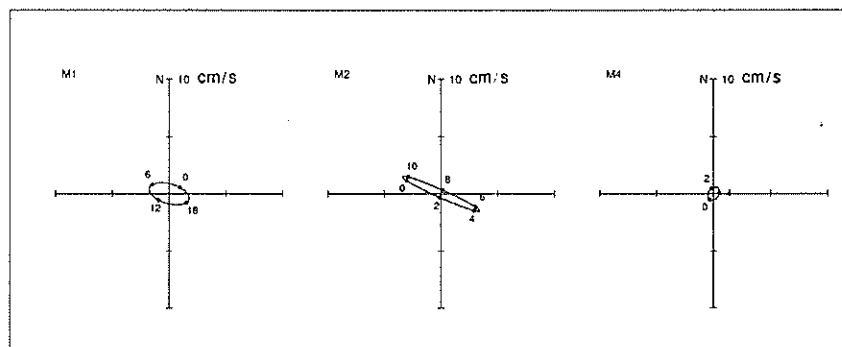
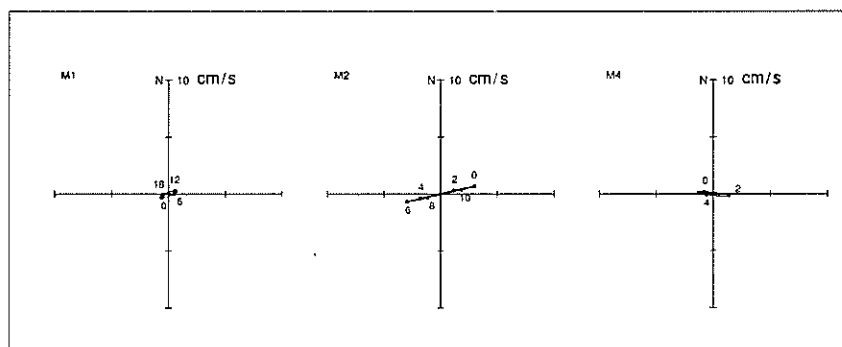


図 5.2.2-6 潮流楕円 大潮期

St.C1 上層



St.C1 下層



St.C2

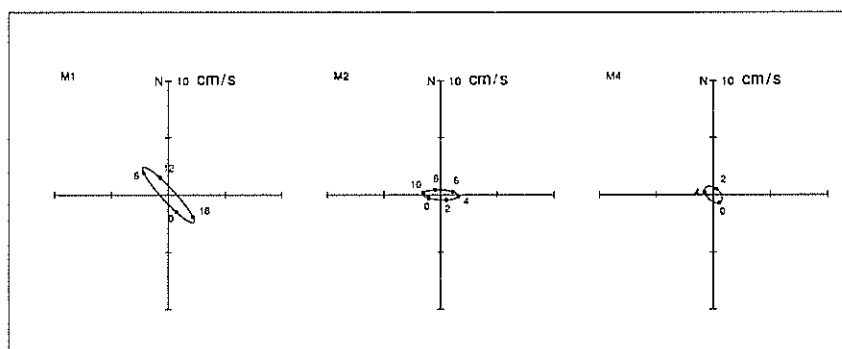
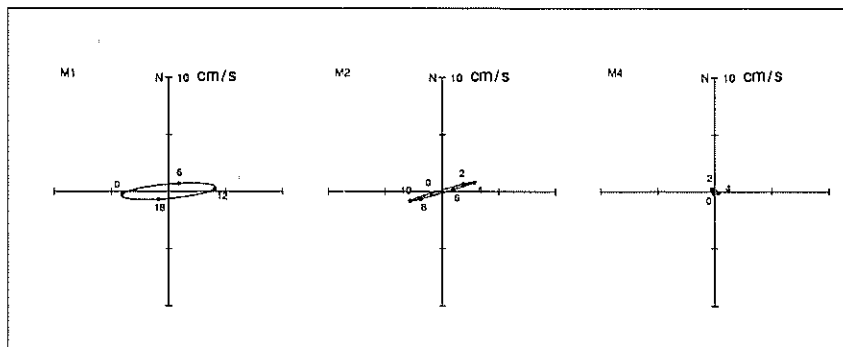
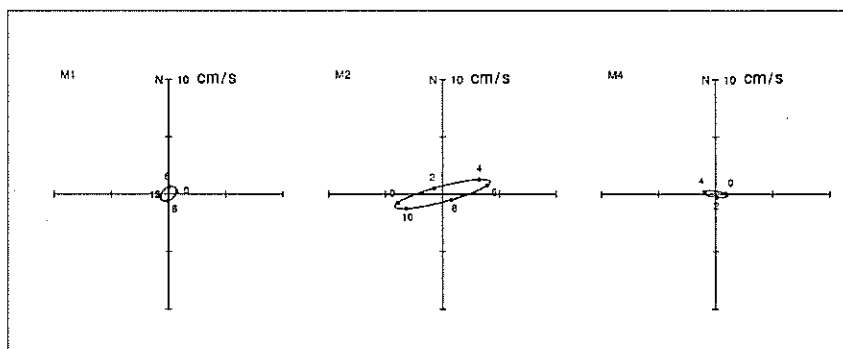


図 5.2.2-7 潮流楕円 小潮期

St.C1 上層



St.C1 下層



St.C2

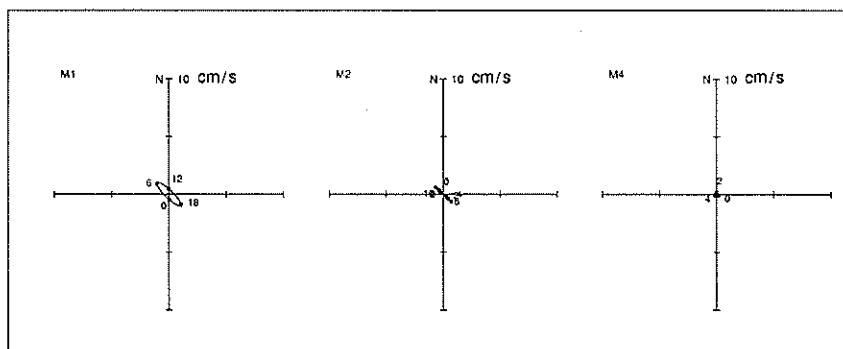


図 5.2.2-8 潮流楕円 中潮期

5.2.3. 水底質調査

(1) 目的

サンゴの生育場所における生息環境を把握するために水温・塩分及び濁度を測定し、流向流速調査結果・解析と併せて、埠頭整備に伴う濁りの影響予測・評価、環境保全対策およびモニタリング計画に活用する。

(2) 方法

水質調査は、多項目水質計を用いて、2011年10月20日～11月15日の間に、湾口部の St. W1 と湾奥部の St. W2, St. W3 で表層から底層までの水温・塩分・濁度を測定した(図 5.2.3-1、表 5.2.3-1)。また、同時に水質サンプルを採取し、SS の分析を行った。

底質調査は、スター埠頭周辺の浚渫予定区域(St. S1～S2)とイリリキ島南側の St. S3 において、海底の底質サンプルを採取し、その後、粒度組成の分析を行った(図 5.2.3-1、表 5.2.3-1)。なお、底質調査の St. S2 で採取した底質試料を海水と攪拌し、人工的に作った濁水の濁度を測定し、その水質サンプルを採取し、SS の分析を行った。

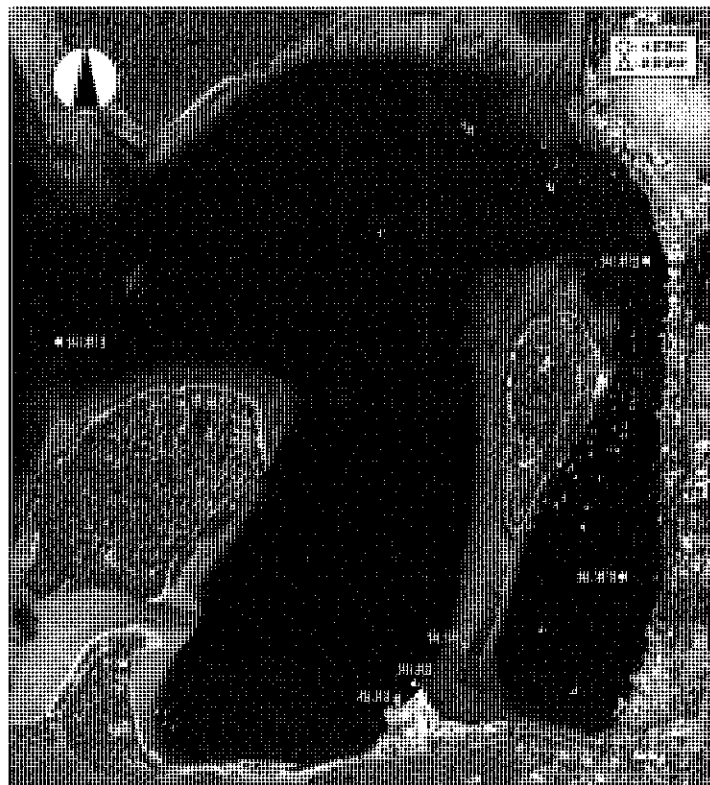


図 5.2.3-1 水底質調査の調査位置

表 5.2.3-1 水底質調査の調査地点座標

調査地点		調査位置	
水質	St.W1	S 17° 44' 34.5"	E 168° 17' 33.6"
	St.W2	S 17° 44' 24.9"	E 168° 18' 45.9"
	St.W3	S 17° 45' 03.0"	E 168° 18' 42.9"
底質	St.S1	S 17° 45' 17.3"	E 168° 18' 15.2"
	St.S2	S 17° 45' 15.5"	E 168° 18' 17.3"
	St.S3	S 17° 45' 10.8"	E 168° 18' 23.6"



図 5.2.3-2(1) 多項目水質計を用いた水質測定状況

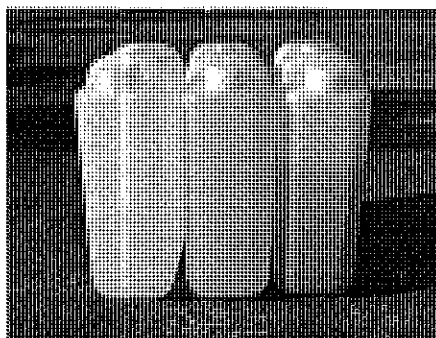


図 5.2.3-2(2) 採取したSS分析用試料(左:水質 St.W1,中央:水質 St.W2,右:底質 St.S2)

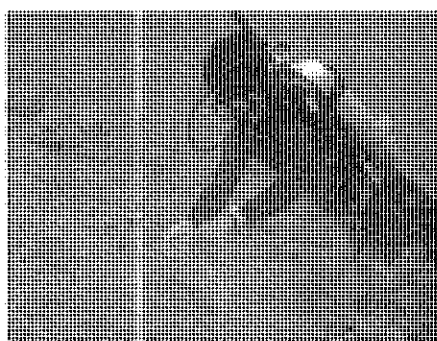


図 5.2.3-2(3) 底質サンプル採取状況

(3) 結果

(a) 水質の鉛直分布

多項目水質計を用いて表層から海底まで測定した結果を図 5.2.3-3～図 5.2.3-5 に示した。ここで、濁度の分布図に SS の値を併せてプロットしているが、これは別途実施した SS の分析の結果より濁度と SS の関係式を求め、その式を用いて濁度を SS に換算したものである。(図 5.2.3-6 参照)

水温では大潮期、スター埠頭(St. S2)の水深 2m 付近で躍層がみられたほかは、鉛直的に大きな変動はみられなかった。塩分では、小潮期、湾口(St. W1)で底層よりも表層のほうが低い傾向がみられたが、降雨の影響と思われる。濁度では、大潮期、パレー小湾岸の市場沖(St. W2)の底層で、顕著に高い傾向がみられた。

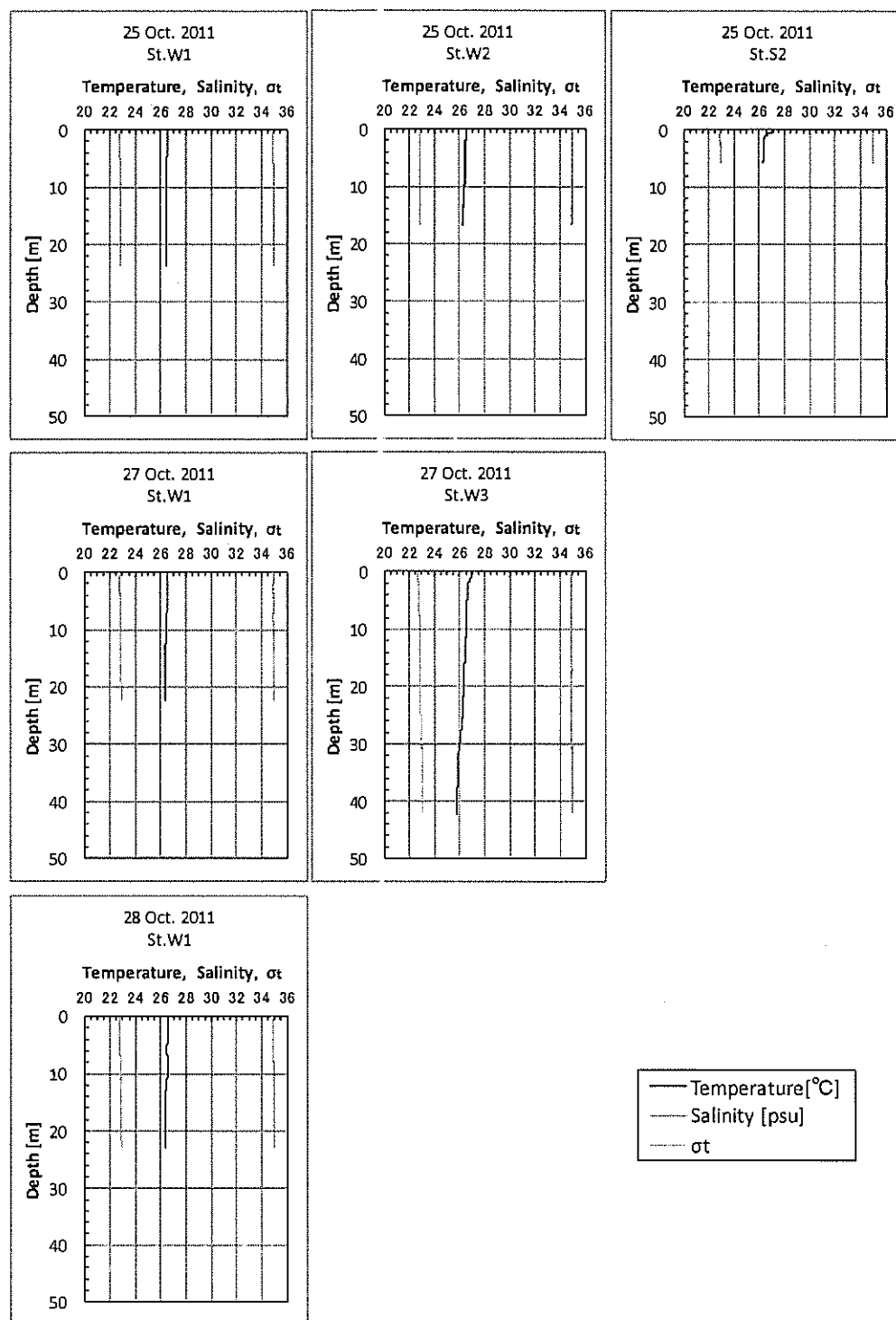


図 5.2.3-3(1) 水温、塩分、 σ_t の鉛直分布 大潮期

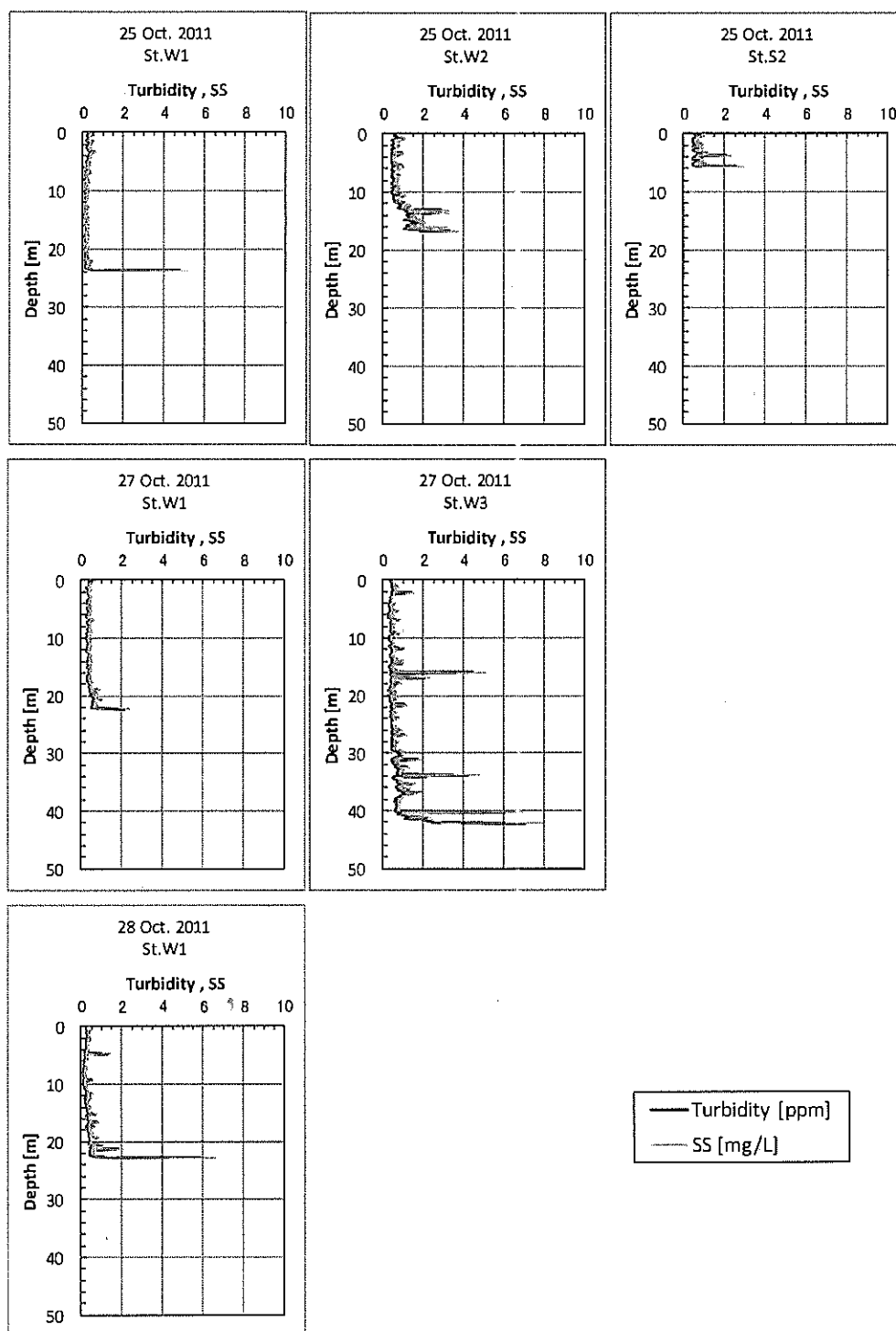


図 5.2.3-3(2) 濁度、SS の鉛直分布 大潮期

SS は濁度との関係式より濁度の値を換算したもの

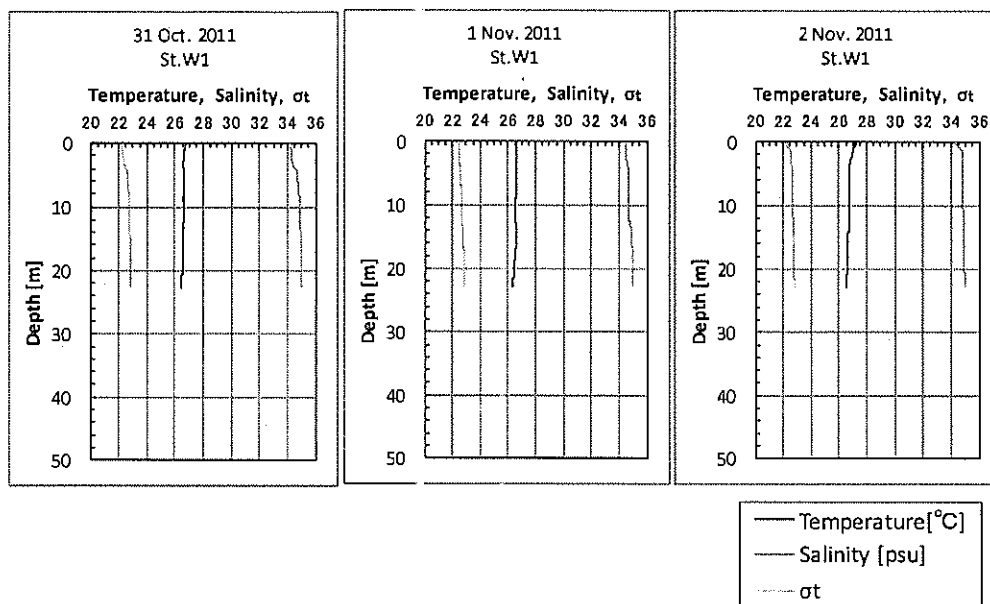


図 5.2.3-4(1) 水温、塩分、 σ_t の鉛直分布 小潮期

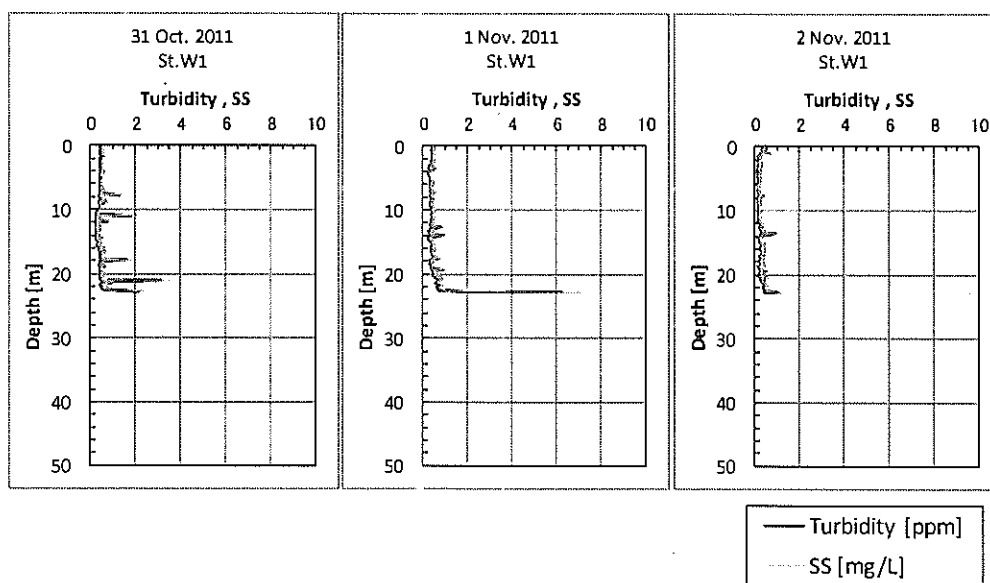


図 5.2.3-4(2) 濁度、SS の鉛直分布 小潮期

SS は濁度との関係式より濁度の値を換算したもの

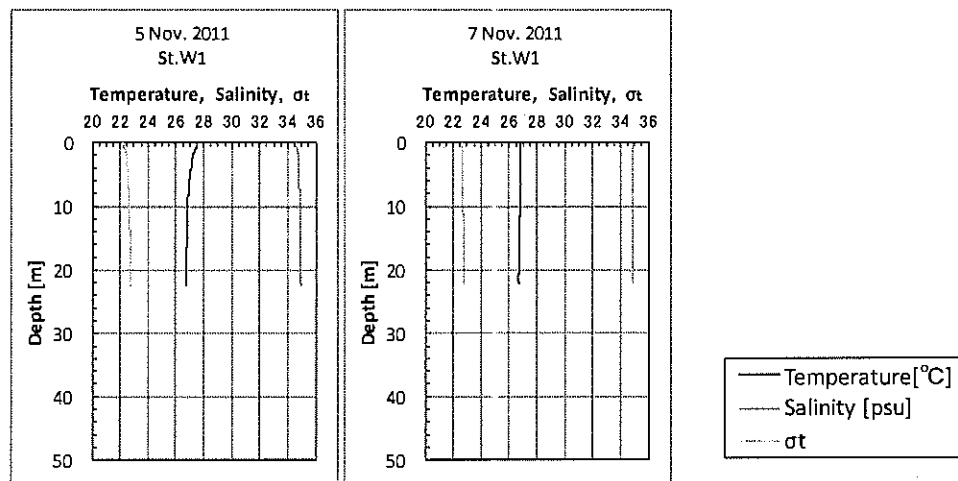


図 5.2.3-5(1) 水温、塩分、 σ_t の鉛直分布 中潮期

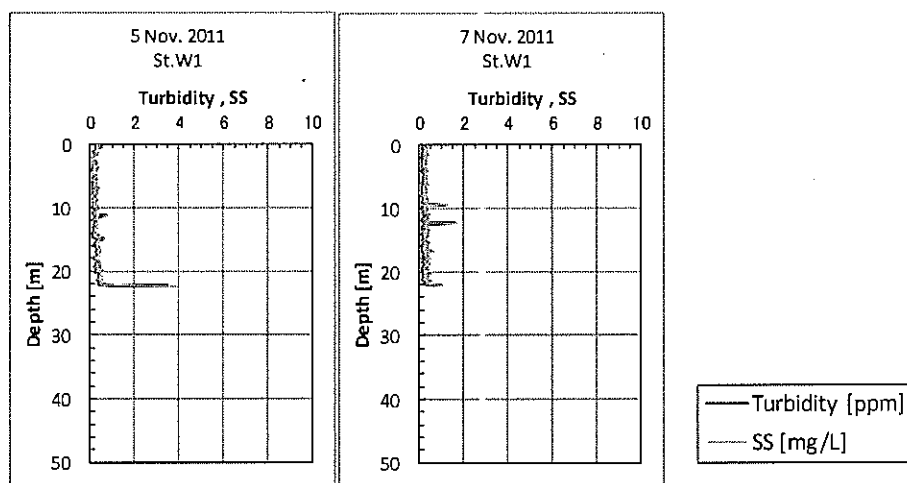


図 5.2.3-5(2) 濁度、SS の鉛直分布 中潮期

SS は濁度との関係式より濁度の値を換算したもの

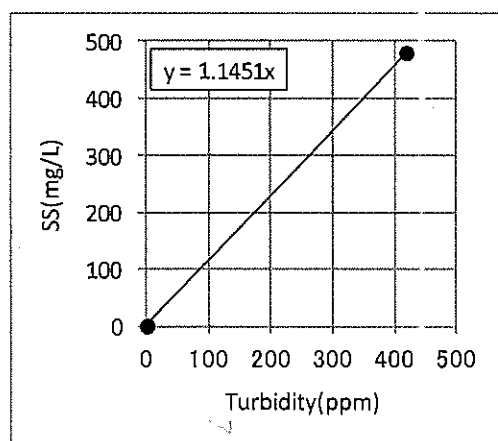
(b) SS の分析結果

採取した海水の SS の分析結果を表 5.2.3-2 にまとめた。

また、海水の採取と同時に濁度の測定をおこなっており、この濁度の測定結果と SS の分析結果を用いて濁度と SS の関係式を求めた。これを図 5.2.3-6 に示す。

表 5.2.3-2 SS の分析結果

地点	試料	濃度 [mg/L]
St.W1	海水	< 1
St.W2	海水	< 1
St.S2	底質試料を海水と攪拌	479



地点	SS(分析値) [mg/L]	濁度(機械値) [ppm]
St.W1	0.50	0.2
St.W2	0.80	0.85
St.S2	479.80	419

図 5.2.3-6 濁度と SS の関係

(c) 底質の粒度組成

底質サンプルの分析結果として、粒度組成を表 5.2.3-3 に、粒径加積曲線を図 5.2.3-7 に示した。3 地点ともに砂質の占める割合が大きく St. S1 と St. S3 ではその質量比は約 90% であった。海域の濁りに寄与するシルト・粘土分の割合は数パーセントと小さかった。

表 5.2.3-3 粒度組成

分類	(粒径)	質量比 [%]		
		St.S1	St.S2	St.S3
礫	(2mm <)	6.6	34.8	9.4
砂	(0.075mm-2mm)	89.3	62.2	88.8
シルト・粘土	(< 0.075mm)	4.1	3.0	1.8

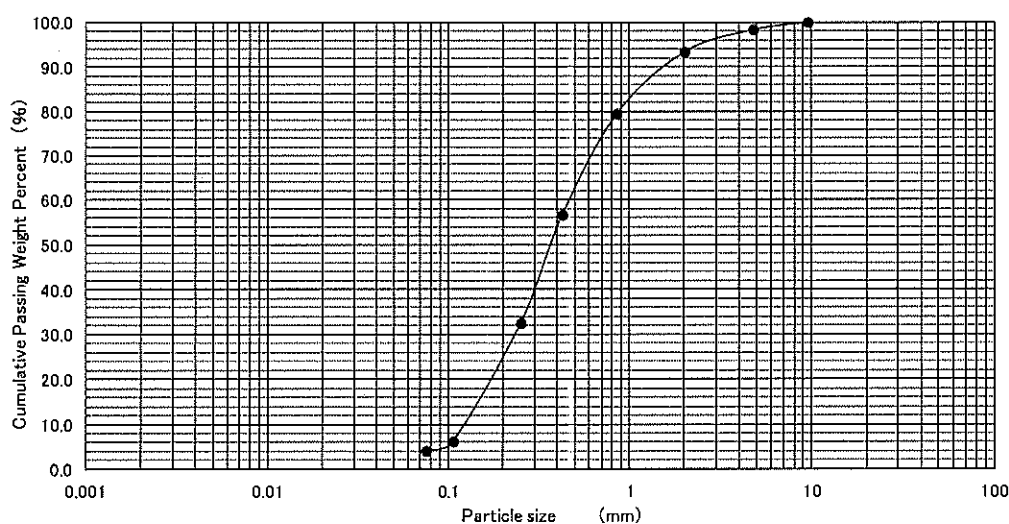


図 5.2.3-7(1) 粒径加積曲線 St.S1

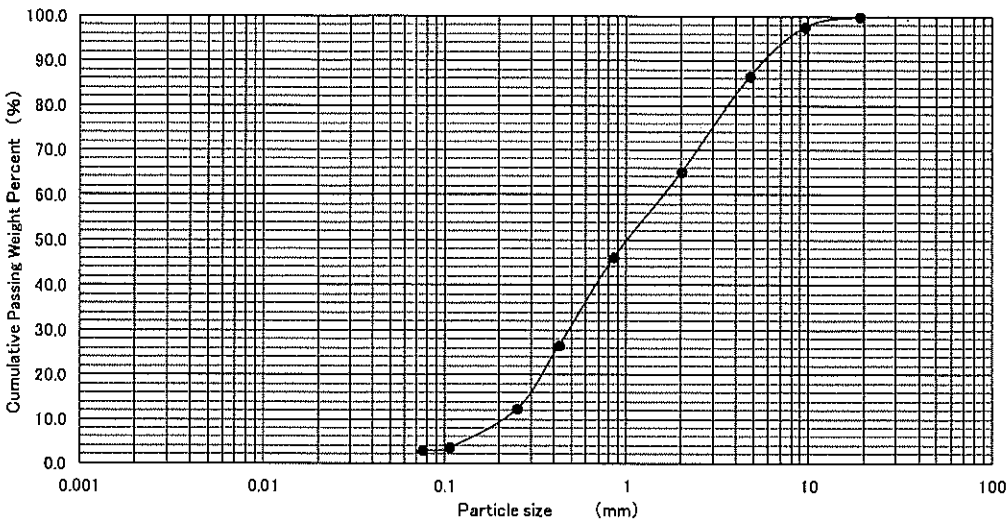


図 5.2.3-7(2) 粒径加積曲線 St.S2

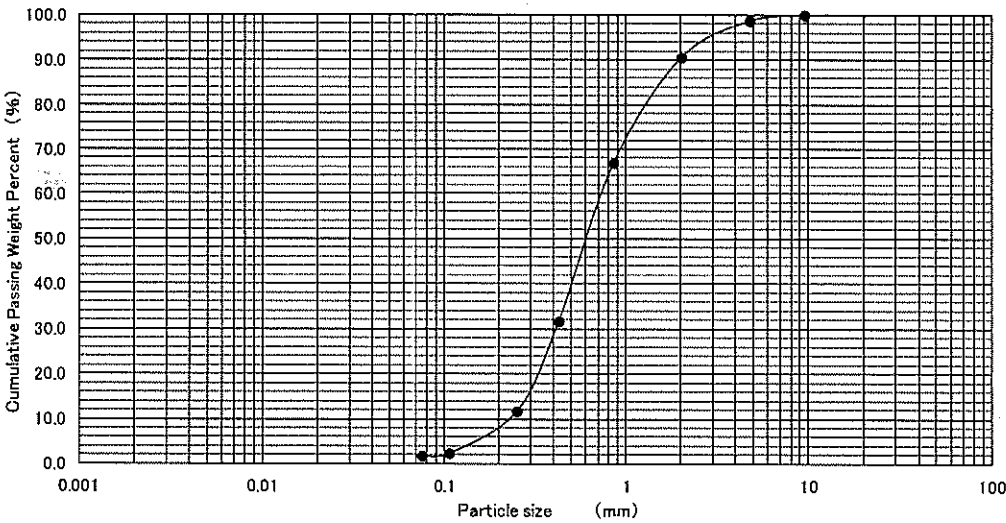


図 5.2.3-7(3) 粒径加積曲線 St.S3

5.3 情報公開手続き・ステークホルダー協議

5.3.1 情報公開手続き

F/S で作成された EIA レポートはこれまで一般に公開されていなかったが、パ国環境局はステークホルダー協議の開催にあわせ、以下の方法により公開を行った。

- EIA レポートのコピーは環境局で入手可能であることを新聞広告した。
- ステークホルダー協議の会場において、希望者に EIA レポートのコピーを配布した。

5.3.2 第1回ステークホルダー協議

F/S で作成された EIA レポートに対するパブリックコンサルテーションのため、2011 年 10 月 24 日にバヌアツ政府の主催でステークホルダー協議が開催された。

開催に先立ち、関連する政府機関、自治体、部族長、海運業者、湾の利用者（漁業関係者、石油会社、リゾート、ホテル・観光業者）、NGO 等には個別に開催を連絡するとともに、新聞広告によって誰でも参加できることを広く一般住民に周知した。

会議には、主催者、プレゼンター、JICA 関係者を除き、33 名が参加した。その内訳は表 5.3.2-1 のとおりである。「その他」のなかには、バツマル小湾沿岸で別途計画されている開発事業関係者、埠頭周辺の土産物店、地元ラジオ局などが含まれる。

前インフラ公共事業省局長代理の Jotham Napat 氏からプロジェクト概要が説明された後、EIA 調査を担当したオーストラリアのコンサルタント Steve Raaymakers 氏が EIA の内容についてプレゼンテーションを行い、質疑応答が行われた。回答は、Napat 氏、Raaymakers 氏のほか、ターミナルを運営する IPDS 社の Bo Samuelson 社長によって行われた。個々の質問と回答の概要は以下のとおりであり、事業内容や EIA の調査内容の確認を中心に、幅広い内容の質疑が交わされた。質問の数は以下のとおり多く、事業による生活環境等への影響（社会環境への影響、マリンペストの侵入、浚渫による集落への影響、油濁、感染症など）について質問が集中し、熱心に議論がなされた。一方、自然環境への影響（サンゴや生態系保全など）についての意見や質問はでなかった。議論の結果、参加者から重大な環境影響への懸念は示されず、全員納得した様子であった。

なお、EIA のなかで流れの調査が行われなかったことについて、行うべきとの意見があった。これに対し、今回の JICA 調査の中で調査が行われる旨が回答された。環境影響や緩和策に関する主な意見と回答を表 5.3.2-2 に整理した。

本協議の成果として、これまで一般に対して公式に説明されてこなかった事業計画及び EIA の内容が説明され、幅広い質疑をとおして住民や関係者の理解を促進することができた。

（質疑の内容）

Q 既存埠頭と新埠頭の使い分けはどう計画されているか？

- A 国際貨物船は主にスター埠頭の新埠頭、客船は既存のメイン埠頭を使う計画である。
- Q 事業についてこれまで地域との協議は行われたか？
- A 事業の影響を受けるイフィラ族とはこれまで数多くの協議を行ってきた。一般に対する説明は今回が初めてである。
- Q 社会環境への影響としては何を想定しているか？
- A 漁業者や水域利用者への影響の可能性はあるが、大きくはない。
- Q 工事前の環境の現状は調査したか？
- A 調査し EIA レポートに記述している。
- Q 文化遺産については調査したか？
- A 調査し EIA レポートに記述している。また、イフィラの部族長やバヌアツ文化センターと周辺の文化遺産の保全について協議した。
- Q マリンペスト侵入のリスクがあるのか？
- A 工事機材に付着したマリンペストの侵入の可能性があるので、除去してから来航することとしている。
- Q マリンペストが付着している可能性のある既存埠頭の廃材は、処置をしてから処分するのか？
- A そのまま処分場で処分可能（埋める）なため、特別な処理の必要はない。
- Q 浚渫工事によりイフィラの集落が影響を受けることはないか？
- A 汚濁防止膜を設置するため、影響はほとんどないと考えている。
- Q 工事による油濁の可能性は？
- A 工事業者に対策の品質保証を求めることとしている。
- Q 工事期間中の港の利用計画は？
- A 工事期間中も利用が妨げられないよう、段階的な工事を計画する。
- Q 昆虫や土壌に対する検疫はどのように計画されているか？
- A 具体化には今後の検討になるが、強化される予定である。
- Q 荷役料は変わるのか？
- A 今のところ変わる予定はない。
- Q 沿岸の流れに対する影響は？
- A 影響は小さいと考えているが、JICA が今後調査する予定である。
- Q 地震対策は？
- A ニュージーランド、オーストラリアの基準にのっとり耐震設計している。
- Q 新埠頭は漁船も利用するのか？
- A 漁船は利用しない。
- Q 労働者の移入による健康被害（感染症等）の可能性は？
- A 工事業者には地元の労働者を使うよう促す。
- Q 既存埠頭の廃材を陸上処分した場合、付着生物が腐敗して悪臭元になるなどの可能性はないか？
- A 処分場にて適切に処分する（埋める）ため問題はない。
- Q 他のアクセス道路を建設する予定はないか？

- A 今のところない。
- Q 埠頭の立ち入り制限は？
- A ISPS コードにのっとり許可なく立ち入れないように規制する。
- Q 新たなタグボートが必要なのでは？
- A 必要に応じて別途政府が検討する。
- Q 供用時の油濁や有害物質対策は？
- A 政府による戦略的対策計画の策定が必要。
- Q 近隣の土産物店などへの安全対策は？
- A 事前に広く周知を図る。

表 5.3.2-1 ステークホルダー協議参加者

区分	人数
政府機関	10
自治体（セファ州、ポートビラ市）	3
部族長	1
海運業者	4
ホテル・観光業者	2
NGO	2
他ドナー	1
その他	10
計	33

注）主催者、プレゼンター、JICA 関係者を除く。

表 5.3.2-2 環境影響、緩和策に関する主な意見（質問）と回答

意見（質問）	回答
浚渫工事は、周辺住民に影響を与えるのではないかな。	汚濁防止膜を設置し、影響を緩和する。
マリンペスト対策として既存埠頭の廃材を陸上処分することについて、付着生物が腐敗して悪臭元になるなどの可能性はないかな。	処分場にて適切に処分する（埋める）ため問題はない。
油濁や有害物質対策は？	工事による油濁の可能性については、工事業者に対策の品質保証を求める。 埠頭供用時については現状と同様であり、それ以上の改善のためには政府による戦略的対策計画の策定が必要。
労働者の移入による健康被害の可能性は？	工事業者には地元の労働者を使うよう促す。
近隣の土産物店などへの安全対策は？	事前に広く周知を図る。

5.3.3 第2回ステークホルダー協議

本調査のドラフトファイナルレポートが策定された段階で、本調査結果に対するパブリックコンサルテーションのため、2012年12月6日に第2回ステークホルダー協議が開催された。

第1回目と同様に、関連機関等には個別に開催を連絡するとともに、新聞、ラジオで開催予定を広く市民に周知した。

会議には、プレゼンターとJICA関係者を除き18名が参加した。

第1回目と同様、冒頭に前インフラ公共事業省局長代理の Jotham Napat 氏からプロジェクト概要が説明された後、JICA 調査団がドラフトファイナルレポートの概要（サンゴへの影響評価、海流の変化予測、濁りの拡散、緩和策、環境管理モニタリング計画）について説明を行い、質疑を行った。イフィラグループ企業からは工事による環境汚染への影響について質問があり、また、メディア関係者からはポートビラ湾の保全と持続的利用に向けたコミッティ設立への賛同が示された。質問への回答は Jotham Napat 氏が行った。個々の質問と回答の概要は以下のとおり。

Q 事業計画に際して自然災害のリスクアセスメントは行っているか？（National Disaster Management Office）

A 地震についてはマグニチュード8に耐えうるよう設計している。海面上昇も考慮している。

Q サンゴは工事前に移植するのか？（Customs Department）

A そのとおり。

Q 工事によるゴミや濁りなどがイフィラの集落の方に流れてことはないか？（イフィラグループ企業）

A 周辺の流れは弱く、また、汚濁防止膜による濁りの拡散防止を行うため、その可能性は低い。濁りを緩和するため、ポンプ浚渫の採用が推奨される。

Q ポートビラ湾の保全と持続的利用に向けたコミッティ設立に賛同する。（新聞記者）

A 関係機関の協力のもと、実現されるべきである。

第2回目協議の参加者は1回目に比べて少なかったものの、翌日の新聞（バスアツデイリーポスト紙）ではドラフトファイナルレポートの内容が紹介され、高いレベルの調査との評価を受けた。

表 5.3.3-1 ステークホルダー協議参加者

区分	人数
政府機関	6
海運業者	1
イフィラグループ企業	8
その他（報道等）	3
計	18

注）プレゼンター、JICA 関係者を除く

6. 数値モデルの作成

6.1 検討内容

スター埠頭整備事業の F/S で不足している環境社会配慮事項として、ポートビラ湾内の流れの現況把握および事業実施に伴う影響について定量的な評価があると考えられる。また、サンゴ礁生態系に対する影響を評価する環境要素として、シルト流入・拡散・堆積に係る定量的な予測・評価がある。さらに、海水交換の特性から長期的な変化も指摘されている。

そこで、流向流速実測調査結果を用いて流動モデルの再現性を検討した上で、港湾整備の地形条件を加味して海流への影響を予測した。また、工事中のシルト移流・拡散・堆積モデルにより、工事による濁りの拡散範囲と堆積範囲を予測した。

6.1.1 検討フロー

数値モデルによる検討は図 6.1.1-1 に示すフローで実施した。数値モデルによる検討に際しては、国内準備作業で現地調査結果が得られた段階で速やかに検証を行えるよう仮モデルを作成した。

数値モデルは、ポートビラ湾の海水循環を表現するとともに、スター埠頭整備による流れの変化を評価する「流動モデル」と、その流れの場におけるシルトの拡散・堆積及びサンゴ分布域への影響を評価する「シルト流入・拡散・堆積モデル」で構成する。

このモデルを構築することにより、スター埠頭整備事業による影響を定量的に予測することが可能となり、面的な海水交換の状況の把握や予測条件を変更することによる緩和策の定量的な評価などに活用できる。

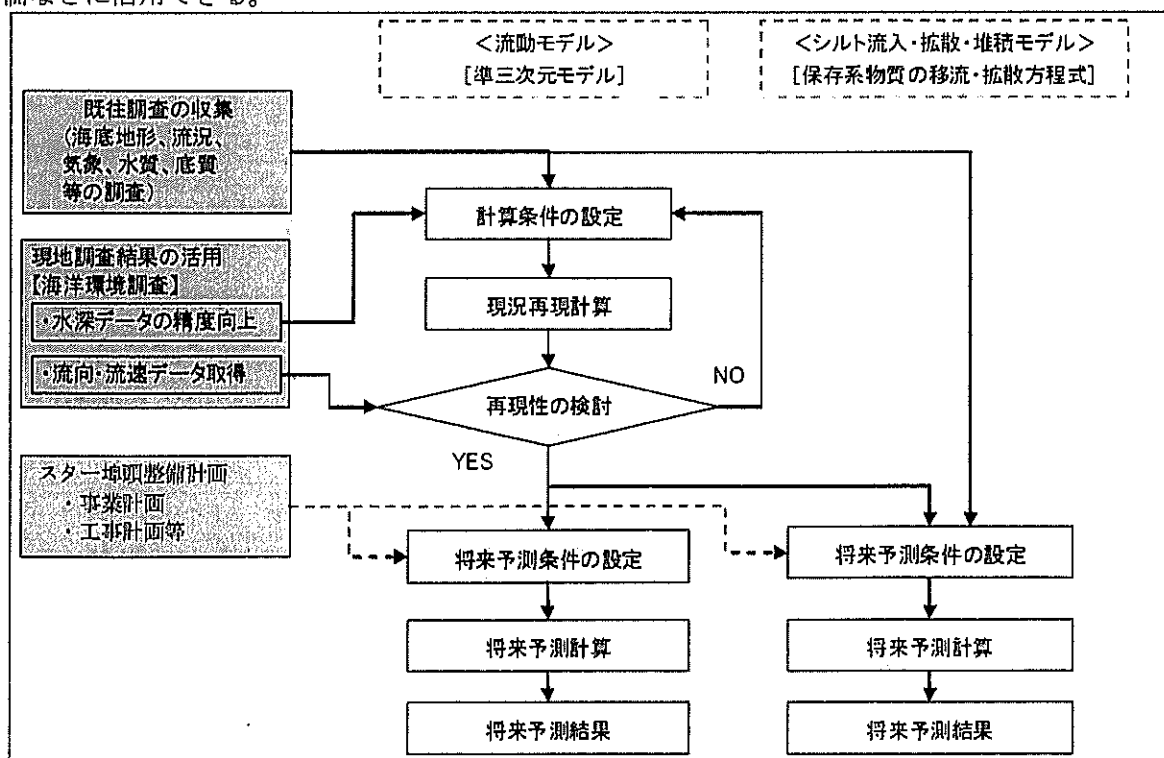


図 6.1.1-1 数値モデルの検討フロー

6.1.2 モデルの選定

(1) 流動モデル

流動モデルの基礎方程式は運動方程式、連続の式、水温・塩分の保存式、状態方程式等で記述されたモデルを選定した。本検討に必要な仕様を以下に示す。

- 3次元モデル（多層レベルモデル）

ポートビラ湾は複雑な地形であり、表層と底層の流れが異なる可能性が想定されるため、平面2次元モデルではなく、3次元モデル（多層レベルモデル）を適用した。

- ネスティング手法（段階的な格子間隔の高解像度化）

ポートビラ湾全体（南北 4km 弱、東西 2km 強）の海水循環を再現しながら、スター埠頭の埋立て（沖出し距離 10m 内外）の影響を評価するため、図 6.1.2-1 に示すように湾全体を粗い格子で表現し、スター埠頭周辺を 10m 程度の詳細格子で表現するネスティング手法を採用した。

(2) シルト流入・拡散・堆積モデル

保存系の移流・拡散方程式を基礎方程式とするモデルを選定し、流れによる移流・拡散過程に加えて、シルト粒子の重力沈降過程を考慮した。シルト粒子の沈降速度は、当該海域における底質の情報を基に、Stokes 式により設定した。

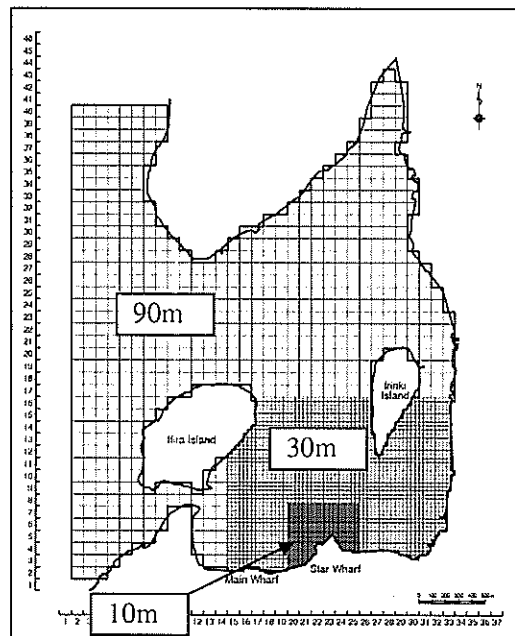


図 6.1.2-1 ポートビラ湾の計算格子の分割

6.1.3 モデルの作成

(1) 流動モデル

国内準備作業で作成した水深データについて、現地調査結果で把握した水深の情報を加え、ポートビラ湾の水深データを更新した。更新された水深データを入力条件として再現計算を実施し

た。

流動モデルについては、現地調査で把握した湾内の流れの特徴が再現されているかについて検証を行った。再現性の検証では、潮流（潮流楕円の比較）および平均流について行った。

(2) シルト流入・拡散・堆積モデル

現地での底質調査結果を基に、港湾整備に伴う工事によるシルトの負荷量の算定精度を向上し、再現性が確認された流動モデルの結果を用いて、シルト流入・拡散・堆積モデルを作成した。

(3) 計算結果の整理

数値モデルの計算結果の整理内容を以下に示す。

(a) 流向・流速変化範囲

事業実施による流向・流速への影響は、流速の変化域（増加域・減少域）の分布、流向の変化域（現況と将来の流速ベクトルの重ね描き）の分布について整理した。

(b) 湾内の海水交換の変化

ポートビラ湾は、ポートビラ湾、バツマル小湾、パレー小湾、ポンツーン小湾の4つのサブ領域に比較的明確に区分されており、事業実施によってそれぞれの湾の海水交換の変化について整理した。

(c) シルトの拡散濃度範囲

シルト粒子の流入に伴う濁りの拡散範囲について、最大の拡散範囲（包絡線）を整理した。

(d) 海底堆積厚

海底へのシルト粒子の沈降フラックスから海底への堆積量を把握し、堆積厚の分布を予測した。

6.2 流動モデル

6.2.1 モデルの概要

流動モデルは流体力学の基礎方程式（運動方程式、連続の式および水温・塩分の拡散方程式）を差分化することにより解く数値モデルとした。鉛直方向に多層とし、多層レベルモデルとした。多層レベルモデルの概念図および各変数（流速・水位）の定義点位置を図 6.2.1-1 に示す。気象条件（風、日射など）、外海潮汐などを外力条件として考慮することが可能であり、沿岸海域で通常みられる吹送流、密度流、潮汐流の各流れ成分を表現できるモデルである。

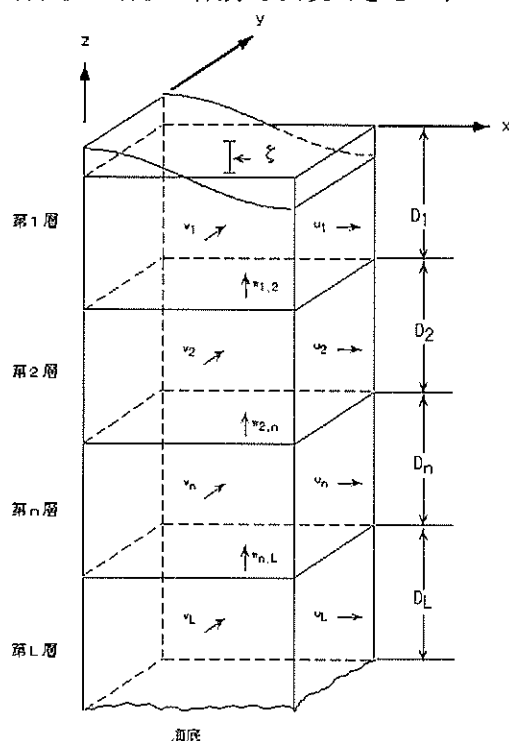


図 6.2.1-1 多層レベルモデルの概念および各変数の定義点位置

流動モデルの基本方程式は、以下に示す連続の式、運動方程式、水温・塩分の拡散方程式から構成される。

<連続の式>

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

<運動方程式>

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_y \\ \rho g &= -\frac{\partial p}{\partial z}\end{aligned}$$

<水温・塩分の拡散方程式>

$$\begin{aligned}\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F_T \\ \frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S\end{aligned}$$

運動方程式の右辺の F は平均的な流れとは別に短時間の流れの強弱、方向の変化によって海水が混合され、運動量や水温・塩分が一様化される効果で、以下の式で表される。

$$\begin{aligned}F_x &= \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \frac{\partial u}{\partial y} \right] & F_y &= \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \frac{\partial v}{\partial x} \right] \\ F_{T,S} &= \frac{\partial}{\partial x} \left[A_H \frac{\partial(T,S)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_H \frac{\partial(T,S)}{\partial y} \right]\end{aligned}$$

x, y, z	: 右手系の直交座標系、上向きを正
u, v, w	: x, y, z 方向の流速成分
p	: 圧力
T	: 水温
S	: 塩分
f	: コリオリ係数
ρ	: 密度
K_M	: 鉛直渦動粘性係数
K_H	: 鉛直渦動拡散係数
A_M	: 水平渦動粘性係数
A_H	: 水平渦動拡散係数
g	: 重力加速度
t	: 時間

海表面における境界条件は次式で定義される。

$$\begin{aligned}\rho K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) &= (\tau_{sx}, \tau_{sy}) & \rho K_H \left(\frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) &= (Q_{surf} / C_v, 0) \\ w &= \frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y}\end{aligned}$$

Q_{surf}	: 海表面を通じての熱量
C_v	: 比熱
w	: 鉛直流速
η	: 水位

海面摩擦は、海面における風と海水との摩擦によって風の持つ運動量が海水に移動する効果を表し、以下に示すとおり風速の2乗に比例する形で表現される。

$$\bar{\tau}_s = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) = \rho_a C_a \bar{\mathbf{W}} |\bar{\mathbf{W}}|$$

$$\bar{\mathbf{W}} = (W_x, W_y), |\bar{\mathbf{W}}| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

C_a : 海面摩擦係数

ρ_a : 大気密度

W_x, W_y : X, Y 方向の風速

τ_{sx}, τ_{sy} : X, Y 方向の風応力

海面における大気との間の熱のやりとりは、水温の拡散方程式で、海面と大気との熱フラックスとして表現した。この熱フラックスは、海水を暖める向きを正としたとき以下のように定義される。

$$Q_{surf} = Q_s - (Q_b + Q_c + Q_e) \quad (\text{cal/cm}^2/\text{s})$$

Q_s : 太陽からの短波放射

Q_b : 海洋からの長波放射

Q_c : 海水と大気の接触面における対流や伝導による顕熱輸送

Q_e : 海水の蒸発による潜熱輸送

海底面における境界条件は次式で定義される。

$$\rho K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by}) \quad \rho K_H \left(\frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) = (0, 0)$$

$$w_b = -u_b \frac{\partial h}{\partial x} - v_b \frac{\partial h}{\partial y}$$

$$\bar{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by}) = \rho C_D |\bar{\mathbf{V}}_b| \bar{\mathbf{V}}$$

$$\bar{\mathbf{V}}_b = (u_b, v_b), |\bar{\mathbf{V}}_b| = \sqrt{u_b^2 + v_b^2}$$

$\bar{\mathbf{V}}_b$: 海底での水平流速ベクトル

$\bar{\tau}_b$: 底面応力

C_D : 海底摩擦係数

6.2.1 計算条件

(1) 計算範囲と格子分割

ポートビラ湾全体(南北4km弱、東西2km強)の海水循環を再現しながら、スター埠頭の埋立て(沖出し距離10m内外)の影響を評価するため、図6.2.1-1に示すように湾全体を粗い格子で表現し、スター埠頭周辺を10m程度の詳細格子で表現するネスティング手法を採用した。

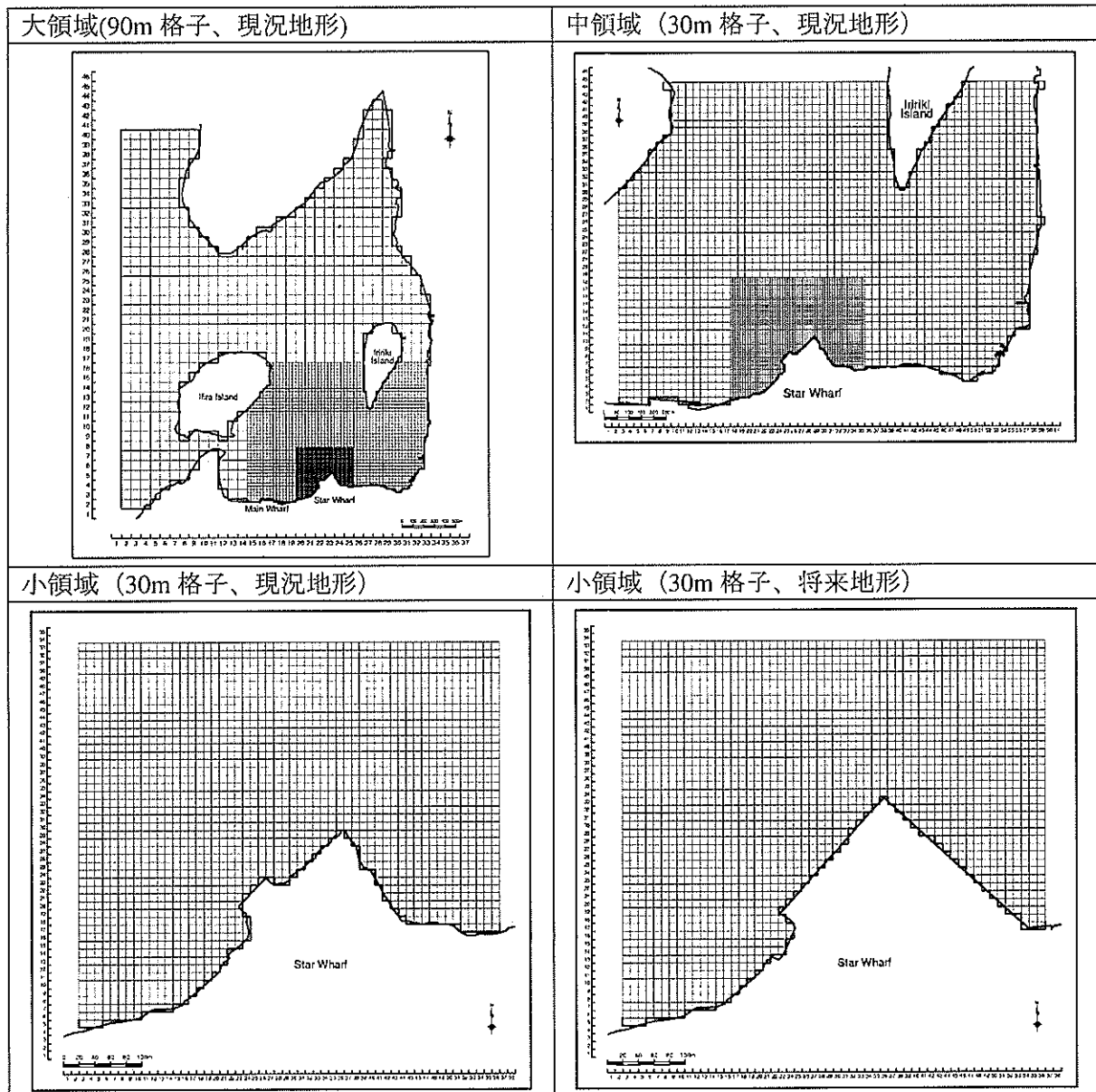


図 6.2.1-1 計算範囲と計算格子

(2) 海底地形

海底地形データは、海図および現地調査で実施した測深調査結果を基に、各計算範囲の水深データを作成し、その結果を図6.2.1-2に示す。

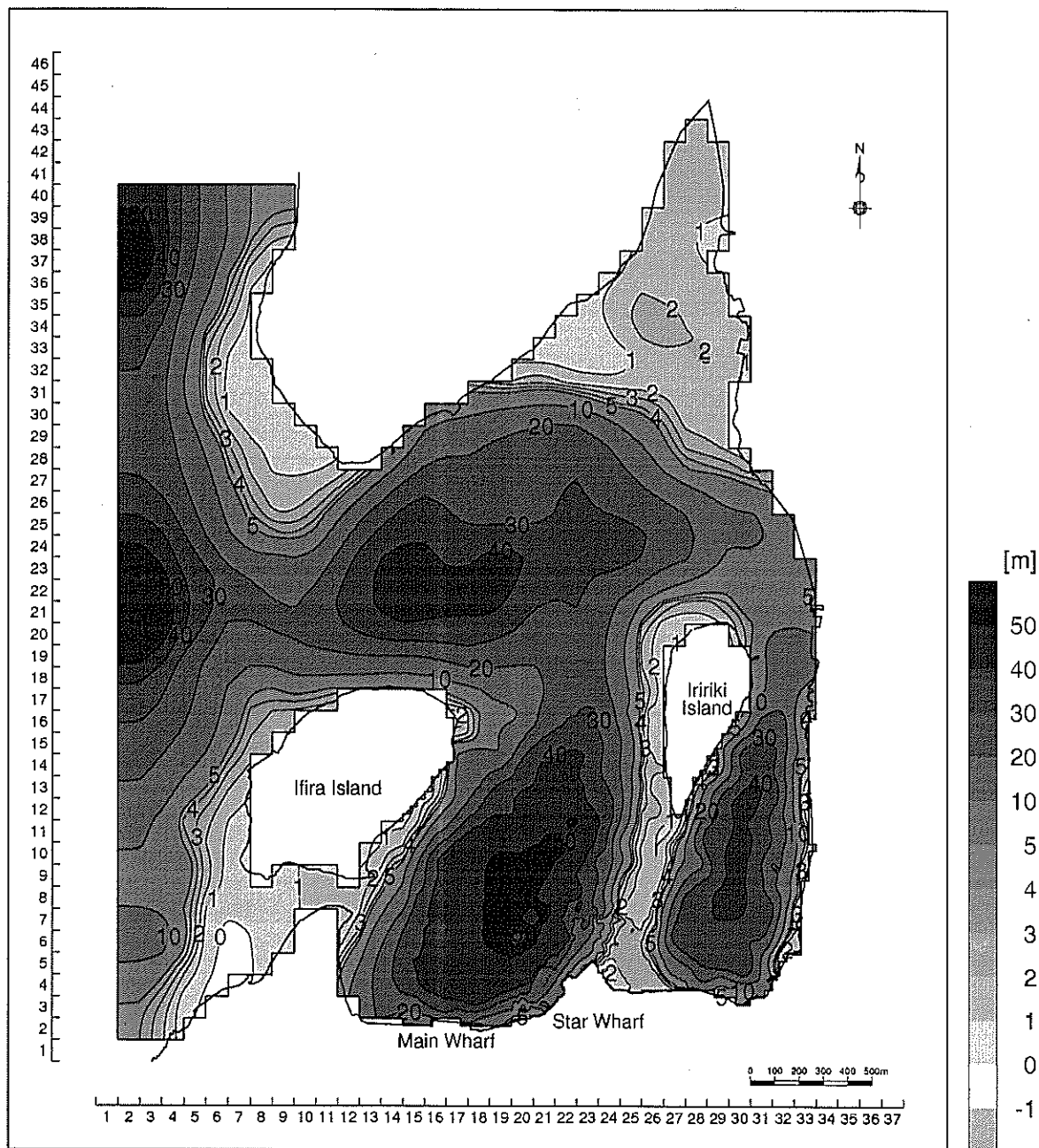


図 6.2.1-2(1) 計算範囲の水深（90m 格子、現況、基準面：平均水面）

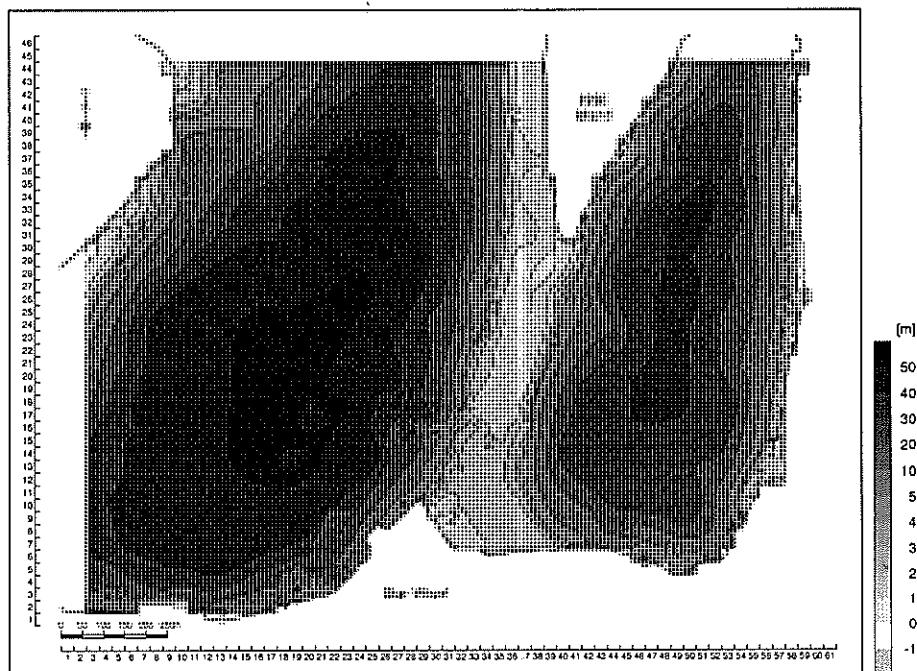


図 6.2.1-2(2) 計算範囲の水深（30m 格子、現況、基準面：平均水面）

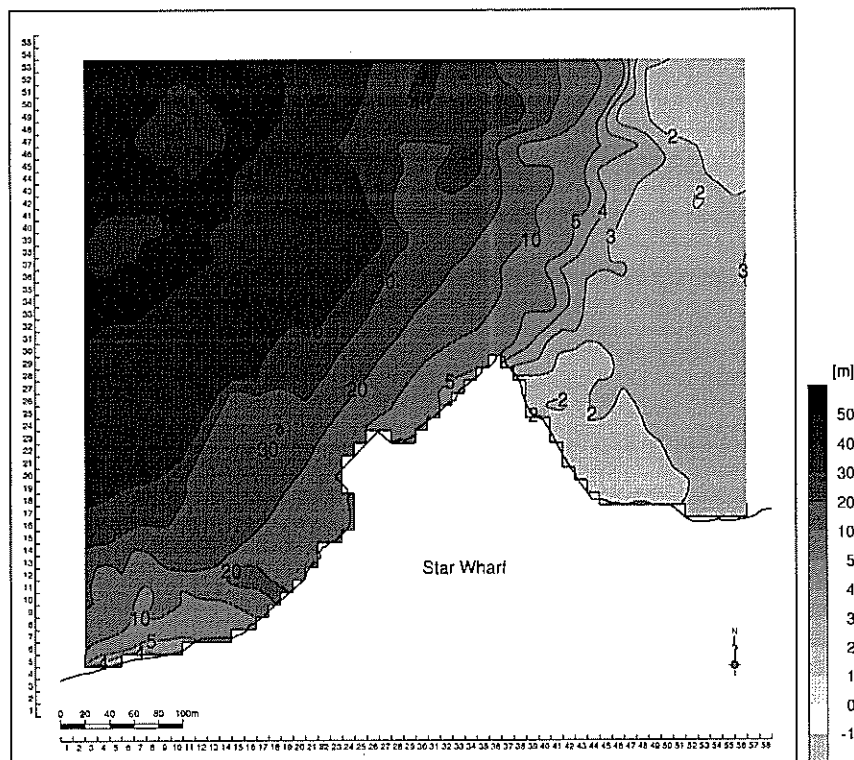


図 6.2.1-2(3) 計算範囲の水深（10m 格子、現況、基準面：平均水面）

(3) 鉛直層分割

鉛直方向には4層に分割した。リーフが存在する5m以浅の層厚を小さく設定し、鉛直第1層は海表面から水深2m、第2層は水深2～5mとした。第3層は水深5～10m、第4層は10m以深とした。各層の水深区分を表6.2.1-1に示す。

表 6.2.1-1 鉛直層分割

計算層	水深区分
第1層	0～2m
第2層	2～5m
第3層	5～10m
第4層	10m以深

(4) 境界条件

(a) 潮位

ポートビラ湾の潮汐観測は、オーストラリアの気象局が実施している。気象局より提供されたデータより主要4分潮の潮汐調和定数を表6.2.1-2に示す。この結果より、ポートビラ湾の潮汐による流れは、半日周期のM₂分潮が卓越していることがわかる。

そこで、計算に用いる境界条件は、図6.2.1-3に示す開境界において、卓越しているM₂分潮の潮汐による水位変動を周期12時間に近似して設定した。その設定値を表6.2.1-3に示す。

表 6.2.1-2 ポートビラ湾の主要4分潮の潮汐調和定数

分潮	振幅(cm)	遅角(°)
K ₁	16.29	205.5
O ₁	8.36	171.7
M ₂	36.51	164.1
S ₂	10.84	183.1

表 6.2.1-3 開境界に設定した潮汐による水位変動のパラメータ

地点	振幅(cm)	遅角(°)
A	36.51	0.5
B	36.51	0.0
C	36.51	0.0

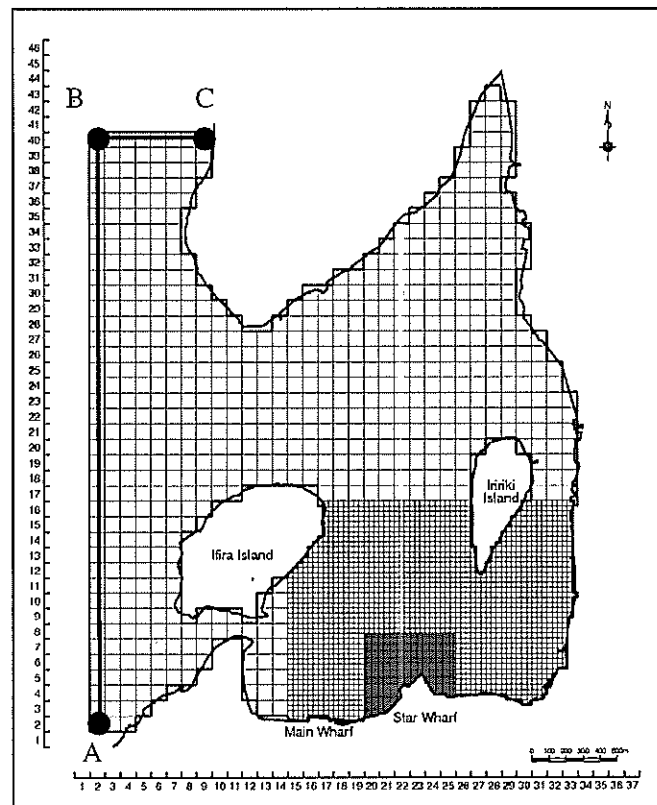


図 6.2.1-3 開境界の設定位置

(b) 水温・塩分

開境界の各層の水温・塩分は、現地調査で実施した流況調査の際に、湾口の St.C1 において測定した水温と塩分の鉛直測定結果を基に表 6.2.1-4 に示す値を設定した。

表 6.2.1-4 水温・塩分の境界値

層区分	水温(°C)	塩分(PSU)
第1層(0~2m)	26.8	34.7
第2層(2~5m)	26.7	34.8
第3層(5~10m)	26.7	34.8
第4層(10m 以深)	26.6	34.9

※第1回～第3回の流況調査時の水温・塩分の鉛直測定結果の平均値より設定した。

(5) 初期条件

初期水位は満潮時とし、全層・全域にわたり流速 0cm/s とした。また、水温・塩分は表 6.2.1-4 の値を設定した。

(6) 積分期間

積分期間は 6 日(144 時間)とし、解析には最後の 12 時間を用いた。

(7) 気象条件

ポートビラ湾における気象については、バヌアツ国気象局およびオーストラリア国気象局による観測が行われている。これらの気象データを収集し、吹送流や大気と海面の間の熱収支を解く際に必要な項目（風、気温、相対湿度、雲量、全天日射量）を設定した。

風については、オーストラリア国気象局より 2008～2010 年の毎時のデータを収集した。2008～2010 年の風配図を図 6.2.1-4 に示す。この結果をみると、ポートビラの風は年間を通じて北東風の出現が卓越していることがわかる。したがって、計算に考慮する風は、卓越している北東風とし、風速は 2008～2010 年の 10 月における平均値とした。

バヌアツ国気象局より収集したデータは、表 6.2.1-6 に示すように 2008～2010 年の気温、雲量、相対湿度であり、計算条件は 2008～2010 年の 10 月における平均値とした。なお、計算に必要な全天日射量は、次式により求めた。

雲がない時の全天日射量 H_{MX} (MJ/m²/日)は、ポートビラ港の緯度=-17.75°、対象日を 10 月 15 日とすると、次式により $H_{MX}=30.8$ (MJ/m²/日)と求められる。

$$H_{MX} = 30.0 E_0 [\omega T_{SR} \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \sin (\omega T_{SR})]$$

$$E_0 = \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 = 1 + 0.033 \cos [2\pi d_n / 365]$$

$$\delta = \sin^{-1} \left\{ 0.4 \sin \left[\frac{2\pi}{365} (d_n - 82) \right] \right\}$$

E_0 : 地球軌道の離心率修正係数

ϕ : 対象点の緯度

r_0 : 地球-太陽間平均距離

r : 現在季節の地球-太陽間距離

d_n : 1-365 の値をとるジュリアンデイ

ω : 地球自転の角速度 (15 deg/hour)

T_{SR} : ローカル時刻で表した日の出時刻、春分の日 $T_{SR}=6$ 時である

δ : 太陽偏角

次に雲があつて、地表に到達する日射量が抑制される場合の推定式として次式を用いた。

$$S_d = H_{MX} \times y$$

$$y = 1.70 \log_{10} (1.22 - 1.02x) + 0.521x + 0.846$$

$$x = n - \alpha \exp(-3n_L)$$

ここで、 n は 0～1 の雲量であり、 $\alpha=0.4$ 程度であり、 n_L は下層雲の平均雲量である。気象統計により、雲量は $n=0.5$ 、 n_L については不明であるため、 n と同様に 0.5 であると仮定すると、 $y=0.9$ 程度となり、 $H_{MX}=27.7$ (MJ/m²/日)と求められる。

以上の結果、計算に用いた気象条件を表 6.2.1-5 にまとめた。

表 6.2.1-5 気象条件

項 目		設定値
風	風向	北東 (45°)
	風速	2.6(m/s)
気温		25.1(°C)
相対湿度		82.3(%)
雲量		5.7
全天日射量		27.7(MJ/m ² /日)

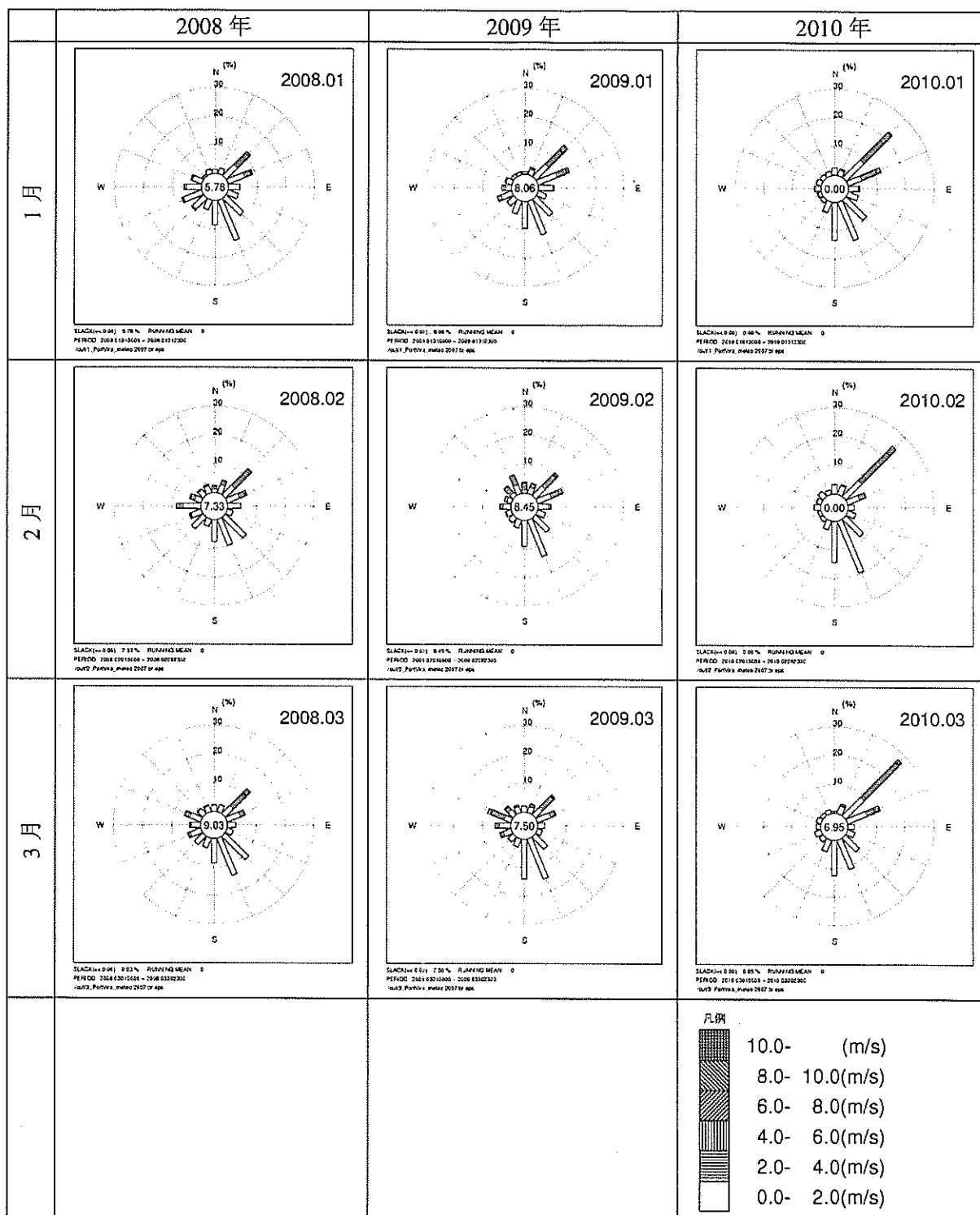


図 6.2.1-4(1) 風配図 (ポートビラ、1月～3月)

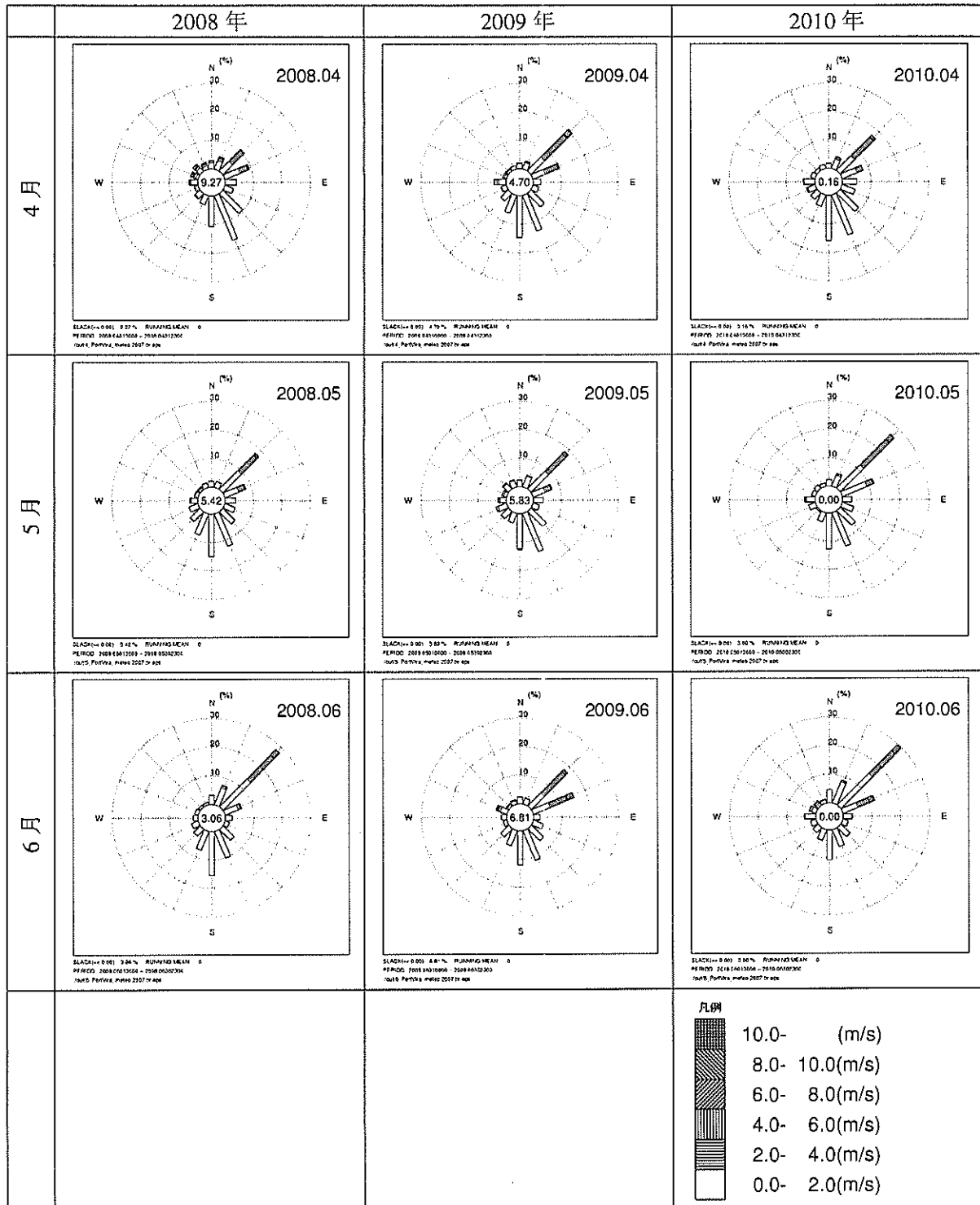


図 6.2.1-4(2) 風配図 (ポートビラ、4 月～6 月)

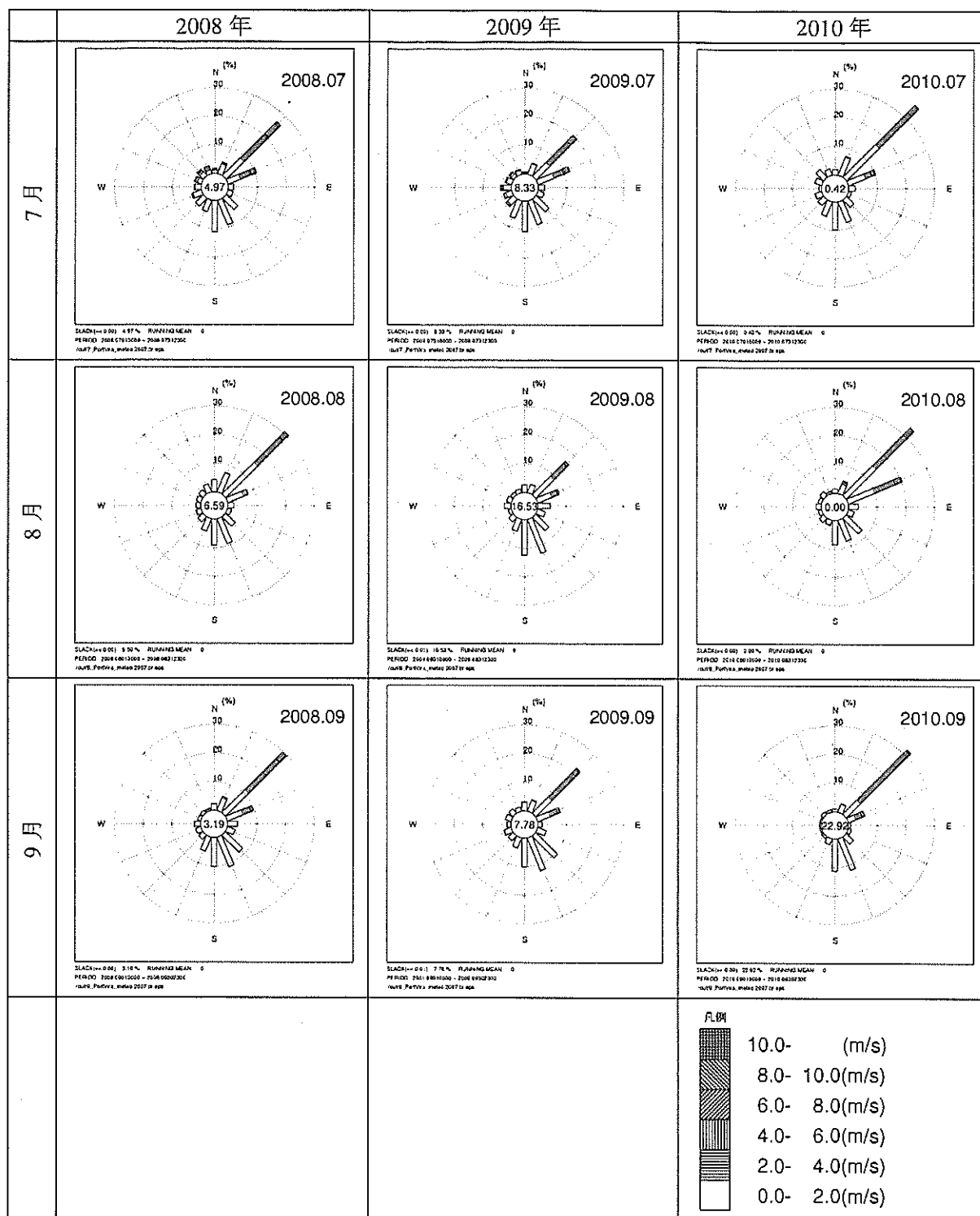


図 6.2.1-4(3) 風配図 (ポートビラ、7月～9月)

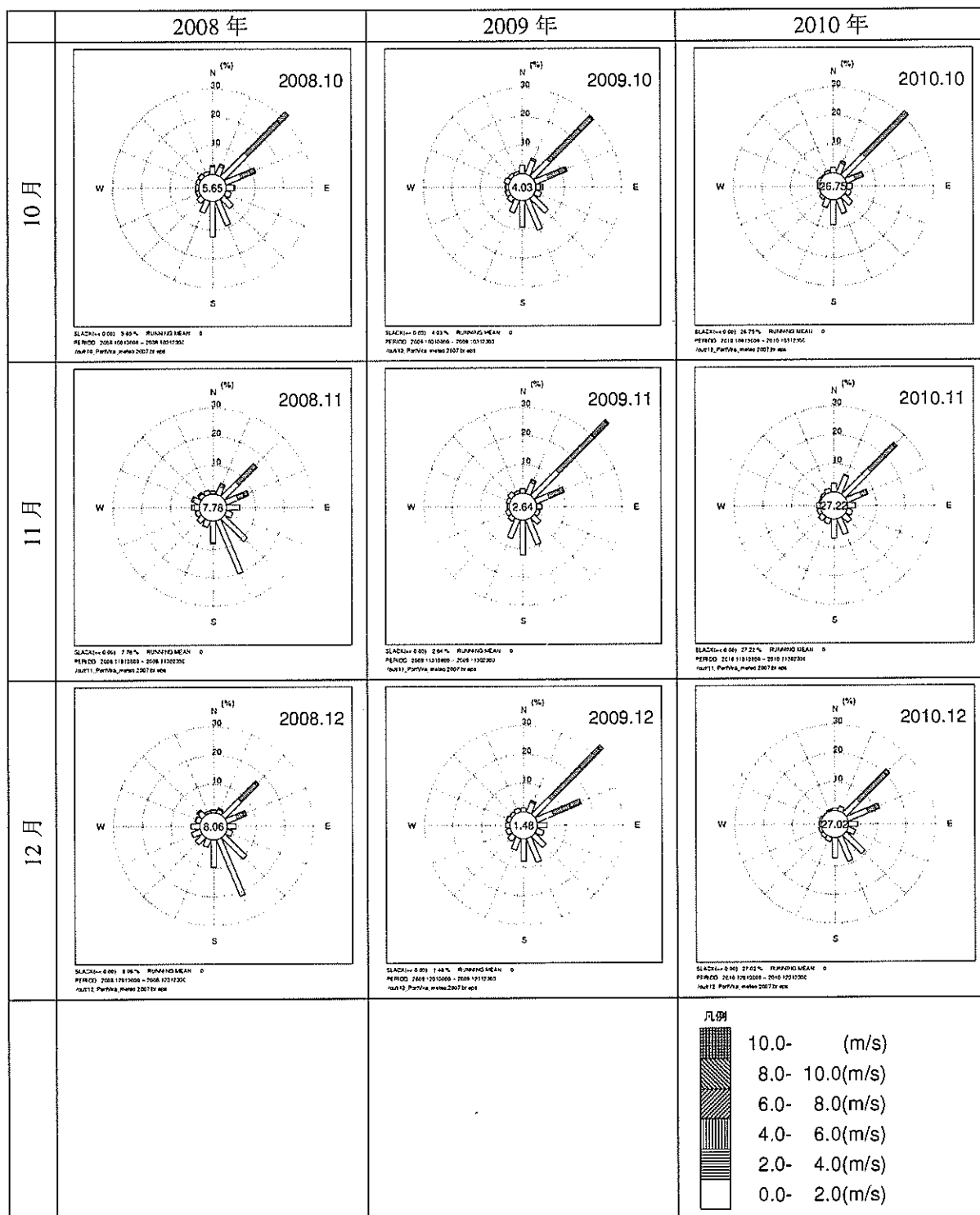


図 6.2.1-4(4) 風配図 (ポートビラ、10月～12月)

表 6.2.1-6(1) 気象データ（気温）

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2008	26.6	26.2	25.5	24.2	23.9	23.3	22.6	23.3	25.9	26.2	27.0	26.6
2009	26.9	27.2	27.0	25.9	23.5	23.4	23.0	21.7	22.9	23.9	25.0	23.5
2010	26.9	26.8	26.6	24.7	25.1	25.2	22.9	23.8	24.8	25.1	23.6	26.3

表 6.2.1-6(2) 気象データ（雲量）

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2008	5	5	6	6	5	6	6	6	5	6	4	5
2009	4	6	6	5	5	5	5	5	4	5	6	6
2010	6	5	6	5	6	7	5	5	4	6	5	5

表 6.2.1-6(3) 気象データ（相対湿度）

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2008	86	86	87	88	84	—	83	86	83	85	85	84
2009	86	86	87	87	83	86	83	84	82	79	81	81
2010	83	83	87	87	89	88	82	87	82	83	84	86

(8) 計算パラメータ

その他、流れの計算に使用したパラメータ等を表 6.2.1-7 に示す。

表 6.2.1-7(1) 流動計算に使用したパラメータ

項 目	設定値
タイムステップ	$\Delta t < \frac{\Delta s}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h_{\max}}}$ Δs : 格子間隔(m) g : 重力加速度(m/s ²) $h_{\max}$: 計算領域内の最大水深(m) 計算安定条件は上式で得られ、計算の安定性を考慮して、90m 格子では 0.9 秒、30m 格子では 0.3 秒、10m 格子では 0.1 秒とした。
海面摩擦係数	海面摩擦は、海面における風と海水との摩擦によって風の持つ運動量が海水に移動する効果を表し、風速の 2 乗に比例する次式で表される。 $\tau_a = C_a \cdot \rho_a \cdot W^2$ τ_a : 海面摩擦項(g/cm/s ²) ρ_a : 大気密度(g/cm ³) C_a : 海面摩擦係数(=0.0013) W : 風速ベクトル(m/s)
海底摩擦係数	海底近傍での流速分布をカルマン定数と粗度高さを用いた対数分布則を仮定して海底摩擦係数(C_D)を算出した $C_D = \left[\frac{1}{\kappa} \ln \frac{h + z_b}{z_0} \right]^{-2}$ h : 水深 z_b : 底面に接する格子点（流速定義点）の鉛直座標値(海面を 0 とし、鉛直下向きに負の値) z_0 : 粗度高さ (=1.0cm) κ : カルマン定数 (=0.4)

表 6.2.1-7(2) 流動計算に使用したパラメータ

項 目	設定値
水平渦動粘性係数(A_M) 水平渦拡散係数(A_H)	Smagorinsky(1963) ¹ による経験式を用いた。 この経験式の中で用いられる比例係数 $C_{M,H}$ は 0.1、バックグラウンド値 $A_{MB,HB}$ は $10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$ とした。 $A_{M,H} = C_{M,H} (\Delta x \times \Delta y) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} + A_{MB,HB}$
鉛直渦動粘性係数(K_M) 鉛直渦拡散係数(K_H)	Pacanowski and Philander(1981) ² による成層化関数を用いた。設定値の最小値は $1.0(\text{cm}^2/\text{s})$ 、最大値は $50.0(\text{cm}^2/\text{s})$ とした。 $K_M = \frac{K_{M0}}{(1 + \alpha R_i)^n} + K_{MB}$ $K_H = \frac{K_M}{(1 + \alpha R_i)^n} + K_{HB}$ $R_i = \frac{-\frac{g}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial z} \right)}{\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2}$ K_{MB} : バックグラウンドの鉛直渦動粘性係数($=1.0 \text{ cm}^2/\text{s}$) K_{HB} : バックグラウンドの鉛直渦拡散係数($=1.0 \text{ cm}^2/\text{s}$) K_{M0} : パラメータ($=50.0 \text{ cm}^2/\text{s}$) α : パラメータ ($\alpha=5$) n : パラメータ ($n=2$) z : 基準面からの鉛直座標値 U : 水平流速(cm/s)
コリオリパラメータ	コリオリパラメータ $f(1/\text{s})$ は地球自転の影響によって運動する物体に働く見かけの力を表し、 $f=2\omega \sin \phi$ で表される。 ω : 地球自転の角速度 ϕ : 緯度 ($=-17.76^\circ$)

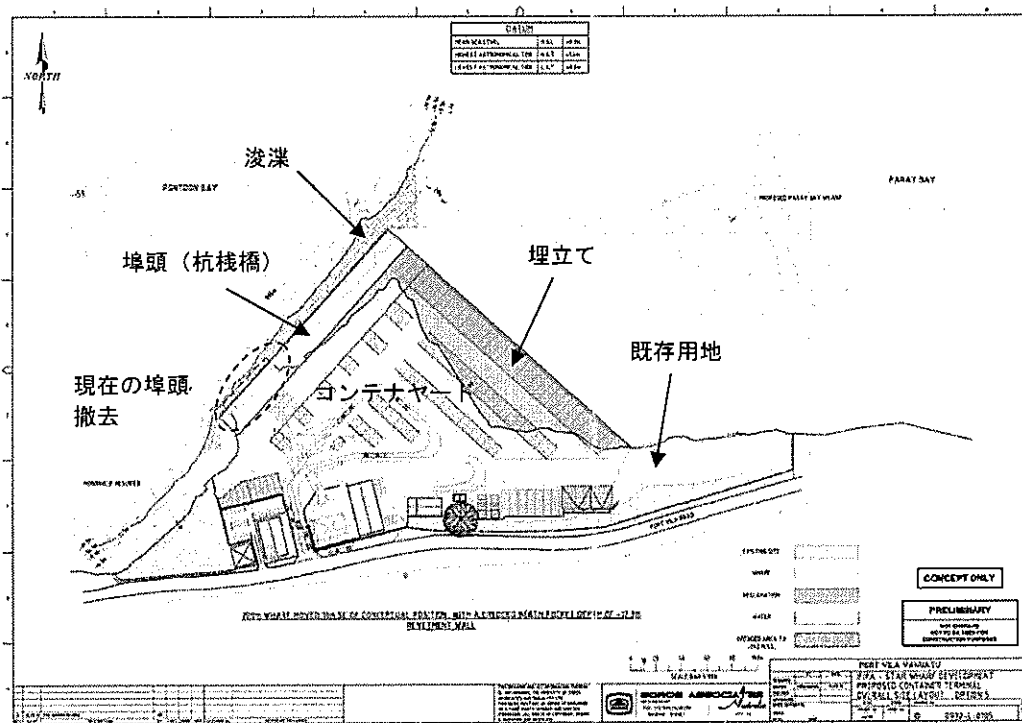
¹ J.Smagorinsky(1963) : General Circulation Experiments with the Primitive Equations I . The Basic Experiment, Monthly Weather Review, 91, 99-164.

² R. C. Pacanowski and S. G. H. Philander(1981):Parameterization of Vertical Mixing in Numerical Models of Tropical Oceans. J. Phys. Oceanogr.,11,1443-1451.

(9) 予測条件

スター埠頭整備後における流れへの変化を予測するため、スター埠頭整備後の地形条件を考慮し、予測を行った。

予測条件は、図 6.2.1-5 の事業計画図に示すように埋立地の存在(0.33ha)およびスター埠頭前面の浚渫(0.94ha、水深 12.3m)を考慮した。図 6.2.1-6 に現況および将来地形における格子図と水深分布を示した。



出典：Star Terminal Construction Project, Bankable Feasibility Study, Final Report (2010)

図 6.2.1-5 事業計画図（スター埠頭）

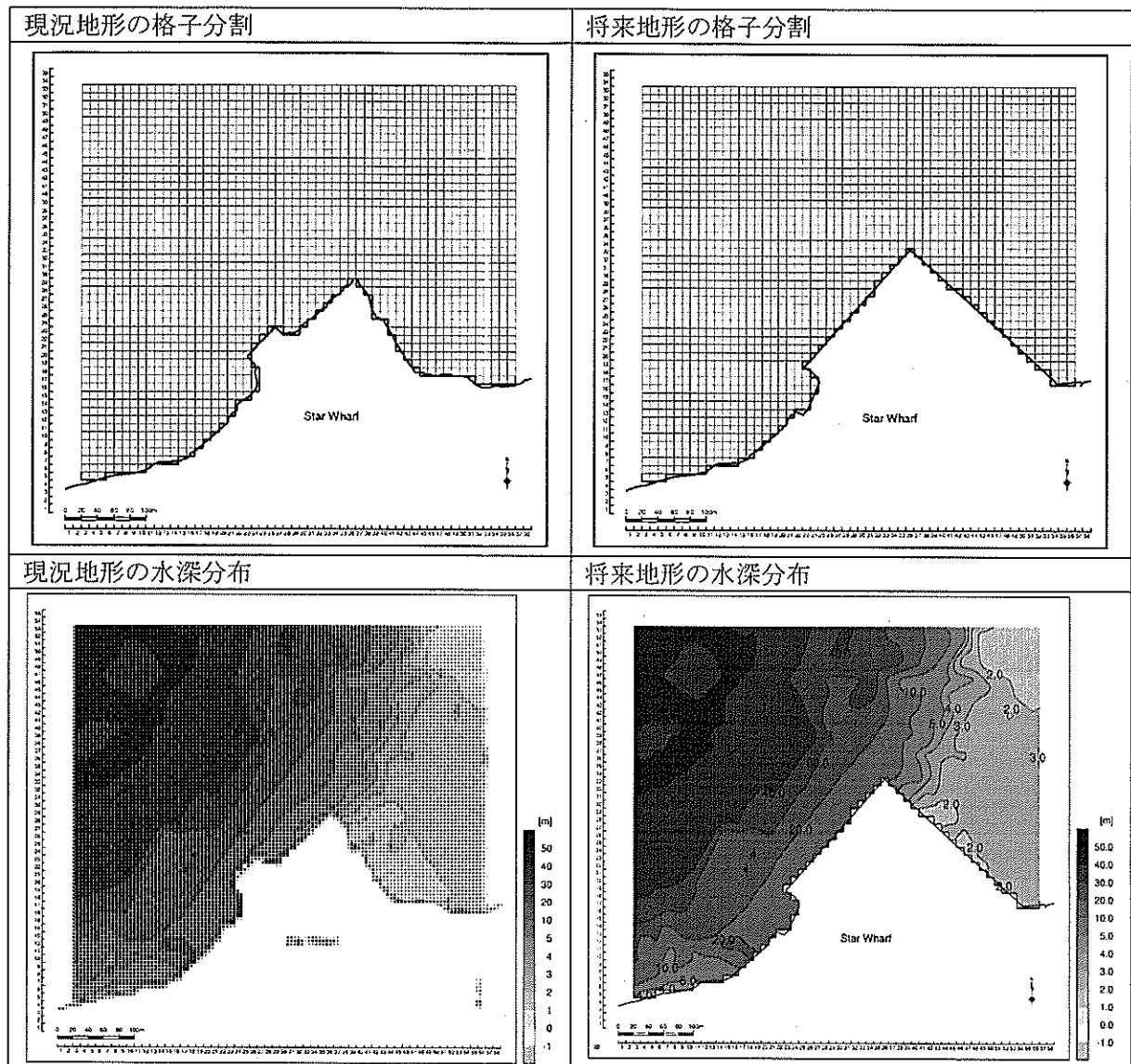


図 6.2.1-6 現況と将来の地形、水深の比較

6.2.2 再現性の検証

本調査で実施した流況調査結果と計算結果を比較することにより、モデルの再現性の検証を行った。

流況の調査地点は図 6.2.2-1 に示す2地点である。流況調査は、湾口部の St.C1 で水面下 3.1m と海底上 1.8m の2層、St.C2 で海底上 0.3m の1層において、1昼夜の観測を大潮、中潮、小潮の3回実施した。

この観測資料について、潮流調和解析を行い、半日周期の潮流楕円を作成し、計算値と比較した。また、観測値と計算値の平均流について比較を行った。

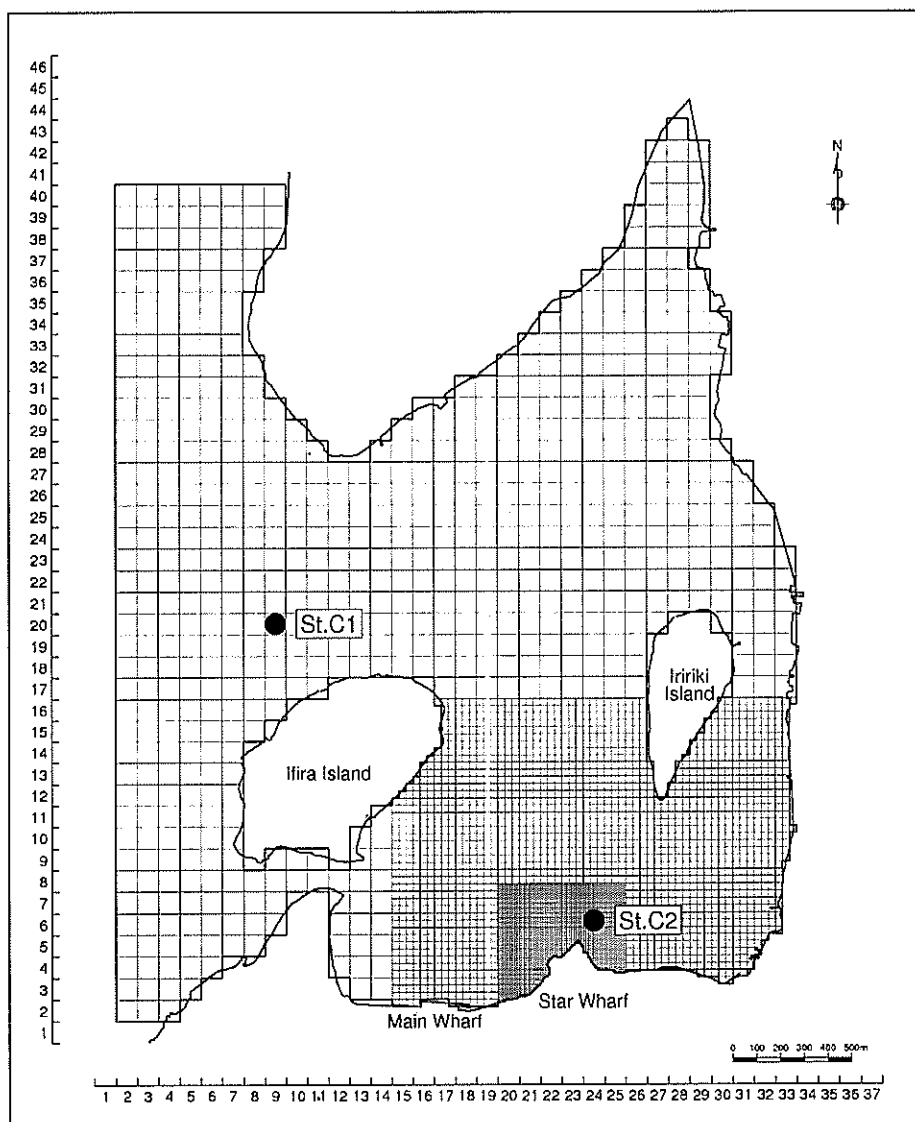


図 6.2.2-1 流況調査地点

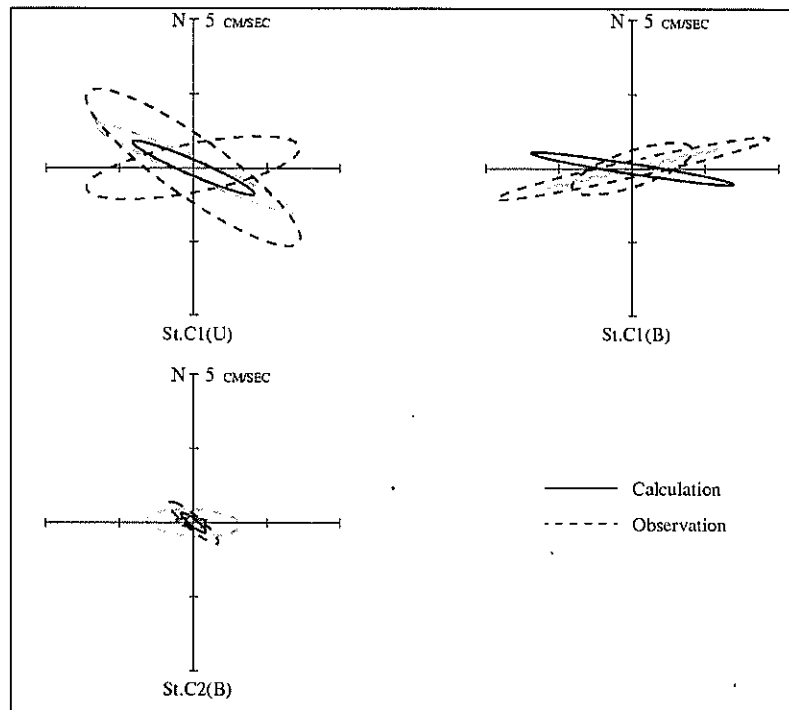
(1) 潮流楕円の比較

潮流楕円の計算値と観測値の比較を図 6.2.2-2 に示す。

3 回の 1 昼夜観測で得られた半日周期の潮流楕円をみると、調査回でばらつきはあるものの、St.C1 では概ね東西方向の往復流となっている。潮流楕円の大きさは、5cm/s 以下となっている。一方で、St.C2 においても東西方向の往復流の傾向はみられるものの、潮流楕円の大きさは St.C1 とくらべて小さい。

計算では湾口の境界条件で M2 分潮の潮位振幅を設定していることから、観測値の比較対象は中潮期の楕円である。観測値と計算値の潮流楕円を比較すると、St.C1 の計算値の潮流楕円は、上層の計算値がやや小さい傾向となっているものの、上下層ともに観測値と同様に東西方向の往復流となっている。また、St.C2 をみると、St.C1 とくらべて潮流楕円は小さい傾向が表現されている。

以上のことから、計算における潮流の再現性は、観測値の傾向が表現されていると評価した。



赤：2011 年 10 月 27 日 0 時～10 月 28 日 0 時(大潮)

青：2011 年 11 月 01 日 0 時～11 月 02 日 0 時(小潮)

緑：2011 年 11 月 06 日 6 時～11 月 07 日 6 時(中潮)

(U)：上層

(B)：下層

図 6.2.2-2 潮流楕円の計算値と観測値の比較

(2) 平均流の比較

平均流ベクトルの計算値と観測値の比較を図 6.2.2-3 に示す。

流況調査の各1昼夜で得られた平均流をみると、2011年11月5日～7日に実施した中潮の結果を除いて、湾口の St.C1 では上層で流出、下層で流入する流れが形成されている様子がわかる。一方で、湾奥部の St.C2 の観測値をみると、St.C1 と同様に2011年11月5日～7日のデータを除くと、流速は小さい。また、流向は概ね東方向に流れている。2011年11月5日～7日にかけては、気象擾乱によってその他の2回の調査結果とは傾向が異なっている。

以上の結果、観測値で得られた1日の平均流の傾向については、図 6.2.2-3 に示した計算値でも表現されていると評価した。

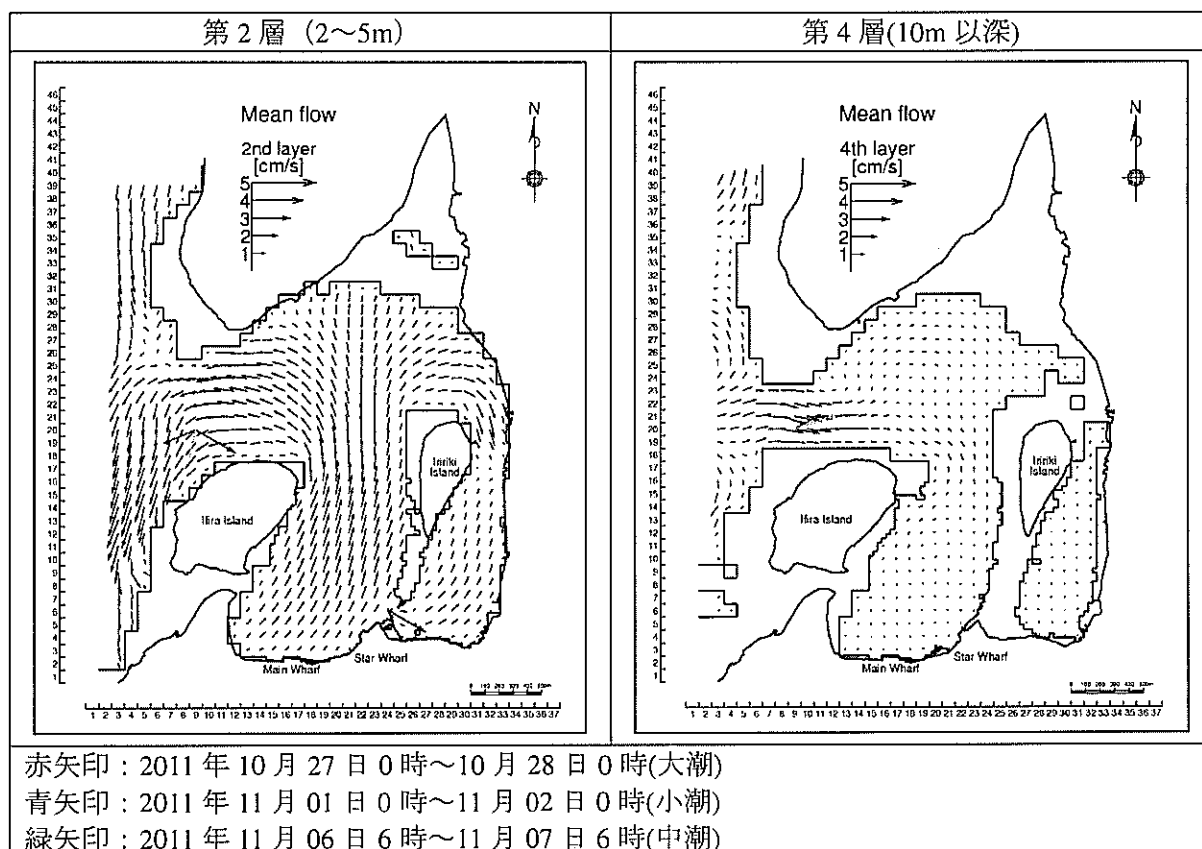


図 6.2.2-3 平均流の計算値と観測値の比較

(3) 検証結果のまとめ

現地調査で得られた潮流橢円および平均流を用いて、流動モデルの妥当性を検証した結果、本モデルはポートビラ湾の流況の特徴を表現しており、スター埠頭整備による流れへの影響の予測および流れによって広がるシルト粒子の拡散予測に適用することは妥当と評価した。

ポートビラ湾の下げ潮時、干潮時、上げ潮時、満潮時、平均流の流速ベクトル分布を図 6.2.2-4 に示す。

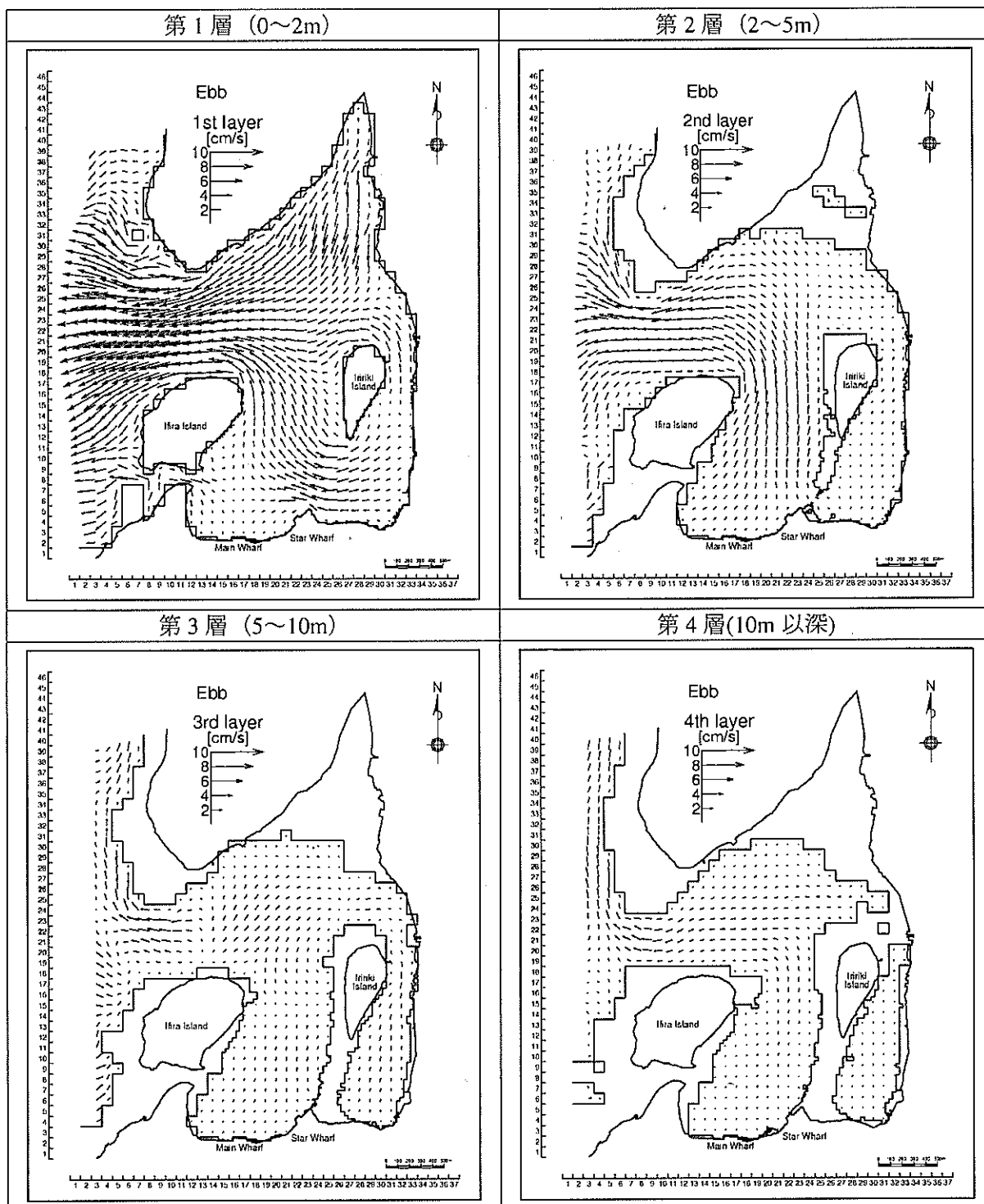


図 6.2.2-4(1) 流速ベクトル分布（現況、下げ潮時）

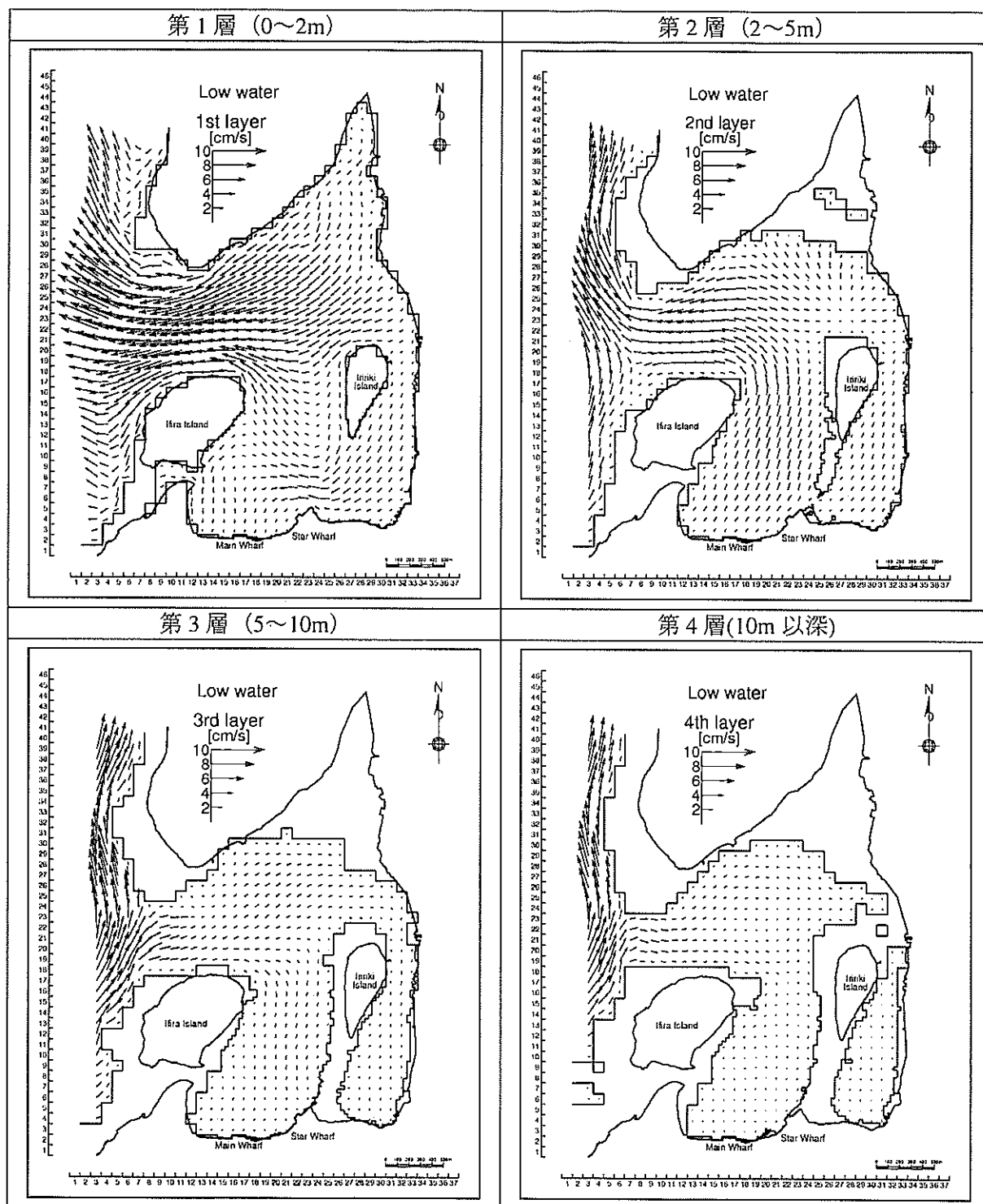


図 6.2.2-4(2) 流速ベクトル分布（現況、干潮時）

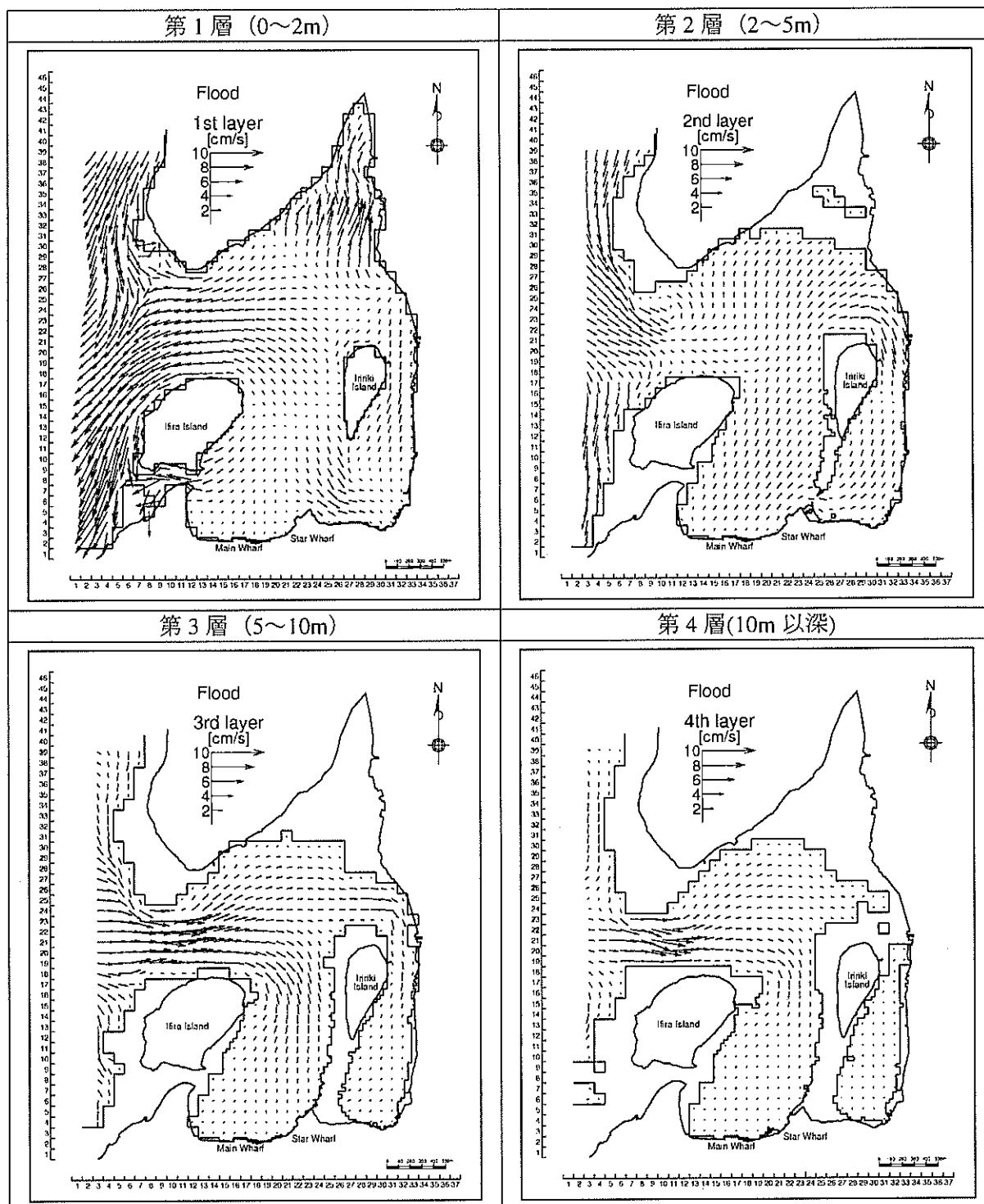


図 6.2.2-4(3) 流速ベクトル分布 (現況、上げ潮時)

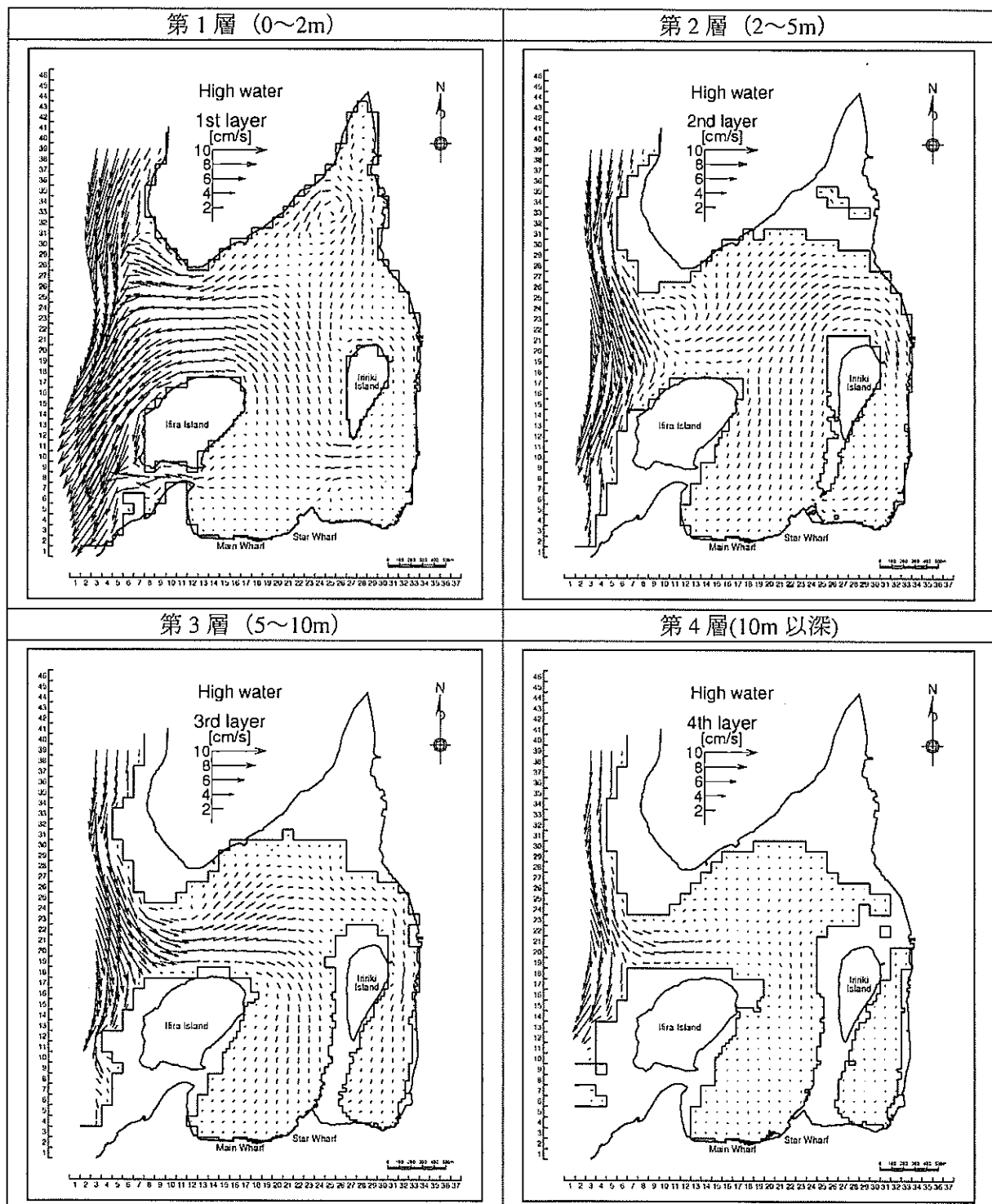


図 6.2.2-4(4) 流速ベクトル分布（現況、満潮時）

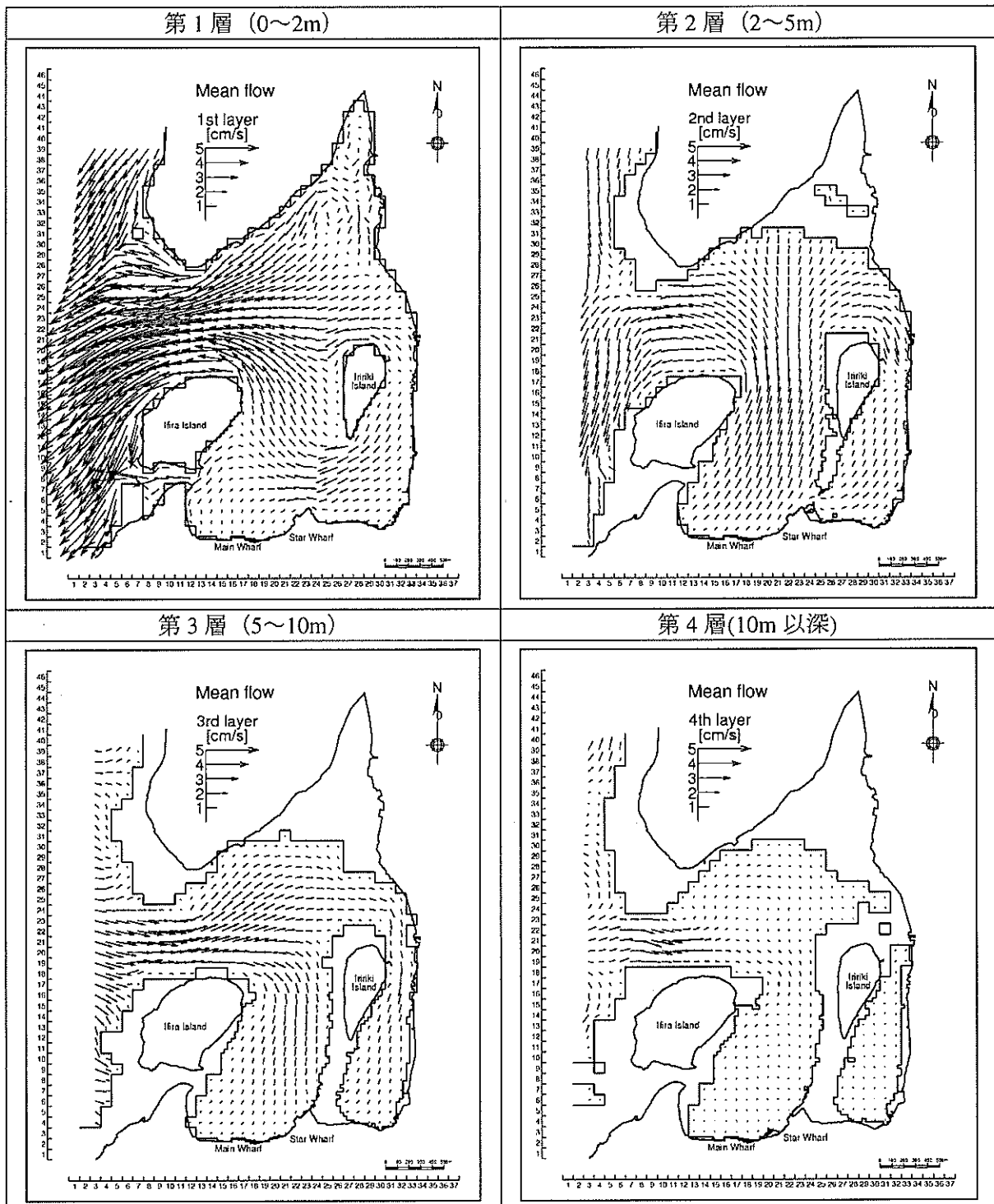


図 6.2.2-4(5) 流速ベクトル分布 (現況、平均流)

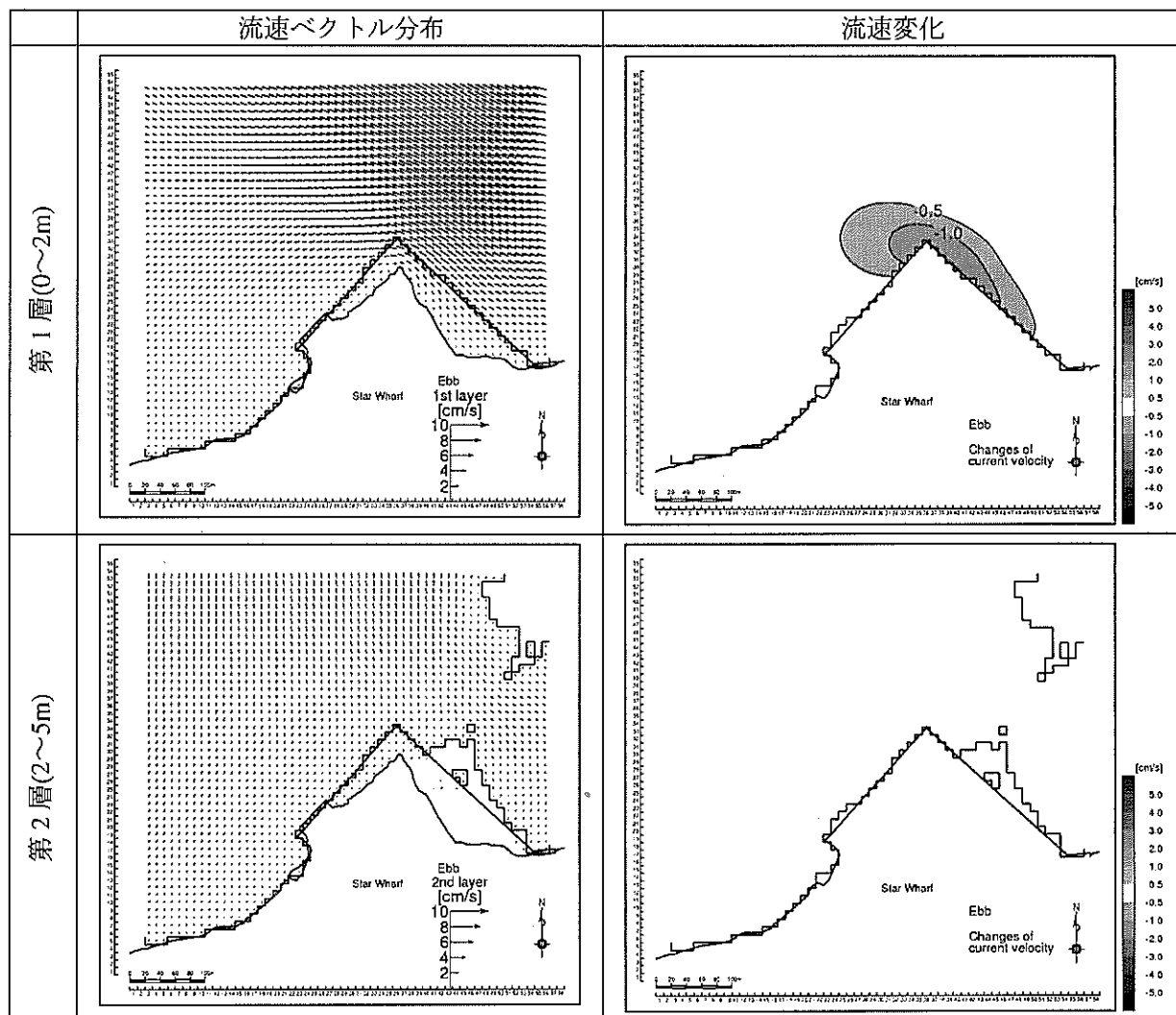
6.2.3 予測結果

(1) 流速変化

スター埠頭整備計画の事業実施による流れへの影響を把握するため、流向の変化については現況再現結果と将来予測結果の流速ベクトルを重ねて描いた。流速の変化については、将来予測結果から現況再現結果を差し引いて流速の変化を求めた。それらの結果を図 6.2.3-1 に示す。なお、流速の変化は、小領域の第1層および第2層の結果を示した。

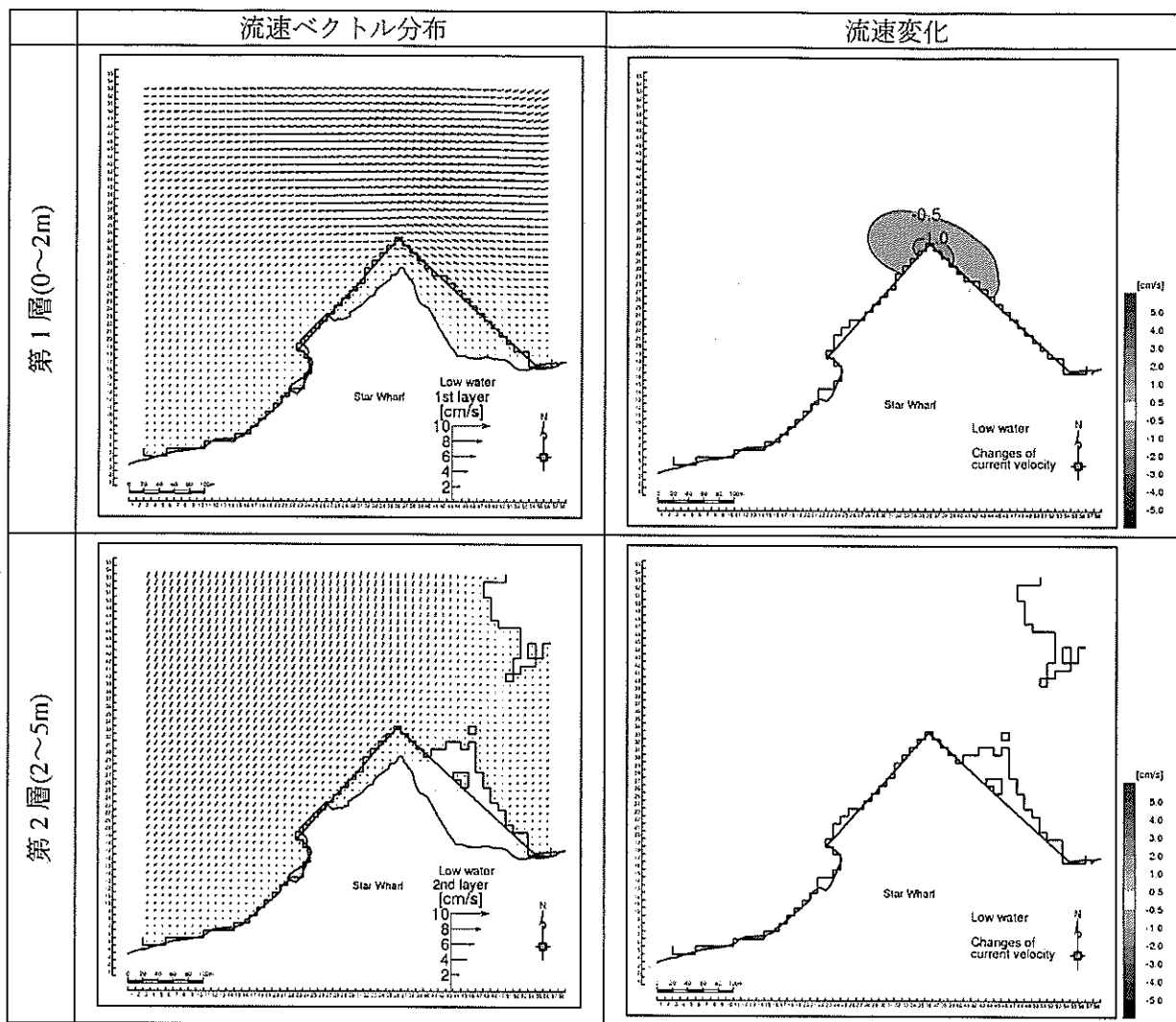
流速の変化は、スター埠頭の埋立地近傍の第1層に限られおり、その変化は1cm/sの減少域となっている。流速の変化域は、下げ潮時や干潮時に広がる傾向で、上げ潮時の流速変化域は狭く、満潮時には±0.5cm/s以上の変化はみられていない。平均流の流速変化は、埋立地近傍で0.5cm/sの流速の減少域が局所的にみられている。

流向の変化は、埋立地の存在により若干の変化はみられるものの、現況における流れの向きを大きく変える状況はみられていない。



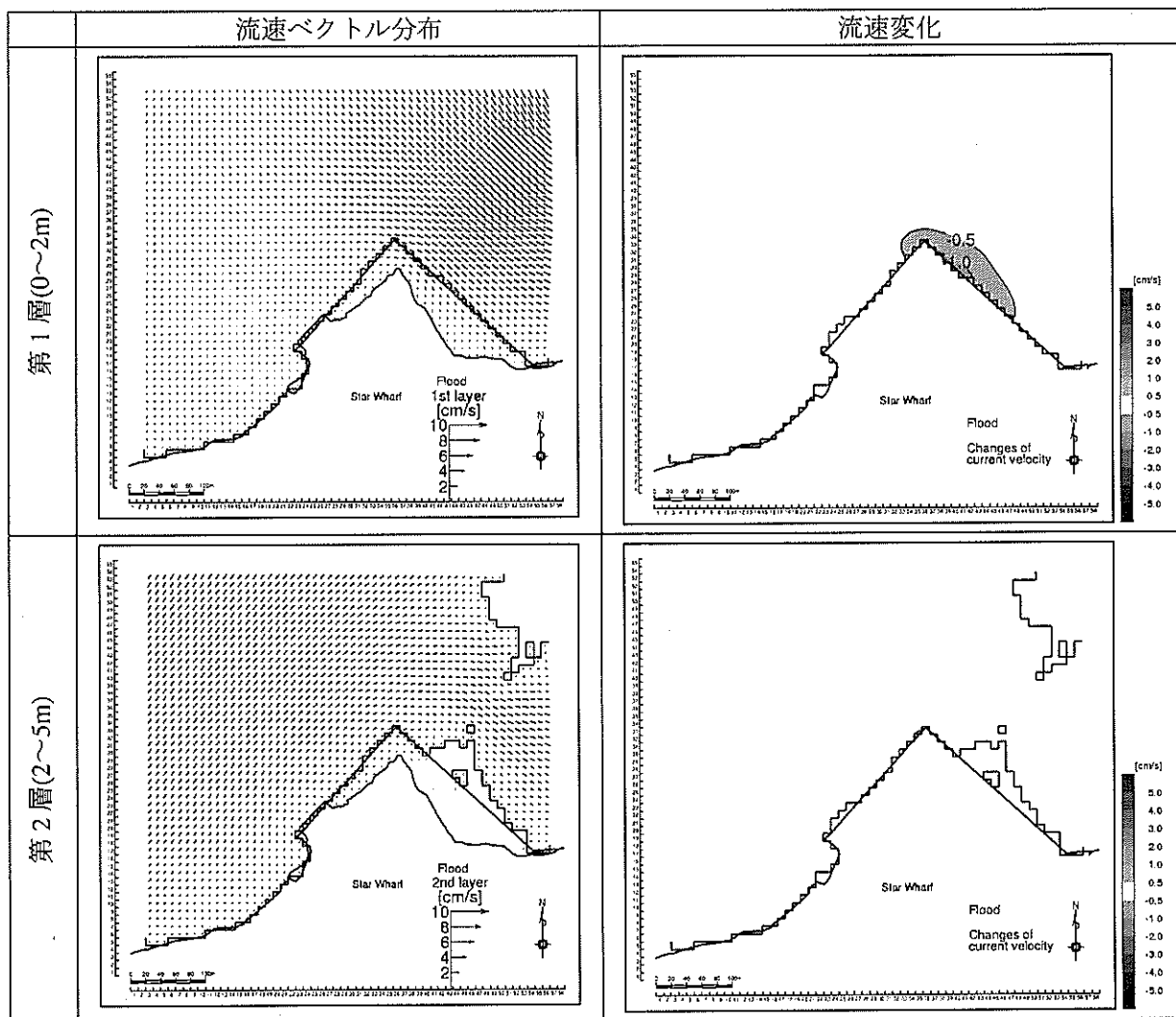
（黒矢印：現況再現結果、赤矢印：将来予測結果）

図 6.2.3-1(1) 流況の変化（下げ潮時、小領域、第1層および第2層）



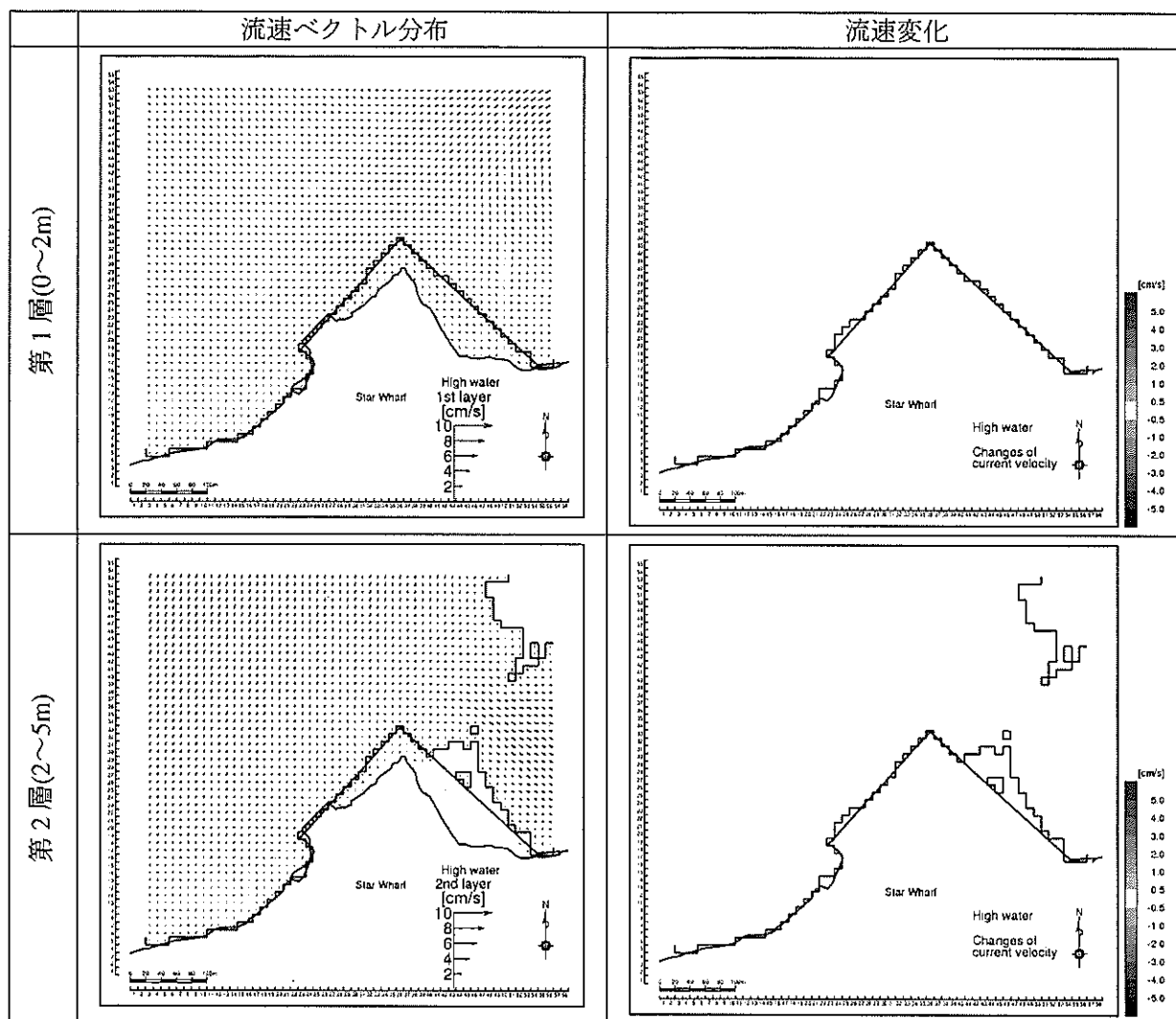
（黒矢印：現況再現結果、赤矢印：将来予測結果）

図 6.2.3-1(2) 流況の変化（干潮時、小領域、第1層および第2層）



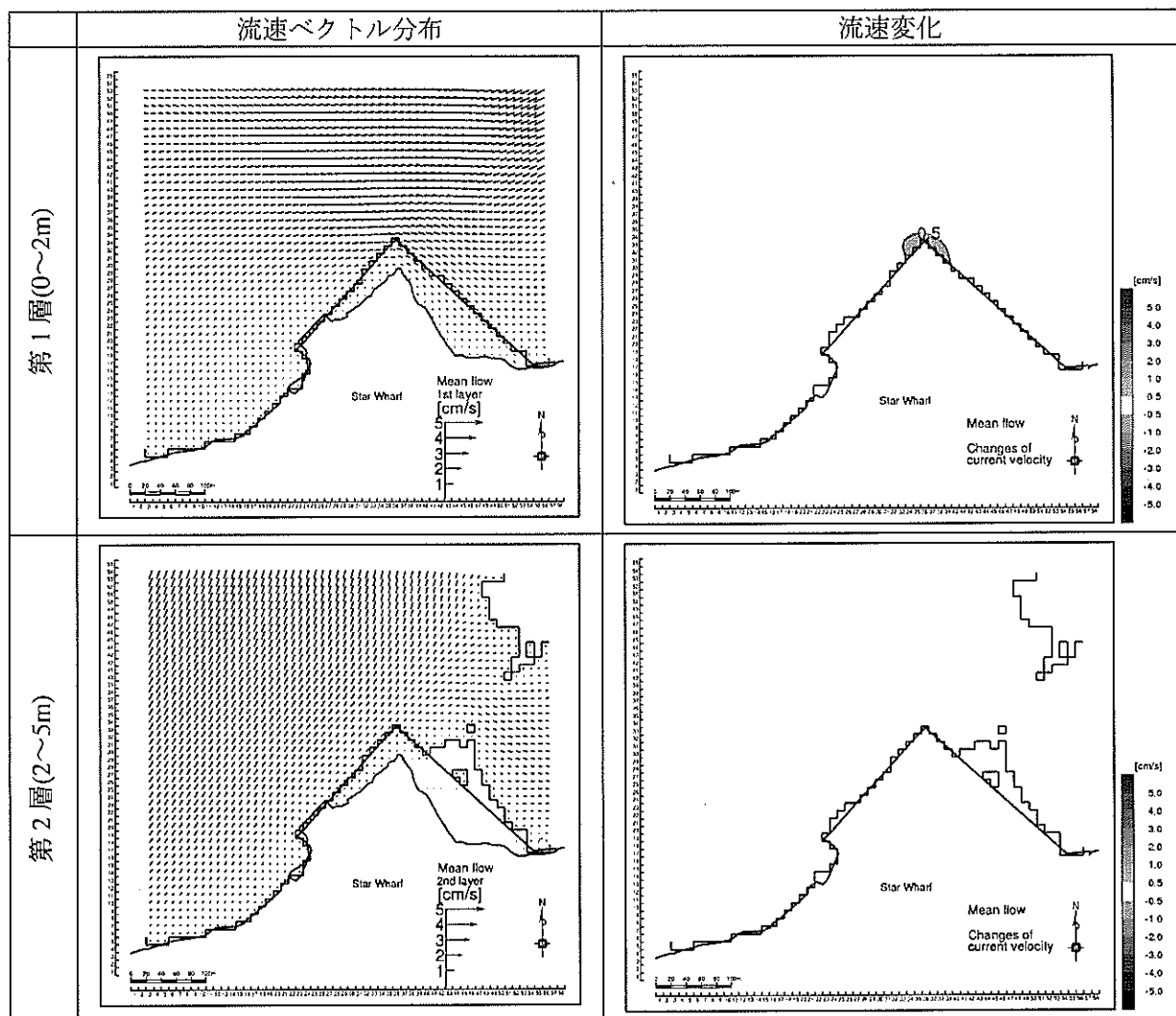
(黒矢印：現況再現結果、赤矢印：将来予測結果)

図 6.2.3-1(3) 流況の変化（上げ潮時、小領域、第1層および第2層）



（黒矢印：現況再現結果、赤矢印：将来予測結果）

図 6.2.3-1(4) 流況の変化（満潮時、小領域、第1層および第2層）



(黒矢印：現況再現結果、赤矢印：将来予測結果)

図 6.2.3-1(5) 流況の変化（平均流、小領域、第1層および第2層）

(2) 海水交換の変化

スター埠頭整備計画の事業実施によるポートビラ湾全体の流れへの影響を把握するため、図 6.2.3-2 に示した断面を通過する一潮汐間の流量の変化に着目した。

各断面で一潮汐間に通過する流量の算定結果を図 6.2.3-3 に示した。この結果をみると、ポートビラ湾全体の流れは上層で流出、下層で流入する流れが形成されており、断面を通過する流量に若干の変化は生じているものの、その差は小さい結果となっている。

以上のことから、事業実施に伴うポートビラ湾全体の海水交換は、現況とほとんど変わらない状態と考えられる。

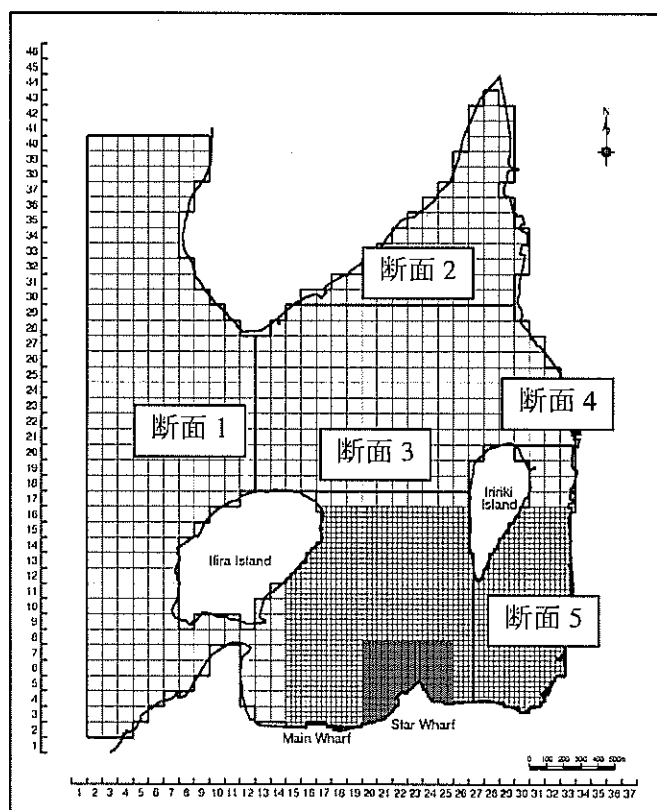
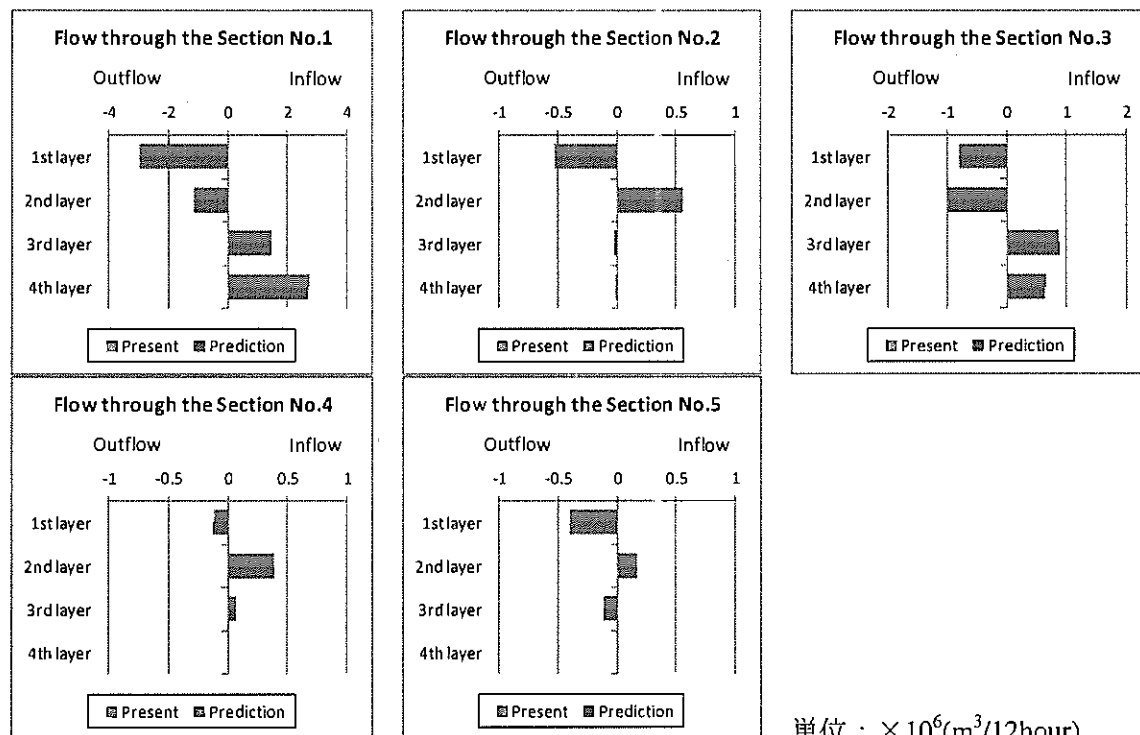


図 6.2.3-2 断面設定



※湾奥に向かう流れを流入とし、正の値で表示。湾口に向かう流れを流出とし、負の値で表示した。

図 6.2.3-3 断面の通過流量

6.3 シルト流入・拡散・堆積モデル

6.3.1 モデルの概要

シルトの流入・拡散・堆積を予測するモデルは、濁り(SS)に寄与する微細な土砂の沈降過程を考慮した移流・拡散方程式を基本式とするモデルを採用した。基本式は次式のとおりである。

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + (w - W_s) \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial S}{\partial z} \right) + q$$

S	: SS 濃度(mg/L)
x, y, z	: 右手系の直交座標系、上向きを正
u, v, w	: x, y, z 方向の流速(cm/s)
t	: 時間(s)
K_x, K_y	: 水平渦拡散係数(cm ² /s)
K_z	: 鉛直渦拡散係数(cm ² /s)
q	: 負荷量(g/s)
W_s	: 沈降速度(cm/s)

土砂の堆積については、次式により堆積量から堆積厚へ換算した。

$$\text{堆積量(g/cm}^2\text{)} = \sum_{i=1}^m \int_0^T W_s \cdot S_i \cdot dt$$

$$\text{堆積厚(cm)} = \text{堆積量(g/cm}^2\text{)} \times \left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{1}{\rho_w} \frac{R_w}{1 - R_w} \right)$$

W_s	: 沈降速度(cm/s)
S_i	: 計算対象粒径の i 番目の粒径による SS 濃度(mg/L)
T	: 積分時間($T=24$ 時間)
ρ_s	: 土粒子の密度(g/cm ³)
ρ_w	: 海水の密度(g/cm ³)
R_w	: 含水率(%)

6.3.2 計算条件

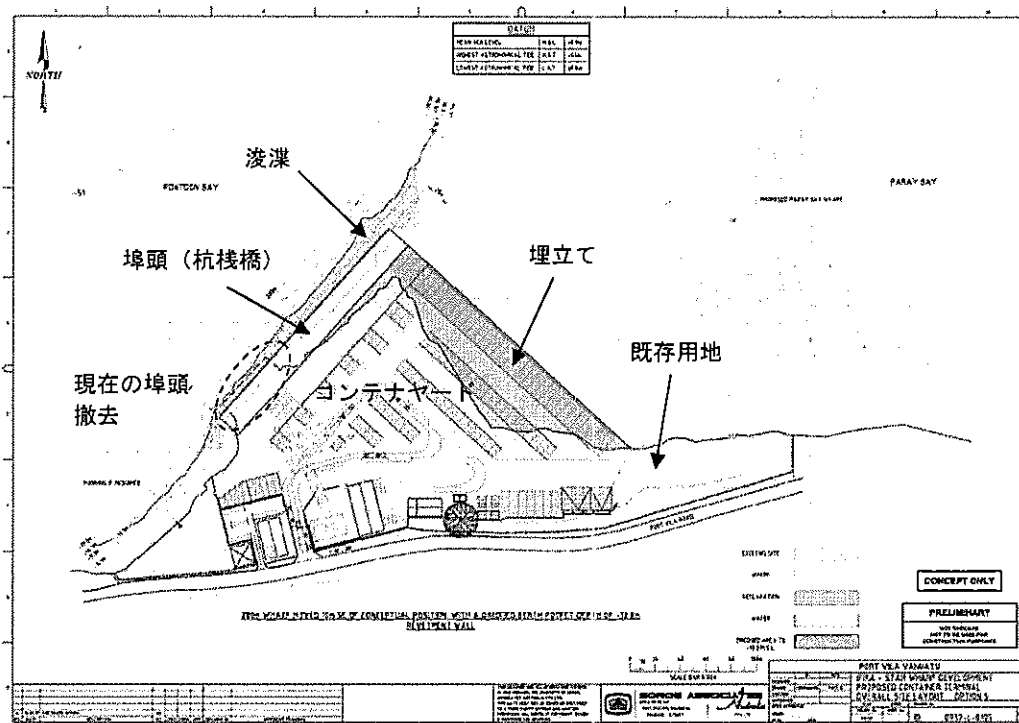
シルト流入・拡散・堆積モデルでは、工事による周辺サンゴ礁への影響を検討するため、工事中の濁り（懸濁物質：SS）の拡散および堆積を予測した。

(1) 濁り発生量の算定

(a) 対象工事

スター埠頭整備の工事計画によれば、工事中に海域に濁りの発生が考えられる工事は、図 6.3.2-1 に示すように既存埠頭の撤去工事、浚渫工事、埋立工事が考えられる。これらの工事のうち、埋立工事に用いる土砂は、浚渫によって発生する土砂を用いる計画であり、埋立地の周囲の護岸を造成したのちに浚渫土砂を投入するため、海域への直接の土砂の投入にくらべて濁りの発生は低減される。また、既存埠頭の撤去工事とくらべて、浚渫工事は海底の土砂を直接掘削するため、最も濁りの発生が懸念される工事と考えられる。

以上のことから、浚渫工事を対象として、濁りの予測を行うこととした。



出典：Star Terminal Construction Project, Bankable Feasibility Study, Final Report (2010)

図 6.3.2-1 事業計画図（スター埠頭）

(b) 浚渫工事の概要

スター埠頭整備の工事計画によれば、図 6.3.2-1 に示すように、スター埠頭の前面水域を浚渫する計画となっている。浚渫工事の概要を表 6.3.2-1 に示す。

表 6.3.2-1 浚渫工事の概要

工事期間	30 日間
浚渫範囲の面積	0.33 ha
浚渫量	62,000 m ³
浚渫水深	12.3 m
工法	ポンプ浚渫あるいはグラブ浚渫

(c) 環境条件の把握

(i) 現地流速（汚濁限界流速の設定）

浚渫予定区域における現地流速については、現地調査の St.C2 における 3 回の調査結果より設定した。

流況調査では、3 回の 1 昼夜観測を実施したが、その観測の中で出現した流速の平均値、最大値を表 6.3.2-2 に示した。

表 6.3.2-2 現地流速の状況

	平均値(cm/s)	最大値(cm/s)
大潮期調査	2.6	7.5
小潮期調査	2.8	10.3
中潮期調査	3.6	8.8

(ii) 汚濁限界粒子径の設定

汚濁限界粒子径は、図 6.3.2-2 に示した粒子径と汚濁限界流速との関係より求めた。汚濁限界流速を現地で測定した流速の最大値 10.3cm/s として、汚濁限界粒子径は Camp 式より 0.183mm が求められる。

$$\text{Ingersol 式: } V_c = \frac{1}{1.2} V \sqrt{\frac{8}{f}}$$

$$\text{Camp 式: } V_c = 1.86 \sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} g d}$$

V_c : 汚濁限界流速(cm/s)

f : 摩擦抵抗係数(=0.025)

g : 重力加速度(980cm/s²)

ρ_s : 土粒子の比重(=2.78)

ρ : 水の単位体積重量(=1.024)

μ : 粘性係数

d : 土粒子直径(cm)

V : 沈降速度(cm/s)

なお、沈降速度は次式の Stokes 式より設定する。

$$\text{Stokes 式 } V = \frac{1}{18} \frac{g(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2$$

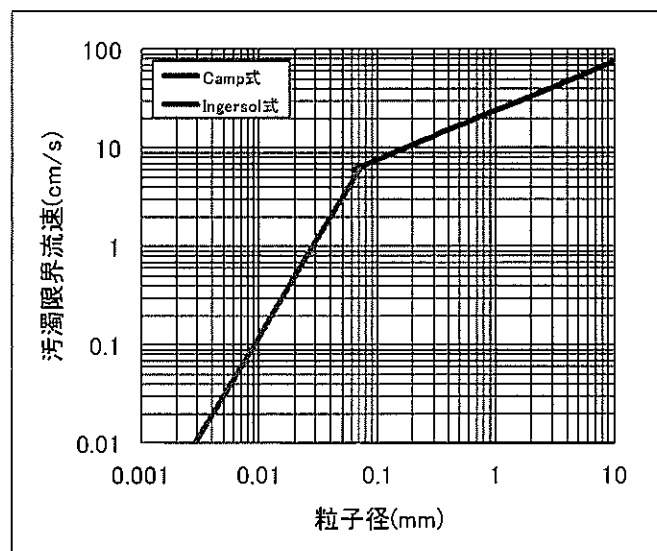


図 6.3.2-2 粒子径と汚濁限界流速の関係

(iii) 濁り対象土砂の性状

工事によって発生する濁りの負荷量を算定するため、本調査で浚渫予定区域の海底土の底質調査を実施した。

表 6.3.2-3 に示した粒度分析結果より作成した粒径加積曲線を図 6.3.2-3 に示す。

汚濁限界粒子径は 0.183mm と設定し、汚濁限界粒子径の粒径加積百分率 R は、3 地点の粒度分析結果の平均値より $R=13.5\%$ と設定した。

汚濁限界粒子径 0.183mm 以下の粒径を予測の対象とする。 $R=13.5\%$ に含まれる土砂は、シルトおよび粘土が 3%、砂が 10.5%であることから、濁りに寄与する土砂に対して、シルトおよび粘土は 22%、砂は 78%となる。

表 6.3.2-3 粒度分析結果

粒径区分 (mm)	粘土 ~0.005	シルト 0.005 ~0.075	砂			礫	
			細砂 0.075 ~0.250	中砂 0.250 ~0.850	粗砂 0.850 ~2.0	細礫 2.0 ~4.75	中礫 4.75 ~19
St.S1		3.0	9.4	33.8	19.0	21.4	13.4
St.S2		4.1	28.4	47.0	13.9	5.0	1.6
St.S3		1.8	9.9	55.2	23.7	8.1	1.3
平均		3.0	15.9	45.3	18.9	11.5	5.4

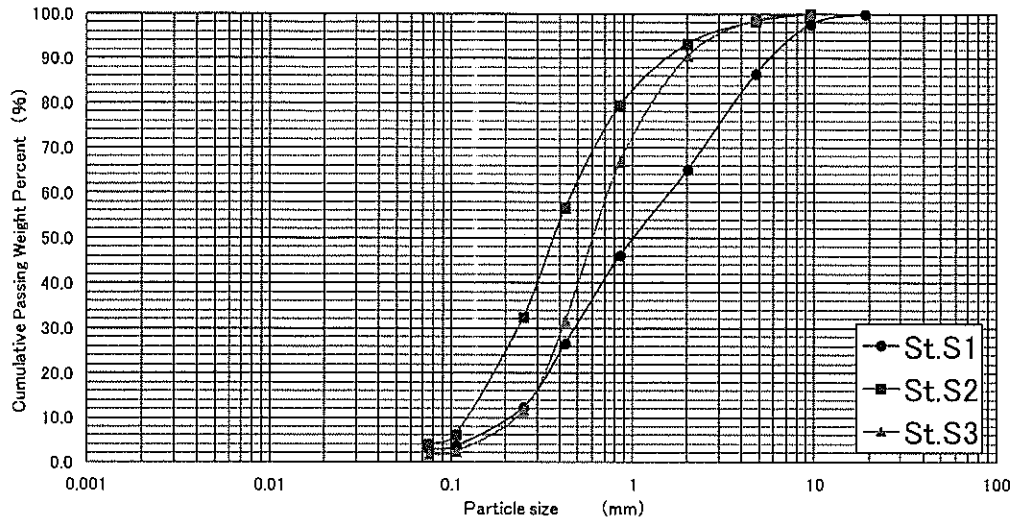


図 6.3.2-3 粒径加積曲線

(d) 濁り(SS)発生量の算定

「港湾工事における濁り影響予測の手引き（平成16年4月、国土交通省港湾局）」に基づいて、基準化された濁りの発生原単位の現地流速に応じた換算式および濁り発生量算定式を用いて、計画されている浚渫作業量から濁り(SS)発生量を求めた。濁り(SS)発生量の算定結果を表 6.3.2-4 に示す。

ここで算定した負荷を図 6.3.2-4 に示す位置で投入する。予測計算では、24 時間周期で負荷を与えるが、この時施工時間を 8 時間と想定して、計算開始から 8 時間まで連続して負荷を投入し、残りの 16 時間は負荷を投入しない計算とした。

$$w = \frac{R}{R_{75}} w_0$$

$$W = w \times Q_s$$

w : 当該区域における濁り発生原単位(kg/m^3)

w_0 : 既往の濁り発生原単位(kg/m^3)

R : 現地流速を汚濁限界流速とする汚濁限界粒子径の粒径加積百分率(%)

R_{75} : 既往の濁り発生原単位 w_0 を推定したときの土粒子(0.075mm 以下)の粒径加積百分率(%)

W : 濁り発生量($\text{kg}/\text{日}$)

Q_s : 施工量($\text{m}^3/\text{日}$)

表 6.3.2-4 濁り(SS)発生量の算定結果

既往の濁り発生原単位等			R(%)	w (kg/m ³)	日施工量 Q_s (m ³ /日)	濁り発生量 W (t/日)
浚渫の工法	$R_{75}(\%)$	$w_0(\text{kg/m}^3)$				
ポンプ船	21.6	1.63	13.5	1.02	2,067	2.1
グラブ船	18.4	7.68	13.5	5.62	2,067	11.6

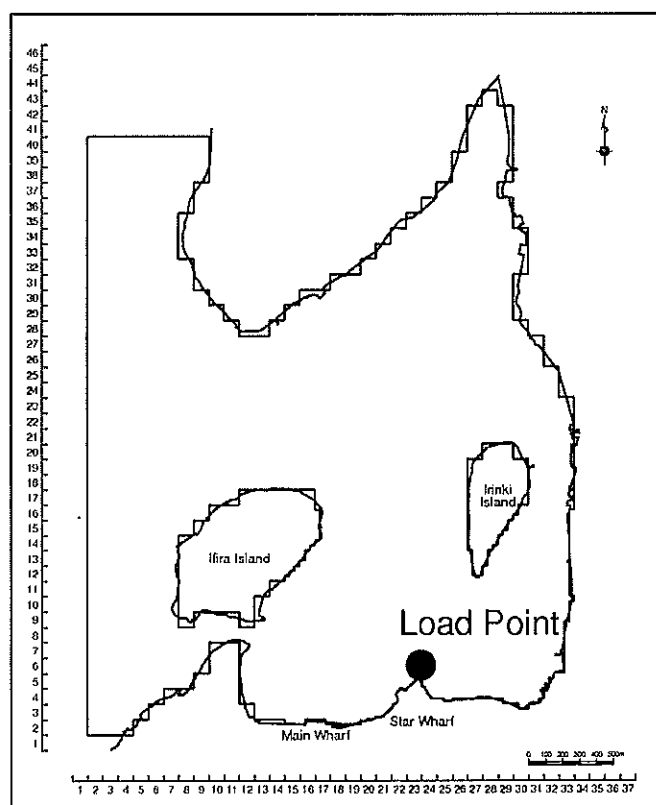
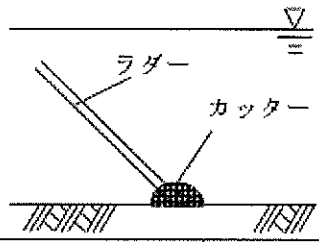
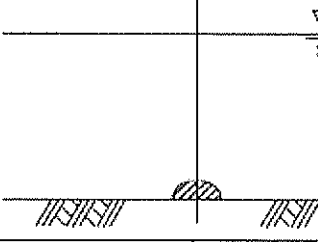
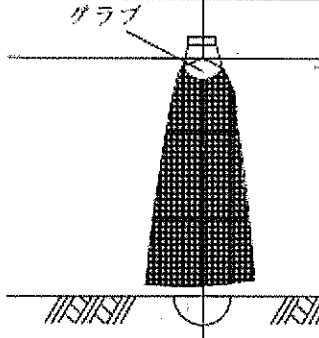
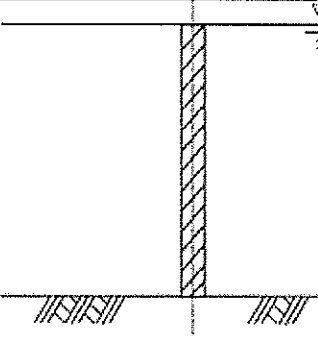


図 6.3.2-4 SS 負荷の投入位置

(e) 発生源モデル

工法の違いによって水中での濁り発生メカニズムが異なることから、予測対象となる工法について、「港湾工事における濁り影響予測の手引き（平成16年4月、国土交通省港湾局）」を参考に濁りの発生源モデルを設定した。予測を行うポンプ浚渫船およびグラブ浚渫船の発生源モデルを表 6.3.2-5 に示す。

表 6.3.2-5 濁りの状態と発生源モデル

工法	濁りの状態	発生源モデル	発生源の状態
ポンプ 浚渫船			スイング時に海底の浚渫箇所から濁りが発生する。 濁り発生箇所は海底となる。
グラブ 浚渫船			海底からの地切り時の土砂の巻き上げ、水中引き上げ時の付着土の拡散、水面にあげる際の土砂の漏れ出しにより濁りが発生する。 濁り発生箇所は、海底から海面までとなる。

(f) 沈降速度の設定

土砂の沈降速度は、各粒径の代表粒径（各粒径区分の対数平均値）を設定し、代表粒径から求められる粒子レイノルズ数に応じて、Stokes 式、Allen 式より求め、その結果を表 6.3.2-6 に示す。

$$\text{Stokes 式} : V = \frac{1}{18} \cdot \frac{g(\rho_s - \rho)}{\mu} \cdot d^2$$

$$\text{Allen 式} : V = 0.223 \left\{ g^2 (\rho_s - \rho)^2 \rho \mu \right\}^{1/3} \cdot d$$

V : 沈降速度(cm/s)

d : 土粒子直径(cm)

ρ_s : 土砂の比重(=2.78)

ρ : 海水の比重(=1.024)

g : 重力加速度(=980cm/s²)

μ : 粘性係数(=0.0089poise : 25℃における値)

表 6.3.2-6 粒径別の沈降速度

土粒子の分類	粒径(mm)	代表粒径(mm)	沈降速度(m/day)	備考
砂	0.075~0.183	0.117	200.0	Allen 式
シルト・粘土	(0.001)~0.075	0.009	7.5	Stokes 式

(g) 汚濁防止膜の考え方

スター埠頭整備計画では、浚渫や埋立工事等を実施する際には、汚濁防止膜を設置することが計画されている。

予測計算では、汚濁防止膜の設置の有無による濁りの拡散状況が異なることを確認するため、汚濁防止膜を設置した場合、設置しない場合の予測を行った。この場合の予測条件は、「港湾工事における濁り影響予測の手引き（平成 16 年 4 月、国土交通省港湾局）」で汚濁防止膜による濁りの除去率が 40～80%であるという事例を参考に、濁りの除去率が小さい場合を予測条件として、除去率 40%を表 6.3.2-4 で示した発生負荷量に乗じて、汚濁防止膜を設置した際の発生負荷量とした。

なお、浚渫箇所における汚濁防止膜の計画は表層の濁りの拡散を防止する観点から水面から 3m の垂下式が計画されている。一方、ポンプ浚渫による濁りの発生場所は表 6.3.2-5 に示したように海底付近となることから、汚濁防止膜を水面から海底まで設置した場合を予測条件とした。

(2) 初期値、境界値

工事による周辺サンゴ礁への影響の検討を目的とするため、初期値および境界値はいずれも 0 とした。

(3) 拡散係数

拡散計算に使用するパラメータには、水平渦拡散係数、鉛直渦拡散係数がある。これらは、流動モデルの計算で求まる値を使用した。

(4) タイムステップ

計算のタイムステップは、計算の安定性を考慮して、全ての領域で 1 秒とした。

(5) 積分時間

積分時間は 240 時間(10 日間)とし、計算領域の SS 濃度変化が定常に達するまで行った。解析には最後の 24 時間を用い、各計算格子の日平均値および日最大値を算定した。

(6) 堆積厚への換算に関するパラメータ

堆積厚への換算に必要なパラメータについては、現地調査で実施した底質調査結果を用いた。底質調査結果は表 6.3.2-7 のとおりであり、含水率および土粒子の密度は、それぞれ平均値 21.4(%)、2.78(g/cm³)を用いた。また、海水の密度は、1.024(g/cm³)とした。

表 6.3.2-7 底質調査結果

項目	St.S1	St.S2	St.S3	平均
含水率 (%)	22.4	20.1	21.8	21.4
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.738	2.792	2.810	2.780

6.3.3 予測結果

工事中のSS拡散予測については、表 6.3.3-1 に示す計算ケースを実施した。ケース1およびケース2ではポンプ浚渫船によるSS負荷量を設定し、汚濁防止膜のなしとありの場合について予測した。また、ケース3およびケース4ではグラブ浚渫船によるSS負荷量を設定し、汚濁防止膜のなしとありの場合について予測した。

なお、汚濁防止膜ありの場合については、浚渫箇所における汚濁防止膜の計画は表層の濁りの拡散を防止する観点から水面から3mの垂下式が計画されている。一方、ポンプ浚渫による濁りの発生場所は海底付近となることから、汚濁防止膜を水面から海底まで設置した場合を予測条件とし、濁り発生量の除去率により負荷量を設定した。

表 6.3.3-1 SS拡散予測のケース

計算ケース名	工法	汚濁防止膜
ケース1	ポンプ浚渫船	なし
ケース2	ポンプ浚渫船	あり
ケース3	グラブ浚渫船	なし
ケース4	グラブ浚渫船	あり

(1) SS濃度分布

(a) ケース1およびケース2（ポンプ浚渫）

ポンプ浚渫によるSS濃度の拡散分布を作成し、ケース1(汚濁防止膜なし)の結果を図 6.3.3-1、ケース2(汚濁防止膜あり)の結果を図 6.3.3-2 に示す。計算結果は、1日の平均値と最大値の分布を示した。

ケース1の予測結果をみると、SS濃度分布がみられるのは、浚渫箇所の海底面付近の層である第3層(5～10m)でみられている。SSの広がり、日最大値の2mg/Lの範囲が負荷の発生場所から半径約100mの範囲内に広がっている。

汚濁防止膜ありのケース2の予測結果をみると、SSの広がり、日最大値の2mg/Lの範囲は、負荷の発生場所から半径約60mの範囲内となっている。

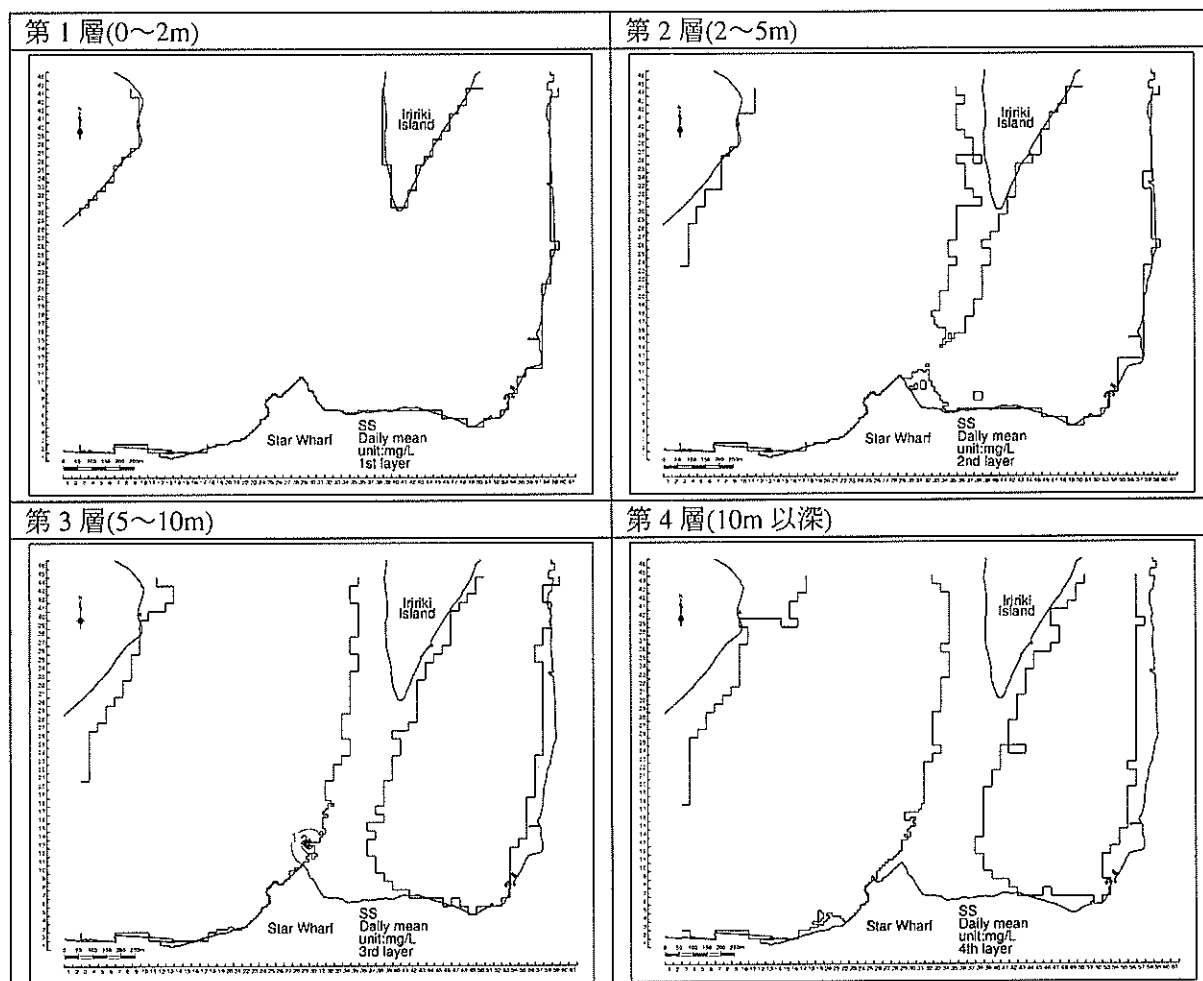


図 6.3.3-1(1) SS 濃度分布（ケース1：ポンプ浚渫[汚濁防止膜なし],中領域,日平均値）

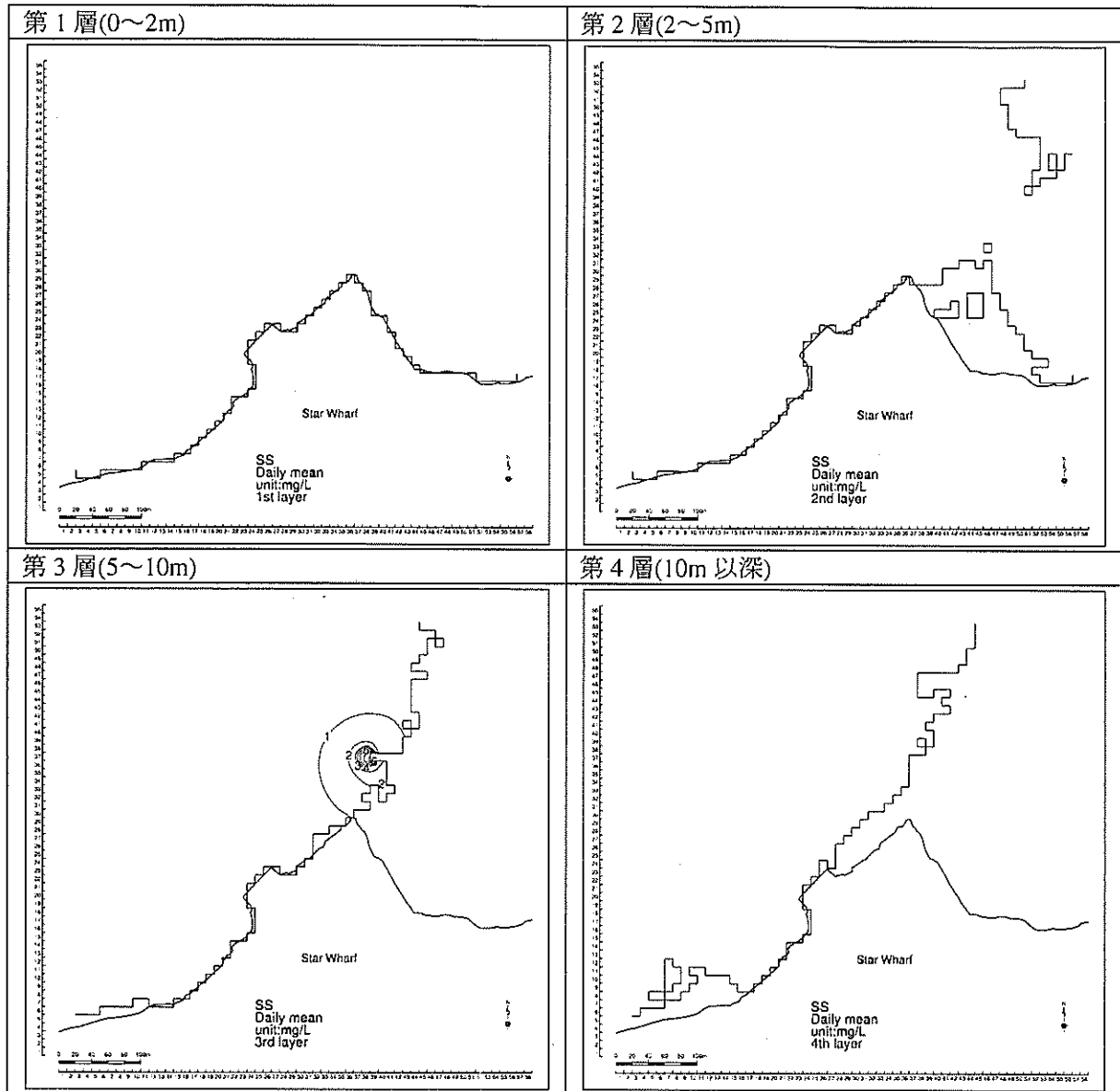


図 6.3.3-1(2) SS 濃度分布（ケース1：ポンプ浚渫[汚濁防止膜なし],小領域,日平均値）

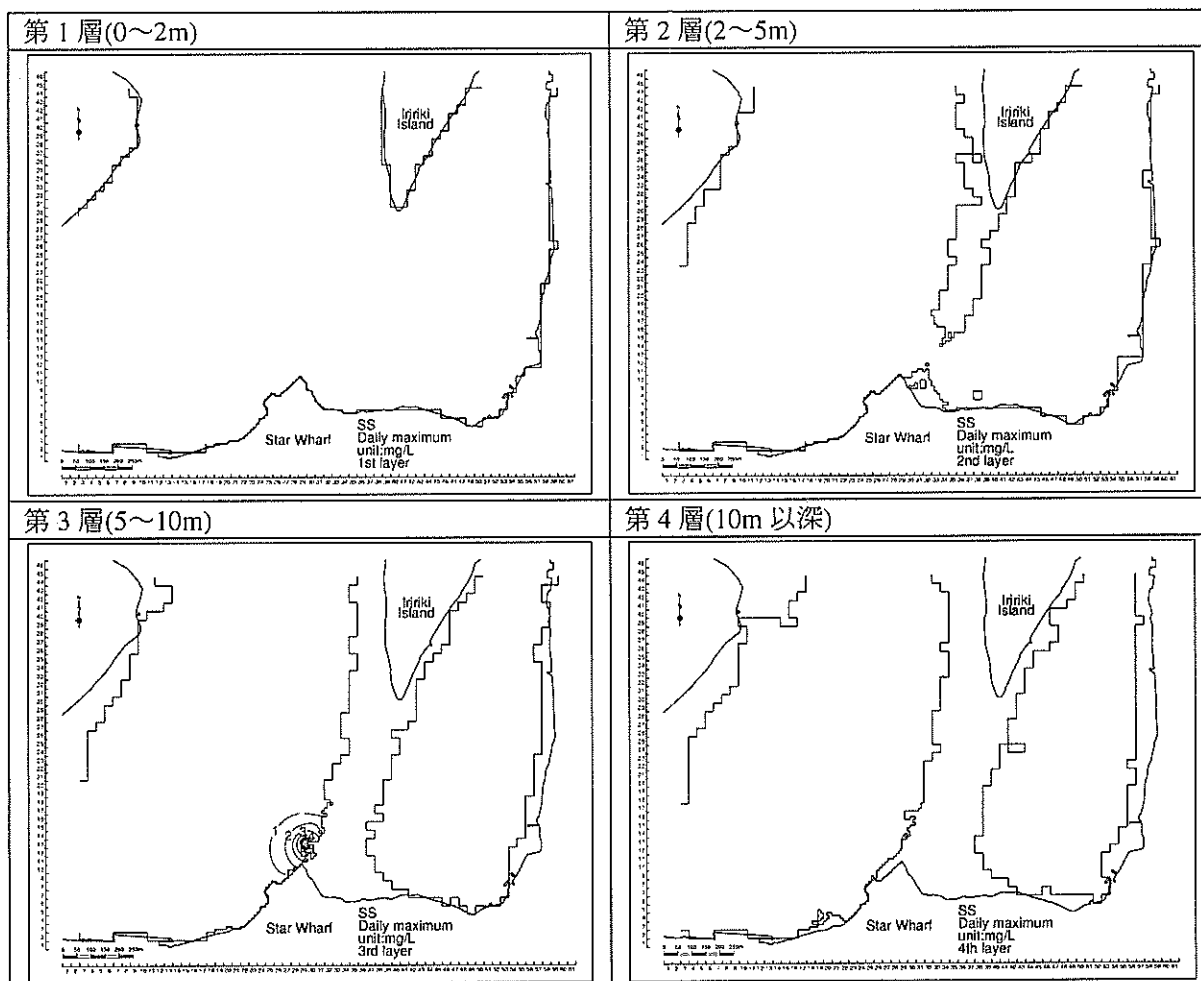


図 6.3.3-1(3) SS 濃度分布 (ケース1: ポンプ浚渫[汚濁防止膜なし], 中領域, 日最大値)

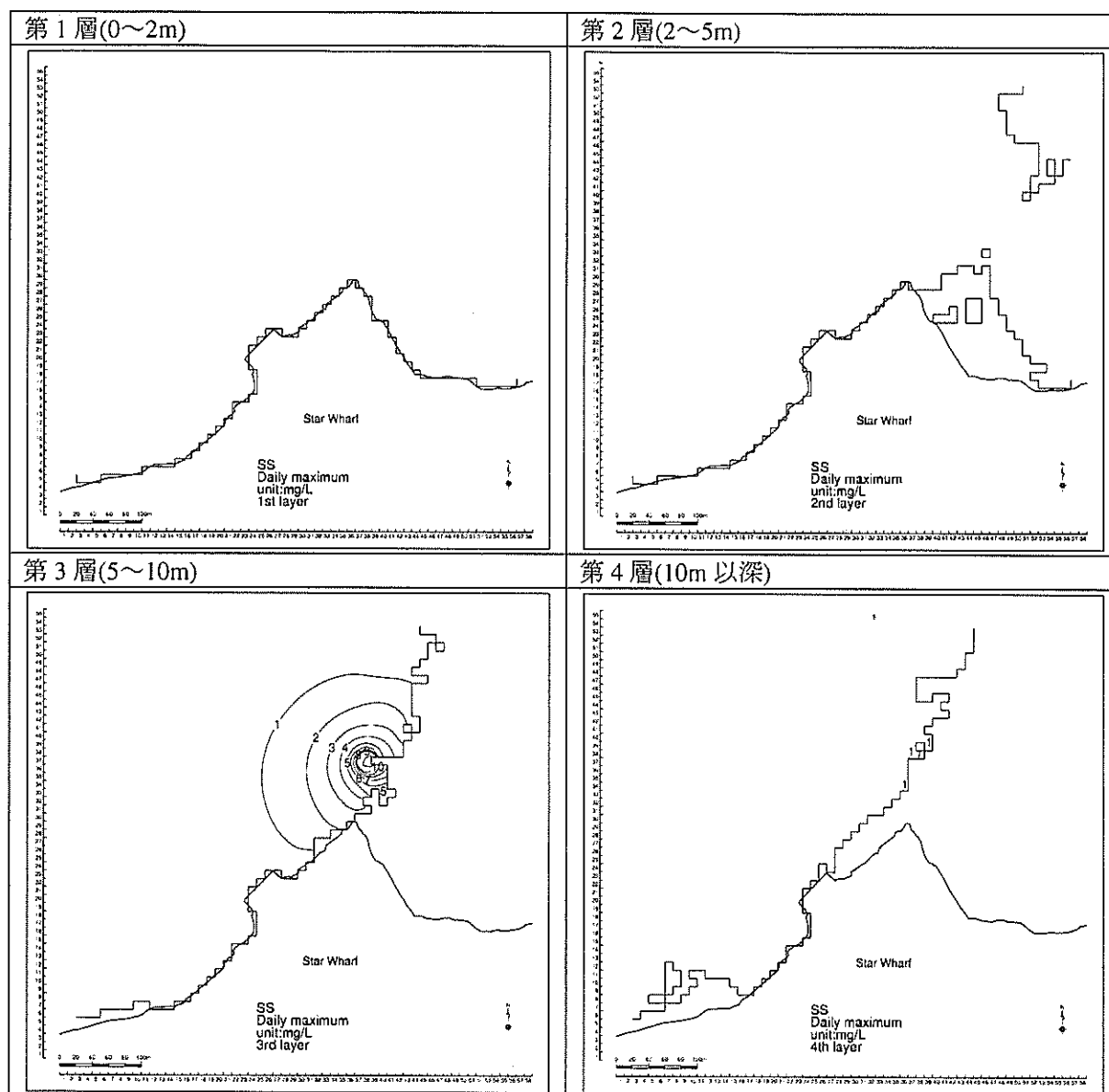


図 6.3.3-1(4) SS 濃度分布（ケース1：ポンプ浚渫[汚濁防止膜なし],小領域,日最大値）

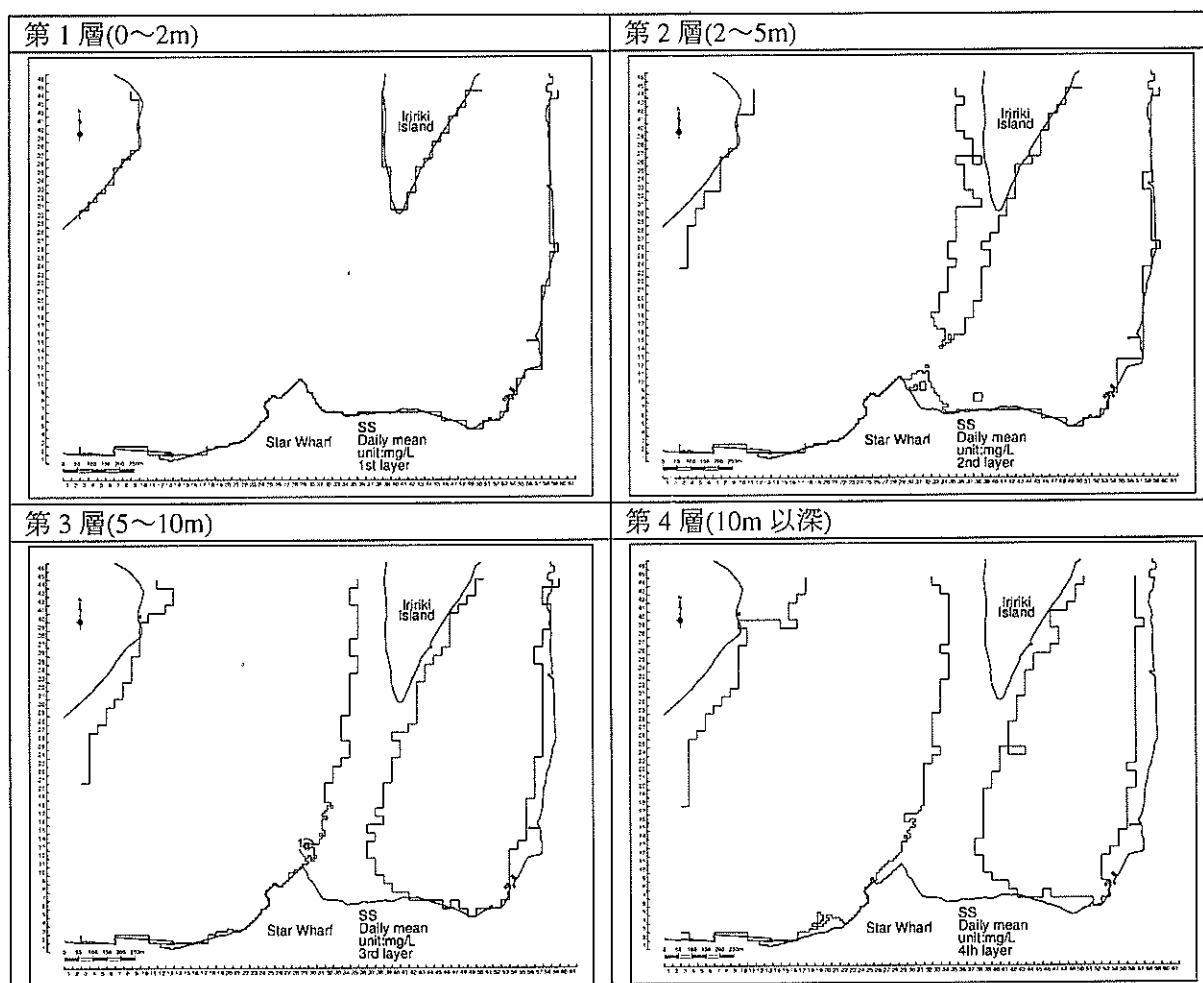


図 6.3.3-2(1) SS 濃度分布 (ケース2: ポンプ浚渫[汚濁防止膜あり], 中領域, 日平均値)

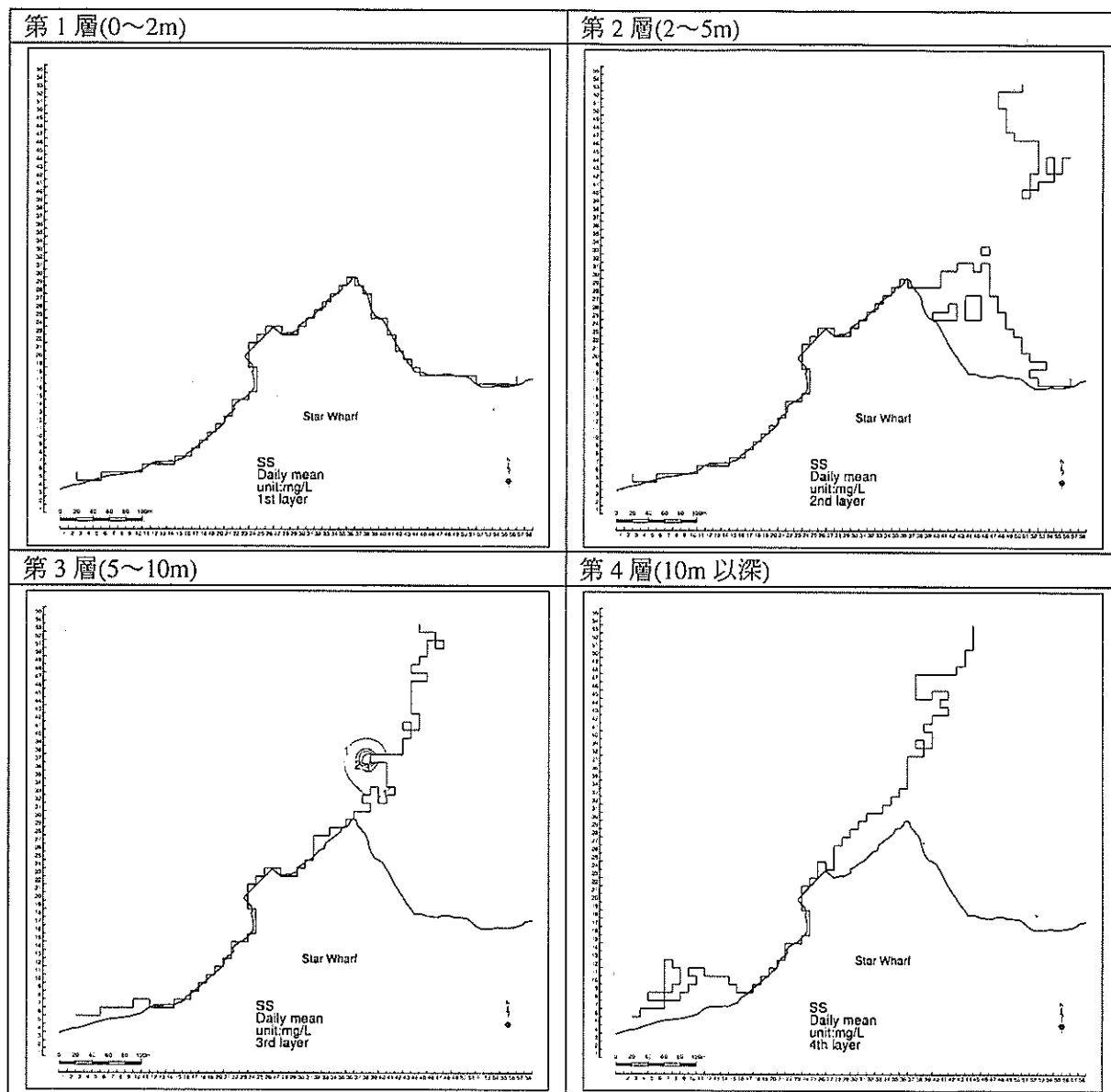


図 6.3.3-2(2) SS 濃度分布（ケース2：ポンプ浚渫[汚濁防止膜あり],小領域,日平均値）

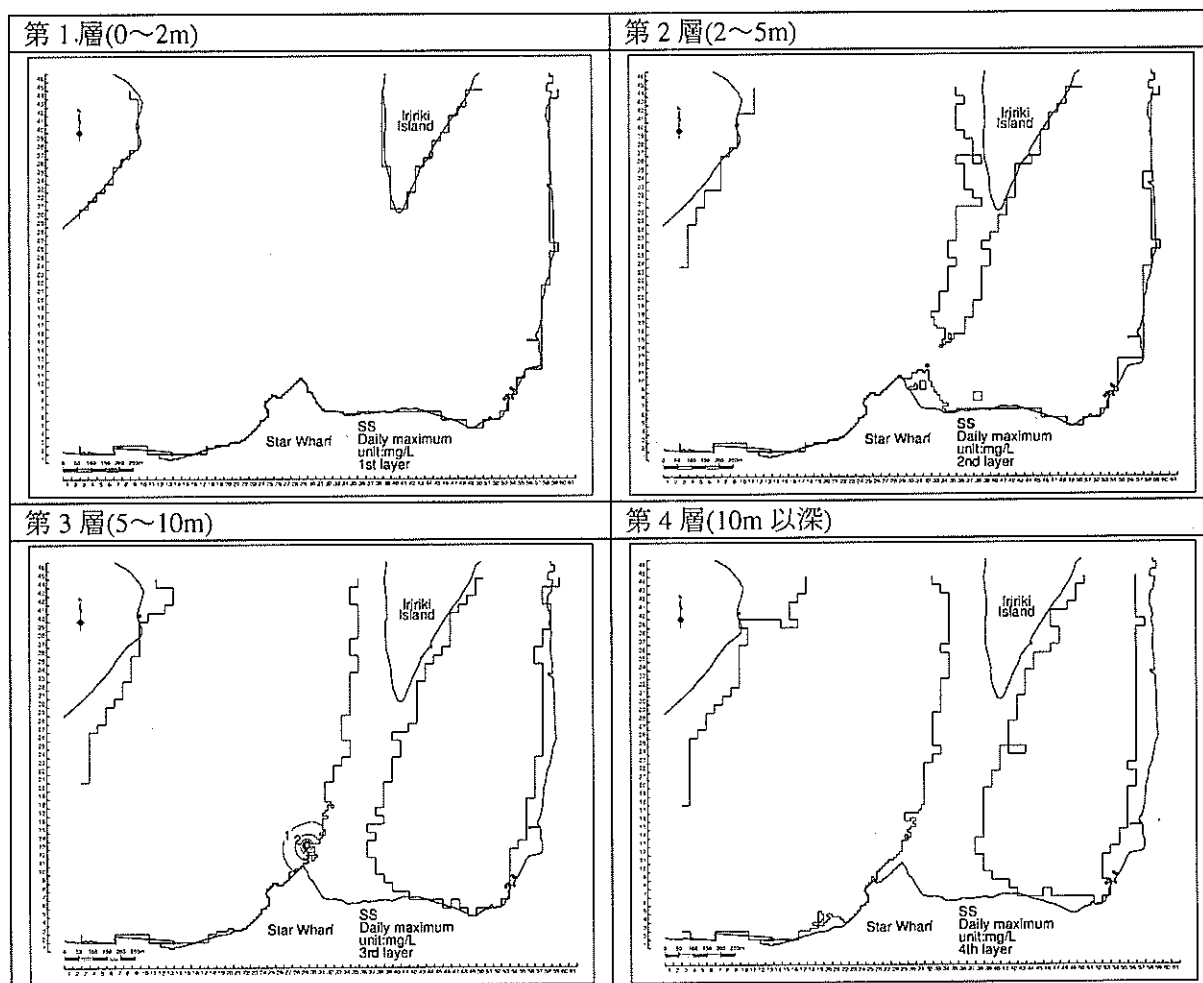


図 6.3.3-2(3) SS 濃度分布 (ケース2: ポンプ浚渫[汚濁防止膜あり], 中領域, 日最大値)

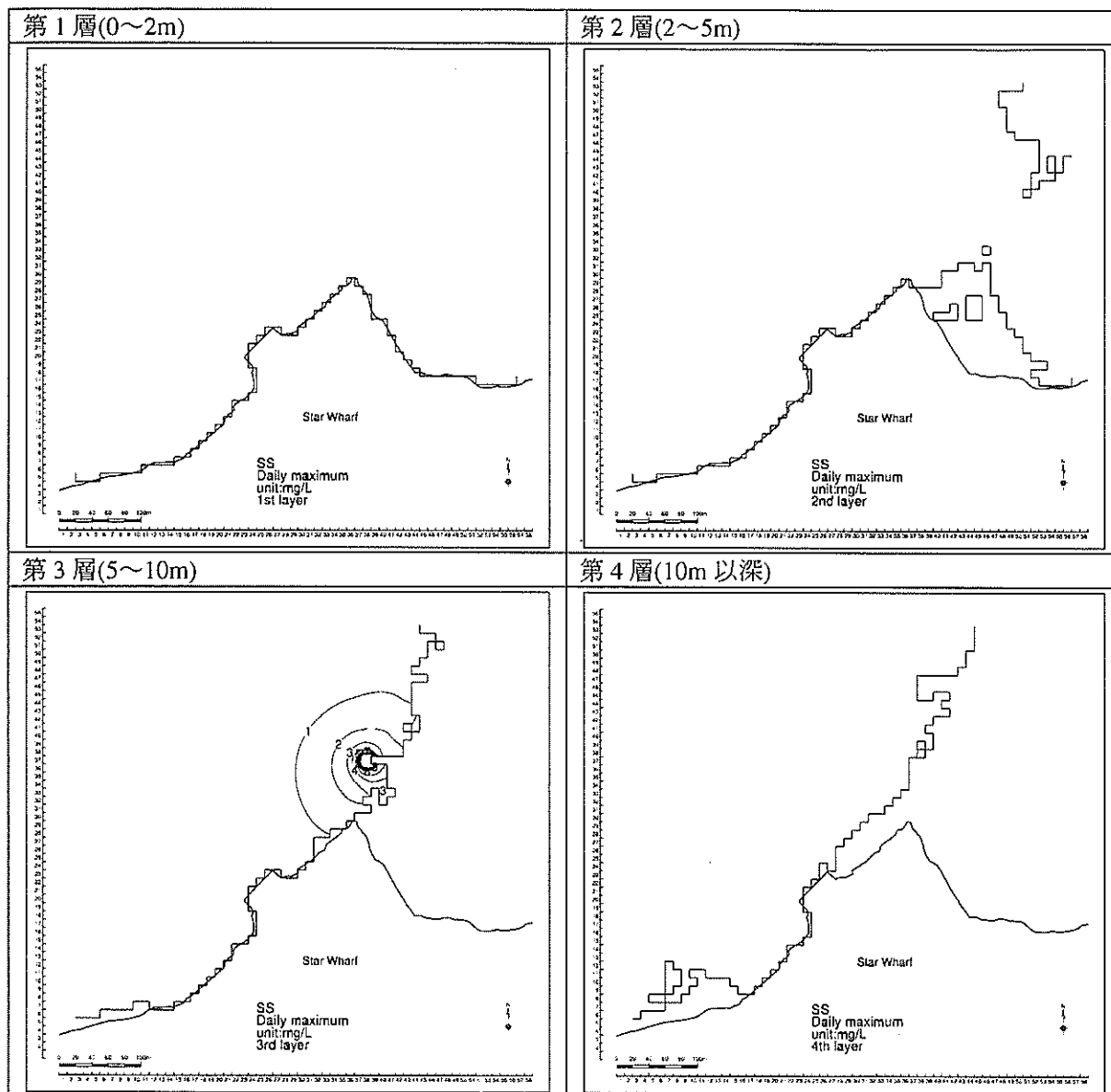


図 6.3.3-2(4) SS 濃度分布（ケース2：ポンプ浚渫[汚濁防止膜あり],小領域,日最大値）

(b) ケース 3 および ケース 4 (グラブ浚渫)

グラブ浚渫による SS 濃度の拡散分布を作成し、ケース 3(汚濁防止膜なし)の結果を図 6.3.3-3、ケース 4(汚濁防止膜あり)の結果を図 6.3.3-4 に示す。計算結果は、1 日の平均値と最大値の分布を示した。

ケース 3 の予測結果をみると、全ての層において SS 濃度分布がみられており、第 2 層 (2~5m) で最も広い範囲に拡散している。SS の広がり、日最大値の 2mg/L の範囲が負荷の発生場所から第 1 層 (0~2m) で半径約 200m の範囲内に、第 2 層 (2~5m) で半径約 250m の範囲内に広がっている。また、第 3 層 (5~10m) および第 4 層 (10m 以深) でも半径約 150m の範囲内に SS が拡散している。

汚濁防止膜ありのケース 4 の予測結果をみると、SS の広がり、日最大値の 2mg/L の範囲は、負荷の発生場所から半径約 100m~200m の範囲内となっている。

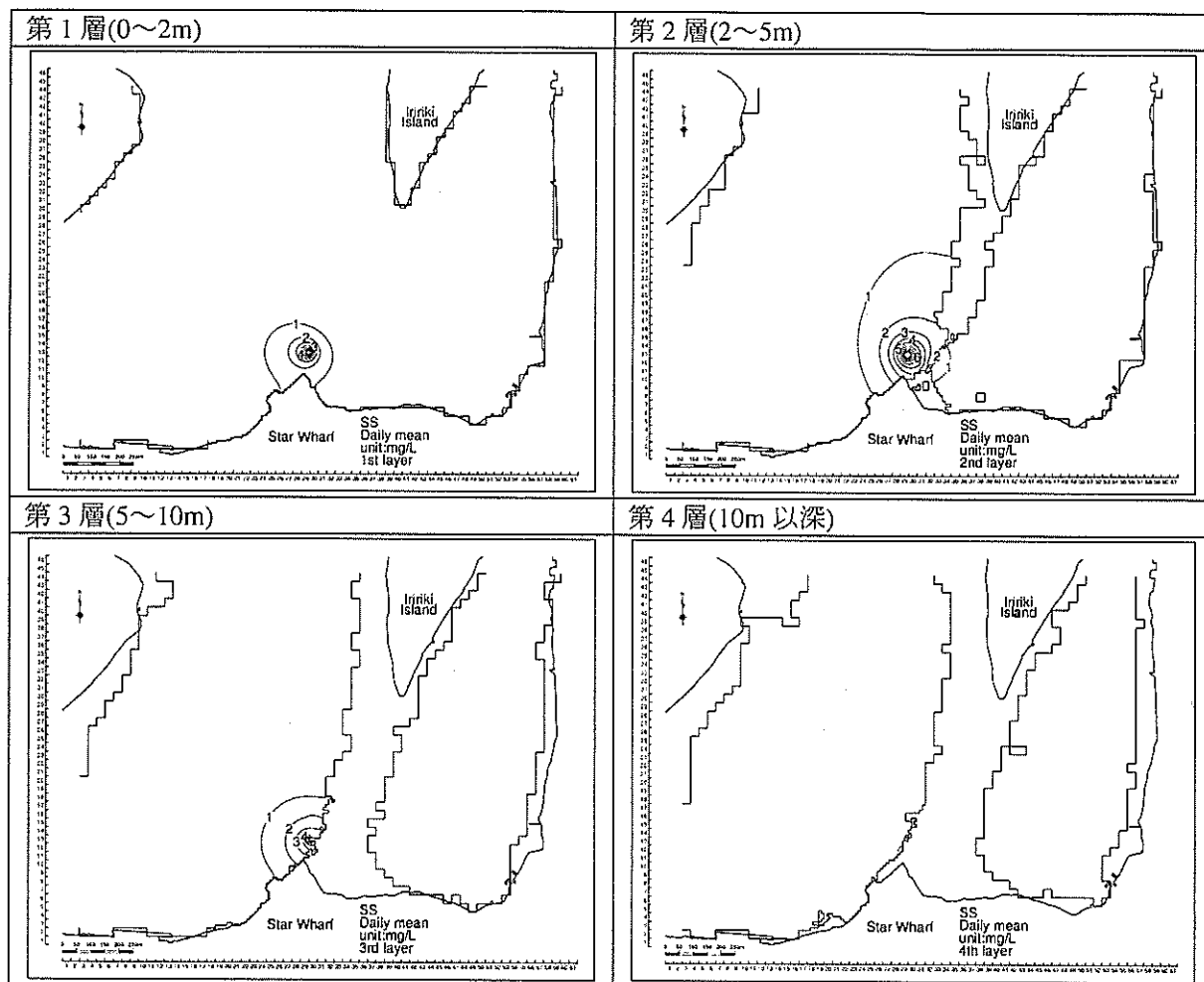


図 6.3.3-3(1) SS 濃度分布（ケース3：グラブ浚渫[汚濁防止膜なし],中領域,日平均値）

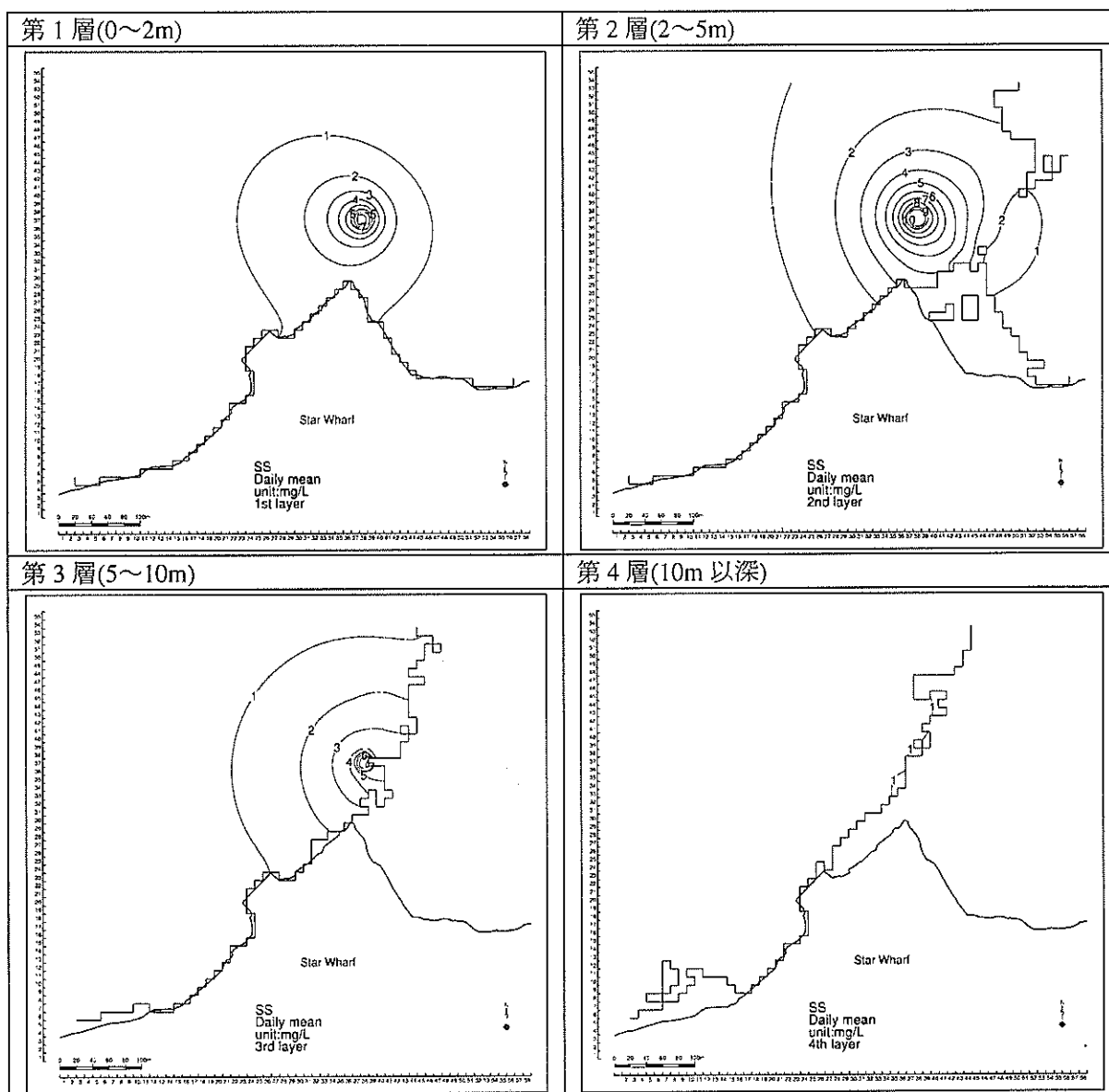


図 6.3.3-3(2) SS 濃度分布 (ケース3: グラブ浚渫[汚濁防止膜なし],小領域,日平均値)

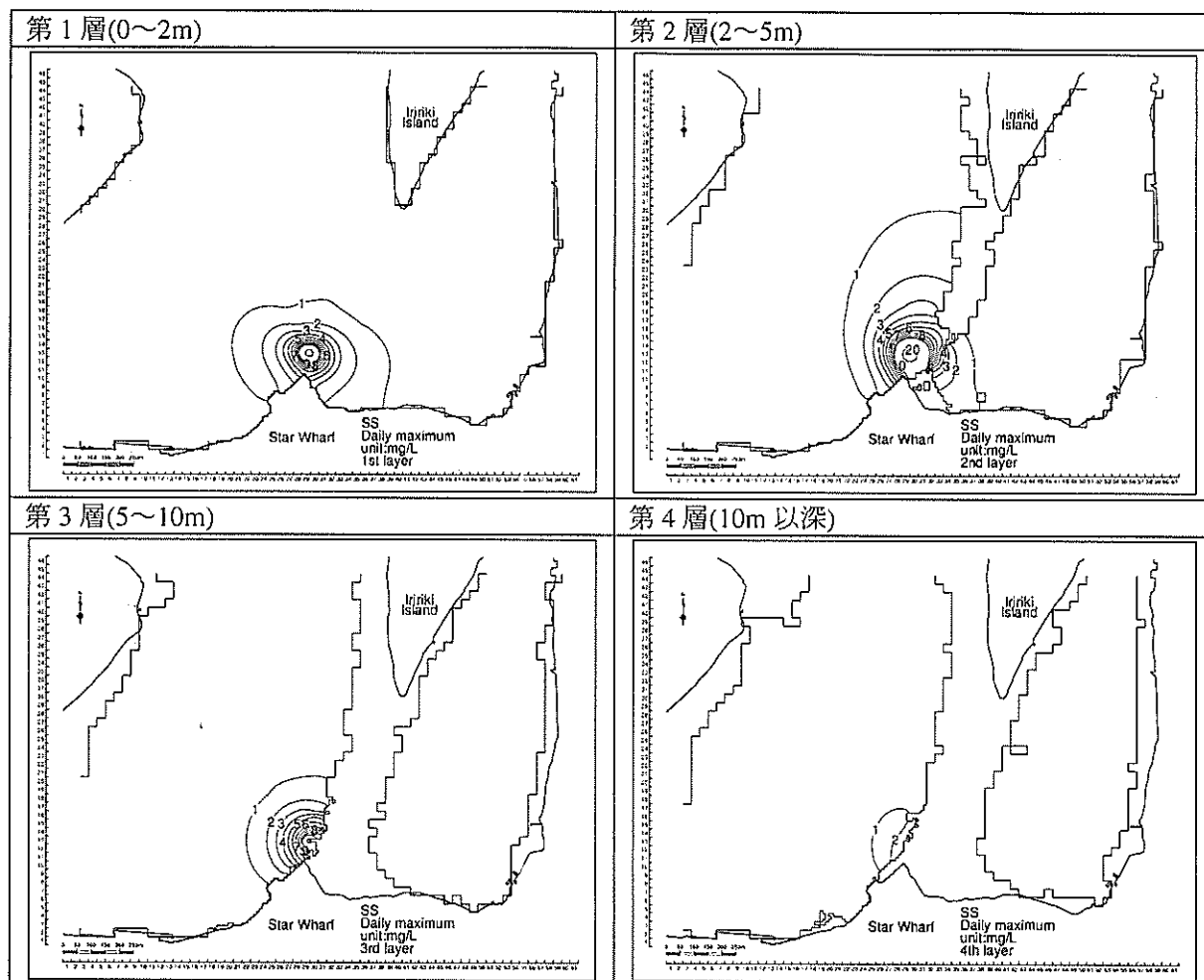


図 6.3.3-3(3) SS 濃度分布（ケース3：グラブ浚渫[汚濁防止膜なし],中領域,日最大値）

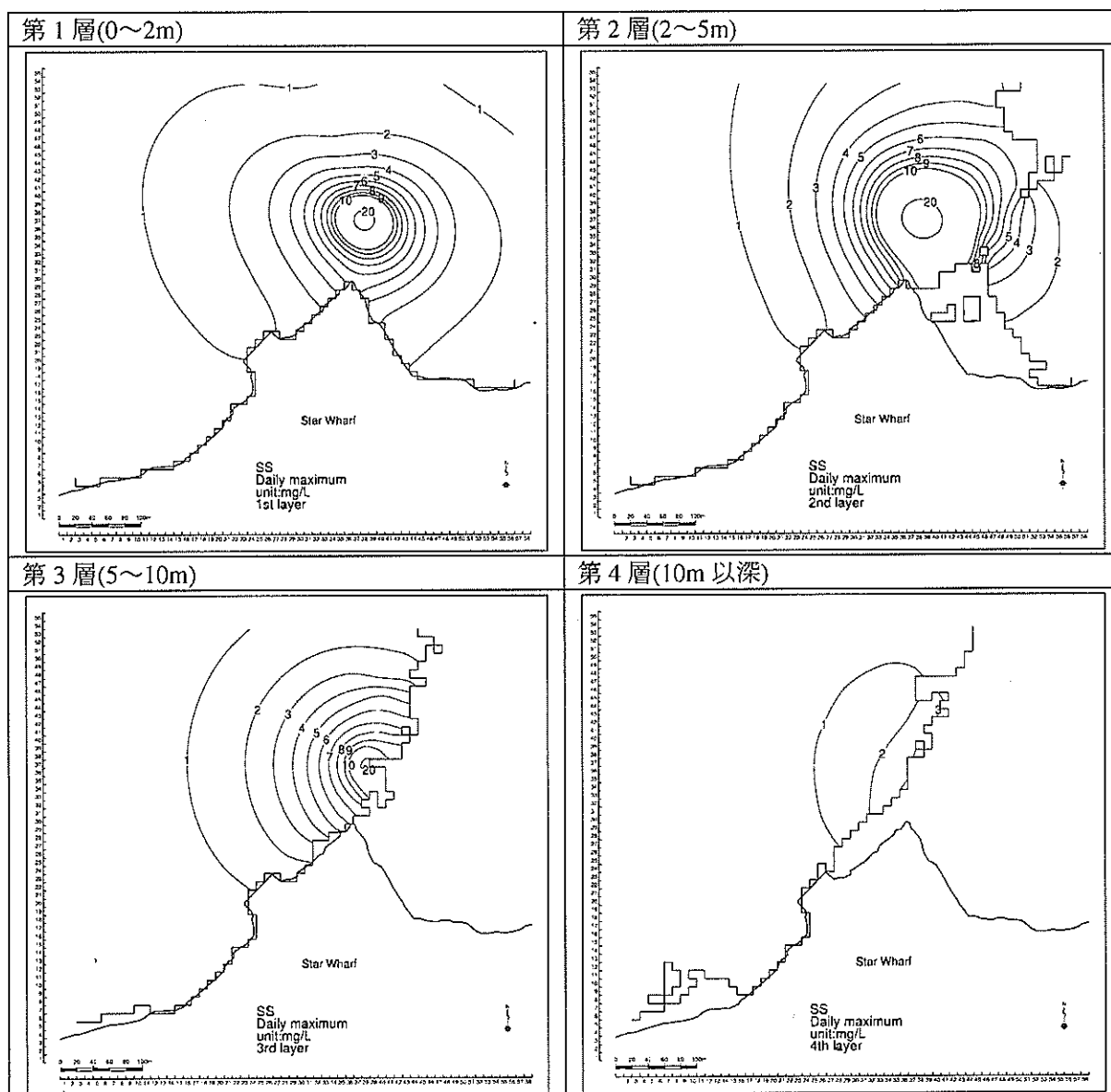


図 6.3.3-3(4) SS 濃度分布 (ケース3: グラブ浚渫[汚濁防止膜なし],小領域,日最大値)

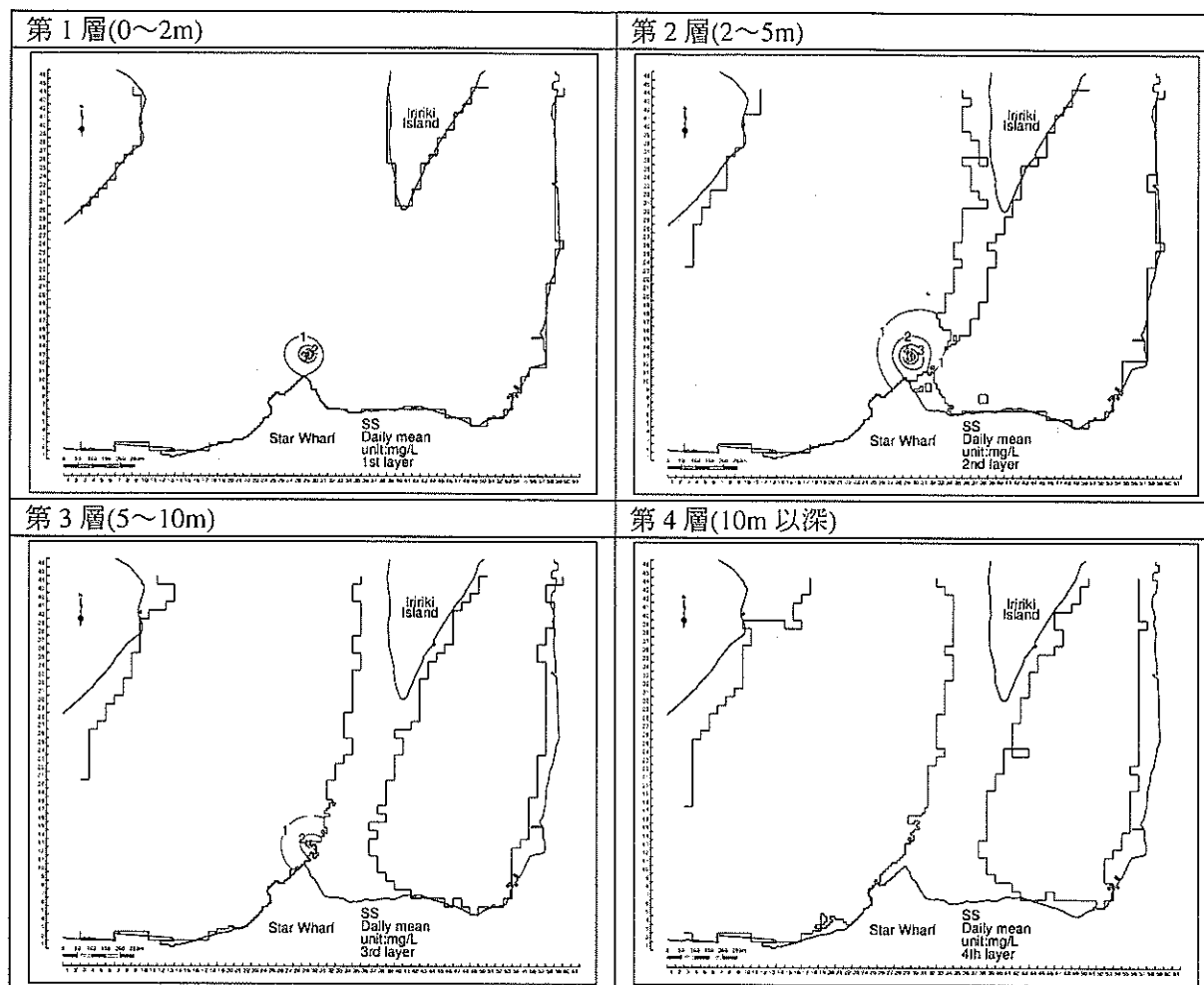


図 6.3.3-4(1) SS 濃度分布（ケース4：グラブ浚渫[汚濁防止膜あり],中領域,日平均値）

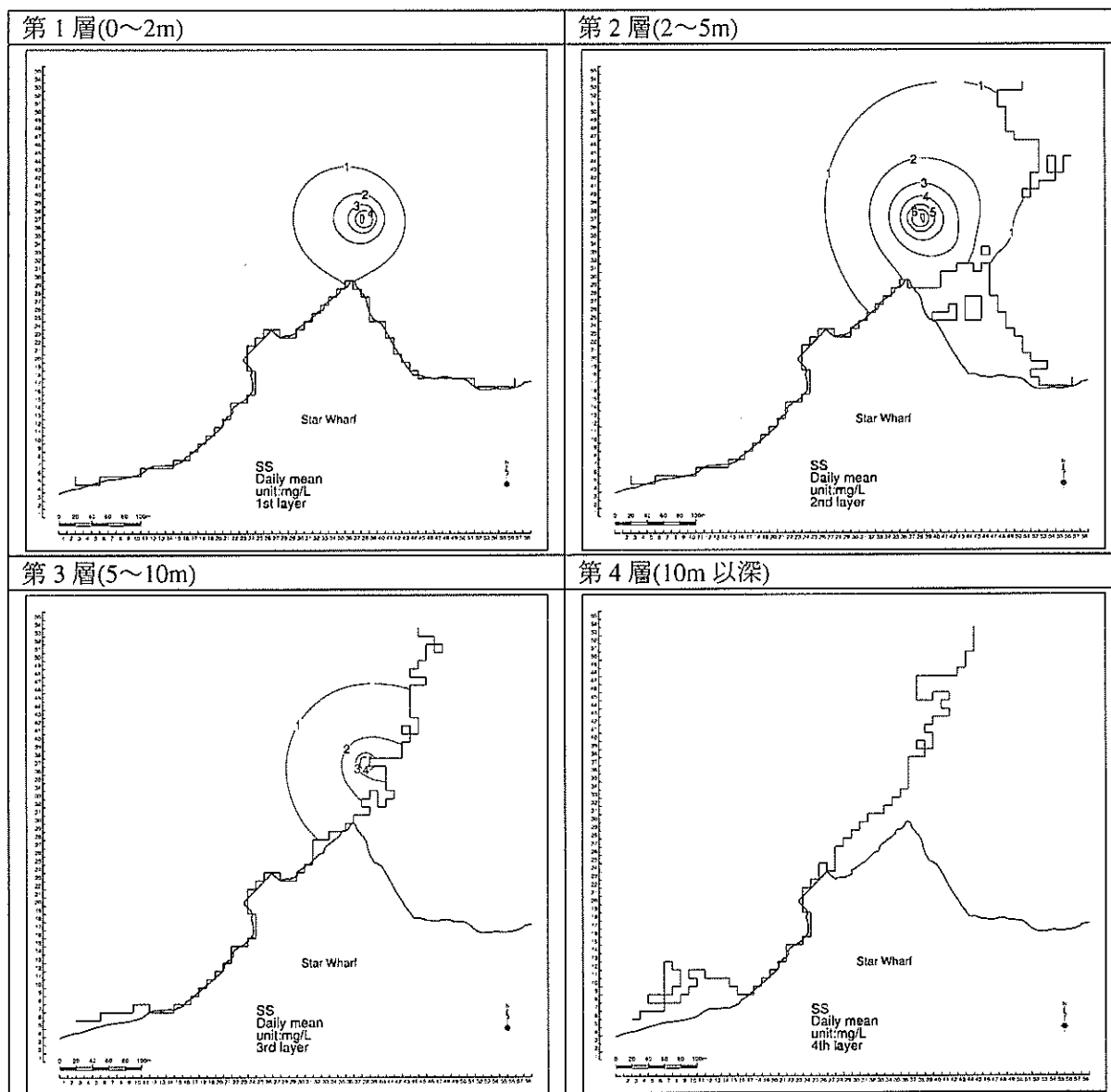


図 6.3.3-4(2) SS 濃度分布 (ケース4: グラブ浚渫[汚濁防止膜あり],小領域,日平均値)

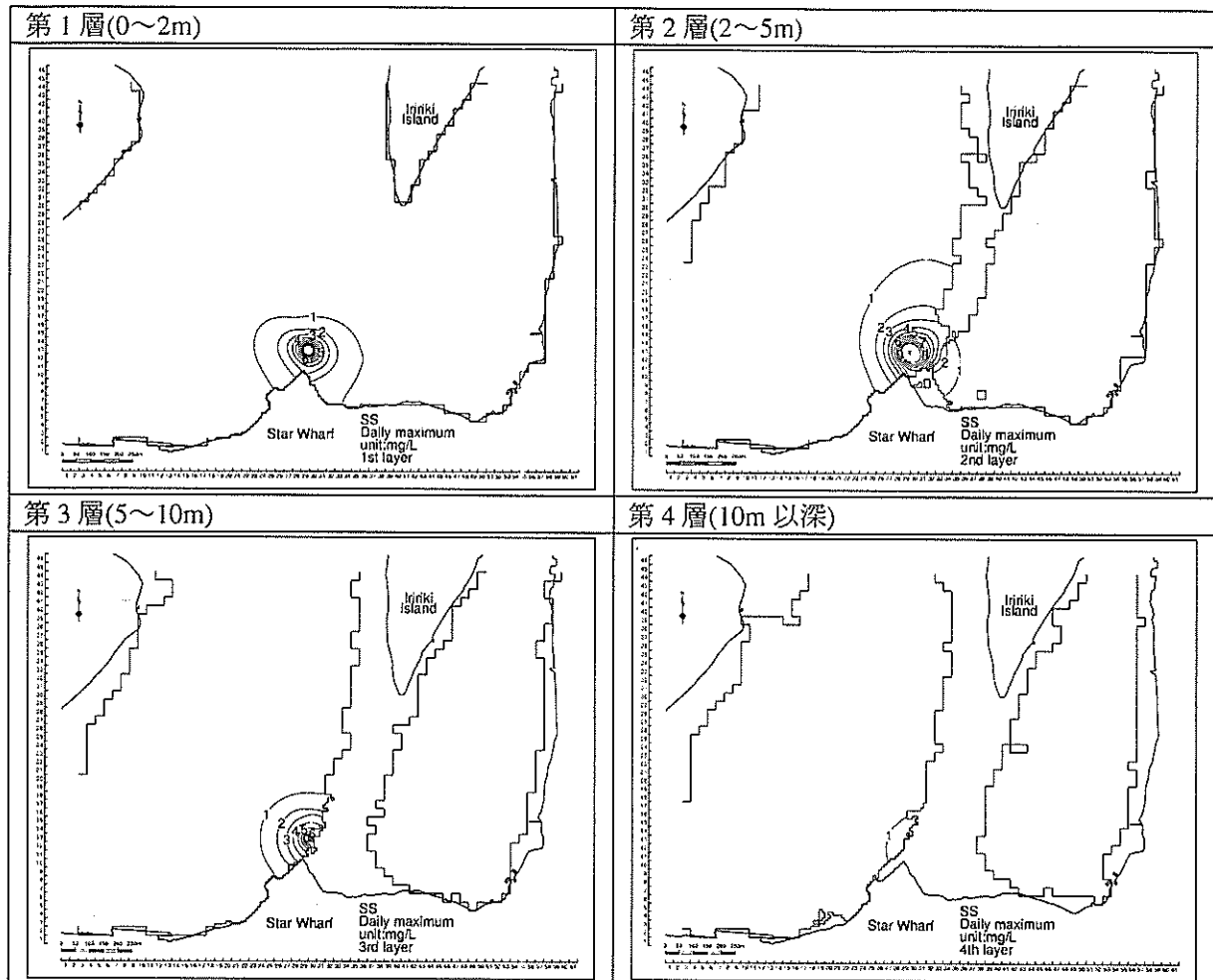


図 6.3.3-4(3) SS 濃度分布（ケース4：グラブ浚渫[汚濁防止膜あり],中領域,日最大値）

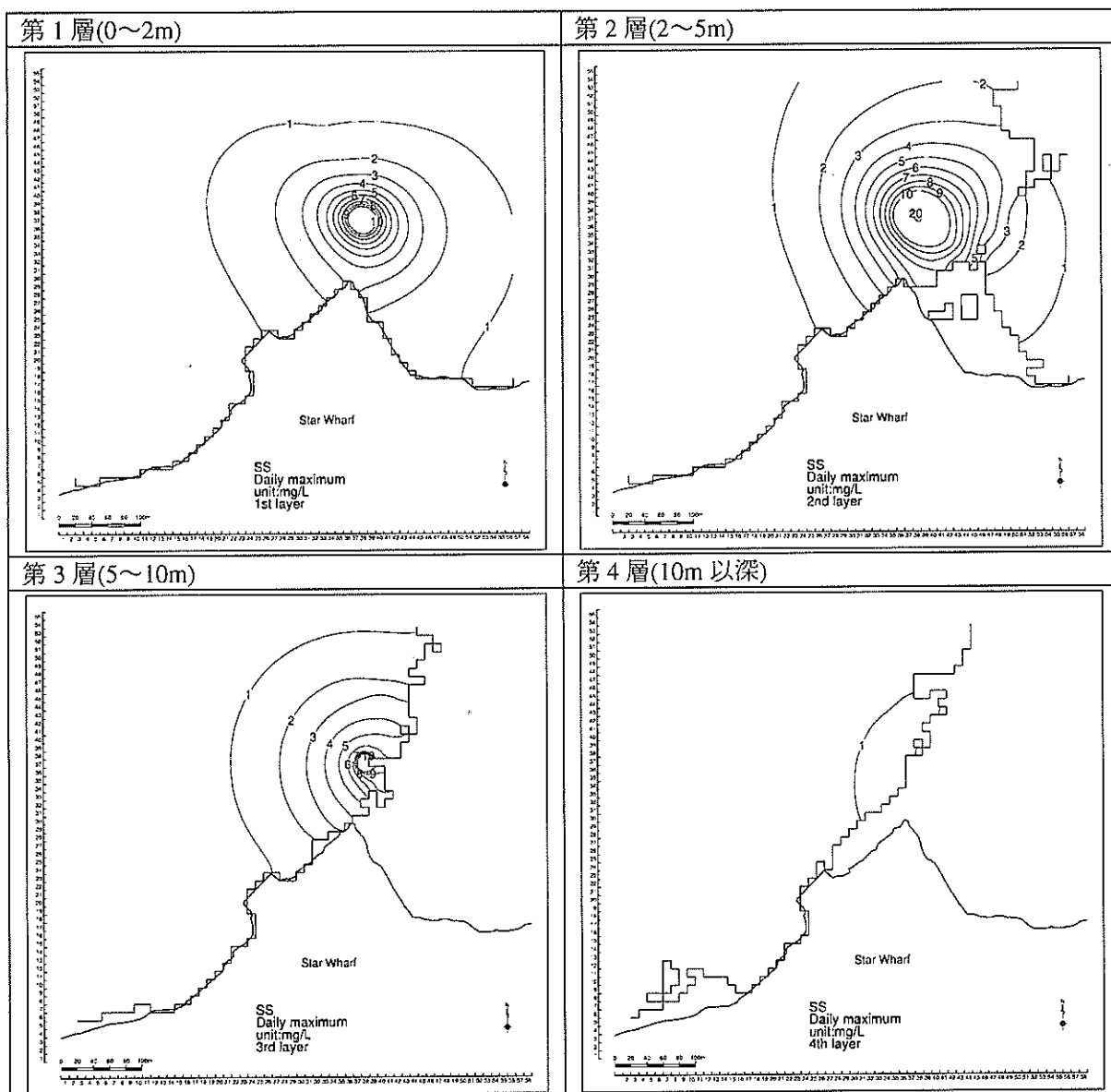


図 6.3.3-4(4) SS 濃度分布 (ケース4: グラブ浚渫[汚濁防止膜あり], 小領域, 日最大値)

(2) シルトの堆積

工事中の SS 拡散に伴う海底への SS の堆積の予測は、表 6.3.3-2 に示す計算ケースの SS 拡散予測結果で得られた SS の堆積量から堆積厚に換算した。SS 拡散予測結果から得られる堆積量は 1 日の工事における堆積量であることから、工事期間 30 日間の堆積厚となるように 30 倍して、堆積厚分布を求めた。

この結果で得られる堆積厚分布は、工事期間 30 日の間、同じ場所で施工していた場合を想定したもので、実際には工事期間中に施工場所を移動する。そのため、実際に生じる SS の堆積は、予測結果よりも小さくなると考えられる。

表 6.3.3-2 堆積厚の予測に用いた計算ケース

計算ケース名	工法	汚濁防止膜
ケース 1	ポンプ浚渫船	なし
ケース 3	グラブ浚渫船	なし

(a) ケース 1（ポンプ浚渫）

海底への SS の堆積厚の予測結果を図 6.3.3-5 に示す。堆積厚が 1mm 以上の範囲は、施工場所を中心として半径約 60m の範囲内になると予測し、施工場所よりも西側へ広がりやすい結果となった。堆積厚の最大値は、10mm 以上となっているが、工事期間中の施工場所の移動を考慮すると、この値よりも小さくなると考えられる。

(b) ケース 2（グラブ浚渫）

海底への SS の堆積厚の予測結果を図 6.3.3-6 に示す。堆積厚が 1mm 以上の範囲は、施工場所を中心として半径約 150m の範囲内になると予測し、施工場所よりも西側へ広がりやすい結果となった。堆積厚の最大値は、10mm 以上となっているが、工事期間中の施工場所の移動を考慮すると、この値よりも小さくなると考えられる。

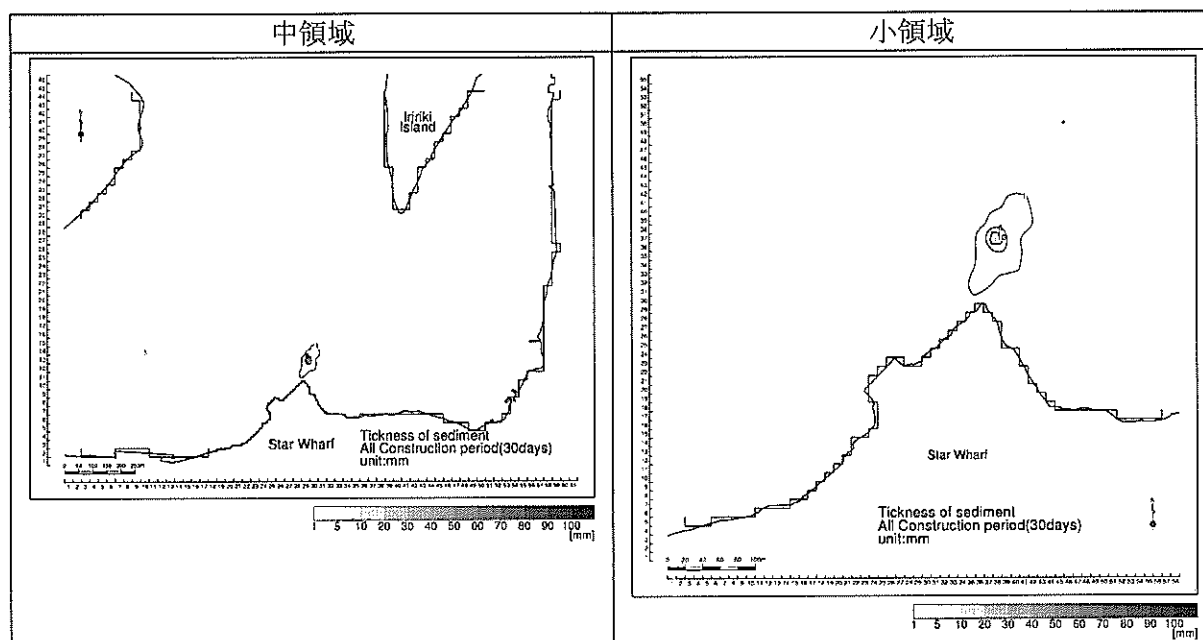


図 6.3.3-5 SSの堆積分布（ケース1：ポンプ浚渫）

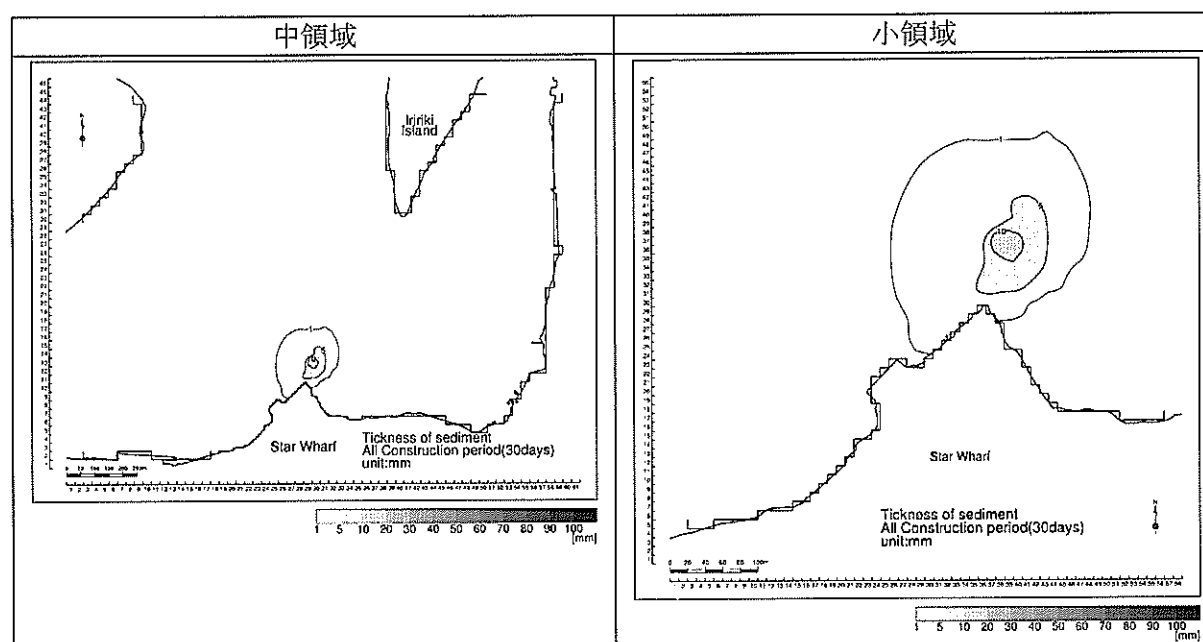


図 6.3.3-6 SSの堆積分布（ケース3：グラブ浚渫）

7. 事業実施によるサンゴと流況への影響と緩和策

7.1 事業実施による影響の評価

7.1.1 埋立による消滅の影響

サンゴ礁の分布と工事実施区域の重ね合わせは図 7.1.1-1 に示すとおりである。

工事区域及びその近傍では、ハナヤサイサンゴ科、ミドリイシ科、キクメイシ科等に属する計 25 種のサンゴ類が確認された。これらのうち、ハマサンゴ属、ユビエダハマサンゴ、ヤッコアミメサンゴ等では直径 50cm 以上の大型の群体が確認された。

これらのことから、埋立箇所において、大型個体を有するサンゴ高被度域の一部が失われることになる。



図 7.1.1-1 サンゴ礁の分布と工事実施区域の重ね合わせ

7.1.2 流動変化、シルト堆積に伴う影響

(1) 流動変化に伴う影響

(a) 流動変化の予測

スター埠頭整備に伴う流動変化は、図 7.1.2-1 に示すように、スター埠頭の埋立地近傍の表層でみられており、1cm/s の流速の減少となっている。流速の変化域は、下げ潮時や干潮時に広がる傾向で、上げ潮時の流速変化域は狭く、満潮時には±0.5cm/s 以上の変化はみられていない。平均流の流速変化は、埋立地近傍で 0.5cm/s の流速の減少域が局所的にみられている。

流向の変化は、埋立地の存在により若干の変化はみられるものの、現況における流れの向きを大きく変える状況はみられなかった。

予測結果からポートビラ湾の海水交換の変化を検討した結果、ポートビラ湾の水平循環に大きな変化はみられなかった。

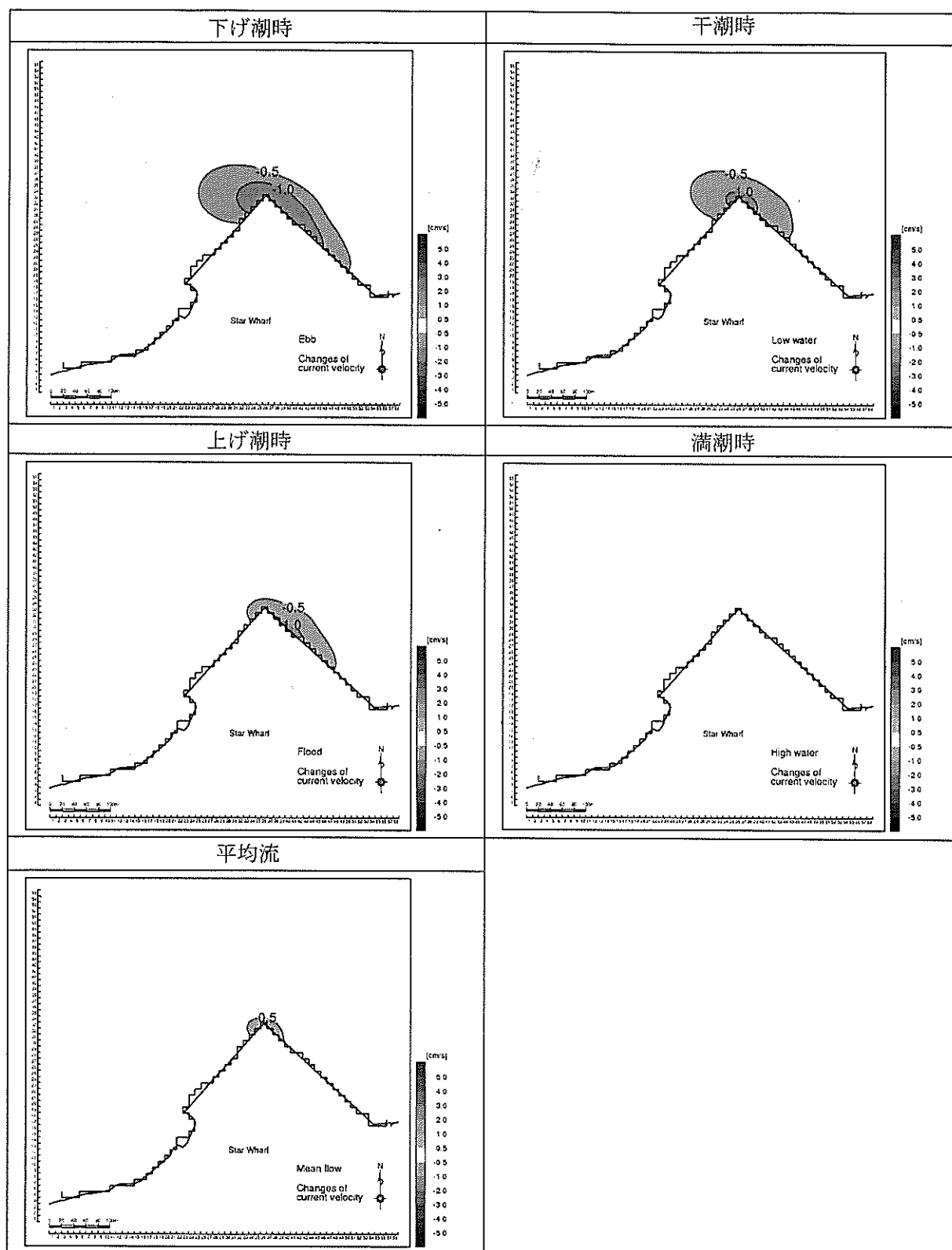


図 7.1.2-1 流速の変化 (小領域、第1層)

(b) 流動変化に伴うサンゴへの影響

サンゴ類は、種類やサイズによって潮流速等の適応範囲が異なる。一般に流れや波当たりのある場所が適しており、流れが弱くなると成長が阻害される可能性が考えられる。

流速変化域は図 7.1.2-2～図 7.1.2-4 に示すとおり埠頭近傍でみられており、流速が現況より遅くなることが想定されるが、流速の変化は1 cm/s 程度であり、流速変化によるサンゴ類への影響の程度は小さいと予測される。



図 7.1.2-2 サンゴ礁の分布と流速変化値図の重ね合わせ（下げ潮時）



図 7.1.2-3 サンゴ礁の分布と流速変化値図の重ね合わせ（上げ潮時）



図 7.1.2-4 サンゴ礁の分布と流速変化値図の重ね合わせ（平均潮）

(2) シルトの拡散、堆積に伴う影響

(a) シルト拡散の予測

スター埠頭整備に伴う工事中のシルトの拡散は、図 7.1.2-5～図 7.1.2-6 に示すように、浚渫工事の施工場所近傍で SS の拡散がみられている。ポンプ浚渫による工事の場合、表層への濁りの拡散はみられない。SS は海底付近で発生し、水平方向に広がる結果となっている。一方で、グラブ浚渫による工事の場合、いずれの層でも濁りの拡散がみられている。SS の拡散範囲は、グラブ浚渫よりもポンプ浚渫の方が狭い範囲に留まると予測され、汚濁防止膜の設置によりさらに拡散範囲を低減することが可能と予測した。

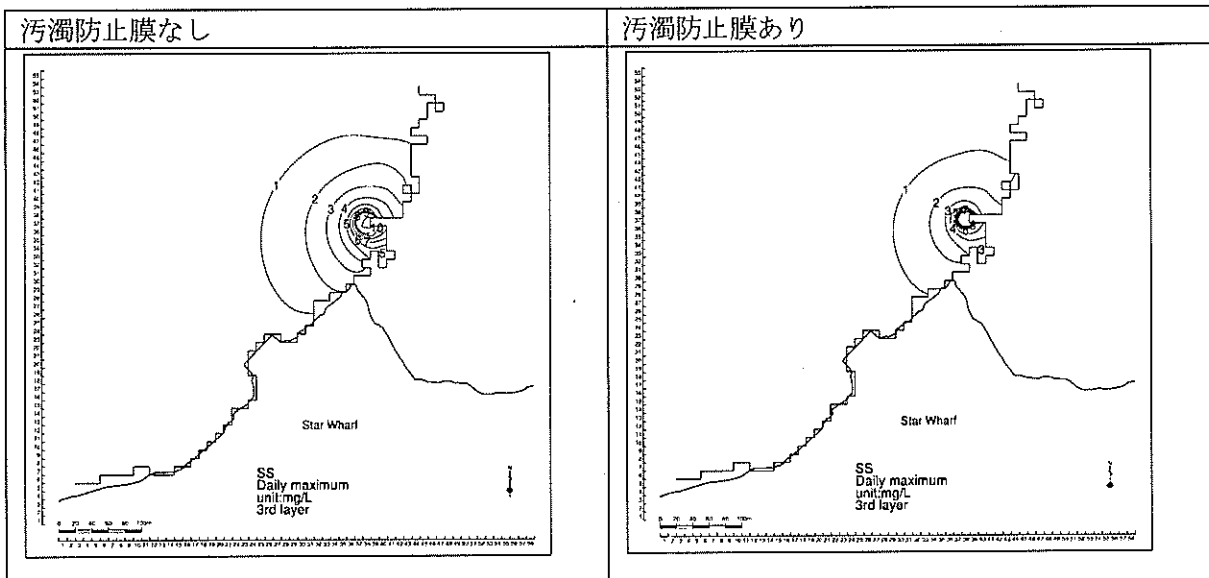


図 7.1.2-5 SS の日最大濃度の分布（小領域、ポンプ浚渫、第3層[5～10m]）

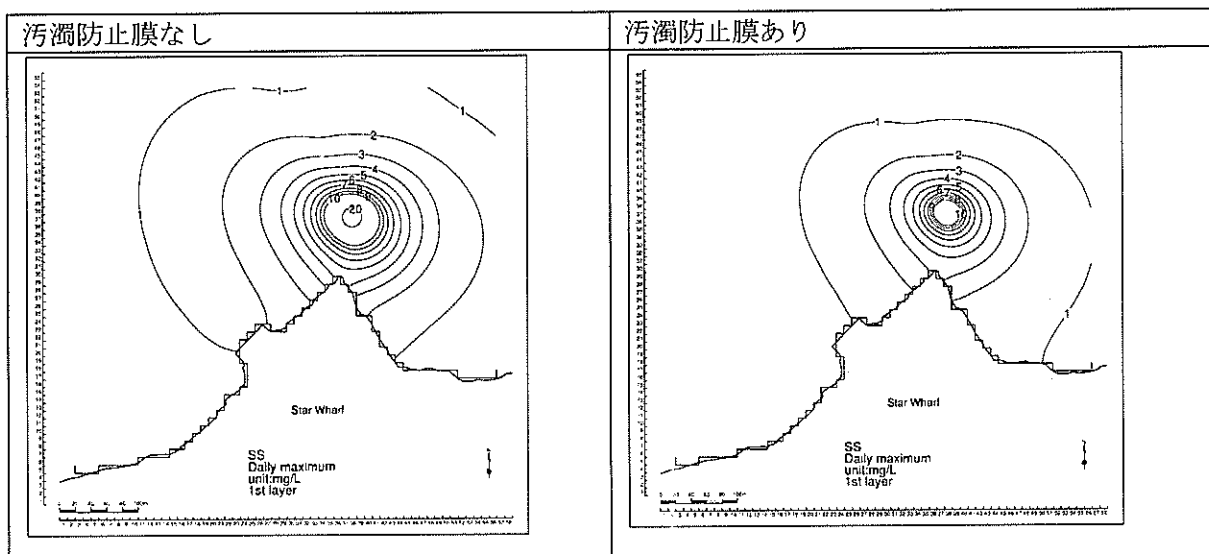


図 7.1.2-6 SS の日最大濃度の分布（小領域、グラブ浚渫、第1層[0～2m]）

(b) シルト堆積の予測

堆積厚が1mm以上の範囲は、ポンプ浚渫の場合には施工場所を中心として半径約60mの範囲内になると予測し、グラブ浚渫の場合には施工場所を中心として半径約150mの範囲内になると予測した。いずれも施工場所から西側へ堆積範囲が広がる傾向となっていた。

なお、この予測では工事期間中に同じ場所で施工した場合を前提としており、実際の工事における施工場所の移動を考慮すると、堆積厚は全体的には薄くなり、堆積範囲は広がると推定される。

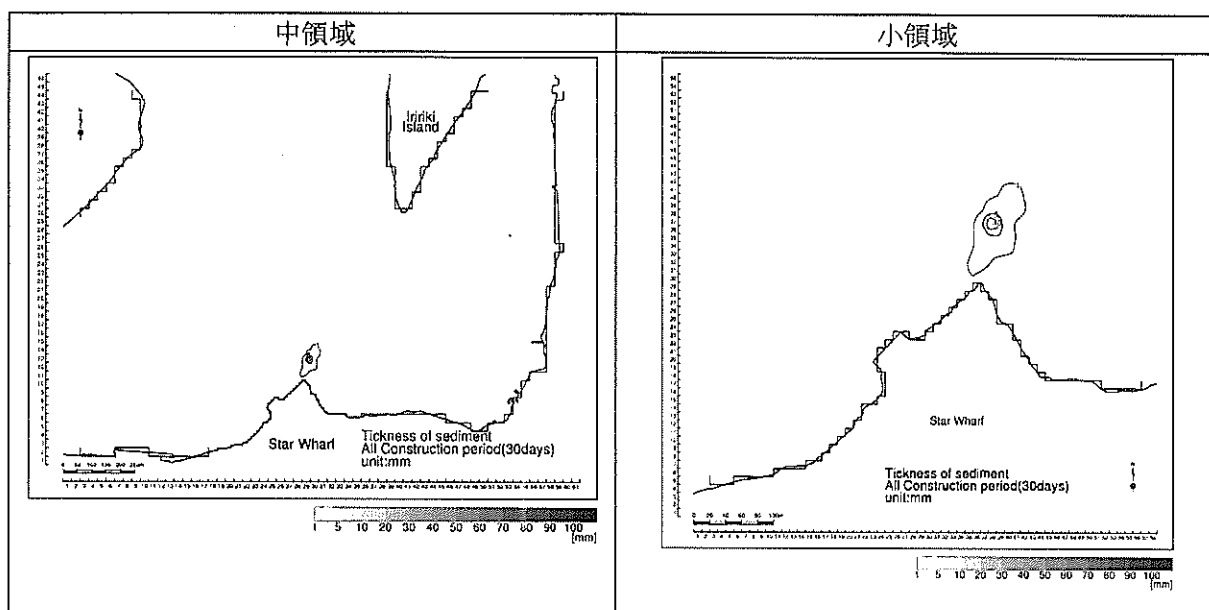


図 7.1.2-7 SS の堆積分布（ポンプ浚渫）

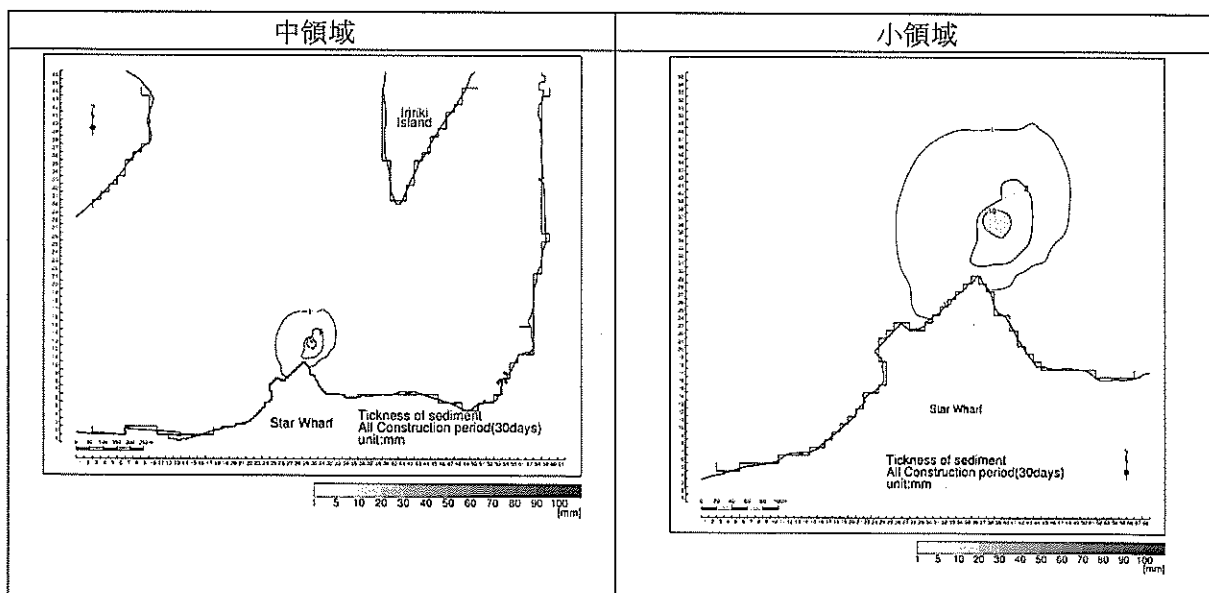


図 7.1.2-8 SS の堆積分布（グラブ浚渫）

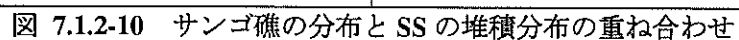
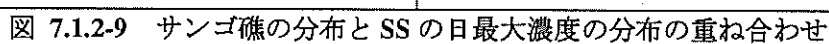
(c) シルト拡散、堆積に伴う影響

SS の日最大濃度の分布については、ポンプ浚渫はサンゴ生息域に到達しないが、グラブ浚渫は到達する。SS の堆積分布については、ポンプ浚渫、グラブ浚渫ともに、サンゴ生息域に到達することはない。

そのため、グラブ浚渫の場合、シルト拡散によりサンゴに影響を与える可能性があり、ポンプ浚渫を選択することが適切である。

しかし、ポンプ浚渫であっても、濁りの発生及び堆積がサンゴ生息域の近傍であるため、流況によってはサンゴに影響を及ぼす可能性も考えられる。

仮に、流出した土砂や浮泥が体表への堆積した場合には、サンゴ類と共生する褐虫藻の光合成活性が低下し、その成長に影響を及ぼすとともに、サンゴ類は体表に付着した浮泥を取り除こうと大量の粘液を分泌し、衰弱すると考えられる。さらに、白化の起こりやすい高水温期等の脆弱期には、サンゴ類に影響を及ぼす可能性が大きくなると予測される。



7.1.3 その他工事による影響

Ecostrategic consultants へのヒアリング結果（2011年10月25日）によると、ジュゴンはメレ湾付近に3頭生息しており、しばしばポートビラ湾に入ってくるが、アマモ場（餌場）のある Marapoa reef 付近に行くのみで、ポンツーン小湾、パレー小湾には入ってこない。また、ウミガメは、バナアツ全般に生息するが、ポートビラ湾には産卵する浜もなく、ほとんど入ってこない。入ってくるとしても偶発的である。そのため、これらに対する影響はほとんどないと考えられる。

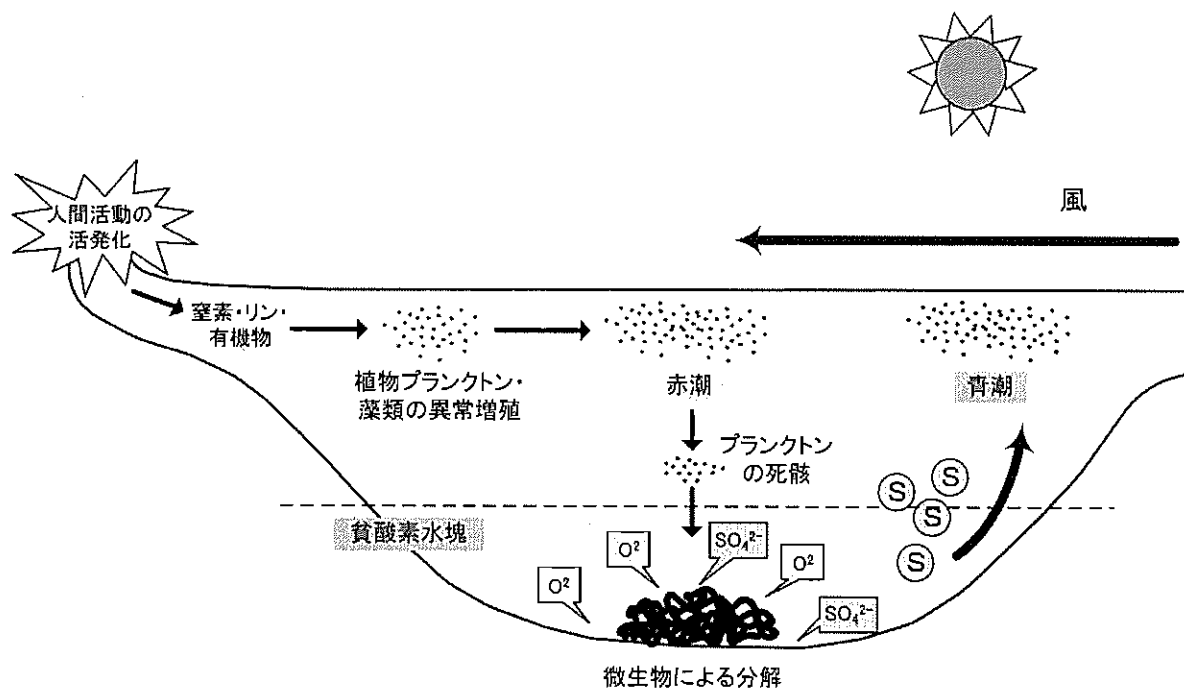
7.1.4 海水温がサンゴの白化現象に与える影響

本調査で収集した事業対象エリアでの海水温データについては5.2.3に記載したとおりであり、現地調査では白化現象は確認されなかった（5.1.1に記載）。通常、サンゴの白化現象は水温30℃と言われているが、調査期間中の表層水温は27～28℃であり、白化現象は発生していないと考えられる。

7.1.5 人間活動の活発化による影響

事業そのものがポートビラ湾の水質等に与える影響はほとんど無く、直接水質悪化にはつながらない。また、ポートビラ市やエファテ島への人口の集中は現在すでに起こっている事象であり、港湾の整備とは直接関係はない。

また、港湾の整備は同国の経済成長を背景に国際コンテナ貨物の量が増加しつつあることを受けて計画されたものであり、今後貨物量の増加を期待するものであることとともに、ポートビラ市の経済発展に寄与することをきたいするものであり、その結果生じる影響についての配慮は必要であると考えられる。



出典）東京大学 大学院新領域創成科学研究科 HP を基に作成

図 7.1.5-1 人間活動の活発化による影響例

7.1.6 事業全体のスコーピング結果

4.2 に記載したスコーピング案に対し、本調査結果に基づいて本章に記した環境への影響を反映した結果、評価を C-（影響度合いが不明なため追加的な検証が必要）としていた項目について、評価結果を以下のとおり確定する。

項目	工事中	供用後	評価根拠
自然環境			
水文	D	B-	埋め立て等により周辺の流況が変化する可能性があったが、本調査の結果、変化はわずかであると予測された。
汚染対策			
底質土	B-	D	浚渫工事にあたってシルトの流出の可能性が想定され、本調査で予測を行った。その結果、シルト流出の可能性は認められた。

また、評価に変更はないが、評価根拠に詳細な調査が必要である旨、記載していた以下の項目については評価を確定する。

項目	工事中	供用後	評価根拠
自然環境			
動植物相・生態系	B-	B-	陸上では、対象地における樹木約 60 本を移設するが、これらは固有種ではなく植林されたものであり、影響は大きくはない。また、果実等は港湾労働者が食用や医薬用などとして利用しているが、樹木の本数は 1 種類につき数本程度であり、供給量は限られていることから、樹木が移設されることによるこれらの人々の生活への影響は大きくない。 また、埋め立て地である事業地（スター埠頭）にもともと棲む動物は存在せず、現在も野鳥及びコウモリだけであることから、影響はほとんど想定されない。なお、これらの野鳥やコウモリも特に事業地に限定して生息しているものではないため影響は小さいと考えられる。 また、エファテ島には IUCN のレッドリストで VU (Vulnerable) とされる 2 種のコウモリ (<i>Pteropus anetianus</i> (Vanuatu flying fox), <i>Notopteris macdonaldi</i> (Fijian blossom bat)) が生息するが、森林や果樹園で採食するため本事業の影響はほとんどないと考えられる。鳥類では VU の <i>Charmosyna palmarum</i> (Palm Lorikeet)、<i>Erythrura regia</i> (Royal Parrotfinch)、<i>Megapodius layardi</i> (Vanuatu Megapode)、NT (Near threatened) の <i>Esacus giganteus</i> (Beach Thick-knee) がエファテ島に生息するが（うち、<i>M. layardi</i> と <i>E. giganteus</i> は固有種）、山地もしくはマングローブや河口を主な生息場とするため、本事業による影響はほとんどないと考えられる。 一方、海洋では、埋立により 1.6ha の範囲でサンゴを中心とした海底生物が影響を受ける可能性がある。

7.2. 緩和策の検討

7.2.1. 埋立による消滅に対する緩和策

埋立が予定されている区域に、塊状ハマサンゴ属やユビエダハマサンゴが、比較的まとまった規模で生息している。特にユビエダハマサンゴの高被度群生は、浅所が限られているポートビラ湾域では稀少な存在で生育条件が限られるため、塊状ハマサンゴにあわせて適切な海域へ移設されることが望まれる。適切な移設によりサンゴ生産量、再生産量、すみかの量が維持され、ポートビラ湾のサンゴ礁保全に貢献することになる。

(1) 埋立予定地における主なサンゴの分布状況

埋立予定地におけるサンゴ分布状況は5.1.4に記述したとおり、優占して分布するサンゴは塊状ハマサンゴ属とユビエダハマサンゴである。両種類とも静穏海域に分布するサンゴで、塊状ハマサンゴについてはバツマル小湾口にも広く分布がみられるが、ユビエダハマサンゴについてはイフィラ島北部に生息する程度である。ポートビラ湾内においては、埋立予定地におけるユビエダハマサンゴは小規模であるが、比較的被度が高い群生という点で貴重な存在といえる。ポンツーン小湾、パレー小湾ともに急深な地形で、スター埠頭付近の浅瀬が両種類の分布を許している。したがって、湾奥におけるこれらのサンゴはできる限り類似環境に移設して、生残させることが望まれる。

埋立予定地に分布するそれらのサンゴは塊状ハマサンゴ属が合計 127 群体、枝状のユビエダハマサンゴが約 20 m²である。これらは水深 1.5～2.1mの浅所に分布するため、大型の船舶の使用が困難であることから、塊状ハマサンゴ属については、小型船舶により運搬可能な大きさのものに限定せざるを得ない。現地で傭船可能な船舶の規模から考えると、塊状ハマサンゴ属については群体の長径 2m 以下程度のものを移設対象とするのが適当と考えられる。移設対象とするサンゴは表 7.2.1-1 に示す通り、塊状ハマサンゴ属で 121 群体、ユビエダハマサンゴで約 20 m²となる。

表 7.2.1-1 移設対象サンゴ（黄色枠）

分布域		A		B		C
優占種		ハマサンゴ属（塊状）		ハマサンゴ属（塊状）		ユビエダハマサンゴ
項目		群体数	面積(m ²)	群体数	面積(m ²)	群集規模(m ²)
群体長径	<1m	97	19			約 20
	1～2m	19	34	5	9	
	2～3m	5	25			
	>3m	1	10			
合計		122	88	5	9	約 20
うち移設対象計		116	53	5	9	約 20

(2) 移設手法の検討

既存サンゴの移植、移設については世界の各地で様々な手法が試みられており、それらは2010年世界銀行資金で Reef Rehabilitation manual¹として刊行されている。それらを手法別にみると、次のように整理できる（表 7.2.1-2）。

表 7.2.1-2 移植・移設事例の手法別分類

No	移植・移設内容	国	地域
①	ダイナマイト漁で破壊されたサンゴ礁回復促進のための基盤の安定化	インドネシア	コモド国立公園
②	サンゴ群集創造のための群体移植	ツバル	フナフチ環礁
③	リゾートでの金属基盤にサンゴ断片や群体の移植	モルディブ	
④	サンゴや魚類の加入促進のため人工基盤の設置	タイ	プーケット
⑤	衰退したサンゴ礁への養殖サンゴの移植	イスラエル	エイラート
⑥	座礁により破損したサンゴの再固定	プエルトリコ	モナ島
⑦	石西礁湖における着床具サンゴ移植	日本	石西礁湖
⑧	白化した禁漁区へのサンゴ移植	フィジー	モツリキ島
⑨	ハリケーンで破壊された礁における人工礁への断片移植	メキシコ	コズメル
⑩	ダイナマイト漁で破壊されたサンゴ礁におけるネットによる瓦礫の安定化	フィリピン	ネグロス島

これらのうち、既存サンゴ群集移植に関係するのはツバル、モルディブ、イスラエル、プエルトリコ、フィジー、メキシコの事例であるが、いずれも移植断片を接着剤で固定するものである。本件の場合、ユビエダハマサンゴでは、海底に固着されているのではなく、いわゆる「浮サンゴ」の状態が存在しており、類似海域においても基本的には同様の状態で移設することが考えられる。ただし、移設後、群生が安定するまで、群生周辺をプラスチック・ネットで囲い、補強することが必要である。塊状ハマサンゴ属では群体が大きいので、接着剤で固定することは不可能であることから、鉄杭で安定化させる手法が適当である。これは環境省の移植手法報

¹ Edwards AJ (ed) (2010) Reef Rehabilitation Manual, Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program

告に紹介されている事例で²、塊状ハマサンゴ属の周りに海底が岩盤の場合、ボルトを打込み固定させ、砂底の場合、鉄杭で固定させる。

(3) 具体的な移設方法

ポートビラ湾に停泊する船舶では、船自体が小さく作業スペースが少ないものや、エンジンの馬力が大きくないものなど、大がかりな機材を用いて行う直径 2m 以上の大型サンゴの移設には向かない。そのため、ポートビラ湾にある船舶を使用し、尚且つサンゴ移設を人力で大規模に行うことを考えた場合、次のような移設方法が提案される。

今回対象とした埋立予定区域において、優占したサンゴ類は、塊状ハマサンゴ属とユビエダハマサンゴであった。塊状ハマサンゴ属は、一般的に水温上昇や濁り等の環境変化に対して比較的耐性のある種であるとされており、水温や塩分濃度の変化が激しいリーフ内の浅瀬でも生息している。また、このような場所は、大潮の干潮時に干出することもよくみられる。したがって、塊状ハマサンゴ属は船上に引き上げ、海水を張ったバットなどにつけ、干出部は布をかぶせながら散水し運搬することで、サンゴ自体が弱ることなく十分移設が可能と考えられる。ユビエダハマサンゴについては、できるだけ群体を海水から出さずに移設するため、船上に 1 m² 程度の水槽を 4 つ並べて運搬すると効率的に移設できると考える。

なお、塊状ハマサンゴ属は、一日当たり 25 群体程度の移設が可能であると考えられ、合計 5 日間の移設で、121 群体 62 m² の移設が可能であり、ユビエダハマサンゴは、一日あたり 8 m² で 3 日間で 20 m² の移設が可能と考える。この移設方法については、サンゴ移設の専門家である東京海洋大学岡本峰雄教授から、適切であるとのコメントを得た。

(4) 移設後モニタリング

移設後、移設サンゴのモニタリングを行い、海藻繁茂や食害動物の影響等があった場合は適切な管理を行う必要がある。モニタリング頻度及び範囲は、移設後 1 ヶ月、6 か月、1 年、以後 1 年～2 年の間隔で、通常 5 年程度行い、モニタリング範囲は移設群集の 10% である。本件では、ユビエダハマサンゴで 2 m²、塊状ハマサンゴ属で約 6 m² となり、0.5m×0.5m コドラートを使用して行う。モニタリング項目は、環境省事業の例では、死滅割合、成長量、白化状況、食害状況、堆積状況、藻類繁茂状況、棲みこみ動物状況等である³。

(5) 移設及びモニタリングの体制

(a) 実施機関

移設については、事業実施者が行うが、海洋生物の専門機関である水産局がその指導を行うことが必要であり、それについては、水産局との間で協議し、同意を得ている。移設作業中、研究官 1 人程度の現場指導が行われることが予想される。潜水器材以外の器材は特に必要ない。移設の作業は移設経験の豊富な海洋コンサルタントに委託することが適当である。

モニタリングについては、水産局が行うことが適当であり、1 年後以降のモニタリングについては、ポートビラ湾長期モニタリングの中で実施することで、水産局との間で協議し、同意を

² 環境省自然環境局（2003）サンゴ礁修復に関する技術手法—現状と展望—

³ 環境省九州地方環境事務所（2010）サンゴ幼生着床具を用いたサンゴ群集修復マニュアルⅣ

得ている。モニタリングについては、水中カメラの購入が必要である。

(b)予算

移設についての実施予算は、表 7.2.1-3 に示すとおりである。モニタリングについては、人件費のみであるので、特に予算は必要ない。

表 7.2.1-3 移設実施予算（円）

項目	積算額	うち人件費	うち機材費、諸経費等	備考
計画作成、協議、報告	1,319,604	461,400（主任技師6人 技師B6人）	858,204	1式
事前調査	213,031	82,600（技師1人 潜水土2人）	130,431	1式
移設作業	7,368,714	1,454,400（技師1人、 技師補1人、助手1人、 潜水土4人（1日当たり））	5,913,314	8日間作業
モニタリング	277,380	111,000（技師1人、潜 水土3人）	166,380	1回当り
とりまとめ	1,375,946	481,100（主任技師3人、 技師A4人、技師B6人）	894,846	1式
報告書作成	515,431	384,650（主任技師1.5 人、技師2.5人、技師補 3人、助手10人）	130,781	1式
計	11,070,105	2,975,150	8,094,955	

7.2.2. シルト堆積影響に対する緩和策

(1) 浚渫及び埋立て（海上工事）時の濁り拡散対策の強化

(a) 汚濁防止膜の設置

SS の日最大濃度の分布については、ポンプ浚渫は汚濁防止膜の有無に関わらずサンゴ生息域に到達しないが、グラブ浚渫は到達する可能性が示された。そのため、グラブ浚渫の場合、シルト拡散によりサンゴに影響を与える可能性があり、ポンプ浚渫を選択することが適切である。

濁りが発生することが考えられるその他の工事は、既存埠頭の撤去および埋立工事が考えられる。これらの工事においても汚濁防止膜を設置する計画となっており、浚渫時の予測結果における汚濁防止膜の効果から、汚濁防止対策として有効であると考えられ、シルトの拡散、堆積に対する緩和策として必要な措置と考えられる。

また、浚渫工事の際には、汚濁防止膜を設置する計画であるが、浚渫工法の違いは、図 7.2.2-1 に示すように発生する濁りの状態が異なっている。ポンプ浚渫の場合の濁りの発生は海底付近となり、グラブ浚渫の場合の濁りの発生は海底から海面までとなる。この濁りの状態の違いを考慮した汚濁防止対策の強化として以下の緩和策を提案する。

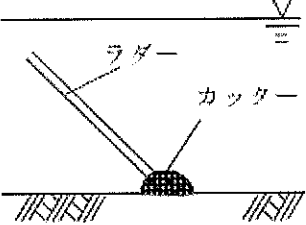
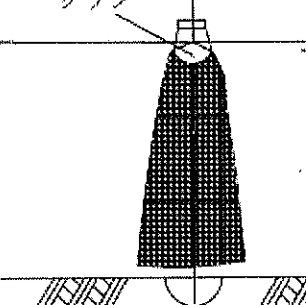
なお、「港湾工事における濁り影響予測の手引き（平成 16 年 4 月、国土交通省港湾局）」によると、汚濁防止膜を設置した工事の事例から、汚濁防止膜による濁りの除去率が 40～80%であると整理されており、海上工事における汚濁防止対策として一般的に用いられている対策となっている。

● ポンプ浚渫の場合

濁りの発生及び堆積がサンゴ生息域の近傍であるため、流況によってはサンゴに影響を及ぼす可能性が考えられる。そのため、施工区域の東側には、サンゴ生息域側への濁りの拡散防止を目的として、図 7.2.2-2 に示す汚濁防止膜の二重展張（施工区域の内側に自立型、外側に垂下型）を行う。

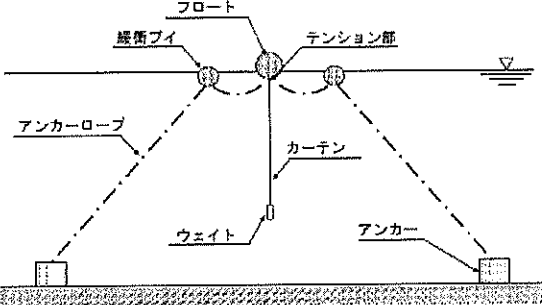
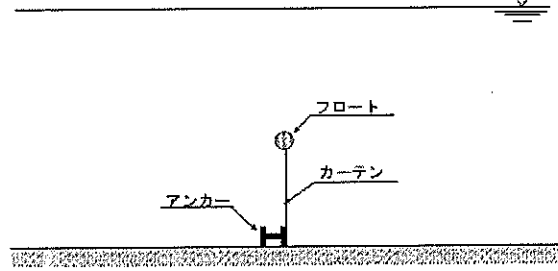
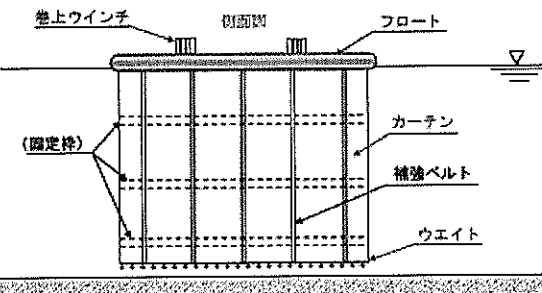
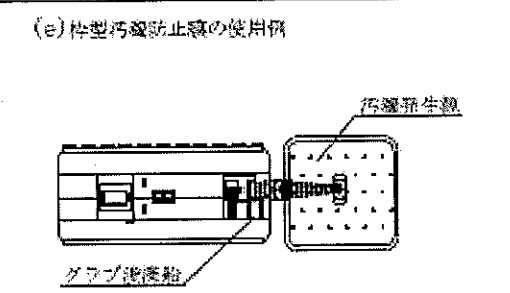
● グラブ浚渫の場合

濁りの発生及び堆積により一部のサンゴに影響を及ぼすおそれがある。サンゴ生息域への濁りの到達を防ぐために、施工区域の周囲に図 7.2.2-2 に示す垂下型汚濁防止膜を設置し、施工区域の東側には汚濁防止膜の二重展張（施工区域の内側に自立型、外側に垂下型）、浚渫の施工場所では汚濁防止枠を使用する。

工法	濁りの状態	発生源の状態
ポンプ 浚渫船		スイング時に海底の浚渫箇所から濁りが発生する。 濁り発生箇所は海底となる。
グラブ 浚渫船		海底からの地切り時の土砂の巻き上げ、水中引き上げ時の付着土の拡散、水面にあげる際の土砂の漏れ出しにより濁りが発生する。 濁り発生箇所は、海底から海面までとなる。

出典：港湾工事における濁り影響予測の手引き（平成 16 年 4 月、国土交通省港湾局）

図 7.2.2-1 浚渫工法の違いによる濁りの状態

固定式垂下型汚濁防止膜	固定式自立型汚濁防止膜
	
汚濁防止柵の構造	汚濁防止柵の使用例
	

出典：汚濁防止膜技術資料(案)、平成 20 年 4 月、(財)港湾空港建設技術サービスセンター

図 7.2.2-2 汚濁防止膜、汚濁防止柵の設置例

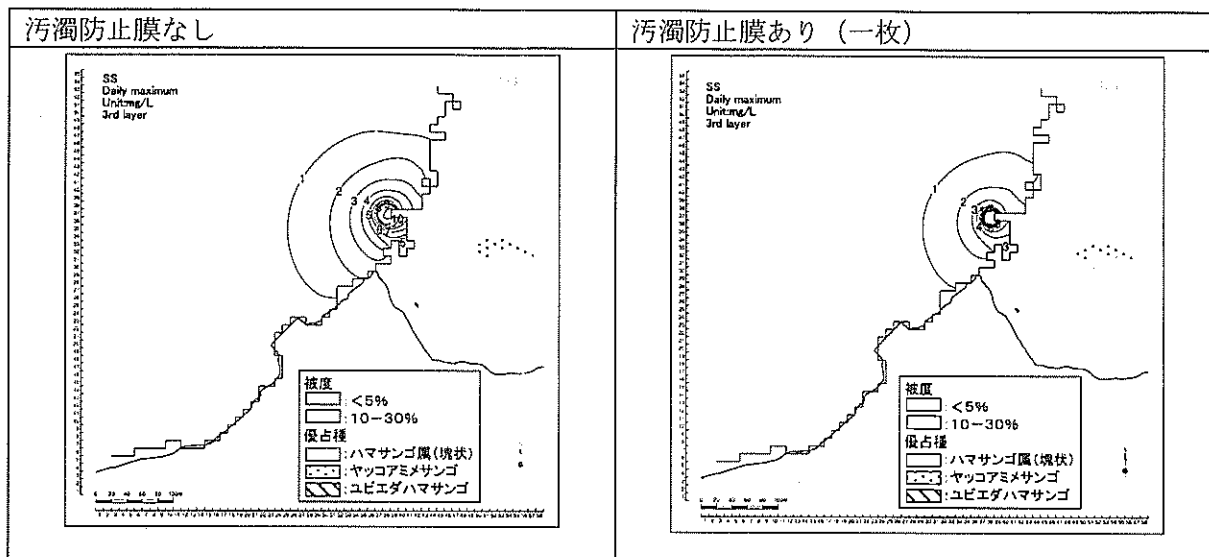


図 7.2.2-3 サンゴ礁の分布と SS の日最大濃度の分布の重ね合わせ（ポンプ浚渫）

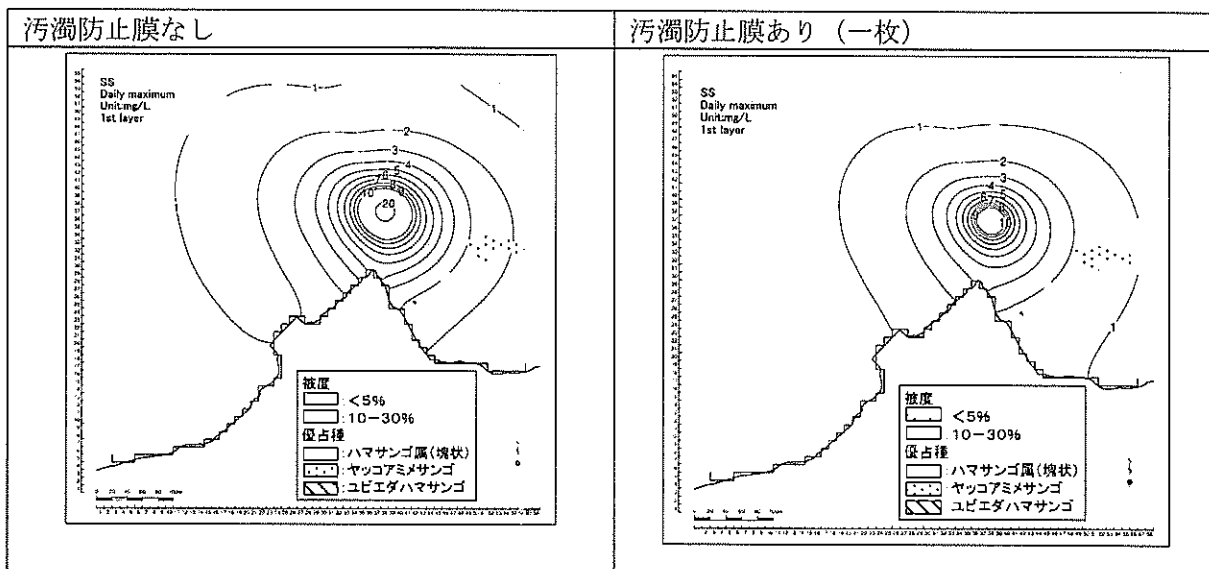


図 7.2.2-4 サンゴ礁の分布と SS の日最大濃度の分布の重ね合わせ（グラブ浚渫）

(b) 汚濁防止膜の適切な選択及び保守管理
汚濁防止膜の保守管理を実施する。

表 7.2.2-1 保守管理事例

管理 NO. (スパン NO.)

点検記録者 _____

点検部位	点検項目	船上調査	潜水調査	点検結果（変状の有無等記載） （変状がある場合はその状況を記載する）
フロート部	ライン・レイアウトのチェック	実施		
	フロートの乾舷	実施		
	貝類等付着物の状況	実施		
	フロート本体の外傷の有無	実施	実施	
カーテン部	カーテン脱落の有無	実施	実施	
	カーテン破損の有無		実施	
	貝類等付着物の状況		実施	
	ウエイトチェーンの取付状況		実施	
接続部	カーテン同士の接続の外れ		実施	
	ジョイント金具の緩み、脱落		実施	
	シャックルの外れ、緩み		実施	
係留部	アンカーの移動の有無		実施	
	アンカーロープの変状の有無	実施	実施	
	シャックルの外れ、緩み		実施	
	アンカー取り金具の破損、緩み		実施	

(2) 余水吐の濁度管理

埋立区域から発生する余水については、余水吐等を通じて海域に放流されるため、濁りの拡散対策として、ポータブル濁度計による濁度管理を実施する必要がある。

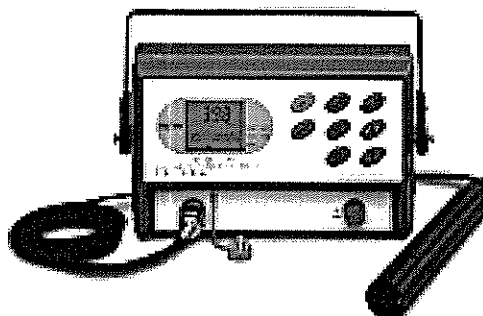


図 7.2.2-5 ポータブル濁度計の例

出典) 東亜ディーケーケー株式会社ホームページ

(3) 工事監視基準及び管理基準の設定

(a) 海域の工事監視基準

工事監視基準を以下のとおり設定する。

項目	基準値	設定根拠
濁度	BG+2NTU	・ 日本国水産用水基準に準拠
pH	7.8 以上 8.3 以下	・ 日本国環境基準（環境基本法）

(b) 余水吐の管理基準

管理基準を以下のとおり設定する。

項目	基準値	設定根拠
濁度	200 NTU	・ 日本国排水基準（水質汚濁防止法）に準拠
pH	5.8 以上 8.6 以下	〃

(4) 工事監視基準及び管理基準の設定根拠の詳細

(a) 海域の工事監視基準

・濁度

日本国水産用水基準を踏まえ設定した。

濁度とSSの値はほぼ同じであると仮定した場合、以下2点を踏まえると、基準値は「BG+2 NTU」となる。濁度とSSは厳密には異なることから、工事実施前に濁度とSSの関係を求め、再設定することが望ましい。

・海域において、人為的に加えられる懸濁物質（SS）は2mg/L以下であること（水産用水基準）。

水産用水基準とは社団法人日本水産資源保護協会が設定した「水生生物保護のための環境の水質基準」である。この基準は、現段階における水域調査や生物試験の結果から得られた諸情報を基礎として策定されたものである。

・pH

日本国環境基準（環境基本法）を踏まえ設定した。

人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準として、最も厳しい基準が適用される海域では、「7.8以上8.3以下」が定められている。

(b) 余水吐の管理基準

・濁度

日本国排水基準（水質汚濁防止法）を踏まえ設定した。

工場及び事業場から公共用水域に排出される水の排出及び地下に浸透する水の浸透を規制する基準として、「懸濁物質（SS）200 mg/L」が設定されている。これに準じ、濁度200NTUとする。

・pH

日本国排水基準（水質汚濁防止法）を踏まえ設定した。

工場及び事業場から公共用水域に排出される水の排出及び地下に浸透する水の浸透を規制する基準として、「pH 5.8以上8.6以下」が設定されている。これを適用する。

7.2.3. 流動変化に伴う影響に対する緩和策

流速の変化は事業実施区域近傍に限られ、その変化も小さいことから、流動変化に対する緩和策は実施しないこととする。

7.2.4. 経済の発展による湾内の水質汚染に対する緩和策

水質汚染の原因は主に陸域からの汚染物質の流入であることから、将来的にポートビラ市内における下水処理システムの整備などの対策が求められる。現在、ADB が「ポートビラ市都市開発プロジェクト」（第3章 既存資料調査,3.4.3 水質の改善に向けた計画 参照）を今年度から2016年まで実施する計画であり、同プロジェクトによりポートビラ湾への汚水の流入が緩和されることが期待される。

8. 環境管理モニタリング計画

8.1 工事中

8.1.1 全体実施体制

工事中の環境管理モニタリングにおける責任と報告のフローを図 8.1.1-1 に示す。環境管理モニタリングは、事業の全体責任を担うインフラ公共事業省と財務経済省の責任のもとで行われ、ほとんどの項目については、工事業者への委託内容に含めて発注することで実施する。また、イフィラ港湾開発サービス社 (IPDS) を中心とする事業管理グループが実務面をサポートする。また、サンゴの移植やモニタリングについては、海洋生物についての技術や経験を要するため、水産局の協力のもとで行う。水産局については、3 章(3.1.2)で述べたとおり、人員や予算が確保されており、また、JICA による技術協力も実施されていることから、その能力を十分備えていると考えられる。

環境管理モニタリングにおける関連機関の役割を以下に整理する。

- 土地自然資源省 環境保護保全局 (Department of Environmental Protection and Conservation (DEPC)) : パ国の環境保全法に基づき、環境管理モニタリングの実施を検査する。
- 土地自然資源省 地質鉱物水資源局 (Department of Geology, Mines and Water Resources (DGMWR)) : パ国の沿岸域の水質保全における責任機関として、水質に関する環境管理モニタリングを監視、監督する。
- 農業森林水産畜産省 水産局 (Department of Fisheries) : 海洋生物資源保全の観点から、環境管理モニタリングを監視、監督する。インフラ公共事業省または IPDS 事業管理グループからの要請に応じ、サンゴの移植等、生物資源に関する管理モニタリングの実施に協力する。
- インフラ公共事業省 (Ministry of Infrastructure and Public Utilities (MIPU)) ・財務経済管理省 (Ministry of Finance and Economic Management (MFEM)) : 環境管理モニタリングの実施を含め、事業の全体責任を負う。モニタリング結果について JICA への報告を行う。
- 事業管理ユニット (Project Management Unit (PMU)) : インフラ公共事業省、財務経済省の下に首相府、水産局、自治省、その他関係省庁も参加して組織され、環境管理モニタリングの実施責任をもつ。
- イフィラ港湾開発サービス社 (IPDS) 事業管理グループ (IPDS Project Management Group) : PMU にも参加し、環境管理モニタリングの実務面を担当する。
- 工事業者 (Contractor) : 委託内容に基づき、環境管理モニタリングを実施する。
- 環境監督者 (Environmental Supervisor) : 工事業者によって指名され、工事作業員が環境管理モニタリングや関連法規を適切に実施、順守するよう指導、訓練を行う。

本事業の実施を担当する事業管理ユニット (Project Management Unit (PMU)) は、事業実施機関であるインフラ公共事業省や財務経済管理省のみならず、政府全体の方針や戦略を策定する首相府、ポートビラ市など地方自治体を管轄する自治省をはじめ、上述の農業森林水産畜産省など関係省庁が加わった常設の機関として 2011 年 9 月に設置され、本事業のみならず、ADB の支援に

より実施される見込みの国内埠頭の整備や都市開発プロジェクト（排水・下水道整備等）など、ポートビラ湾の利用に大きな影響を与える大規模プロジェクトをすべて担当する。従って、PMUを通じて港湾の持続的利用に関する省庁間の連携がなされることになる。

一方、環境行政をつかさどる土地自然資源省環境保護保全局は、環境保全上の監督を行う立場からPMUには参加しないが、中期計画「国家優先課題・行動計画：2006-2015年」において、バ国の環境保全上の責任を担い、さらにこれらプロジェクトの実施機関との間で連携を図ることが求められており、本事業の実施にあたっても積極的に関与する役割を担っている。

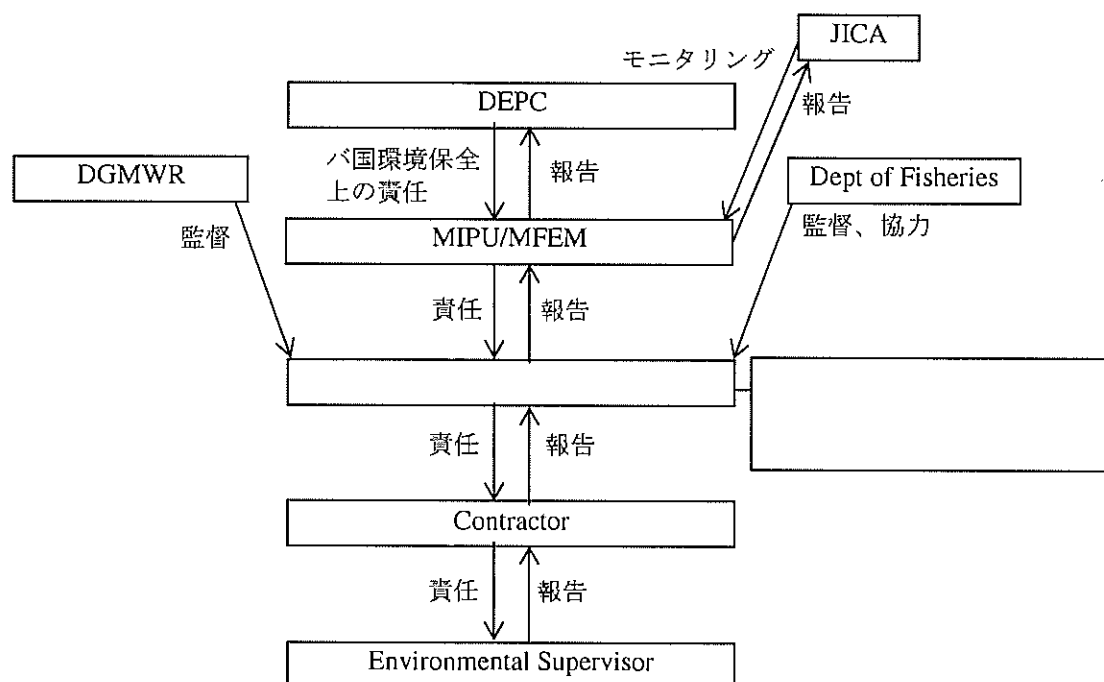


図 8.1.1-1 工事中の環境管理モニタリングにおける責任と報告のフロー

8.1.2 水 質（濁度）

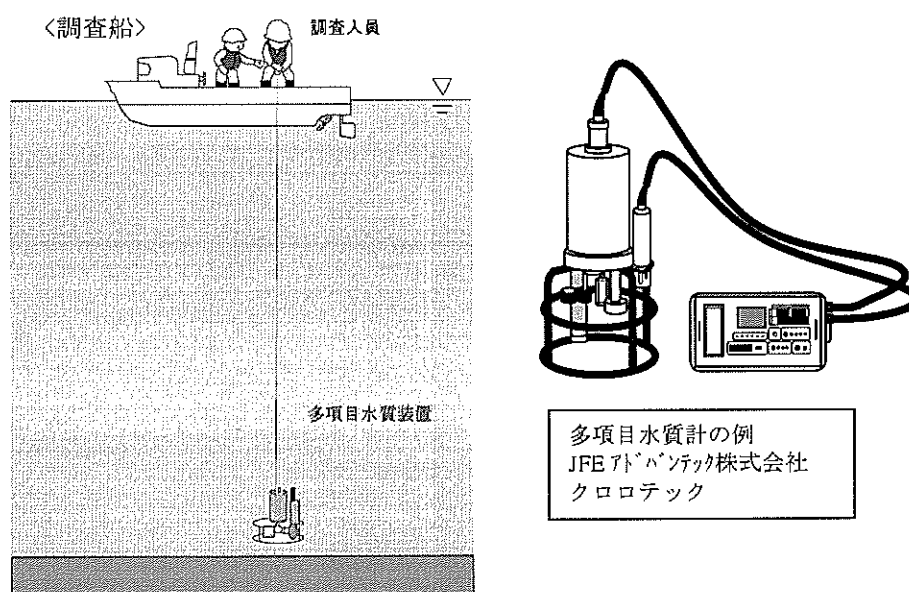
工事中の濁りに対する環境管理・モニタリング計画を以下に記述する。

(1) 調査項目

濁度、pH、水温、塩分

(2) 調査方法

多項目水質計を用いて濁度、pH、水温、塩分を測定する。



(3) 調査時期

浚渫工事直前	1日1回×3セット※
浚渫工事期間中	1日1回×工事期間中

※浚渫直前の最新の水質データを取得することで、浚渫工事期間中の水質の変化について、より正確な考察が可能となる。

(4) 調査地点

調査地点は以下のとおり設定する。

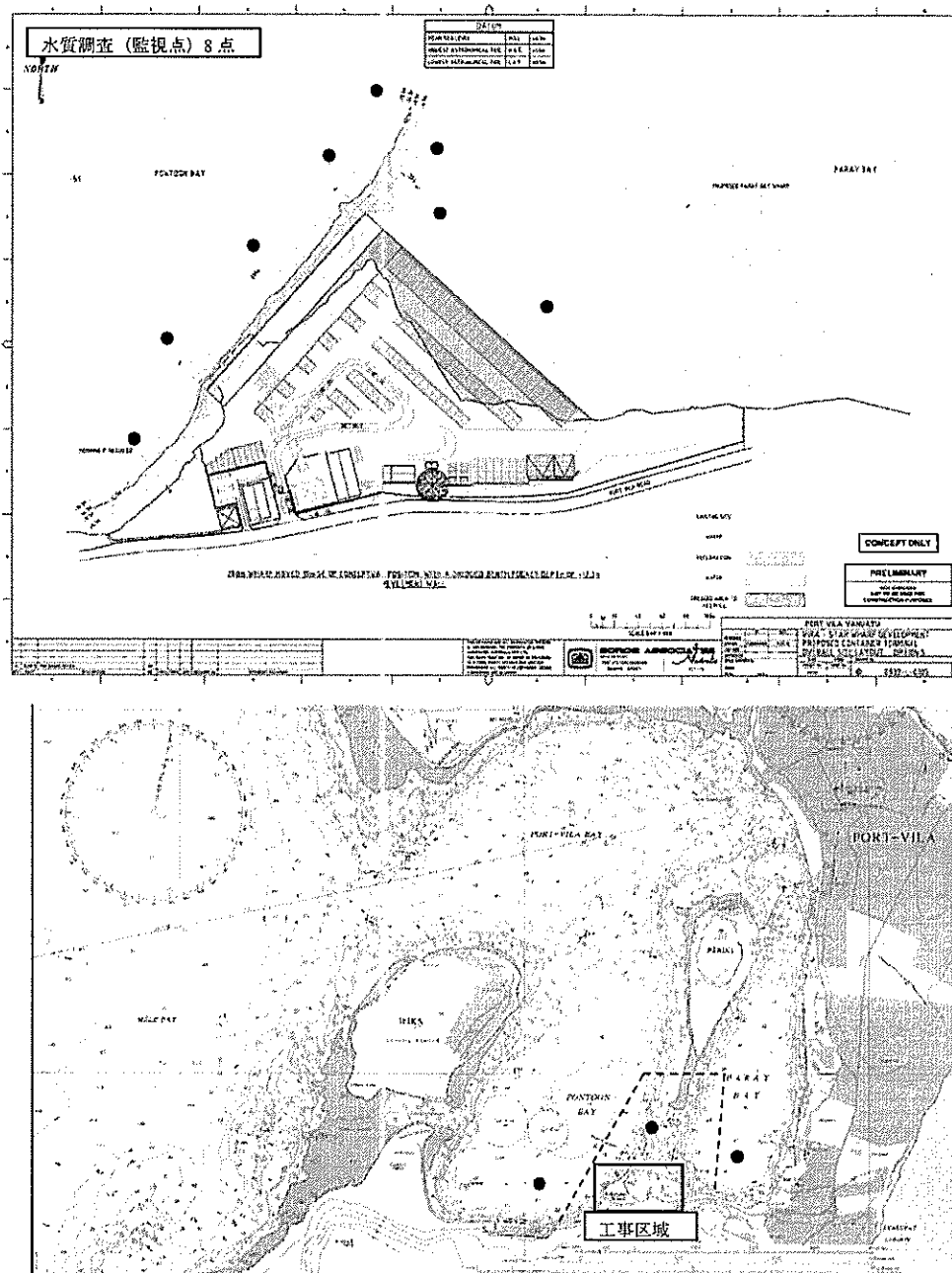


図 8.1.2-2 調査地点（水質）

(5) 工事監視の方法

工事監視基準値との比較を行い、工事により基準値超過をした場合には、基準を満たすまで浚渫工事を一時休止する。この際、バックグラウンド（BG）については、基本的には3点平均とするが、何らかの影響により、異常と考えられるデータがある場合には、そのデータを除いて平均する。

なお、濁りについては、現地では降雨時において、ストームウォーターによる陸域からの濁水が流入することを踏まえ、海域での濁りがストームウォーターによるものかを塩分、目視観察等により判断する。

表 8.1.2-1 工事監視基準

項目	基準値	設定根拠
濁度	BG+2 NTU	・ポートビラ湾水質調査結果 ・日本国水産用水基準
pH	7.8 以上 8.3 以下	・日本国環境基準（環境基本法）

(6) 工事管理の方法

埋立区域から発生する余水については、余水吐等を通じて海域に放流されるため、濁りの拡散対策として、余水吐の濁度を管理する必要がある。また、濁り対策として凝集剤を使用する場合には、pH もあわせて管理する。

表 8.1.2-2 余水吐の管理基準

項目	基準値	設定根拠
濁度	200 NTU	・日本国排水基準（水質汚濁防止法）に準拠
pH	5.8 以上 8.6 以下	〃

8.1.3 サンゴ及び海洋生物

(1) 調査項目

- ・スポット調査：事業実施区域近傍の塊状ハマサンゴの調査
- ・移植サンゴ調査：移設したサンゴの追跡調査

表 8.1.3-1 調査項目

調査項目	調査内容	目的
スポット調査	塊状サンゴ類の生残状況、死亡状況、消失状況 白化状況、粘液分泌状況	濁りによるサンゴへの影響の監視
移設サンゴ調査	塊状サンゴ類の生残状況、死亡状況、消失状況 白化状況、粘液分泌状況	移設したサンゴの生息状況のモニタリング
ジュゴン、ウミガメ調査	湾内に回遊するジュゴン、ウミガメの生残状況、死亡状況	海上交通の増加等による湾内に回遊するジュゴン、ウミガメへの影響の監視

(2) 調査方法

- ・スポット調査

工事区域近傍に分布するサンゴ群集の生息状況（生残状況）を潜水目視観察する。

- ・移植サンゴ調査

移設したサンゴ群集について、生息状況を観察する。

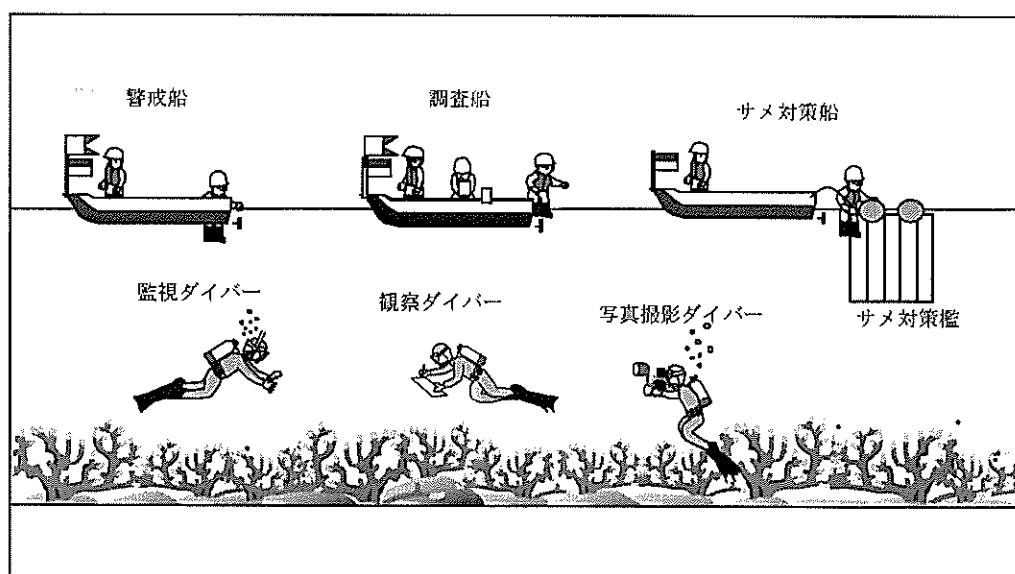


図 8.1.3-1 調査方法（サンゴ）

- ・ジュゴン、ウミガメ調査

湾内で操業する漁師等から目撃情報を収集する。

(3) 調査時期

- ・ スポット調査
浚渫直前：1回、浚渫工事期間中：1回
- ・ 移設サンゴ調査
移設後：移設直後、1、3、6か月後
- ・ ジュゴン、ウミガメ調査
随時

(4) 調査位置

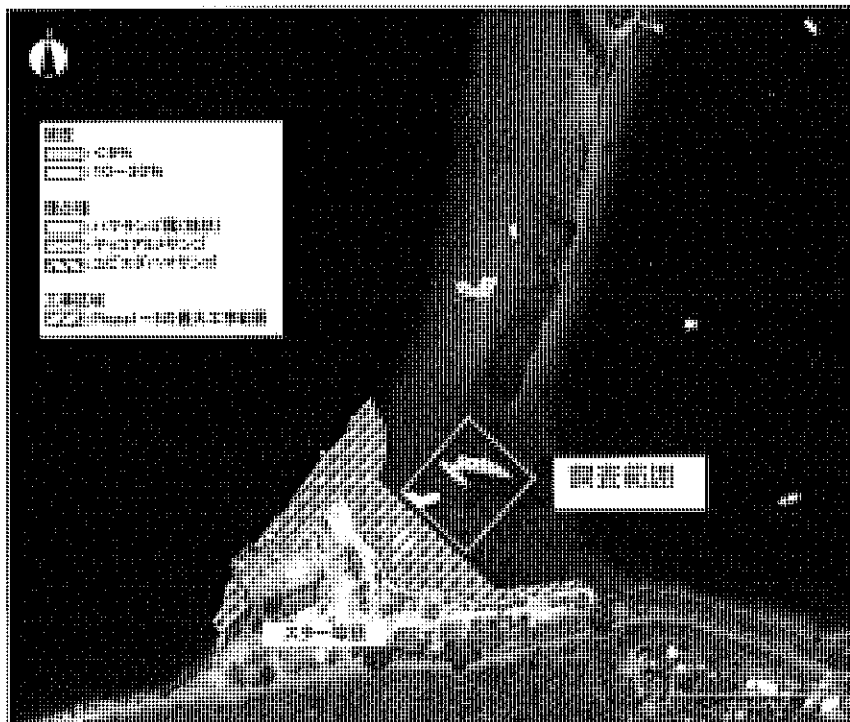


図 8.1.3-2 調査地点（サンゴ：スポット調査）



図 8.1.3-3 調査地点（サンゴ：移植サンゴ調査）

（5）工事監視の方法

工事監視の手法は、スポット調査により得られたサンゴの生息状況を踏まえ、工事監視基準との比較を行い、工事により基準を満たさない場合には、移植等の新たな対策を講じる。

表 8.1.3-2 工事監視基準

項目	基準
スポット調査	塊状サンゴ類の生残状況等が工事前と同程度であること。その際、バックグラウンドのサンゴについて、工事以外の白化等の要因により影響を受けてないか確認する。

8.1.4 EIA レポートの環境管理・モニタリング計画の更新

F/S のなかで作成され、バ国環境局に承認されている EIA レポートでは、上記の水質やサンゴ等生態系のほかにも、以下の区分に従って環境管理・モニタリング項目が提案されている。

- 1) 工事中（陸上工事）
- 2) 工事中（海上工事）
- 3) 供用時（陸上の供用）
- 4) 供用時（水域の供用）

本調査では、このうちサンゴ等生態系と海流への影響要因になりうる 2)、4)について、バ国の関係機関と実施に向けた協議を行い、実施の確認と必要に応じた計画の更新を行った。2)工事中（海上工事）については以下の項に、4)供用時（水域の供用）については 8.2 章に更新した計画を示す。

(1) EIA レポートにおける計画概要と本調査の検討内容

EIA レポートの工事中（海上工事）の環境管理・モニタリング計画の各項目に対し、本調査で検討した内容を表 8.1.4-1 に整理した。検討結果は本項(2)または表中に示す章に記述する。

表 8.1.4-1 EIA レポートの環境管理・モニタリング計画と本調査の検討内容

EIA レポートにおける環境管理モニタリング計画（EIA レポートからの引用）			本調査での確認、検討の内容
活動/ 課題	環境管理モニタリング手法	責任	
C-M 1. 既存埠頭の撤去	C-M1.1. 廃材の陸上処分: マリンベストの拡散を防ぐため、撤去した埠頭廃材は海洋投棄せず、陸上処分する。	工事業者	工事業者への TOR に含めることを確認した。(本項(2)参照)
	C-M 1.2. 汚濁防止膜: 既存埠頭撤去、埋め立て等の海上工事に際しては、周囲に汚濁防止膜を展張する。(防止膜は深い場所では海底まで降ろす必要はない。表層 3m に設置し、表層の汚濁拡散を防止する。)	“	汚濁防止膜の効果と必要性について、本調査で検討した。(6 章、7.2.2 章参照) 汚濁防止膜の設置について、工事業者への TOR に含めることを確認した。(本項(2)参照)
	C-M 1.3. 海洋生物の移動: 海上工事の実施前に、水産局に依頼して移動可能な海洋生物を、影響範囲から湾内の他の適切な場所へ移動する。(埋め立て区域も同様 C-M 2)。	ターミナル所有者/オペレーター	事業区域周辺の調査を行い、移植が必要なサンゴ群集を特定した。
	C-M 1.4. 有用種の採取: 海上工事の実施前に、影響範囲における食用価値のある海洋生物を作業員が採取する。(埋め立て区域も同様 C-M 2)	“	事業区域周辺の調査を行った結果、採取対象となる生物の生息は確認されなかった。
	C-M 1.5. 観賞用生物の採取: 海上工事の実施前に、地元の観賞生物コレクターに影響範囲の観賞生物を採取させる。(埋め立て区域も同様 C-M 2)	“	事業区域周辺の調査を行った結果、採取対象となる生物の生息は確認されなかった。なお、魚類については逃避可能なため、採取対象としないことと

			した。
C-M 2. 埋め立て	C-M 2.1: C-M 1.2 —1.5 と同様。(埋め立て区域の汚濁防止膜は海底まで展張する)	“	汚濁防止膜の効果と必要性について、本調査で検討した。(6章、7.2.2章参照) 汚濁防止膜の設置について、工事業者へのTORに含めることを確認した。(本項(2)参照)
	C-M 2.2: 環境オフセット: サンゴの一部消滅の代償として、バツマル小湾を漁業保護区 (tabu) とする可能性を検討する。	イフィラ族、政府	水産局と、漁業保護区化の可能性を協議した。(本項(2)参照)
C-M 3. 浚渫	C-M 3.1. 詳細な海底地形調査: 浚渫工事前に、浚渫範囲と土量を精査するため、マルチビームサイドスキャンソナーを用いた海底地形測量を行う。	工事業者 ターミナル所有者/オペレーター	工事業者へのTORに含めることを確認した。(本項(2)参照)
	C-M 3.2. 汚濁防止膜: 海上工事に際しては、周囲に汚濁防止膜を展張する。(防止膜は深い場所では海底まで降ろす必要はない。表層3mに設置し、表層の汚濁拡散を防止する。)	工事業者	汚濁防止膜の効果と必要性について、本調査で検討した。(6章、7.2.2章参照) 汚濁防止膜の設置について、工事業者へのTORに含めることを確認した。(本項(2)参照)
	C-M 3.3: 浚渫土砂の利用: 全ての浚渫土は埋め立てに利用する。(汚濁防止膜は海底まで展張する。)	“	工事業者へのTORに含めることを確認した。(本項(2)参照)
	C-M 3.4: 目視による濁りの監視: 環境監督者は毎日、スター埠頭背後の丘から濁りの拡散を観察する。濁りがサンゴ分布域に移動する場合には、対処を行う。観察は潮位変化を踏まえて行う。	環境監督者 浚渫工事業者	濁りのモニタリング計画を8.1.2章に示す。
	C-M 3.5: 濁りモニタリング: 地質鉱物水資源省 (Department of Geology, Mines and Water Resources (DGMWR)) は、浚渫工事期間を通じて毎日、隣接するサンゴ分布域で濁りをモニタリングする。濁りがあらかじめ設定した値を超える場合は対処を行う。観測は潮位変化を踏まえて行う。	地質鉱物水資源省 浚渫工事業者	具体的なモニタリング計画を提案した。(8.1.2章参照) 実施は工事業者が行い、地質鉱物水資源はこれを監督する。
C-M 4. 新たなマリンペストの侵入	C-M 4.1: マリンペストの侵入防止: 工事前に、工事船を介した新たなマリンペストの侵入のリスク管理のため、以下を含む適切な方策の策定と実施を行う。 - 工事船は出航地出発前に付着生物を除去する。(出航地で検査を受ける) - ポートビラ到着後、水産局により船底の検査を受ける。	ターミナル所有者/オペレーター 工事業者	工事業者へのTORに含めることを確認した。(本項(2)参照)
		水産局	水産局に実施の可否

	ポートビラへの入港後に付着生物が確認された場合には、メレ湾の外に出て除去を行う。	工事業者	を確認した。(本項(2)参照) 工事業者への TOR に含めることを確認した。(本項(2)参照)
C-M 5. 油濁	C-M 5.1: 油濁防止と対応策: 工事開始前に、工事作業による油濁に対し適切な方策の策定と実施を行う。	ターミナル所有者/オペレーター 工事業者	工事業者への TOR に含めることを確認した。(本項(2)参照)
C-M 6.他の水域利用への影響	C-M 6.1: 制限区域の設定: 安全確保のため、工事区域周辺を制限区域とする。	港長	ターミナル所有者/オペレーター (IPDS 社) に対し、環境管理の実施に向けた手順を確認した。(本項(2)参照)

(2) 本調査での検討結果

本調査で確認した環境管理計画を以下に示す。

(a) 工事業者への TOR に含める環境管理

以下の環境管理は、インフラ公共事業省と財務経済省の責任の下、IPDS 事業管理グループが工事業者への TOR に含めて実施する。

(a)-1. マリンペスト対策

(i) マリンペスト（外来種）拡散防止（廃材の陸上処分）(C-M1.1)

EIA の一環として、スター埠頭の付着生物のマリンペスト（外来種）調査が行われている。同調査では、オーストラリアで行われた検討結果を参考に、マリンペストとして注意が必要な生物種リストを作成し、スター埠頭における有無を調査している。その結果、リスト化された 30 種のうち、フジツボ 1 種、コケムシ 4 種の計 5 種の生息が確認された。現状で実質的な生態系影響をもたらしている様子はないが、これらの種が付着した廃材を海洋投棄すれば、ペストの拡散につながる可能性がある。そのため、撤去した既存の海中構造物は海中投棄せず、陸上の処分場で処分することを徹底する。

(ii) マリンペスト（外来種）の侵入防止（船底付着生物の除去）(C-M4.1)

他地域から来港する工事船の船底に付着生物が付着している場合、新たなマリンペストが侵入する可能性がある。そのため、工事船は、出航地を出発する前に船底の付着生物の除去を行い、検査を受けることとする。また、ポートビラへの入港後に付着生物が確認された場合には、メレ湾の外に出て除去を行う。

ただし、出発港の水温がポートビラと大きく異なり、ポートビラに侵入しても生存することはないと考えられる場合には、リスクアセスメントを行ったうえで必ずしも上記の対策をとる必要はないこととする。

オーストラリアなどでは上記マリンペスト対策がガイドライン化されており、実施されている。

(a)-2. 浚渫の適切化

(iii) 詳細な海底地形測量 (C-M3. 1)

浚渫工事を実施する前には、マルチビームサイドスキャンソナーを用いた海底地形測量を行い、浚渫範囲と土量を精査する。

(iv) 浚渫土砂の利用 (C-M3. 3)

Mines and Minerals Act に基づく本事業の浚渫許可証 (Quarry Permit No.VAQP211002) では、浚渫土砂はスター埠頭の埋め立てに用いることが付帯条件となっているため、これを確実に実施する。海上投棄は行わない。

(a)-3. 濁り・油濁対策

(v) 汚濁防止膜の設置 (C-M1. 2、C-M2. 1、C-M3. 2)

既存埠頭の撤去時、浚渫時、埋立て時のいずれにおいても、濁りの拡散を防ぐため工事区域の周囲に汚濁防止膜を設置する。

汚濁防止膜の効果については 6.3 章に示した。

(vi) 濁りモニタリング (C-M3. 5)

濁りモニタリング計画については 8.1.2 章に詳述したとおりである。

(vii) 油濁防止 (C-M5. 1)

工事中には万一の事故等により工事船から油濁が発生する可能性がある。工事発注の際には、工事業者に油濁防止策の品質保証を条件として求める。

(b) 水産局の協力を得て行う環境管理モニタリング

海洋生物に関する以下の内容については、インフラ公共事業省と財務経済省の責任の下、必要に応じて水産局の協力を得て実施する。

(i) 工事区域のサンゴの移植 (C-M1. 3)

移植方法等を 7.2.1 章に示した。

(ii) サンゴ及び海洋生物のモニタリング

工事中のサンゴ及びジュゴン、ウミガメのモニタリング計画について、8.1.3 章に示した。

(iii) マリンペスト（外来種）の検査 (C-M4. 1)

マリンペストの侵入対策（船底の付着生物の除去）を行った工事船に対し、入港後、ダイバーにより水中の付着生物の有無を確認、記録する。記録項目の例を以下に示す。

- a. 調査日・潜水場所
- b. 船舶の確認箇所
- c. 付着生物の観察結果（例：付着の程度、優占種（二枚貝、フジツボ、管棲ゴカイ、藻類、スライム等））
- d. マリンペストと考えられる種の有無と、あった場合に行った処置
- e. 検査実施者の名前とサイン

（参考資料: National Bio-fouling Management Guideline, An Australian Government Initiative, 2009）

水産局は EIA の一環でスター埠頭周辺のマリンペスト調査を行った実績があることから、上記検査に協力、実施することが可能である。

(c) その他

(i) バツマル小湾の漁業保護区化 (C-M2. 2)

EIA レポートでは、環境オフセット（サンゴへの影響の代償）として、バツマル小湾を漁業制限区域（tabu）に指定することが提案されている。本調査では、その実現性について水産局及び環境局と協議を行ったが、バツマル小湾内では住民等の漁業に利用されていること、沿岸にはすでに開発計画があることから、本事業の代償として tabu や他の法的な保護区を設定することは現実的でないと判断された。一方、本サンゴ調査結果によれば、バツマル小湾の湾口部のサンゴの生息は良好であり、今後も維持されることが望まれる。そこで、供用時のサンゴのモニタリングにはバツマル小湾口のサンゴも含めることとし、監視を行うことにより現在の状態の保全を図ることとする。また、EIA レポートでは工事中についてはサンゴのモニタリングは提案されていないが、水質変化等の影響が懸念されるため、サンゴのモニタリングを追加提案する（モニタリング計画は 8.1.3、8.2.4 章参照）。

また、本調査では影響を受けるサンゴの移植を提案しており、サンゴの移植と上記のモニタリングの実施をあわせ、環境オフセットとすることを提案する。

(ii) 制限区域の設定に向けた調整 (C-M6. 1)

工事船は既存の航路を通過して工事区域に入ることができるため、工事船の出入港過程で漁業活動等の既存の水域利用に影響を及ぼす可能性は少ないと考えられる。一方、工事区域であるスター埠頭周辺は、小型漁船やレジャーボートなどが頻繁に航行しているため、インフラ公共事業省と IPDS 管理グループは、港長と調整しながら工事の進捗にあわせて制限区域を提案、設定し、水域利用者への周知を図る。

(3) 工事中の環境管理・モニタリング計画まとめ

上記の検討結果をふまえ、本調査で提案する工事中（海上工事）の環境管理・モニタリング計画を表 8.1.4-2 に整理した。

表 8.1.4-2 工事中（海上工事）の環境管理・モニタリング計画のまとめ

目 的	作業内容	実施体制	費 用（円）	費用備考
マリンペスト対策	マリンペスト（外来種）拡散防止（廃材の陸上処分）	インフラ公共事業省と財務経済省の責任の下、IPDS 事業管理グループが工事業者への TOR に含めて実施。	*	工事の入札額に含む
	マリンペスト（外来種）の侵入防止（船底付着生物の除去）			
	マリンペスト（外来種）の検査	水産局の協力を得て、インフラ公共事業省と財務経済省の責任で実施。	30,000	潜水ボンベ、ボート等 3 回分想定
浚渫の適切化	詳細な海底地形測量	インフラ公共事業省と財務経済省の責任の下、IPDS 事業管理グループが工事業者への TOR に含めて実施。	*	工事の入札額に含む
	浚渫土砂の利用			
濁り・油濁防止	汚濁防止膜の設置			
	濁りモニタリング		1,200,000	多項目水質計
	油濁防止		—	
サンゴ保全	工事区域のサンゴの移植	水産局の協力を得て、インフラ公共事業省と財務経済省の責任で実施。	11,070,000	移植作業一式（7.2.1 章参照）
	サンゴのモニタリング		30,000	潜水ボンベ、ボート等 3 回分想定
安全対策	制限区域の設定に向けた調整	インフラ公共事業省と IPDS 管理グループが、港長等と調整。	—	
計			12,330,000	

8.2 供用時

8.2.1 全体実施体制

供用時の環境管理モニタリングにおける責任と報告のフローを図 8.2.1-1 に示す。環境管理モニタリングは、工事中と同様に事業の全体責任を担うインフラ公共事業省と財務経済省の責任のもとで実施する。また、サンゴ及び水質のモニタリングについては、水産局及び地質鉱物水資源局による長期モニタリングの結果を活用する。

環境管理モニタリングにおける関係機関の役割を以下に整理する。

- 土地自然資源省 環境保護保全局 (Department of Environmental Protection and Conservation (DEPC)) : パ国の環境保全法に基づき、環境管理モニタリングの実施を検査する。(工事中と同様)
- 土地自然資源省 地質鉱物水資源局 (Department of Geology, Mines and Water Resources (DGMWR)) : 水質に関する長期モニタリングを行い、インフラ公共事業省にデータを提供する。
- 農業森林水産畜産省 水産局 (Department of Fisheries) : サンゴに関する長期モニタリングを行い、インフラ公共事業省にデータを提供する。
- インフラ公共事業省 (Ministry of Infrastructure and Public Utilities (MIPU)) ・財務経済省 (Ministry of Finance and Economic Management (MFEM)) : 環境管理モニタリングの実施を含め、事業の全体責任を負う。モニタリング結果について JICA への報告を行う。
- イフィラ港湾開発サービス社 (IPDS) (IPDS Management) : インフラ公共事業省、財務経済省の下で、環境管理モニタリングの実施責任をもつ。
- 環境担当者 (Environmental Officer) : IPDS のスタッフで、環境管理モニタリングに関するとりまとめと報告を担当する。

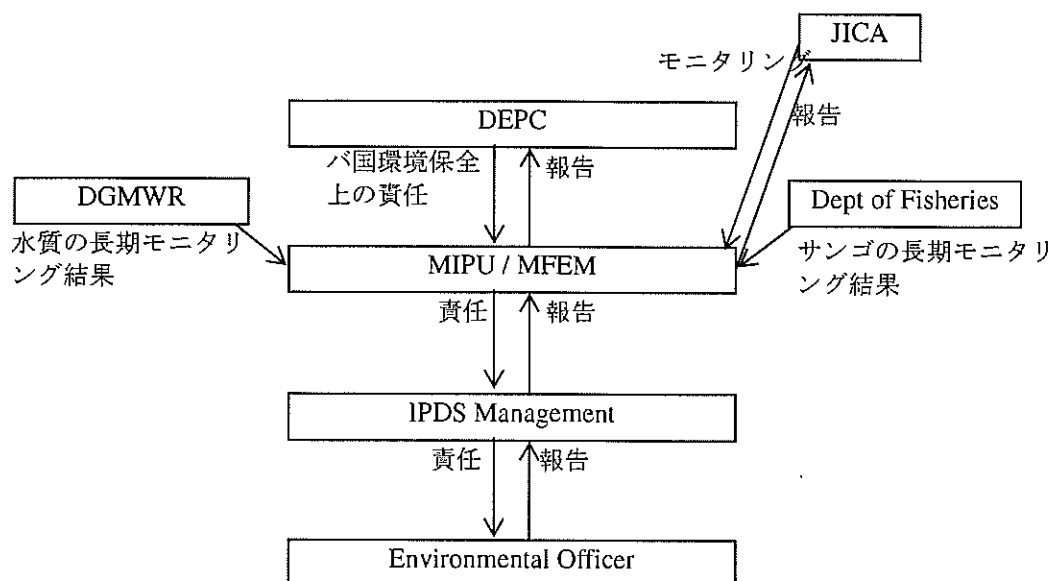


図 8.2.1-1 供用時の環境管理モニタリングにおける責任と報告のフロー

8.2.2 流 況

供用後におけるポートビラ湾の流況の変化の予測結果では、スター埠頭整備事業の実施による影響は、事業実施区域近傍でのわずかな流速変化がみられる程度であり、ポートビラ湾の海水交換に影響を及ぼすものではないと考えられる。したがって、本事業の影響をモニタリングする必要性は低いものと評価した。

しかしながら、本調査では短期間の流況観測であることやポートビラ湾全体におけるその他の事業も計画されていることを勘案し、ポートビラ湾の流れの状況を長期モニタリングすることは、その他の事業の影響評価やポートビラ湾の流れの現況を把握する意味で重要なデータとなると考えられる。

流況に関するモニタリング手法およびモニタリングの体制については、後述する水質で示す観測ブイの活用が考えられる。

8.2.3 水 質

供用後の水質管理は、スター埠頭改修後の経済発展が見込まれる中、ポートビラ湾全体を見据えた管理方針とすることが望ましい。その場合、地形的に最も独立性が高く、都市からの負荷が集中するパレー小湾の水質環境を特にモニタリングすることが適当である。今後、都市の排水管理が改善される予定なので、その効果を監視し、モニタリング結果を排水管理にフィードバックさせることが必要である。

(1) モニタリング手法

水質は気象、海象の影響を受けて、経時的に変動するため、実態を的確に反映させる測定頻度、時期を設定し、意味のあるデータを取得するためには相当の労力を要する。そのため、できるだけ測定を自動化させ、定期的に多数のデータがとれるようにすることが望まれる。自動化はまた、初期投資は大きいですが、設置後は維持点検だけで、データを取得できるので、予算不足で調査が中断することを回避できる。ただし、自動的に測定できるセンサーは限られており、研究室でなければ分析できない項目もあるので、センサーの選択にはパレー小湾環境監視の有効性について検

討する必要がある。

パレー小湾は水深が 40m 以上あり、しかもすり鉢状地形を呈しているため、鉛直的な循環が貧弱であると想像され、底部が貧酸素状態であることが知られている。また、陸域からの表土流入の影響で、深部の濁度が高い傾向がみられる。そのため、DO と濁度について表層と底層（30～40m 付近）で連続的に測定を行うことが適当である。また、海洋の基本的データとして水温、塩分を加える。

これらの連続的データ取得には無人観測ブイが有効である。無人観測ブイは琉球列島南部西表国立公園の石西礁湖に 2008 年に設置され、台風の通り道であるが、今日まで無事故でデータを取得し続けている実績がある。測定は毎時観測され、携帯電話回線を通じてリアルタイムで WEB 上で見るができる。

無人観測ブイについて、環境省石西礁湖再生委員会委員である東京海洋大学岡本峰雄教授からサンゴ礁の水質モニタリングに有効であり、本件においても活用が期待できるとのコメントを得た。

以下に石西礁湖における無人観測ブイの内容について紹介する¹。

設置の目的：大規模なサンゴの白化現象が起こった際、国立公園のサンゴ礁をモニタリングし、攪乱に対する適切な対応を実施するため設置した。

観測ブイの概要：観測ブイは水質、海潮流、波高を定期的に自動観測する機器を搭載し、携帯電話通信によりデータを毎時地上局へ送信するものである。設置地点は礁湖内でも閉鎖的な内湖的環境条件下にあり、水深は基準面下 7.9m である。

観測ブイの仕様は次のとおりである（図 8.2.3-1）。

- ・全長：約 3.9m ・灯高：約 2.4m（無負荷状態）
- ・重量：約 340kg（搭載観測機器除く） ・全浮力：約 720kg ・余裕浮力：380kg
- ・浮体径（外径）：約 1.5φm、内径約 0.8φm ・浮体高：約 0.6m

¹環境省九州地方環境事務所那覇自然環境事務所・いであ株式会社（2010）平成 21 年度石西礁湖サンゴ礁保全総合調査業務報告書（HP 版）

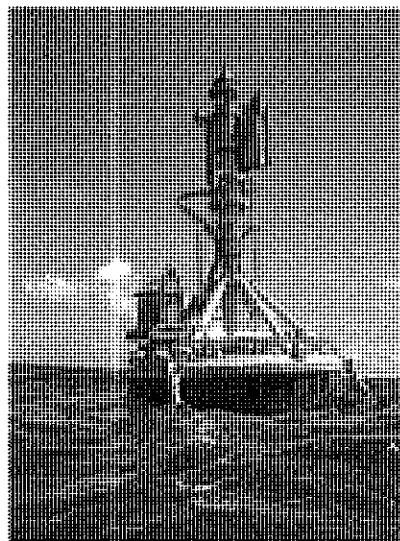


図 8.2.3-1 観測ブイ設置状況

観測機器の仕様を表 8.2.3-1 に示す。

表 8.2.3-1 観測機器の仕様

測定項目	測定機器	測定範囲	備考
水温・塩分	ワイパー付水温塩分センサ ACTW-Di (JFE アレック社製)	水温 (0~45℃)、電気伝 導度 (0~mS/cm)	
クロロフィル・ 濁度	ワイパー付クロロフィル・濁 度センサ ACLW-Di (JFE アレ ック社製)	クロロフィル (0~400 μ g/l)、濁度 (0~1000FTU)	
流向・流速	DL3 波高・流向・流速計、海上 ソニック社製	流向方位 (0~360 度)、 流速 (0~±500cm/s)	
波高	DL3 波高・流向・流速計、海上 ソニック社製	0~20m	
通信制御装置	アクアメール、JFE アレック社 製	計測データ：30 秒間のデ ータの平均	データ送信間 隔：1 時間

維持管理：観測センサ及び海上部の清掃、点検などモニタリングブイの維持管理作業を2週間1回行っている。作業はワイパー、防喰亜鉛板の異常有無点検、センサ等への付着物除去である。

(2) モニタリングの体制

(a) 実施機関

実施機関はこれまでポートビラ湾の水質観測を行い、機材、人員が整っている地質・鉱物・水資源局が行うことが適当であり、同局からも要望があった。

(b) 予算

表 8.2.3-2 無人観測ブイ設置、運営費用（千円）

項目	価格	内容	備考
製作費	20,000	ブイ、センサ	
輸送費	1,000	全長 4m、340kg	日本—バヌアツ
工事費	3,150		研修、初期点検を含む
維持費	120	センサ点検	2 回/月×12 ヶ月 備船
計	24,270		

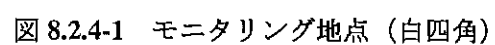
8.2.4 サンゴ及び海洋生物

(1) モニタリング手法

モニタリング手法については、AusAID が EIA の一環として、長期モニタリングを見据えたトランセクト調査を実施しており、スター埠頭付近を含むポートビラ湾内に、16 地点を設定している。Somper 主任研究官との協議で、3 地点程度であれば可能とのことであったので、湾内をスター埠頭～イリリキ島間、イフィラ島北部、バツマル小湾口の 3 エリアに区分し、各エリアから 1 地点を選定した。選定地点は、今回調査で比較的被度の高かったスター埠頭とイリリキ島間の S3T3、イフィラ島北部の S2T1、バツマル小湾口の S4T2 が適当である。

また、工事中に実施するスポット調査及びジュゴン・ウミガメ調査については、供用後も継続して実施する。

調査頻度は年 1 回程度とし、調査手法は今回調査でも実施した AusAID の手法を踏襲することが適切である。ただし、サンゴについては、種レベルでの観察が望まれるが、Somper 主任研究官によれば可能であるとのことであった。



(2) モニタリングの体制

供用後のサンゴ礁モニタリングは、長期モニタリングを含めて、海洋生物を担当している水産局が実施することが適当である。水産局の実施能力については前述したとおりであるが、実施について、Moses Amos 局長と協議し、必要器材の提供があれば可能との見解を得た。

(a) 実施機関

水産局

(b) 予算

表 8.2.4-1 サンゴモニタリング費用（VT）

項目	価格	内容	備考
ボート燃料費	2,000	船外機混合燃料	1 日
ボンベ代	6,000	2 人	2 本/人日、@1,500
機材購入費	203,000 円	水中ビデオカメラ（キャノン iVISHF）130,000 水中カメラ（オリンパス XZ-1）73,000	

8.2.5 EIA レポートの環境管理・モニタリング計画の更新

(1) EIA レポートにおける計画概要と本調査の検討内容

EIA レポートの供用時（水域の供用）の環境管理・モニタリング計画の各項目に対し、本調査で検討した内容を表 8.2.4-2 に整理した。検討結果は(2)以降の項または表中に示す章に記述する。

表 8.2.4-2 EIA レポートの環境管理・モニタリング計画と本調査の検討内容

EIA レポートにおける環境管理モニタリング計画（EIA レポートからの引用）			本調査での確認、検討の内容
活動/ 課題	環境管理モニタリング手法	責任	
<u>O-M 1. Impacts on marine biodiversity</u>	<u>O-M 1.1 海洋生物モニタリング</u> : ベースライン調査地点を最低年1回再調査し、事業影響の長期モニタリングを行う。	ターミナル所有者／オペレーターの費用で水産局が実施する	ポートビラ湾内のサンゴのベースライン調査を実施するとともに（5.1 章参照）、長期的なモニタリング計画を提案した（8.2.4 章参照）。
<u>O-M 2. 水質への影響</u>	<u>O-M 2.1 海洋汚染モニタリング</u> : 地質鉱物水資源省（Department of Geology, Mines and Water Resources (DGMWR)）は湾への排水流入箇所周辺で、水中の懸濁物質、農薬、炭化水素、堆積物、生物相の調査を行う。サンプリングは年4回または大雨直後に行う。	ターミナル所有者／オペレーターの費用で地質鉱物水資源省が実施する	DGMWR に水質モニタリングの可能性を確認するとともに、モニタリング計画を提案した（8.2.3 章参照）。
<u>O-M 3. 流況への影響</u>	<u>O-M 3.1 流動モデル</u> : 湾内の開発事業や活動の適切な評価、計画、管理のため、海流データの収集とポートビラにおける4D流動モデルの策定を行う。	ドナーの支援により政府が実施	流況観測をもとに3D流動モデルを構築し、事業による流況変化を予測した（6 章参照）。
<u>O-M 4. 油濁防止と対策</u>	<u>O-M 4.1 油濁防止策</u> : ポートビラ及びバ国全体の油濁防止策を策定する。	“	本事業に特化した問題ではなく、より包括的レベルでの議論が必要なため、今後バヌアツ国で取り組むべき課題として提言した（本項(2)参照）。
	<u>O-M 4.2. IMO 条約</u> : バヌアツ国が加盟するIMOの条約のレビューと更新。	“	“
	<u>O-M 4.3. 海事関連法規</u> : IMOの条約に関連するバヌアツ国の国内法規のレビューと更新	”	“

	O-M 4.4: ターミナル周辺の航路標識等: スター埠頭に関連する新航路標識等の導入に向けた港長との調整。	ターミナル設計者 所有者・オペレーター	ターミナル所有者／オペレーター（IPDS社）に対し、環境管理の実施に向けた手順を確認した。（本項(2)参照）
	O-M 4.5: 航路標識の見直し: ポートビラ湾全体の航路標識等の見直しと必要に応じた改善を行う。	ドナーの支援により政府が実施	本事業に特化した問題ではなく、より包括的レベルでの議論が必要なため、今後バヌアツ国で取り組むべき課題として提言した（本項(2)参照）。
	O-M 4.6 ポートステートコントロールの強化: 政府全般の海事規則実行能力強化とともに、港湾局のポートステートコントロールを確立するプログラムを実施する。	“	“
<u>O-M 5. マリンペスト</u>	O-M 5.1: マリンペストのリスク評価: 新航路が明らかになりしだい、マリンペスト侵入のリスク評価を行う。	“	“
	O-M 5.2 マリンペスト調査: ポートビラ湾全体のマリンペスト調査を行う。	“	“
	O-M 5.3: バラスト水条約と法制度: バラスト水条約を批准し、国内法を制定する。	“	“
<u>O-M 6. 船舶の防汚</u>	O-M 6.1: 有害防汚方法規制条約と法制度: 有害防汚方法規制条約を批准し、国内法を制定する。	“	“
<u>O-M 7. 船舶の廃棄物管理</u>	O-M 7.1. 船舶の廃棄物管理: スター埠頭とその他の港湾開発を含め、船舶からの廃棄物の適切な受け入れ体制を確立、実施する。 - 検疫廃棄物を高温処理するための処理場の修理と運転再開、維持 - 廃油処理における石油会社との連携	“	ターミナル所有者／オペレーター（IPDS社）に対し、環境管理の実施に向けた手順を確認した。（本項(2)参照）
<u>O-M 8. 船舶からの排水</u>	O-M 8.1: マルポール条約付属書 IV と法制度: マルポール条約に基づく国内法の整備	“	本事業に特化した問題ではなく、より包括的レベルでの議論が必要なため、今後バヌアツ国で取り組むべき課題として提言した（本項(2)参照）。

O-M 9. 他の水域利用への影響	O-M 9.1: 制限区域の設定: 安全確保のため、新埠頭周辺を制限区域とする。	港長	ターミナル所有者／オペレーター（IPDS社）に対し、環境管理の実施に向けた手順を確認した。（本項(2)参照）
-------------------	--	----	--

(2) 本調査での検討結果

本調査で確認した環境管理計画を以下に示す。

(a) ターミナル所有者／オペレーターが実施する環境管理

以下の環境管理については、インフラ公共事業省と財務経済省の責任の下、ターミナル所有者／オペレーター（IPDS 社）が、関係機関と調整し、実施する。

(i) 船舶の廃棄物管理（O-M 7.1）

供用後の新埠頭を利用するのは貨物船であり、客船ではないことから、船舶からのゴミはほとんど生じない見込みである。生じた場合には、現状では検疫所が国際船のゴミ処分を請け負っていることから、ゴミが発生する場合には検疫所の方法により処分する。EIA 実施当時は検疫所がゴミを搬入する高熱処理場が稼働していなかったが、現在は稼働が確認されている。

廃油については、現在すでに隣接する石油会社で処理されるようになっており、新埠頭の供用後もこれを継続、徹底する。

(ii) ターミナル周辺の航路標識等の導入に向けた調整（O-M 4.4）

新埠頭が供用された場合、当面は現在メイン埠頭を利用している国際貨物船が新たにスター埠頭を利用ようになる。メイン埠頭はスター埠頭に隣接しているため、メイン埠頭からスター埠頭への移動によって新たな航路標識等の航行支援システムの導入が必要になることはない。しかし、今後寄港する船舶数が増加し、事故のリスクが増加するとみられる場合は、ターミナル所有者／オペレーターは港長と調整しながら航路標識の設置を提案し、安全確保や事故による油濁の防止に努める。

(iii) 制限区域の設定に向けた調整（O-M 9.1）

新埠頭供用後には大型の国際貨物船がスター埠頭に接岸することとなる。スター埠頭周辺では小型漁船やレジャーボートなどが頻繁に航行しているため、必要に応じて港長と調整しながら制限区域を提案、設定し、水域利用者への周知を図る。

(b) 地質鉱物水資源局、水産局との協力により実施する環境管理

以下の環境管理については、インフラ公共事業省と財務経済省の責任の下、地質鉱物水資源局、水産局との協力により実施する。

(i) ポートビラ湾内の水質長期モニタリング（O-M 2.1）

新埠頭では排水施設の改善がなされるため、埠頭から湾内に汚水が排出されることはないが、港湾開発は間接的に都市や産業の発展を促し、ポートビラ湾への汚濁負荷を高める可能性がある。そのため、本調査ではポートビラ湾全体の水質保全に資するため、長期的な水質モニタリング手法を提案した（8.2.3 章参照）。

バヌアツ国の沿岸水質モニタリングを担当する地質鉱物水資源局は、水質分析室をもち、1999 年からポートビラ湾でもモニタリング調査を行ってきた。しかし、2004 年に降火災による機器の損傷で調査は中断され、2010 年に再開したものの、予算不足により定期的な調査はできていない状況にある。また、2010 年の調査では窒素、リンな

どの項目が採水により調査されているが、同局で水質分析を担当する人材は数名であり、頻繁な調査の実施は困難とみられる。そのため、本調査では同局のこうした予算的、人材的なキャパシティを考慮し、できるだけ少ない労力で確実に継続データが得られる方法として、無人観測ブイの導入を提案した。

(ii) ポートビラ湾内のサンゴの長期モニタリング (O-M 1.1)

ポートビラ湾内では、湾口に近い沿岸部を中心に良好な状態のサンゴが残されている。湾内の水質は悪化傾向にあるといわれるものの、浅瀬の透明度は依然高く、スノーケリングやグラスボートによる海中観察も行われている。そのため、生態系保全のみならず、観光資源保全の観点からも、サンゴに代表される海洋生物資源の長期モニタリングは重要である。

EIA 及び本調査で行ったサンゴのトランセクト調査は長期モニタリングを見据えた手法であり、水産局で技術的に実施可能である。また、年1回、3地点程度の調査であればさほどの財政的、人材的負担にはならないことから、水産局による長期モニタリングの実施を提案した（8.2.4 章参照）。

(c) 今後バヌアツ国で取り組むべき環境管理

以下の環境管理については、本事業に特化した内容ではなく、より包括的レベルでの議論が必要なため、今後バヌアツ国全体もしくはポートビラ湾全体を対象として取り組むべき課題とした。

(i) 油濁事故対策と航行安全対策 (O-M 4.1、O-M 4.5)

スター埠頭ではオイルタンカーの利用や船舶への給油は計画されていないため、大規模な油濁事故が発生する可能性は低い。しかし、港内の衝突事故が発生した場合、船舶から燃料が流出する可能性は否定できず、事故のリスクは今後船舶数が増加する場合には高まっていくと想定される。事故発生時の対処方法のトレーニング、安全性向上のための航路標識等の見直しを含め、今後バヌアツ国もしくはポートビラ全体で取り組むべき課題として提言する。

(ii) 油濁防止に向けた制度整備と関係機関の能力強化 (O-M 4.2、O-M 4.3、O-M 4.6)

バヌアツ国はIMOの加盟国であり、油汚染防止を定めたマルポール条約付属書Iを批准している。しかし、EIA レポートによればこれに対応する国内法は整備されていないとのことであり、バヌアツ国港湾局のポートステートコントロールの能力強化とともに今後取り組むべき課題として提言する。

(iii) マリンペスト（外来種）の包括的対策の検討 (O-M 5.1、O-M 5.2)

新埠頭を当面利用するのは現在隣接するメイン埠頭を利用している船舶であることから、新埠頭の供用がマリンペストの新たな侵入に直結するとは考えにくい。しかし、将来的には多様な水域からの船舶が来港する可能性があることから、新たなマリンペストが侵入する可能性がある。マリンペストの侵入はスター埠頭に限った問題ではなく、ポートビラ湾を利用する船舶全体で対策を講じることが重要なため、EIA レポートでも提案されているポートビラ湾内全体でのマリンペストの実態調査を含め、今後包括的な対策の検討を行うことが望まれる。検討内容の例として以下を提案する。

- ポートビラ湾内のマリンペストの実態調査
- 近隣諸国の実態を参考にしたリスク分析
- ポートビラへ寄港する船舶のマリンペスト対策（出港前の船底付着生物の除去、バラスト水対策）の義務化の可能性

(iv) バラスト水管理 (0-M 5.3)

上記と同じ理由により、新埠頭の供用がバラスト水排出の新たな影響に直結するとは考えにくい。しかし、将来的には多様な船籍の船舶が来港する可能性があることから、バラスト水排出による生態系への影響を低減するため、管理規制が必要である。

バヌアツ国は IMO のバラスト水管理条約 (BWM 条約) を批准していない。EIA レポートでは批准を提言しているが、BWM 条約自体が発効していないこと、発効しても処理施設の搭載義務は 2016 年以降になること、処理施設の普及には技術的な課題があることから、本調査ではバラスト水の沖合交換 (200 海里以上、水深 200m 以上) 等実効性のある管理に向けた国内法の制定を提言する。EIA レポートによれば、バヌアツ国では、バヌアツ海域でのバラスト水排出を禁じる条文を含む法案が存在するが、現実的な内容になっていないことが指摘されている。実効性があり、かつ経済的にみても実現性のある法規制の検討が必要である。

(v) 船舶の有害防汚方法規制 (0-M 6.1)

新埠頭を当面利用するのは現在隣接するメイン埠頭を利用している船舶であることから、新埠頭の供用により船底の有害防汚物質の新たな影響が生じるとは考えにくい。しかし、今後寄港船舶数が増加すれば、防汚物質の影響が生じる可能性は否定できず、適切な管理規制が必要である。

EIA レポートでは IMO の有害防汚方法規制条約の批准を提案しているが、TBT 等の有害防汚物質の使用実態把握を含め、今後バヌアツ国で包括的に取り組んでいくことを提言する。

(vi) 船舶の污水排出管理 (0-M 8.1)

新埠頭の供用後、スター埠頭を新たに使う予定の国際貨物船は当面 7 隻のみであり (シンガポール 1、日本・韓国 2、オーストラリア 2、ニュージーランド 2)、いずれも自国の法制度に基づき污水を船上処理しているため、新たな汚染は当面生じない見込みである。しかし、今後多様な船籍の船舶が寄港する可能性があることや、湾内の水域を利用しているレジャーボートや小型の貨物船の多くは処理施設をもっていないとみられることから、ポートビラ湾の水質保全のため、湾全体を対象とする污水排出管理の規制強化が望まれる。

バヌアツ国は船舶からの污水排出管理を定めるマルポール条約付属書 IV を批准していることから、今後は同条約順守のため、具体的取り組みが望まれる。

(3) 供用時の環境管理・モニタリング計画まとめ

上記の検討結果をふまえ、本調査で提案する供用時 (水域の供用) の環境管理・モニタリング計画を表 8.2.4-3 に整理するとともに、バヌアツ国が今後取り組むべき課題として表 8.2.4-4 を提案する。

表 8.2.4-3 供用時（水域の供用）の環境管理・モニタリング計画のまとめ

作業内容	実施体制	費用（円）	費用備考
航路標識の導入に向けた調整	ターミナル所有者／オペレーター（IPDS 社）が、関係機関と調整し実施。	—	
船舶の廃棄物管理		—	
制限区域の設定に向けた調整		—	
水質長期モニタリング	地質鉱物水資源局が実施し、インフラ公共事業省にデータを提供。	21,240,000 +3,150,000	ブイ製作費、輸送費、工事費、維持費 2 年分（120,000 円/年）
サンゴ長期モニタリング	水産局が実施し、インフラ公共事業省にデータを提供。	219,000	カメラ等機材費、ボート燃料・ポンペ 2 年分（8,000 円/年）
計		24,609,000	

表 8.2.4-4 バヌアツ国の今後の取り組みの提案

項目	提案概要
油濁事故対策	・ 事故発生時の対処方法の確立、トレーニング ・ 航行安全性向上に向けた航路標識等の見直し
油濁防止に向けた制度整備と関係機関の能力強化	・ マルポール条約順守のための国内法の整備 ・ ポートステートコントロールの強化
マリンペスト（外来種）の包括的対策の検討	・ ポートビラ湾内のマリンペストの実態調査 ・ 近隣諸国の実態を参考にしたリスク分析 ・ ポートビラへ寄港する船舶のマリンペスト対策（出港前の船底付着生物の除去、バラスト水対策）の義務化
バラスト水管理	・ バラスト水の沖合交換の義務化を含む国内法の整備
船舶の有害防汚方法規制	・ 有害防汚物質の使用実態把握と規制に係る国内法の整備
船舶の汚水排出管理	・ マルポール条約順守のための規制強化

9. 提 言

本調査を通じて得られた知見をもとに、緩和策の実施や環境管理、モニタリング計画など本事業計画に含まれるもの以外に、バヌアツ政府が今後自主的に実施することが望ましいと考えられる事項について、JICA 調査団からの提言として以下のとおり整理した。

9.1 サンゴ礁保全計画の策定

ポートビラ湾のサンゴ礁に影響を及ぼす水質汚濁負荷の大半はポートビラ市街地から流入すると考えられるが、市街地における污水处理整備事業は現在、計画が進行中であり、近い将来、事業が実現すれば湾内の水質は安定化され、サンゴ礁保全に貢献することになる。あわせて、サンゴ礁の保全計画を策定することにより、サンゴ礁観光地として一定水準のサンゴ群集を長期的に維持させることが望まれる。具体的には、モニタリング地点におけるサンゴ群集の種数、被度等の維持目標を策定し、モニタリングにより現況把握を行いながら、環境管理を行うことが求められる。

サンゴ礁保全対策の一例 埋立護岸法面のサンゴ創生

スター埠頭の埋立予定区域に分布するサンゴは、緩和措置としてイリリキ島西側に移設されることにより保全されるが、代償措置として、埋立護岸法面にサンゴ移植や加入促進を試みることで、サンゴ群集の創生を図ることが検討されてよい。創生により、再生産による幼生の供給、魚類等へのすみかの提供、海中景観の創生機能が維持でき、ポートビラ湾のサンゴ礁保全に貢献が可能である。

宮古島平良港では、埋立地（トゥリバー地区）の護岸法面に堤防整備により消滅するサンゴの移植や防波堤への加入促進が行われている。本事業では、消滅区域のサンゴは類似環境に移設されるため、そのサンゴを移植することはできない。そこで、サンゴ種苗生産による移植や法面加工による加入促進を提案したい。

種苗生産は、サンゴ着床基盤をサンゴ産卵期に海底に設置し、浮遊幼生を着底させた後、一定期間海底で育成させた種苗を植え付けるものである。これまでの移植が既存サンゴの破片を植え付けるため、既存サンゴにダメージを与える恐れがあったのに対し、この方法では全くダメージはなく、また多種大量の種苗を生産することが可能である。また、加入促進は護岸法面に凹凸加工を施したり、自然石により法面を構築する方法などがある。この場合、事前に着床基盤を設置し、加入調査を行い、その可能性を検討する必要がある。

ポートビラ湾においても、これらの実施は可能と考えられるため、試験的に実施し、可能性を評価することが考えられる。

但し、本対策の検討にあたっては、実施に要するコストや人的資源と効果を十分に検証する必要がある。

9.2 全国レベルからの環境保全計画や開発計画の策定

ポートビラ市とその周辺を含めた人口は、2009年時点で58,000人と見積もられているが、2025年には109,000人に達しうるとされている(Proposed Loan and Administration of Grant, Port Vila Urban Development Project, ADB, 2011)。これに伴い、物流の基盤としての港湾やそれに接続する道路整備も、今後ますます重要が高まると考えられる。また、バ国の主要産業である観光の発展にも、移動手段としての交通インフラ整備が欠かせない。

エファテ島ではポートビラ周辺以外は手つかずの自然が広く残されており、大きな街も存在しない。しかし、今後港湾やその他の開発の重要が高まる場合、限られたポートビラ湾の水域の集約的な利用の在り方のみならず、他の地域で新たな開発を行う可能性を含め、多様な観点からの議論が必要になると考えられる。手つかずの自然の残る地域における開発は、それだけ大きな環境影響を伴うことから、できるだけ早期に観光開発を視野に入れた交通インフラ整備の将来計画を検討し、拡大する産業経済生活活動に伴う環境への影響を適切に配慮していくための戦略的環境影響評価を行うことを提案する。

環境影響評価の実施にあたっては、現状では全国レベルでの自然資源調査が不足していることから、保全対象とすべき自然資源の特定や分布の把握及びその評価など、基礎的な調査や知見の整理が不可欠である。これら広域的な自然資源の調査と評価結果をもとに、保全計画、土地利用計画、分散化を含めた観光開発計画等の総合開発計画、さらにそれらに基づくインフラ整備計画が国レベル、島レベルで策定される必要がある。

従って、インフラ整備計画や観光開発計画と自然環境保全計画とは、本来は全国レベルから段階的に策定され、それぞれの計画におけるポートビラ湾周辺地区の位置づけが検討されるとともに、これらの計画が相互に融合された総合的な上位計画に基づいて最終的に同地区のインフラ整備計画が策定されるべきである。

9.1で述べたサンゴ礁保全計画についても同様に、まず全国的視野にたったサンゴ保全計画が策定され、その中で本事業地区において必要な保全策を検討することで、本事業で実施するモニタリングの結果やモニタリングに係る技術の蓄積が同保全策に有効に活用されるよう取り組むべきである。

9.3 ポートビラ湾の持続的利用に向けた枠組みの形成

ポートビラ湾内ではスター埠頭における本事業のほか、国内埠頭整備やリゾート開発など、複数の事業が計画されている。現状では環境影響評価は個々の事業ごとに行われているが、事業ごとにみた影響は小さくとも、全体でみれば累積的、複合的な影響が生じる可能性は否定できない。そのため、バヌアツ政府は各事業の環境影響評価調査が重複、矛盾することのないよう留意するとともに、累積的、複合的な影響の可能性を視野に入れた湾全体の持続的な利用総合計画を策定し、そのもとに各事業計画を位置付けて体系的な環境保全と利用を進

めることが望ましい。

また、バ国では環境影響評価の一環として一般市民を対象としたステークホルダー協議が実施されるようになっているが、累積的、複合的影響を考慮したうえで協議が行われるよう、異なる事業の関係者間で情報共有に努めるべきである。

実際には、ポートビラ湾周辺はイフィラ族の慣習地であり、湾周辺に係わる開発プロジェクトはすべて同族の了解若しくは同族自らの意思に基づいて実施されることになるため、ポートビラ湾の利用については政府よりもむしろ同族が一元的に決定権を持っているといえる。従って、ポートビラ湾の持続的利用を図るという意味では、同族の上層部の理解が重要となるため、政府側から持続的利用に関する協議を呼びかけて行くことが求められる。

他方で、新たな開発計画の策定にあたっては、今年新たに制定された環境影響評価規則によって、EIA の過程でステークホルダーとの協議を行うことが義務付けられた。これにより、一般市民を含む様々な立場の関係者が開発の是非に公式な発言ができるようになり、その点では湾の持続的利用に向けた合意形成の枠組みが一步前進したといえる。

ステークホルダーからの意見の窓口となり、それをふまえて環境面から事業実施に承認を与えるのは環境保護保全局の役割である。同局には今後、関連機関の間に立つ調整能力とともに、湾の環境保全に対する具体的方針が求められると考えられる。同局長によれば、環境保護保全局ではポートビラ湾の環境保全に関するマスタープランの策定を提案しているとのことである。バ国の社会的背景や環境保全の必要性をふまえ、こうしたマスタープランや包括的な視点に立った戦略が早期に作成されることを求めたい。

一方、開発の是非の判断に際しては、イフィラ族はもとより、関係省庁の間でも現状では湾内の環境に関する科学的知見が乏しい状況にある。湾内の環境モニタリングについては、水質は地質鉱物水資源局、サンゴ等は水産局に実績があるが、地質鉱物水資源局の場合は主に財政上の問題から十分な調査ができておらず、水産局の場合は湾内をこれまで長期モニタリングの対象としてこなかった。このような状況をふまえ、本調査ではスター埠頭供用時のモニタリングの一環として、両局が担当する長期モニタリングの実施を提案した。長期モニタリングが確実に実施されるとともに、次のステップとしてその結果が効果的に公開、活用されるよう、組織的、技術的枠組みの形成が望まれる。また、モニタリングや環境管理計画はそれぞれの事業計画ごとに個別に実施されるべきではなく、共通の環境管理計画やモニタリング計画が策定されるべきである。そのためには、すべてのステークホルダーの共通のプラットフォームが形成される必要がある。そこで、ここではそのあり方の一つとして、以下に示す「ポートビラ湾の環境保全と持続的利用のためのコミッティ」の設立を提案したい。コミッティは、将来的には湾の環境保全や開発に関する意思決定機能を備えていくことが望ましいと考えられるが、当面は科学的データを共有する場としての開始を提案する。

運営にあたっては、環境保護保全局が中心となることが望ましい。しかし、同局の年間予算は限られており（2011 年約 15 百万バツ、2010 年約 18 百万バツ）、職員数も 18 名（正規職員 10 名、プロジェクト雇用 7 名、ボランティアアドバイザー 1 名）と必ずしも十分とはいえない。予算面、

人材面の強化が望まれるとともに、当面は他の関連機関の協力も不可欠と考えられる。

「ポートビラ湾の環境保全と持続的利用のためのコミッティ」(案)

目 的：モニタリングデータの評価、科学的知見に基づくポートビラ湾の環境保全や持続的利用に向けた課題の協議、情報共有、合意形成

構成者：環境保護保全局、地質鉱物水資源局、水産局、学識者・専門家

インフラ公共事業省（港湾局、公共事業局）、ほか政府機関

イフィラ族、シェファ州、ポートビラ市、観光業者 等

9.4 環境管理・モニタリングに関わる人材の育成と組織の強化

本事業で計画している環境管理計画やモニタリングを実施していくために求められる人材の拡充や予算の確保を含めた十分な体制を構築していくことが望まれる。特に環境行政や EIA の審査を担当する環境保護保全局を含め、水産局、地質鉱物水資源局など環境保全や環境モニタリングを管轄する部局の組織的強化、人材の育成が求められる。