

8 海岸防護・再生計画に係る地域住民との合意形成

8.1 地域住民への公聴会

8.1.1 公聴会実施の趣旨

2009年8月より実施された基礎調査の結果を基に提案した海岸防護・再生計画の基本方針及び対策事業（案）について、これまで数回にわたる Project Coordinate Committee（以下、「PCC」とする）を通じてツバル政府側と協議を行ってきた。

しかしながら、事業が実施された際、最も生活に影響を受けるのは沿岸域に居住する住民である。また、中央政府の権限が脆弱で、Fale Kaupule をはじめとするコミュニティの意思決定が尊重される独特な社会構造が存在するツバル国においては、地域住民の合意及び協力を獲得することは必須である。

当該事業の必要性の確認、当該事業の対象地域の選定プロセス・概ねの規模や実施内容等の基本的な事項、当該事業を実施するにあたっての課題、住民の責任や役割などについては、住民とできる限り早い段階で共有することが望ましい。このような地域住民との双方向のコミュニケーション・プロセスが、より地域住民のニーズに即し、実現可能性の高い計画策定につながる。

8.1.2 公聴会の位置づけ

海岸防護・再生計画の策定プロセスを住民参画の観点から整理したものが図 8.1 である。本調査は、2009年8月から2010年12月までの約一年半をかけて、ツバル国に適した海岸防護・再生計画及び対策事業（案）に関する提言を含む最終レポートを作成する。公聴会は2010年6月と2010年9月の2回計画された。公聴会を通じて住民より得られた意見は、さらなる情報・データ分析結果とともに計画案に反映させることとした。

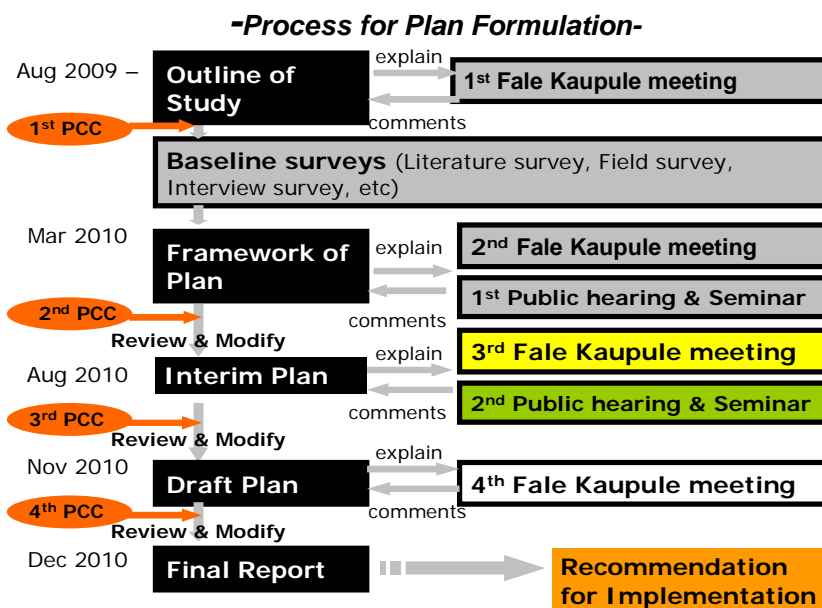


図 8.1 住民参画の観点から整理した海岸防護・再生計画の策定プロセス

8.1.3 目的

本公聴会は、計画策定プロセスへの地域住民の参画を促進し、事業案の必要性と課題を共有する過程を通じて、海岸防護・再生計画の基本方針及び対策事業（案）に対する地域住民の意向を把握することを目的として実施した。

8.1.4 対象

公聴会は、基礎調査、海岸災害の発生実態、背後地の状況、人口分布などの条件に基づき、最優先地域に設定された図 8.2 の「#1」地域、Fongafale 島中央部のラグーン側3地区 (Senala、Alapi、Vaiaku) の沿岸部に居住する住民及び対象地域を利用する漁民を対象とした。

ツバルの社会構造を考慮し、住民を①コミュニティにおける最高意思決定機関である「Fale Kaupule」、②「地域住民」の2つの観点から捉え、それぞれに対して協議または公聴会の場を設定した。

なお、コミュニティ内の意思決定過程における女性及び青年の参画が不十分と指摘されるツバル国の現状に対応するために、女性及び青年に対してはそれぞれ別途公聴会の場を設けることとした。

また、現在提案されている対策事業（案）では、漁民の既存の沿岸利用への影響が懸念されるため、より深く議論を展開させるため、漁民に対しても別途公聴会の場を設けた。

以上より、公聴会は以下の5グループを対象に個別に実施することとした。

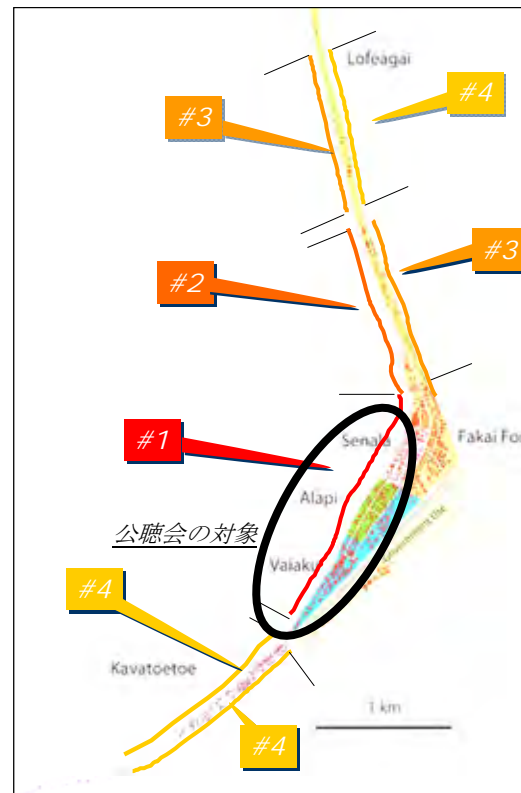


図 8.2 公聴会の対象地域

表 8.1 公聴会の対象グループ

対象グループ
①Fale Kaupule (フナフチ出身長老)
②女性グループ (Alapi, Senala, Vaiaku 地区 事業対象地域沿岸居住者)
③Masaua (全住民/男性グループ) (同上)
④青年グループ (同上)
⑤漁民グループ (事業対象地域沿岸利用者)

8.1.5 実施要領

(1) 住民招集

以下の方法で住民招集を図った。

① FaleKaupule の承認獲得 [第 1・2 回公聴会]

F unafuti Kaupule を通じて FaleKaupule に対し公聴会の趣旨と実施要領を説明し、承認を得た。

② 住民招致用ビラ (ツバル語) の配布 [第 1 回公聴会]

公聴会の趣旨、住民参加の重要性、スケジュール等をまとめたビラをツバル語で作成し (図 8.3)、ローカル・ボランティアの個別訪問によって配布した。

③ 各グループ長との日程調整及びメンバー招集依頼 [第 1・2 回公聴会]

対象グループの長 (President/Leader) を Funafuti Kaupule とともに個別訪問し、日程調整の検討とメンバー招集の依頼を行った。各グループは、月 1 回の頻度でミーティングを定期的に行っていることから、できる限り多くの参加者を募るため、公聴会の日程はミーティングの日程に合わせて設定した。

④ ラジオ放送 [第 1・2 回公聴会]

ラジオ放送は、ツバル国民にとって最も身近な情報入手ツールである。公聴会の実施前及び当日に、Funafuti Kaupule を通じてツバル語でラジオ放送を行い、住民の参加を呼びかけた。



図 8.3 住民招致用ビラ

(2) 実施スケジュール

各回の実施スケジュールは以下の通り。

① 第 1 回公聴会

表 8.2 スケジュール (第 1 回公聴会)

実施日	時間	対象グループ
2010年6月11日(金)	10:00 - 12:00	①女性グループ
	19:00 - 21:00	②全住民
2010年6月16日(水)	10:00 - 12:00	③青年グループ
	19:00 - 21:00	④漁民グループ(1)
2010年6月20日(日)	19:00 - 20:30	⑤漁民グループ(2)

なお、漁民グループを対象にした公聴会は、平日の夜間に漁に出ている漁民が多く、第 1 回目の出席者が少なかったため、日曜日に改めて設定した。

② 第2回公聴会

表 8.3 スケジュール (第2回公聴会)

実施日	時間	対象グループ
2010年9月7日(火)	8:30 - 10:00	①FaleKaupule
2010年9月8日(水)	16:00 - 18:00	②Masaua(男性グループ)
	19:30 - 21:30	③女性グループ (Vaiaku 地区)
2010年9月9日(木)	14:30 - 16:30	④女性グループ (Senala・Alapi 地区)
	19:30 - 22:00	⑤青年グループ
2010年9月13日(月)	19:00 - 22:00	⑥漁民グループ

女性グループを対象にした公聴会では、ジェンダー関連機関（内務・地方開発省女性開発局、Tuvalu National Council of Women(NGO)）にも公聴会への参加を呼び掛け、出席してもらった。なお、これらの機関は、第2回PCC協議にも出席している。

また、対策事業の実施による既存の土地所有権への影響が懸念されるため、土地調査局 (Department of Land and Survey)にも出席を依頼した。

(3) 発表内容

プレゼンテーション資料は調査団によって作成されたが、住民が理解しやすいよう、プレゼンテーションはツバル語に翻訳し、また、発表自体も Funafuti Kaupule の職員によってツバル語で実施した。女性及び青年グループに対しては、女性で Community Worker 担当者に、また、住民及び漁民グループに対しては、男性職員に発表を依頼した。発表者には、内容を十分に理解してもらうために、事前にブリーフィングを行った。各回のプレゼンテーションの概要は以下の通り。なお、プレゼンテーション資料は、Supporting Report の PART V の Section 1 に添付した。

① 第1回公聴会

プレゼンテーションでは、まず調査の概要を述べた後、ベースライン調査の結果に基づきツバルにおける海岸災害の実態について説明を行った。続く海岸防護・再生計画の基本方針及び対策事業(案)の説明では、護岸、離岸堤、養浜といった代表的な海岸防護対策の利点及び欠点について述べ、どの対策が最適か参加者自身に検討させるように工夫した。最後に、質疑の時間を設け、対象エリアにおける利用実態、また、対策事業実施による生じ得る懸念や弊害についての把握を図った。

表 8.4 プレゼンテーションの構成（第1回公聴会）

	項目	内容
1	本調査の概要	<ul style="list-style-type: none"> - 調査の背景・目的 - 住民参加の観点からみた計画策定プロセス
2	ベースライン調査の結果報告	<ul style="list-style-type: none"> - 海面上昇の現状 - 海岸災害の実態（インタビュー調査より） - 漂砂に伴う海岸侵食
3	海岸防護・再生計画の基本方針及び対策事業（案）	<ul style="list-style-type: none"> - 優先地域の選定 - 最適な海岸防護対策の検討（各対策（護岸、離岸堤、養浜）の利点と欠点） - 対策事業（案）による懸念事項（既存の沿岸利用形態の変更、土地所有の明確化、モニタリング・維持管理の必要性） - モニタリング・維持管理手法の検討
4	質疑	<ul style="list-style-type: none"> - 対象エリアの利用実態 - 事業実施に伴う日常利用の障害の可能性の有無とその内容 - 対象エリアにおける海岸防護対策の実施経験の有無とその内容 - 海岸防護対策への参画可能性（とくにモニタリング・維持管理において） - 事業に対する不安や懸念 - 事業実施前・中・後における住民対策の必要性 - その他

② 第2回公聴会

第2回公聴会は、前半をツバルにおける海岸防護と題してセミナーとし、上記の第1回目の公聴会のプレゼンテーション内容のうち「1」～「3」について発表した。後半は、対策事業に特化した内容とし、第1回目の公聴会やPCCなどで特に議論になった項目について議論を行い、意見の集約を図った。

表 8.5 プレゼンテーションの構成（第2回公聴会）

	項目	内容
1	セミナー： 「ツバルにおける海岸災害とその防護・再生対策」	<ul style="list-style-type: none"> - 本調査の概要 - ベースライン調査の結果報告 - 海岸防護・再生計画の基本方針及び対策事業（案） （※第1回公聴会のプレゼン資料をベースに作成）
2	ディスカッション： 「対策事業における課題」	<ul style="list-style-type: none"> - 養浜の基本設計の概要 - 土地所有の所在 - 維持管理・モニタリング実施体制 - 礫の必要量及び入手先 - 漁民配慮（船揚場など）

(4) フィードバック・シートの活用

公聴会の参加者のなかには発言することに慣れていない参加者も多いことが予想されたため、公聴会終了後に参加者全員に対しフィードバック・シートを配布し、住民の理解度の確認と意見の把握を行った。なお、フィードバック・シートの内容及び結果については、Supporting Report の PART V の Section 1 に添付した。

8.1.6 写真

各公聴会の実施風景を以下に示す。

■ 第1回公聴会

① 女性グループ対象



写真 8.1 女性グループ対象の公聴会



写真 8.2 真剣に議論を交わす参加者

② 住民対象



写真 8.3 住民グループ対象の公聴会



写真 8.4 優先地域を説明する Kaupule 職員

③ 青年グループ対象



写真 8.5 最適と考える海岸防護対策のオプションに挙手する参加者



写真 8.6 フィードバック・シートに記入する参加者

④ 漁民グループ対象



写真 8.7 海岸防護対策のオプションを提示する Kaupule 職員



写真 8.8 漁民グループ対象の公聴会 (第2回目)

■ 第2回公聴会



写真 8.9 Fale Kapule 対象の公聴会



写真 8.10 Masaua (男性) 対象の公聴会



写真 8.11 女性グループ (Vaiaku 地区)対象の公聴会



写真 8.12 女性グループ (Funafuti(Senala・Alapi 地区))対象の公聴会



写真 8.13 青年グループ対象の公聴会



写真 8.14 Funafuti Kaupule 及び J-PACE 団員によるプレゼンテーション発表



写真 8.15 漁民グループ対象の公聴会 (グループ間でのディスカッション)



写真 8.16 グループ代表者 (漁民) によるプレゼンテーション

8.2 住民から寄せられた意見・コメント

(1) 第1回公聴会

第1回公聴会において住民から得られた意見及びコメントは、以下のとおりである。

表 8.6 住民から寄せられた意見・コメント（第1回公聴会）

住民から寄せられた意見・コメント <対象グループ>	海岸防護・再生計画との関連
【懸念】 ① 施工期間中の舟の出し入れへの支障 <漁民> ② 礫の移動可能性 <全対象>	3.2.4 施工計画（①、⑨、⑩） 3.2.5 モニタリング計画（②～⑤）
【提案】 ③ 維持管理・モニタリング実施主体の明確化 <女性、青年> ④ 事業実施後のモニタリング・フォローアップの実施 <住民> ⑤ 意識啓発プログラム、維持管理・モニタリングの能力向上のためのトレーニング、ラジオプログラムの実施 <全対象> ⑥ 養浜により前出しされた土地の所有権の明確化 <漁民> ⑦ 礫の誤使用を禁止するための法制度の確立及び徹底 <全対象> ⑧ 海岸防護に向けた沿岸植生の実施 <全対象> ⑨ 養浜上での舟の引き上げを容易にするスロープ等の設置 <漁民> ⑩ 船を強風やハリケーンから守るための船着き場の整備 <漁民> ⑪ 迅速な事業の実現化 <全対象>	3.2.6 環境社会配慮計画（①、④、⑥、⑨） 3.2.9 維持管理・運営管理計画（③、④、⑥、⑦、⑧） 3.2.10 組織・制度計画（⑥～⑩）

（※海岸防護・再生計画との関連で示した数字は、インテリム・レポートにおける海岸防護・再生計画の項目ナンバーと一致する）

(2) 第2回公聴会

第2回公聴会において住民から得られた意見及びコメント、またそれに対する調査団の対応、海岸防護・再生計画において反映すべき計画について次項の通り整理した。

表 8.7 住民から寄せられた意見・コメント（第2回公聴会）

意見・コメント ＜対象グループ＞	要約・補足	対応	反映すべき関連計画
① 養浜された前浜の土地所有権 ＜全対象＞	<ul style="list-style-type: none"> - J-PACE はプレゼンを通じて、養浜された土地の所有権は国(Crown)に委ねるべきではないか、と提案。 - 養浜の土地所有権は国(Crown)ではなく、Fale Kaupule に委ねるべきとの意見が多数。Fongafale 島の土地所有権は、国(Crown)より Fale Kaupule に譲渡されている (Fale Kaupule Act に明記)。 - Fale Kaupule 対象の公聴会での議論を通じて、Fale Kaupule より政府に対し、養浜の土地所有権を Fale Kaupule とし、Community Land として位置づけることを要請するレターを提出することとなった。 - Fale Kaupule は、2007 年に土地造成に関する要請をツバル政府を通じて日本政府に提出したことが J-PACE プロジェクトが開始されたきっかけと捉えており、J-PACE のプロジェクトに対する Fale Kaupule のオーナーシップは強い。 - Vaiaku には離島出身者が多数居住しており、政府が土地所有権を有すべきとの意見も少なくない。 - 漁民は、漁船を養浜上に日常的に置くことを要望。 	<ul style="list-style-type: none"> - 要フォローアップ。 - コミュニティ参加型の維持管理やモニタリングを実施する場合、養浜の土地所有権を Fale Kaupule に委ねることが適切である。政府は、自国を不在にしている場合が多いため、技術的なアドバイスはできても、継続的な実施はほとんど期待できない。 - 優先地域 (Area#1) の Vaiaku 地区における事業実施に際しては、Vaiaku 住民への配慮が必要。 	<p>9.6 維持管理・運営計画</p> <p>9.7 モニタリング計画</p> <p>9.8 組織・制度計画</p> <p>10 環境社会配慮計画</p>
② 条例制定の必要性 ＜全対象＞	<ul style="list-style-type: none"> - 養浜に特化した By-law の制定を望む声が多い。By-law では以下の事項を明確に示すべきとしている。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 土地所有権の所在 (なお、住民からは土地所有権は 	<ul style="list-style-type: none"> - 所有権と利用権の観点から整理する必要がある。 - By-law は、中央政府機関(Land and Survey 局等)、Funafuti Kaupule、Fale Kaupule、土地所有者間で 	<p>9.6 維持管理・運営計画</p> <p>9.7 モニタリング計画</p> <p>9.8 組織・制度計画</p>

	<p>Fale Kaupule に帰属させ、Funafuti Kaupule をその管理・調整・執行機関とするべきとの意見が多い (*フィードバック・シート結果参照)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 誤使用に対する厳しい罰則の設定 <p>- なお、By-law は通常 Funafuti Kaupule が原案を作成し、Fale Kaupule との数回にわたる協議を経て、最終化される。土地所有に関わる場合、プロセスが長期化する傾向がある (*Funafuti Kaupule へのヒアリングより)</p>	<p>十分に協議した上で制定する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> - By-law の執行体制についても明確にすべき (警察なども巻き込む)。 - 条例制定には十分なタイムフレームを確保する。 	
③ 礫及び砂の入手先 (環礁内 3 島/滑走路脇、ラグーン内)における環境影響 <全対象>	<ul style="list-style-type: none"> - 漁民に対しては時間的な制約から本件を説明する時間を設けることができなかつたものの、フィードバック・シートを通じて懸念が示された (*フィードバック・シート結果参照)。 	<ul style="list-style-type: none"> - J-PACE より以下のように回答。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 環礁内 3 島：島南端部の礫集積部の海水面下より礫を掘削する予定。海水面下であるため、土地所有権も発生しない。 ・ 滑走路脇：既存の土地利用に影響ないように十分に考慮する。砂による埋め戻しにより、滑走路利用により適した地形条件となる。 ・ ラグーン内：当該地区は過去 SOPAC の調査によって環境影響が少ないことが既に証明済み。 - 基本設計や施工期間中、環境影響の有無については十分に検証し、漁民をはじめ住民に対し適宜報告していく必要がある。 	<p>9.3 養浜材の必要量の検討</p> <p>9.4 生態系への影響評価</p> <p>9.5 施工計画</p> <p>9.7 モニタリング計画</p> <p>10 環境社会配慮計画</p>
④ 養浜による海洋環境及び対象地	-	<ul style="list-style-type: none"> - J-PACE は、養浜施工による海洋環境及び対象地域外への環境影響は考慮した上で施設設計を検 	<p>9.4 生態系への影響評価</p> <p>9.7 モニタリング計画</p>

域外への環境影響<男性住民>		<p>討している、と回答。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 施工前~後にかけて定期的なモニタリングを実施し、結果を適宜報告するなどの対応を行うことが望ましい。 	10 環境社会配慮計画
⑤ 養浜に利用した礫の移動可能性<女性、漁民>	<ul style="list-style-type: none"> - 住民自らの経験に基づき、強風、悪天候時における礫の移動可能性について懸念が示された。 - 	<ul style="list-style-type: none"> - J-PACE は、礫は沖側には移動・流出しないこと、移動するとしても非常に軽微であること、を説明。 - ある地域を対象にパイロット的に養浜を実施し、礫の移動特性を把握し、段階的に事業を実施することが望ましい。 	9.5 施工計画 9.7 モニタリング計画 9.10 事業実施計画
⑥ 端部処理用石材の移動可能性<長老、漁民>	<ul style="list-style-type: none"> - 過去に米軍が設置した端部処理が崩壊したことから懸念が示される。 	<ul style="list-style-type: none"> - J-PACE は、波力による安定性を考慮した上で設計する、と回答。 	9.2 海岸保全施設の設計 9.7 モニタリング計画
⑦ パラペットによる排水機能及び漁船のアクセス性に対する障害<漁民>	<ul style="list-style-type: none"> - パラペットの存在により、冠水発生時に陸側に溜まった水のラグーン側への排水が困難になること、また、漁船の陸揚げ時に物理的な障害となること、が指摘された。 	<ul style="list-style-type: none"> - J-PACE は、パラペットの構造に、排水スリット及び小型のスロープを設置することで対応、と回答。 	9.2 海岸保全施設の設計
⑧ 舟揚場の設置の必要性 <男性住民、漁民>	<ul style="list-style-type: none"> - 漁民より、養浜により船を陸揚げするための距離が長くなることから、魚やココナッツなどを水揚げする際困難になること等、舟の海から陸へのアクセス性が課題として指摘された。 	<ul style="list-style-type: none"> - J-PACE は、養浜上での舟揚場の設置は制限されること、端部処理を舟揚場として利用できる可能性があること、リムーバルで簡易な舟揚機材により代替可能であること、を説明。 - 端部処理を舟揚場として利用する場合、陸地部分に船の一時的な保管場所としてのスペースが必 	9.2 海岸保全施設の設計 9.8 組織・制度計画 9.9 概算事業費 10 環境社会配慮計画

		要となる可能性がある。周辺住民との十分な協議が必要。	
⑨ 船着き場の整備 ＜漁民＞	- 漁民より、異常気象時における漁船の安全な停泊場として、ハーバーやマリーナの設置を希望する要望が出された。	- J-PACE は、養浜によって生じる課題への解決策とはならないため本事業の対象外であることを説明。 - 荒天時におけるボートの安全性の確保は、漁民にとって最大関心事項の一つであることから、緊急時の情報伝達手段の確立などソフト・コンポーネント対策を強化することで対応する。	9.8 組織・制度計画
⑩ 施工後の養浜における侵食発生の可能性 ＜長老、女性＞	-	- J-PACE より、礫は沖側には移動・流出しないこと、Forum Sand Project により将来的に砂の供給の増加が期待されることから、侵食発生の可能性は少ないことを説明。	9.2 海岸保全施設の設計 9.7 モニタリング計画
⑪ 維持管理・モニタリング計画における FaleKaupule の位置づけ ＜男性住民＞	- 維持管理・モニタリングの関連機関の一つとして、Fale Kaupule を位置づけるべき、との意見あり。	- 既存の指示系統 (Fale Kaupule→コミュニティ) を活用することは、コミュニティ参画型の維持管理・モニタリングの実質的な展開を図る上で重要。	9.6 維持管理・運営計画 9.7 モニタリング計画 9.8 組織・制度計画
⑫ 事業計画・実施段階における女性・青年の参画 ＜女性、青年＞	- 女性、青年ともに本事業（計画・実施・維持管理/モニタリング）への参画を要望。	- ワークショップの開催やラジオ等を通じた情報共有、工事要員としての活用（青年）、子どもへの教育啓発・工事要員への食事提供（女性）、維持管理・モニタリングの実施主体として等、参画の場を積極的に提供することが望まれる。	9.6 維持管理・運営計画 9.7 モニタリング計画 9.8 組織・制度計画 10 環境社会配慮計画

8.3 結論

以下に、公聴会を通じて得られた結論を述べる。

- 現在生じている海岸災害は、主に居住域の拡大等の人為的な要因によって顕在化したものと考えられるが、住民は当初マスメディア等の影響により気候変動に因るものと思込んでいる傾向がみられた。公聴会を通じて、海岸災害の原因や発生メカニズムに対する本質的な理解に少なからずつながった。
- 第1回の公聴会当初、護岸や離岸堤といった海岸構造物の設置を望む住民も少なくなかった。公聴会を通じて、住民は各対策案の利点と欠点を理解し、最終的には調査団が提案する礫養浜に対する合意形成が図られた。
- コミュニティにおける最高意思決定機関である Fale Kaupule にとどまらず、男性グループ、女性グループ、青年、漁民など多様な主体を対象に公聴会を実施したことで多様な意見を集約し、計画への反映を試みる事ができた。
- NAPAプログラムの実施に向け、離島ごとに Community Organizer が任命され、各離島で調整業務を担う予定となっている。なかには、護岸等の設置を計画している離島も存在する。第2回公聴会実施後、PCC メンバーでもある NAPA のコーディネーターの要請により、Community Organizer に対し海岸防護に関するプレゼンテーションを行う機会を得た。プレゼンテーションを通じ、Fongafale 島における調査結果から得られた教訓を共有することができた。
- 公聴会は Funafuti Kaupule の全面的な協力を得て実現した。公聴会の準備・実施を通じ、Funafuti Kaupule 職員自身の海岸防護及び事業に対する理解及び住民説明に係るキャパシティの向上につながった。本調査後も住民との合意形成に向けた彼らの役割が期待される。
- 本事業実施による受益者はツバル国全体であるべきである。今後事業対象居住者のみならず、離島出身者を含め、ツバル国社会全体に対し、海岸防護への理解向上に向けた積極的な意識啓発の実施が望まれる。
- 事業計画の説明が具体化していくにつれ、住民の期待が一層高まっている。確実かつ迅速な実施を実現することが望まれる。

9 フィージビリティスタディ

9.1 優先プロジェクト対象地区の選定

本調査で指定した海岸保全区域における緊急整備の優先度（表 7.2 参照）に基づき、Fongafale 島中央部の L-D 地区が最優先となり、次に Funafuti 港と Fongafale 島中央部を結ぶ道路のある L-C 地区が高い優先結果となった。そこで、フィージビリティ調査はこの 2 地区について実施した。

9.2 海岸保全施設的设计

9.2.1 養浜の平面形の検討

礫は沖合への土砂移動はほとんどないものの沿岸方向へは移動する（門松ら、1991、坪香ら、1992、土子ら、2009）。すなわち、うちあげ高を満足する断面形で養浜を実施しても沿岸方向へ礫が移動し断面積が小さくなると防護効果を損なうことになる。したがって、汀線変化予測モデルを構築し、養浜を実施した後の汀線変化を予測し、防護効果を発揮する適切な平面形を検討するものとする。

平面形の検討においては、うちあげ高が現況のリッジ高または礫養浜の後浜高 C.D.L.+4.0m 以下となる浜幅を確保することを目標とするが、礫材の入手、端部処理の導入等の経済性および海岸の利用を考慮して、後述のパラペットと合わせてうちあげ高が C.D.L.+4.5m 以下となるように計画する。

(1) 代表波浪の設定

フナフチ港の1999年～2008年の風資料データより、SMB法で推算した波浪データよりエネルギー平均波浪を算出した。

計画エリア周辺に到達する波向別波浪エネルギーフラックスの分布を図 9.1 に示す。図中の赤線および青線はそれぞれ L-C 地区、L-D 地区の平均的な海岸線の法線を示す。

これから、次のことが認められる。

- 計画エリアに作用する波のエネルギーフラックスは、雨期の波浪が乾期に比べて大きい。
- 海岸線に対して L-C 地区は南向き、L-D 地区は北向きに作用する波浪が卓越している。

汀線変化予測モデルで使用する波はエネルギー平均波を対象とし、下式で求められる。

$$\text{周期に関する式: } \tilde{T} = \frac{\sum_k n_k T_k}{\sum_k n_k} \quad (1)$$

$$\text{波高に関する式: } \tilde{T} \cdot \tilde{H}^2 = \frac{\sum_k \sum_l (n_{kl} \cdot T_k \cdot H_l^2)}{\sum_k \sum_l n_{kl}} \quad (2)$$

$$\text{波向に関する式: } \tilde{T} \cdot \tilde{H}^2 \cos \tilde{\alpha} \cdot \sin \tilde{\alpha} = \frac{\sum_m \sum_k \sum_l n_{klm} \cdot T_k H_l^2 \cdot \cos \alpha_m \cdot \sin \alpha_m}{\sum_k \sum_l \sum_m n_{klm}}$$

$$\tilde{\alpha} = \frac{1}{2} \sin^{-1} \left[2 \frac{\sum_m \sum_k \sum_l n_{klm} \cdot T_k H_l^2 \cdot \cos \alpha_m \cdot \sin \alpha_m}{\tilde{T} \cdot \tilde{H}^2 \sum_k \sum_l \sum_m n_{klm}} \right] \quad (3)$$

ここに、 H 、 T 、 α :波高、周期、波向

\tilde{H} 、 \tilde{T} 、 $\tilde{\alpha}$:エネルギー平均波高、周期、波向

n 、 k 、 l 、 m :発生頻度、周期階級を表す添字、波高階級を表す添字、波向階級を表す添字

なお、『海岸保全計画の手引き』(平成6年3月、建設省河川局海岸課)p.41「侵食対策の計画立案に用いる波浪」の項では以下の記述がある。

日平均有義波高が 30cm 程度より低い場合には、その波浪による侵食の影響はほとんど無視できるので、資料から除外する必要がある。例えば、日本海沿岸では夏期の静穏時の資料は除外する。さもないと、計画波浪が過小評価されることになる。

そこで波高が 0.3m以上の波を対象に集計を行い、式(1)~(3)を用いてエネルギー平均波を求めた。

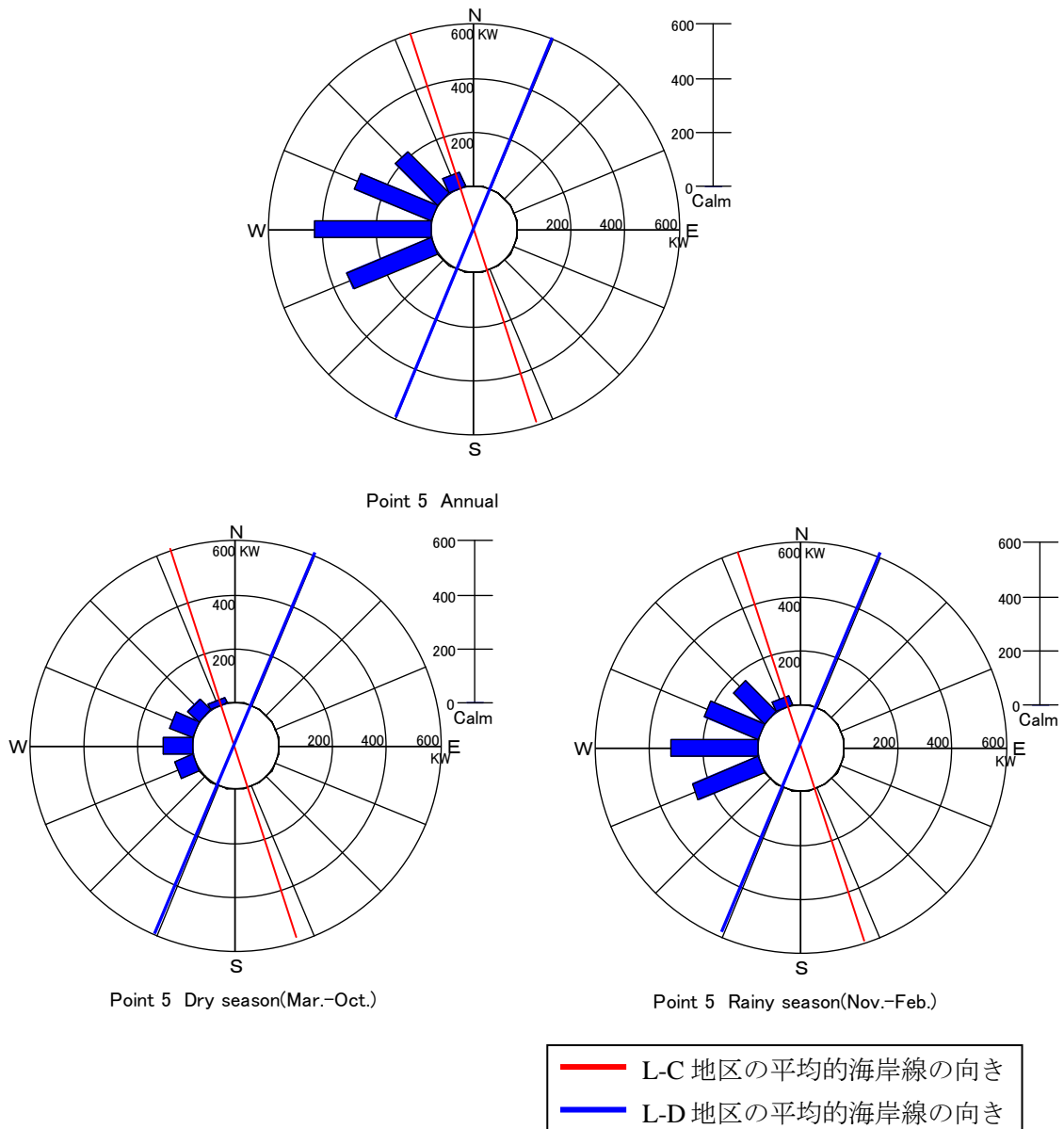


図 9.1 波向別波浪エネルギーフラックスの分布(計画エリア 1999 年～2008 年)

エネルギー平均波浪の算出結果を表 9.1 に示す。作用日数は、計画エリアへ波高 0.3m 以上の波浪が作用する日数を年間の総エネルギーの比で算出した結果である。汀線変化予測モデルの計算に際しては、1 年間の計算に対しエネルギー平均波を 18 日間作用させる。

表 9.1 代表波浪(エネルギー平均波浪)

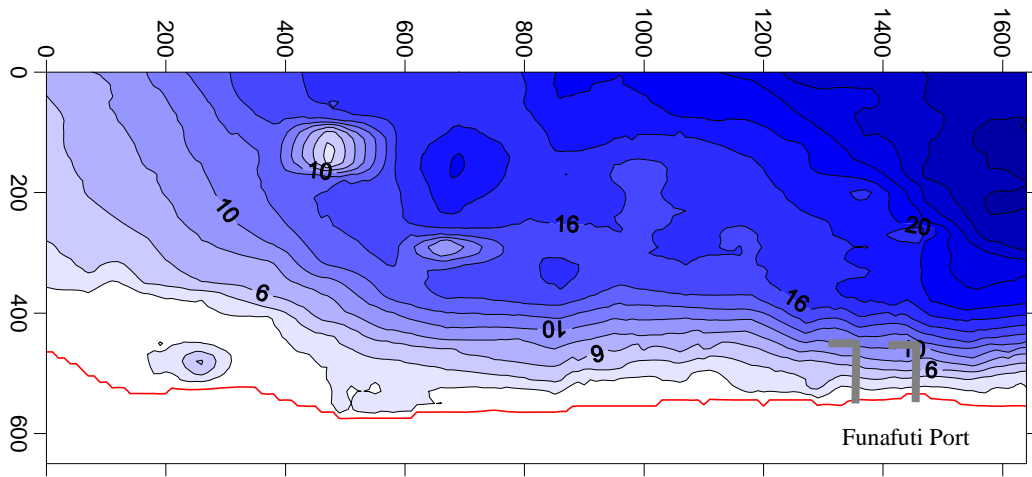
諸元	波高(m)	周期(秒)	波向(°)	作用日数(日)
エネルギー平均波浪	0.52	3.6	288.4 (L-C 地区：計画エリアの平均的海岸線の法線 341.7° に対し、36.7° 時計回りに作用 L-D 地区：計画エリアの平均的海岸線の法線 24.4° に対し、6° 反時計回りに作用)	18

(2) 波浪変形計算

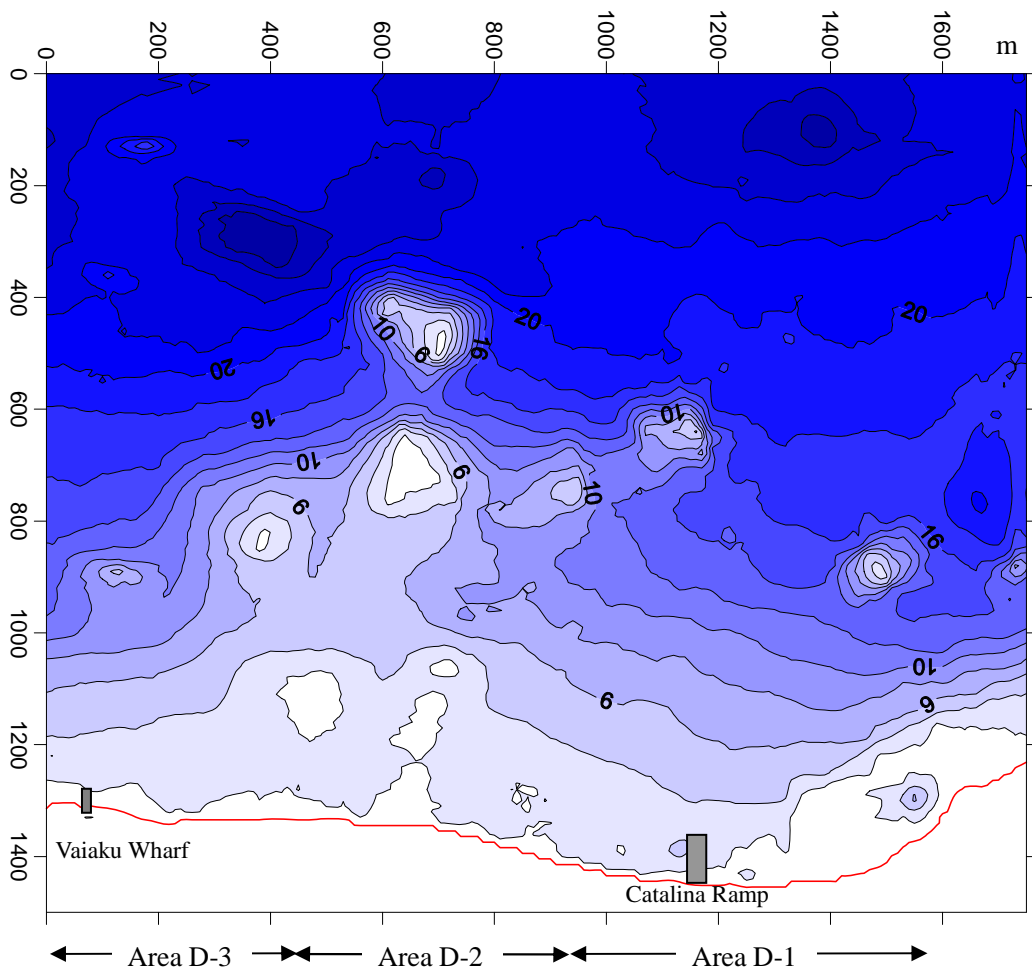
設定した代表波浪を用いてエネルギー平衡方程式により波浪場の計算を行った。表 9.2 に設定した格子条件を、図 9.2 に計算に用いた水深図、図 9.3 に波浪ベクトル図を示す。

表 9.2 格子条件

	L-C 地区	L-D 地区
格子数	165(沿岸)×66(岸沖)	176(沿岸)×151(岸沖)
格子間隔	10m	10m



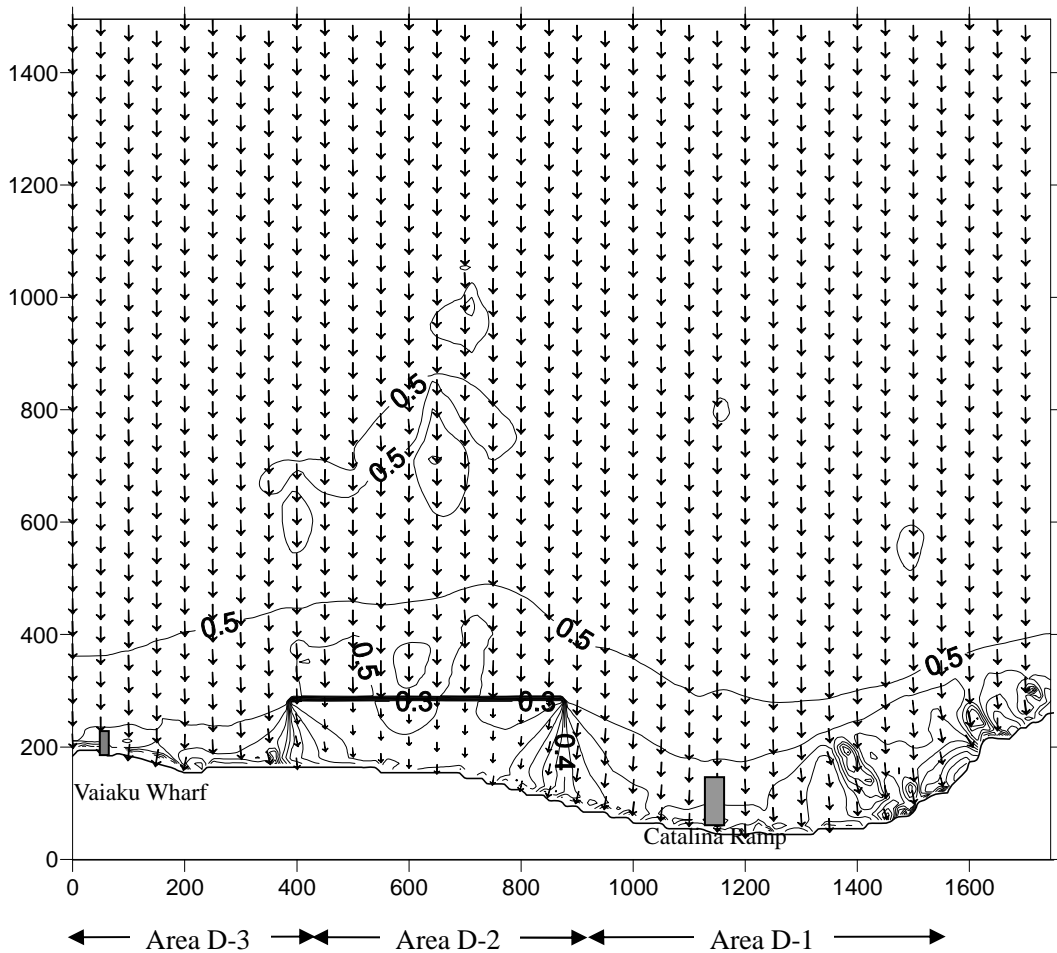
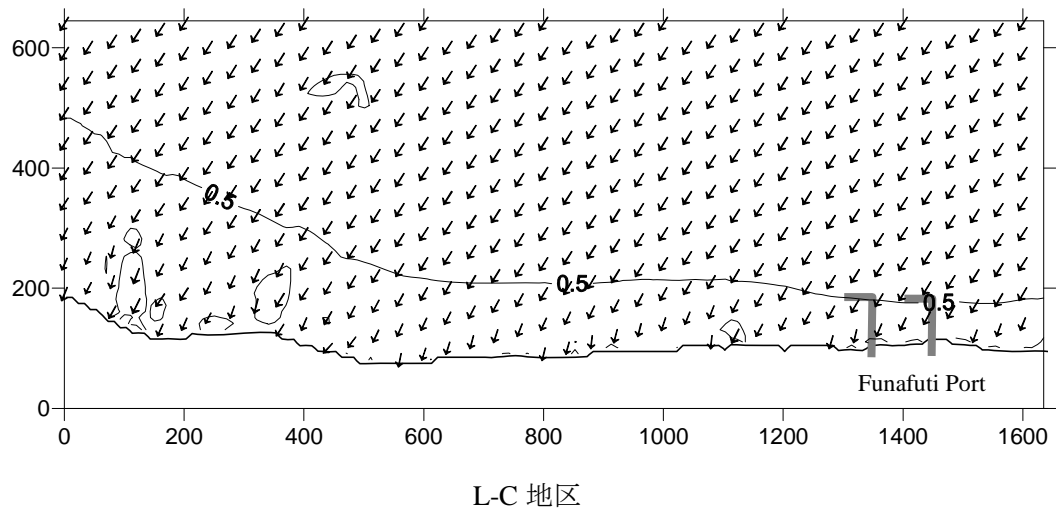
L-C 地区



L-D 地区

注)図中の赤線は汀線を示す。

図 9.2 水深図



注)L-D 地区は横軸の 400 から 900 メッシュ付近には汀線変化予測モデルの再現性をみて透過率 0.6 の構造物を設定した。これは、この範囲の沖側にリーフによる浅所が広がっており、波浪変形の非線形性が大きくなりエネルギー平衡方程式では波浪減衰効果を十分に評価できないためである。

図 9.3 波浪ベクトル図

(3) 汀線変化予測モデルの構築

汀線変化予測モデルの現況再現計算は、海岸線の多くが固いビーチロックからなり、航空写真撮影が行われるようになった戦後、人為的な地形の改変以外顕著な汀線の変化はみられないことから、ややラグーン側に突出した地形であるにも関わらず砂浜が維持されている AreaD-2 の海岸線が安定となるようにモデルを構築した。表 9.3 に計算条件を、図 9.4 に現況を初期汀線として汀線変化が安定するまで計算した結果を示す。なお、砂浜のない汀線は現況の海岸線から後退しないものとした。

表 9.3 汀線変化の計算条件

項 目		設定値
格子数		176(沿岸)
格子間隔		10m
Δt		4320 秒(0.05 日)
平均海底勾配		1/50
漂砂量係数		$k1=0.1, k2=0.08$
境界条件	左岸側(北側)	流入なし
	右岸側(南側)	流入なし

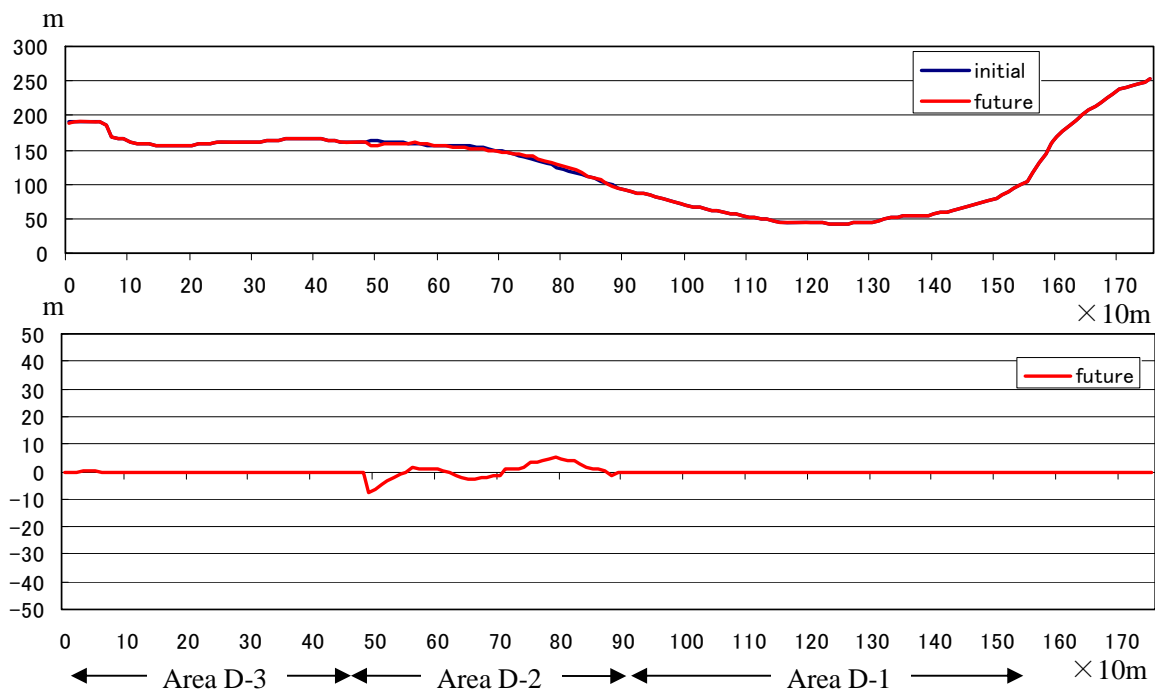


図 9.4 現況再現結果

(4) L-C 地区

後浜幅 15m で礫養浜を実施した場合の汀線の変化を図 9.5 に示す。養浜礫は、南へ移動し、横軸の 80 から 122 で侵食し 10 から 20 および 35 から 60 付近に堆積している。このため、横軸の 80 以北で防護機能が低下し、10 から 20 および 35 から 60 付近では防護機能として過剰な浜幅となる。

したがって、礫の沿岸方向への移動防止対策として、X 軸の 55、60、70、85、100 および 115 地点で端部処理を行った場合の効果を図 9.6 に示す。この結果から、端部処理により養浜区域の汀線後退は軽減され、10 から 20 および 35 から 60 付近への堆積も抑えられる効果が期待できることがわかる。

表 9.4 に端部処理ありなしの場合のうちあげ高を整理した。これから養浜区域の北側では南向きに養浜礫は移動するため、供給土砂が期待できない現状では、汀線が後退し、端部処理なしの場合、うちあげ高が最大 5.0m、端部処理ありの場合で最大 4.1m となり、現況のリッジ高、礫養浜の後浜高 4.0m を越え、うちあげ高を満足しない結果となった。

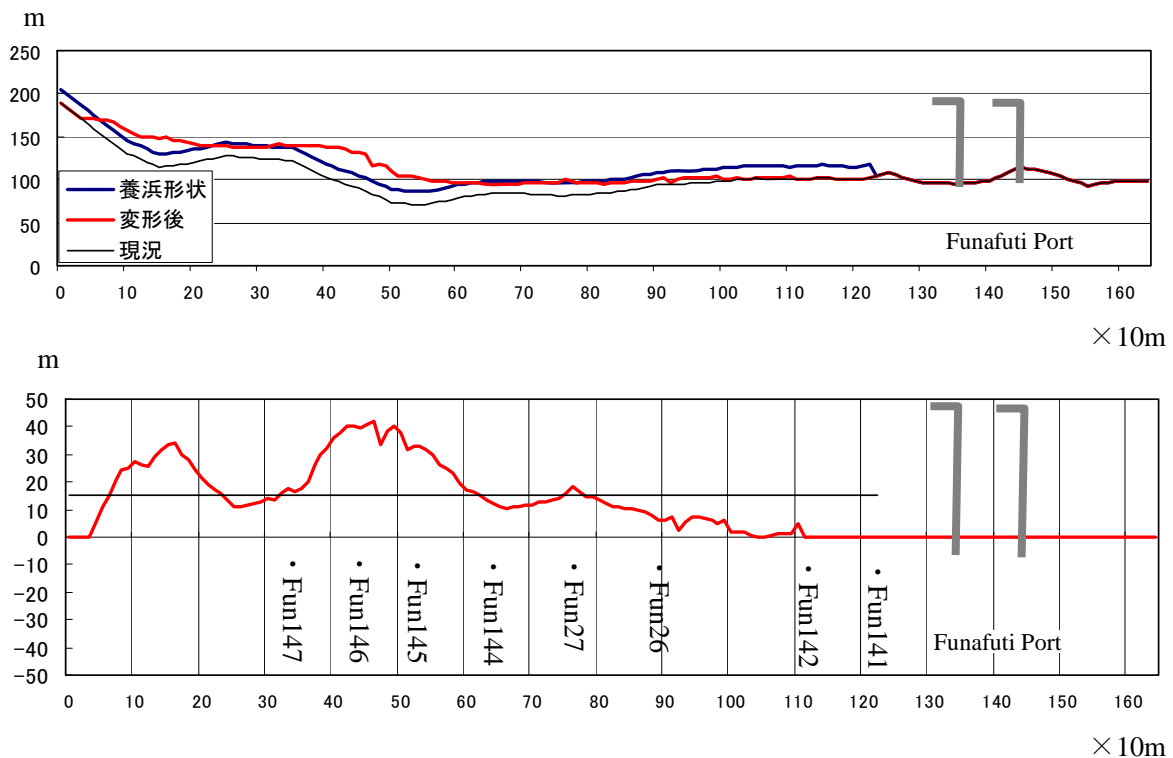


図 9.5 後浜幅 15m 施工の将来予測

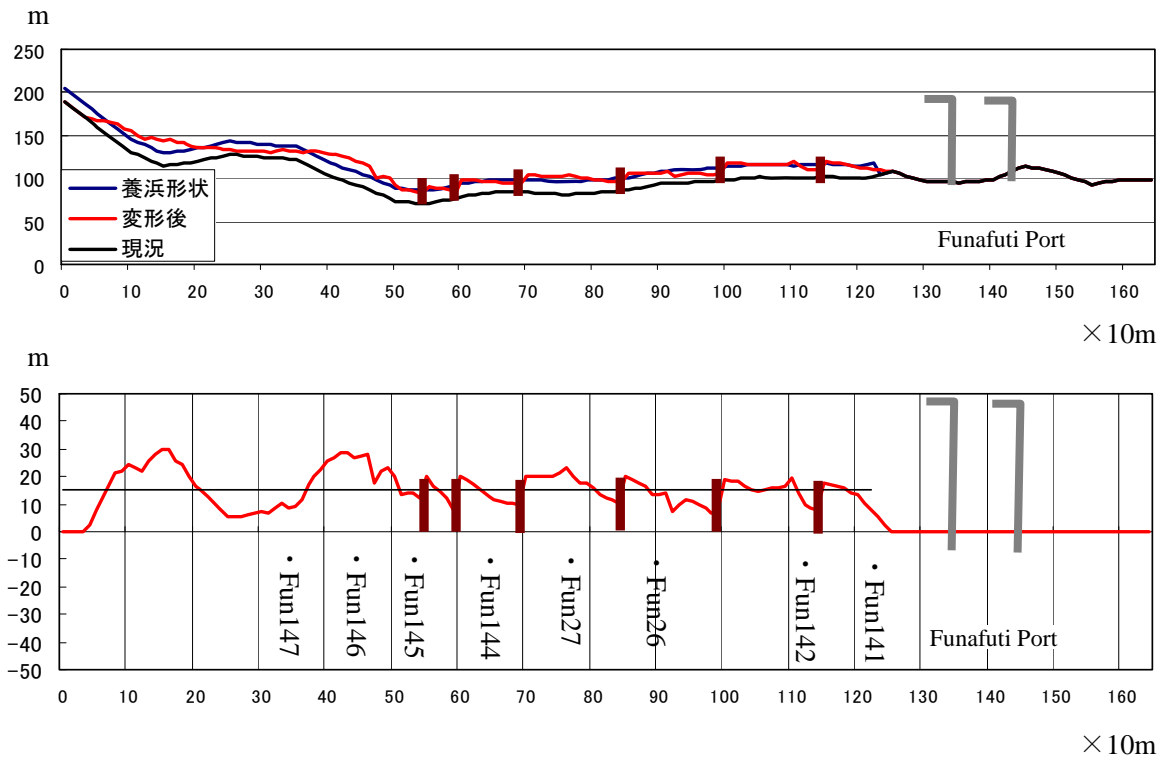


図 9.6 後浜幅 15m 施工+端部処理を行なった場合の将来予測

表 9.4 海浜変形後のうちあげ高

Line	リッジ高 (C.D.L.m)	波のうちあげ高 10年確率波+H.H.W.L. (C.D.L.m)						
		現況	養浜直後		将来 端部処理なし		将来 端部処理あり	
			後浜幅 現況+	うちあ げ高	後浜幅 現況+	うちあ げ高	後浜幅 現況+	うちあ げ高
Fun141	4.0	4.6	15.0	4.0	0.0	4.6	10.4	4.1
Fun142	4.0	5.0	15.0	4.0	0.0	5.0	14.0	4.0
Fun26	4.1	4.8	15.0	4.0	6.0	4.4	13.5	4.0
Fun27	4.1	5.0	15.0	4.0	16.4	<4.0	20.4	<4.0
Fun144	3.9	5.1	15.0	<4.0	12.3	4.0	13.4	<4.0
Fun145	4.1	5.1	15.0	<4.0	32.8	<4.0	14.0	4.0
Fun146	4.1	5.0	15.0	<4.0	39.7	<4.0	27.0	<4.0
Fun147	3.8	4.9	15.0	<4.0	16.7	<4.0	8.7	4.0

注)赤字はうちあげ高を満足しない浜幅のうちあげ高、青字は満足する場合のうちあげ高

養浜区域の北側でうちあげ高を満足させるため、すなわち、うちあげ高を現況のリッジ高または礫養浜の後浜高以下にするためには、汀線の変形後に 15m の後浜幅が必要になるが、この付近の海岸線の法線が波向きに対して大きくなっているため、6 基程度の端部処理を行なう必要がある。また、次の理由から養浜区域の岸側に低天端のパラペットを設置することとする。

- ・ 今後 50 年間に予想される海面上昇量 11.5cm (フナフチ港の実績) から 19.0cm (IPCC 第 4 次評価報告書の最大値) に伴い増大する越波量へ対応するため。
- ・ 北側の測線 Fun141 では端部処理を行なった場合でも 4.1m のうちあげ高となり、0.1m 高さが不足するが、このうちあげ高を満足させるためにさらに多くの礫材を投入することを避けるため。
- ・ 10 年確率波浪を越える波が作用した場合、礫は陸域へ打ちあがり、この礫を除去するメンテナンスが必要となるため。
- ・ 養浜による土地と従来土地の境界を明確にするため。
- ・ 次式による surf beat による水位上昇が 0.1m 程度見込まれること。次式は rms 表記の波高であるため、水位 η に換算するためには、 $\eta = \zeta_{rms} \times 4.003 \times 0.7$ とする。

$$\zeta_{rms} = \frac{0.01Ho'}{\sqrt{\frac{Ho'}{Lo} \left(1 + \frac{h}{Ho'}\right)}}$$

以上から、後浜幅 15m の養浜(後浜高 C.D.L.+4.0m)+ パラペット(天端高 C.D.L.+4.5m、地盤高 0.5m)による図 9.7 に示す断面形および図 9.8 に示す平面形とする。

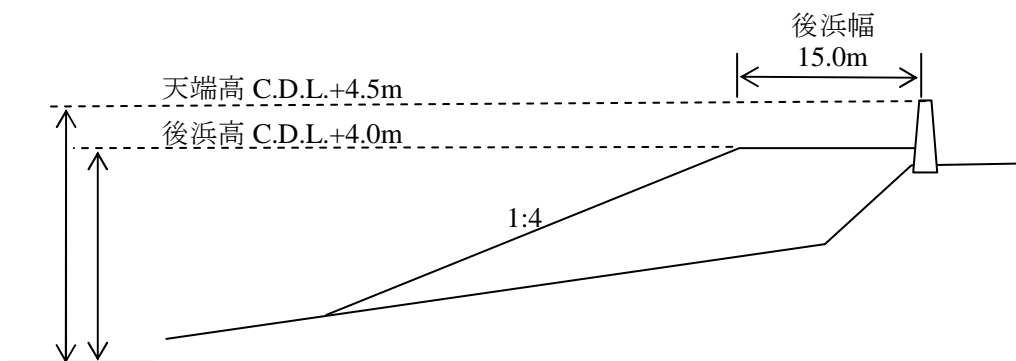


図 9.7 L-C 地区の標準断面



図 9.8 L-C 地区の平面図

(5) L-D 地区 Area D-1

後浜幅 15m で礫養浜を実施した場合の汀線の変化を図 9.9 に示す。養浜礫は、カタリーナランプの北側では南へ移動し、ランプにトラップされ、ランプよりで堆積、北側では侵食となっている。ランプ南側では AreaD-2 の現在砂浜が形成されている海岸へ堆積する。このため、カタリーナランプから X 軸の 140 付近までは防護機能として過剰な浜幅となり、カタリーナランプ南側および X 軸の 140 から 155 では防護機能は低下する。

したがって、礫の沿岸方向への移動防止対策として、X 軸の 140 地点およびカタリーナランプの南側の礫養浜区域の南端に端部処理を行った場合の効果を図 9.10 に後浜幅 15m 施工+端部処理として示す。この結果から、端部処理により養浜区域の汀線後退は軽減され、AreaD-2 への礫流出も抑えられる効果が期待できることがわかる。

表 9.5 に端部処理ありなしの場合のうちあげ高を整理した。これから養浜区域の北側では南向きに養浜礫は移動するため、供給土砂が期待できない現状では、汀線が後退し、端部

処理なしの場合、うちあげ高が最大 4.6m、端部処理ありの場合で最大 4.4m となり、現況のリッジ高、礫養浜の後浜高 4.0m を越え、うちあげ高を満足しない結果となった。参考のため、X 軸の 140 地点に端部処理を行わない場合に同様の効果を得られるようカタリーナランプより北側の後浜幅を 20m とした場合の予測結果を図 9.11 および表 9.6 に示す。

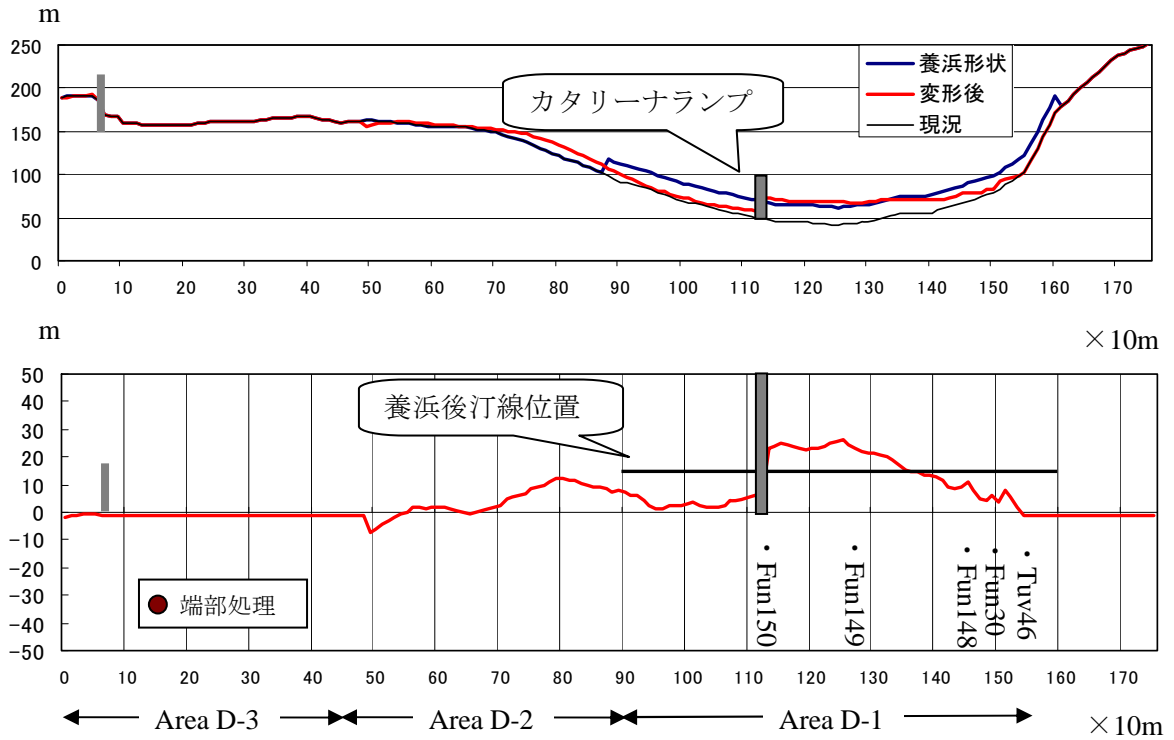


図 9.9 後浜幅 15m 施工の将来予測

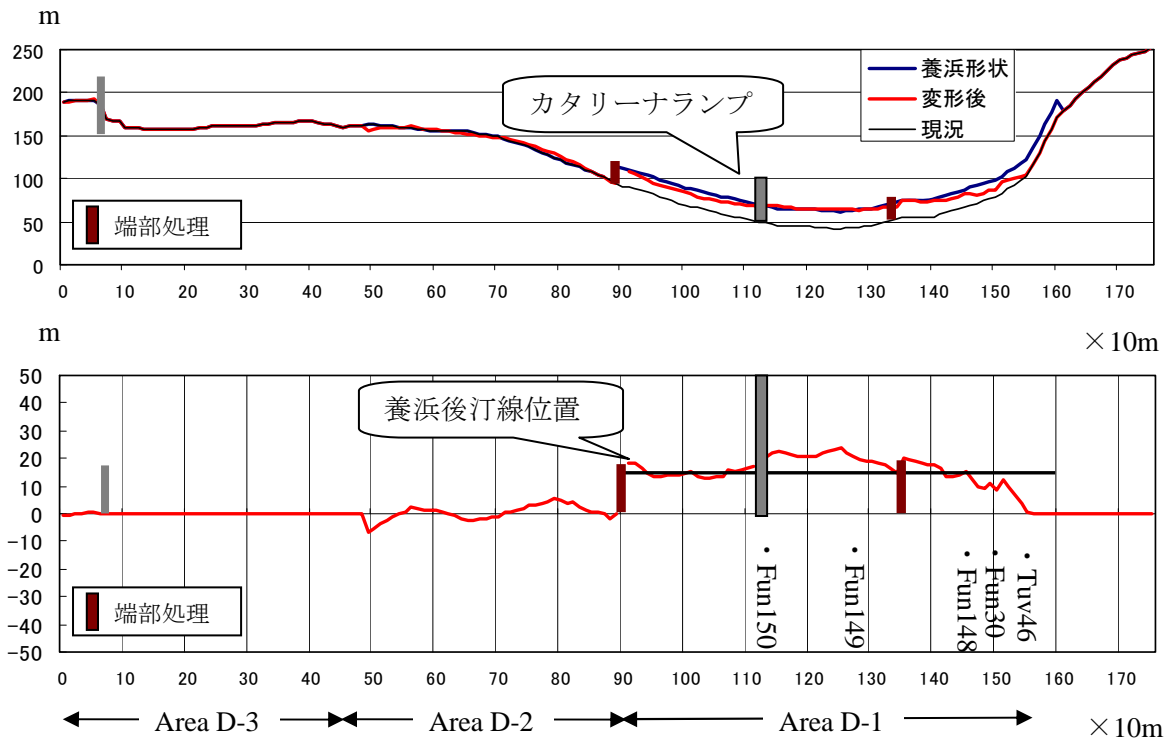


図 9.10 後浜幅 15m 施工+端部処理(X=135)の将来予測

表 9.5 海浜変形後のうちあげ高

Line	リッジ高 (C.D.L.m)	波のうちあげ高 10年確率波+H.H.W.L. (C.D.L.m)						
		現況	養浜直後		将来 端部処理なし		将来 端部処理あり	
			後浜幅 現況+	うちあ げ高	後浜幅 現況+	うちあ げ高	後浜幅 現況+	うちあ げ高
Tuv46	3.7	4.6	15.0	4.0	0.0	4.6	3.6	4.4
Fun30	3.8	4.3	15.0	4.0	7.3	4.2	11.0	4.1
Fun148	3.7	5.1	15.0	4.0	11.8	4.1	15.5	<4.0
Fun149	4.6	5.0	15.0	4.0	27.0	<4.0	23.7	<4.0
Fun150	4.1	4.2	15.0	<4.0	24.3	<4.0	21.0	<4.0

注)赤字はうちあげ高を満足しない浜幅のうちあげ高、青字は満足する場合のうちあげ高

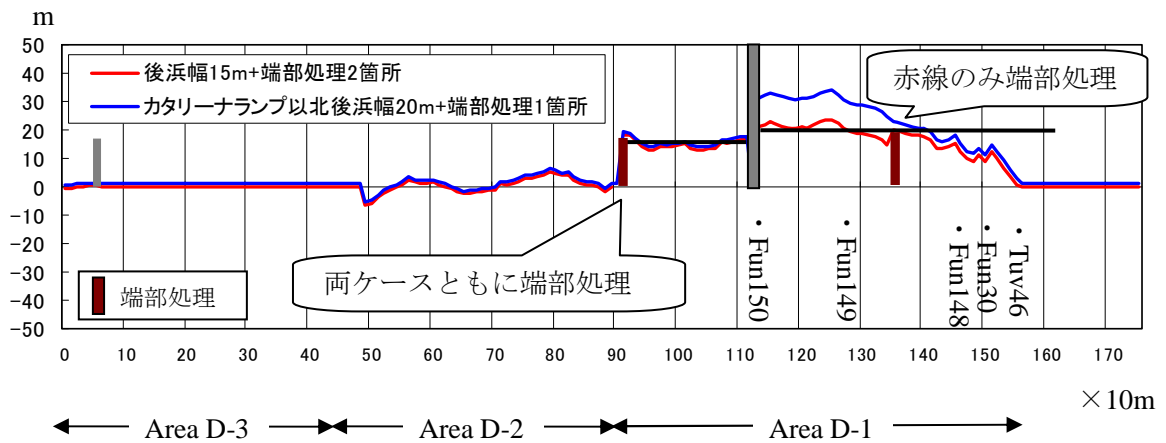


図 9.11 カタリーナランプ北側後浜幅 20m 施工の将来予測

表 9.6 海浜変形後のうちあげ高

Line	リッジ高 (C.D.L.m)	波のうちあげ高 10年確率波+H.H.W.L. (C.D.L.m)				
		現況	後浜幅 15m 端部 処理 2 箇所		カタリーナラン プ北側後浜幅 20m 端部処理 1 箇所	
			後浜幅 現況+	うちあ げ高	後浜幅 現況+	うちあ げ高
Tuv46	3.7	4.6	3.6	4.4	5.0	4.4
Fun30	3.8	4.3	11.0	4.1	12.5	4.1
Fun148	3.7	5.1	15.5	<4.0	17.1	4.0
Fun149	4.6	5.0	23.7	<4.0	32.9	<4.0
Fun150	4.1	4.2	21.0	<4.0	30.3	<4.0

注)赤字はうちあげ高を満足しない浜幅のうちあげ高、青字は満足する場合のうちあげ高

養浜区域の北側のうちあげ高を満足させるため、すなわち、うちあげ高を現況のリッジ高または礫養浜の後浜高以下にするためには、汀線の変形後に 15m の後浜幅が必要になるが、この付近の海岸線の法線が波向きに対して大きくなっているため、カタリーナランプにかけて多くの端部処理を行なうか、目標後浜幅以上の養浜を行なう必要がある。また、このランプよりでは既にうちあげ高を満足していることと次の理由から後浜幅 15m の礫養浜を実施し、養浜区域の岸側に低天端のパラペットを設置することとする。

- ・今後 50 年間に予想される海面上昇量 11.5cm (フナフチ港の実績) から 19.0cm (IPCC 第 4 次評価報告書の最大値) に伴い増大する越波量へ対応するため。
- ・北側の測線 Tuv46、Fun30 では、端部処理を行なった場合でも 4.4m、4.1m のうちあげ高となり、それぞれ 0.4m、0.1m 高さが不足するが、このうちあげ高を満足させるためにさらに多くの礫材を投入することを避けるため。
- ・10 年確率波浪を越える波が作用した場合、礫は陸域へ打ちあがり、この礫を除去するメンテナンスが必要となるため。
- ・養浜による土地と従来土地の境界を明確にするため。
- ・次式による surf beat による水位上昇が 0.1m 程度見込まれること。次式は rms 表記の波高であるため、水位 η に換算するためには、 $\eta = \zeta_{rms} \times 4.003 \times 0.7$ とする。

$$\zeta_{rms} = \frac{0.01Ho'}{\sqrt{\frac{Ho'}{Lo} \left(1 + \frac{h}{Ho'}\right)}}$$

以上から、後浜幅 15m の養浜(後浜高 C.D.L.+4.0m)+ パラペット(天端高 C.D.L.+4.5m、地盤高 0.5m)による図 9.12 に示す断面形および図 9.13 に示す平面形とする。なお、Tuv46 はうちあげ高が 4.4m であり、余裕高が 0.1m しかないが、将来砂浜が回復することが期待されるため、モニタリングにより嵩上げを行なうか判断するものとする。

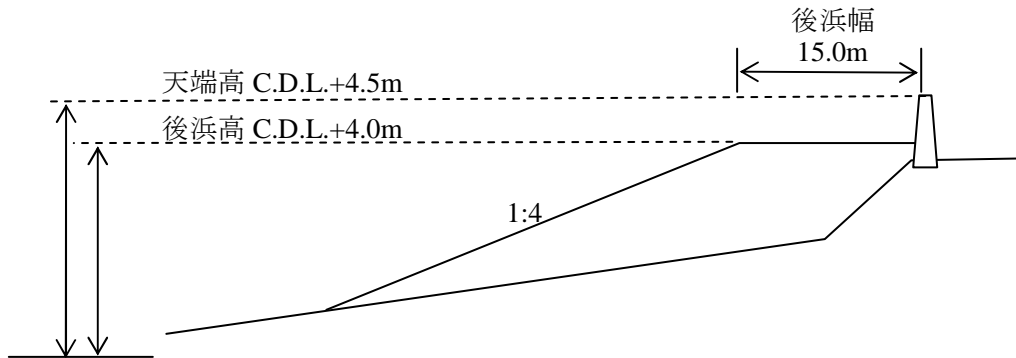


図 9.12 Area D-1 の標準断面

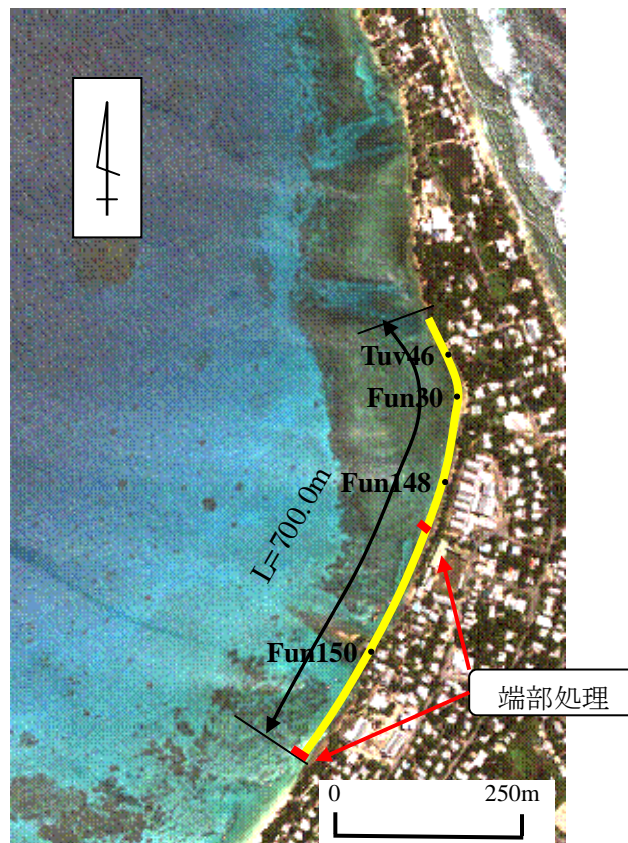


図 9.13 Area D-1 の平面図

(6) L-D 地区 Area D-2

現況でうちあげ高を満足しているため礫養浜は行なわない（図 7.14 計画エリアの波のうちあげ高分布）。

(7) L-D 地区 Area D-3

後浜幅 10m で礫養浜を実施した場合の汀線の変化を図 9.14 に示す。養浜礫は漂砂の卓越移動方向である北側へ移動し現在砂浜が形成されている海岸へ堆積する。このため、礫養浜を実施した海岸の防護機能は低下し、砂浜海岸には礫が堆積すると推測される。

この礫の流出防止対策として礫養浜区域の北端に端部処理を行った場合の効果を併せて示す。これによると、養浜形状は変化するものの養浜区域の汀線後退は軽減され、北側への礫流出も抑えられることがわかる。

表 9.7 に端部処理ありなしの場合のうちあげ高を整理した。これから端部処理なしの場合、うちあげ高が最大 5.0m、端部処理ありの場合で最大 4.5m となり、礫養浜の後浜高 4.0m を越え、うちあげ高を満足できない結果が得られた。

このため、後浜幅を 15m にして養浜を実施した場合のうちあげ高を表 9.8 に示すが、Fun155 で 4.3m、Fun156 で 4.2m となり、それぞれ 0.3m、0.2m うちあげ高を満足しない結果となった。

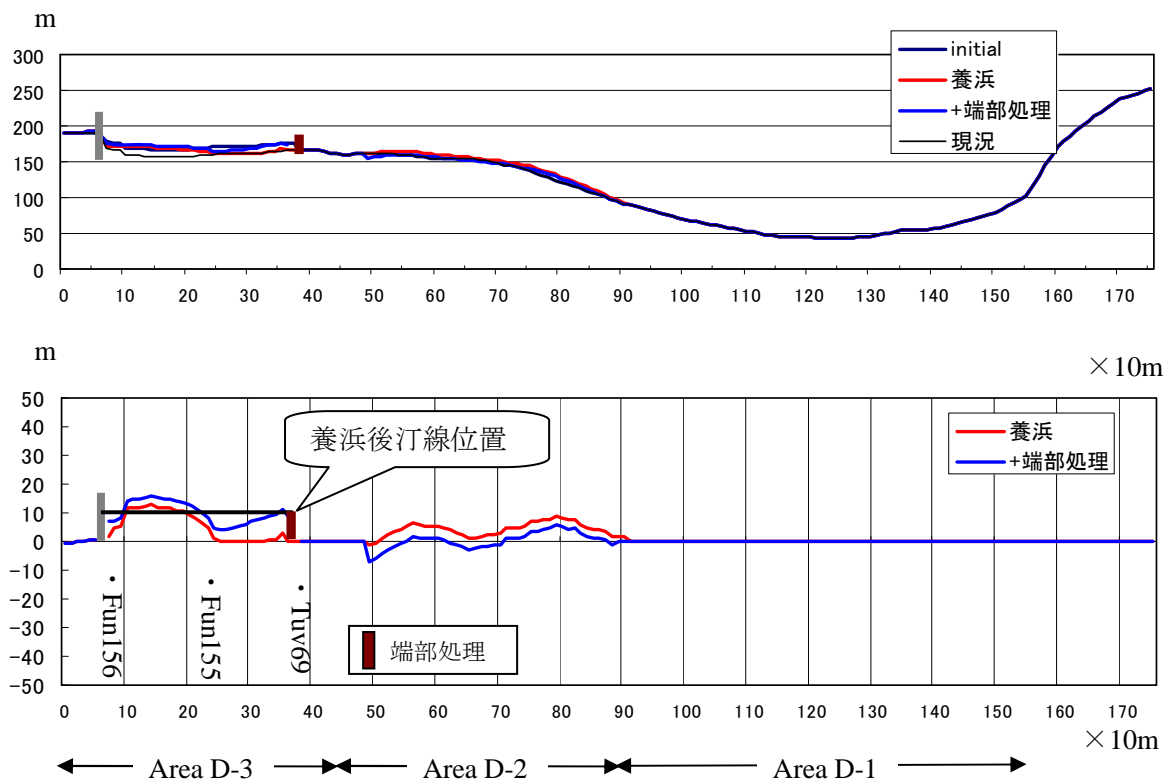


図 9.14 後浜幅 10m 施工の将来予測

表 9.7 海浜変形後のうちあげ高

Line	リッジ高 (C.D.L.m)	波のうちあげ高 10年確率波+H.H.W.L.						
		現況 (C.D.L. m)	養浜直後		将来 端部処理なし		将来 端部処理あり	
			後浜幅 現況+ (m)	うちあ げ高 (C.D.L. m)	後浜幅 現況+ (m)	うちあ げ高 (C.D.L. m)	後浜幅 現況+ (m)	うちあ げ高 (C.D.L. m)
Tuv69	4.8	4.5	10.0	4.1	0.0	4.5	8.8	4.2
Fun155	4.5	4.8	10.0	4.1	1.0	4.7	4.0	4.5
Fun156	4.1	5.1	10.0	4.2	1.6	5.0	7.0	4.4

注)赤字はうちあげ高を満足しない浜幅のうちあげ高、青字は満足する場合のうちあげ高

表 9.8 後浜幅の違いによるうちあげ高

Line	リッジ高 (C.D.L.m)	波のうちあげ高 10年確率波+H.H.W.L.			
		将来 端部処理あり 養浜時後浜幅 10m		将来 端部処理あり 養浜時後浜幅 15m	
		後浜幅 現況+ (m)	うちあ げ高 (C.D.L. m)	後浜幅 現況 +(m)	うちあ げ高 (C.D.L. m)
Tuv69	4.8	8.8	4.2	13.8	4.0
Fun155	4.5	4.0	4.5	9.0	4.3
Fun156	4.1	7.0	4.4	9.3	4.2

注)赤字はうちあげ高を満足しない浜幅のうちあげ高、青字は満足する場合のうちあげ高

養浜区域の南側でうちあげ高を満足させるためには、汀線の変形後に 15m を越える後浜幅が必要になるが、北側では既に後浜幅 10m で施工した場合のうちあげ高を満足していることと次に示す理由から養浜区域の岸側に低天端のパラペットを設置し、うちあげ高を満足させることとする。

- ・今後 50 年間に予想される海面上昇量 11.5cm (フナフチ港の実績) から 19.0cm (IPCC 第 4 次評価報告書の最大値) に伴い増大する越波量へ対応するため。
- ・南側のうちあげ高を満足させるために多くの礫材を投入することを避けるため。

- ・端部処理を行なった場合でも Tuv69 で 4.2m、Fun155 で 4.5m、Fun156 で 4.4m のうちあげ高となるが、現況のリッジ高はそれぞれ 4.8m、4.5m、4.1m であり、うちあげ高を満足しないのは Fun156 である。この Fun156 のうちあげ高を満足させるためにさらに多くの礫材を投入することを避けるため。
- ・10 年確率波浪を越える波が作用した場合、礫は陸域へ打ちあがり、この礫を除去するメンテナンスが必要となること
- ・養浜による新たに造成された土地と従来の土地の境界を明確にするため
- ・次式による surf beat による水位上昇が 0.1m 程度見込まれること。次式は rms 表記の波高であるため、水位 η に換算するためには、 $\eta = \zeta_{rms} \times 4.003 \times 0.7$ とする。

$$\xi_{rms} = \frac{0.01Ho'}{\sqrt{\frac{Ho'}{Lo} \left(1 + \frac{h}{Ho'}\right)}}$$

以上から、後浜幅 10m の養浜(後浜高 C.D.L.+4.0m)+ パラペット(天端高 C.D.L.+4.5m、地盤高 0.5m)による断面形とする。パラペットはツバル国内で容易にメンテナンスできるよう石積等の構造にすることが望ましい。なお、Fun155、Fun156 はうちあげ高が 4.5m、4.4m であり、余裕高がそれぞれ 0.0m、0.1m しかないが、将来砂浜が回復することが期待されるため、モニタリングにより嵩上げを行なうか判断するものとする。

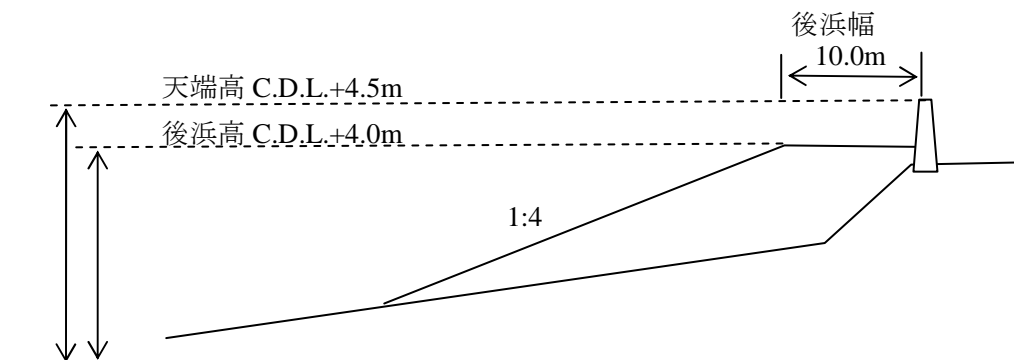


図 9.15 Area D-3 の標準断面



図 9.16 Area D-3 の平面図

出典：

門松武、宇多高明、大杉広徳、伊藤弘之、東播海岸の西島地区における礫養浜の現地実験、海岸工学論文集、第 38 巻(1991)、土木学会、pp.301-305

坪香伸、宇多高明、谷宗彦、大杉広徳、伊藤弘之、東播海岸の西島地区における礫養浜の追跡調査、海岸工学論文集、第 39 巻(1992)、土木学会、pp.361-365

土子浩之、宇多高明、松浦健朗、安部 良、熊田貴之、大木康弘、神向寺海岸における粗粒材養浜後の礫層分布の現地実測、土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol,B2-65,No.1,2009,735-740

9.2.2 端部処理

端部処理は、礫養浜の法先まで石積により、礫の沿岸方向への移動を抑えるものとする。礫養浜の法先までに突堤の先端をとどめることにより、砂の移動幅が礫の移動幅より大きいことを利用し、将来的に沿岸漂砂の供給量が増加した場合の土砂移動の障害に配慮する。ただし、端部処理の形状については、現地において礫材の移動状況を確認した後、確定することが望ましい。

端部処理のイメージを図 9.17 に示す。

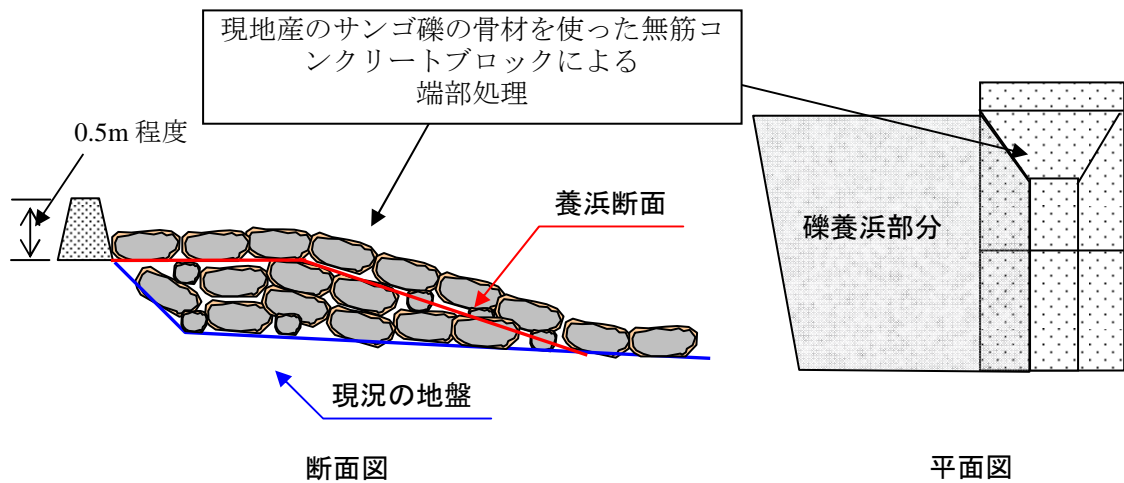


図 9.17 端部処理のイメージ図

9.2.3 パラペット

パラペットは、石積みまたは石積みにもルタルによる固化処理を行なった構造とし、図 9.18 に示すように天端幅 0.5m、法勾配 1:1、地盤高 0.5m とする。

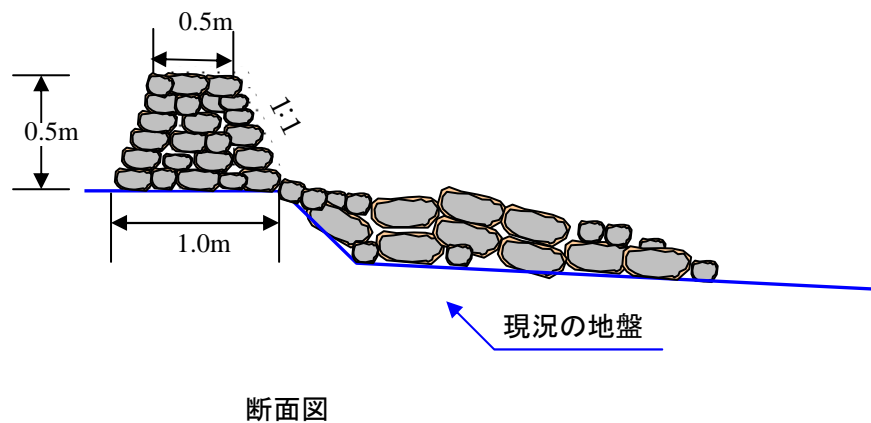


図 9.18 パラペットのイメージ図

9.2.4 ボローピットの埋め戻し

養浜区域周辺には、第二次世界大戦時に米軍が土砂採取を行なったボローピットが点在する（図 5.7 参照）。ここでは水深が深いので波浪が減衰せず直接海岸へ打ち寄せるため、越波の要因の一つになっている。また、将来、砂の供給が回復した際に、砂の移動を阻害するため、長期的には埋め戻しておくことが望ましい。対象となるボローピットは、北側から砂の供給が期待されるため、L-C 地区の BP-1、BP-2 および L-D 地区の BP-3-N である。BP-3-S

は水深が浅いため対象から除外した。

9.2.5 Catalina Ramp の撤去

突堤状の構造物は、南向きの沿岸漂砂を抑制する効果がある。図 9.19 に Catalina Ramp ありなしの場合の養浜後の汀線変化を示す。計算結果から判断すると、端部処理を行なった後の礫の安定汀線形状は、入射波浪に対してほぼ安定となっているため、Ramp が沿岸漂砂をトラップする効果は小さいと推測される。したがって、Catalina Ramp を撤去しても周辺海岸へ与える影響は小さいものと考えられる。

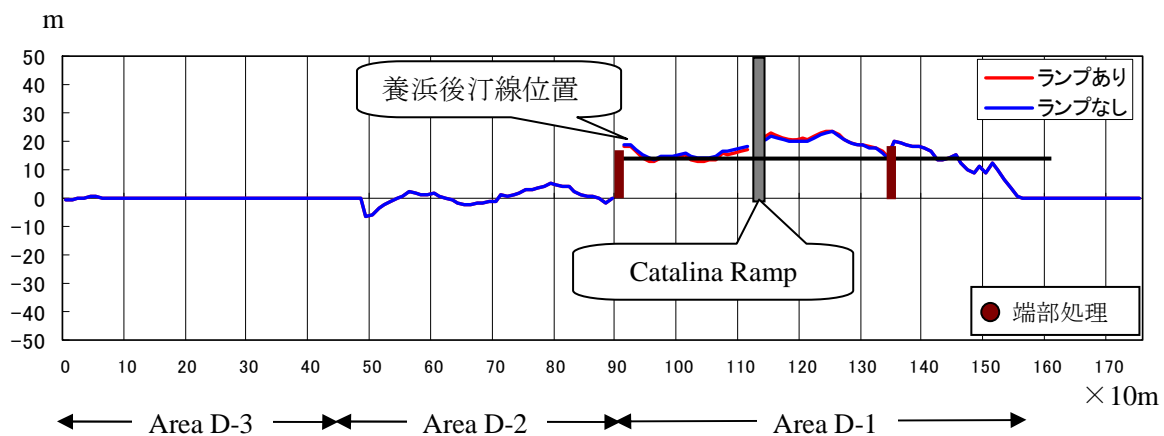


図 9.19 Catalina Ramp の効果

9.2.6 Vaiaku Wharf の撤去

Vaiaku Wharf は、現在 Wharf の南側に砂浜が形成されていることを考慮すると北向きの沿岸漂砂を抑制する効果がある。Wharf 近傍の浜幅が徐々に前進している状況は現地から確認できないので、南方からの土砂供給が豊富にあるとは考えにくい。Wharf 撤去後に南側の砂浜を維持するに足りる供給土砂がない場合、Wharf 撤去により Wharf の南側に堆積している土砂は北側へ移動し、その結果砂浜が消失する恐れがある。したがって、将来、供給土砂の増加が実現した段階で土砂収支を評価した後、撤去の可否について検討すべき問題であると考えられる。

9.2.7 礫養浜地区の植栽

(1) 植栽工の概要

植栽工は養浜工の一部として位置付け、養浜した礫の閉め固め及び高波浪時における陸への礫の打ち込みや波の飛沫の飛散を防止するために設ける。なお、植栽樹種の選定及び施工の段階から住民の協力を得ながら実施する。植栽の維持管理は長期間に亘る持続的な活動であるため、地域住民が主体となり維持管理を実施していく。

(2) 植栽樹種

ツバル本島の植生図 (Mclean & Hosking, 1992) によると、フォンガファレ島ラグーン側の植生タイプにはココヤシ (*Cocos nucifera*)、クサトベラ (*Scaevola taccada*)、パンダナス (*Pandanus tectorius*)、ミズガンピ (*Pemphis acidula G.Forst.*) が記録されている。そして、現在、同地域でココヤシ (*Cocos nucifera*)、クサトベラ (*Scaevola taccada*)、パンダナス (*Pandanus tectorius*) の生育を確認した。そこで、成長の早く高木であるココヤシ (*Cocos nucifera*) を主林木として、また、混成林の副主林木の組み合わせ樹種として、インド洋の津波の際に防災効果が確認されているパンダナス (*Pandanus tectorius*) (田中、栗林、時岡、2008) 及びクサトベラ (*Scaevola taccada*) を選定することを提案する。

(3) 植栽方法

1) 実施の流れ

礫浜の植栽地は、海岸沿いの直接、海風のあたる過酷な場所に位置する。植栽する各樹種の活着率 (生存率) も不明であるため、礫浜の中に試験区を設け、そこで、植栽後の生育状況を確認しながら施工を進めていく。苗木の生存率が高く、健全な成長が確認できれば、礫浜エリアの他の場所へ拡大させていく方向で検討していく。苗木植付け時から苗木の成長の初期段階迄は遡上する波や潮風の影響が懸念されるため、苗木の生存率を高めるためにも十分な防護策を検討しながら実施していく。例えば、植栽試験区の全体を防護する簡易柵やシートを設置、各々の苗木の個体自身を保護していく苗木シェルター及び苗木ガード等も対策案の候補として挙げられる。

2) 実施方法

- 住民参加型のボランティアな形式で植栽活動を進める。
- 植栽管理を持続的に進めていくために、植栽樹種の選定から住民に参加してもらい、住民の意向を十分に考慮して、植栽樹種を選定していく。
- 植栽活動は住民が主体して行うため、活動を行う前に、選定樹種に係わる知識と植栽技術のレクチャーを十分に行い、住民が適切に活動に参加できるような下地づくりを行う。
- 住民が主体となり、植栽地の整地、試験区造成、ナーセリーの造成、植穴の掘削、苗木の植付け、苗木の防護対策処理、苗木の成長確認、枯死した苗木を抜き取り、新しい苗木の移植・交換、整姿剪定、間伐・除伐等の一連の植栽管理作業を持続的に実施していく。

3) 植栽試験地

20 m²の方形区 (2m×10m) を5箇所 (内1箇所はナーセリーとして予備活用) 設定する。試験区は、主林木としてココヤシを中央に2m間隔に植付け、その前後を列状に交互にパンダナス、クサトベラを植栽する。レキ養浜の形状を考慮に入れ、東西に2m、南北に10mと細長い方形区とする (図 9.20 参照)。

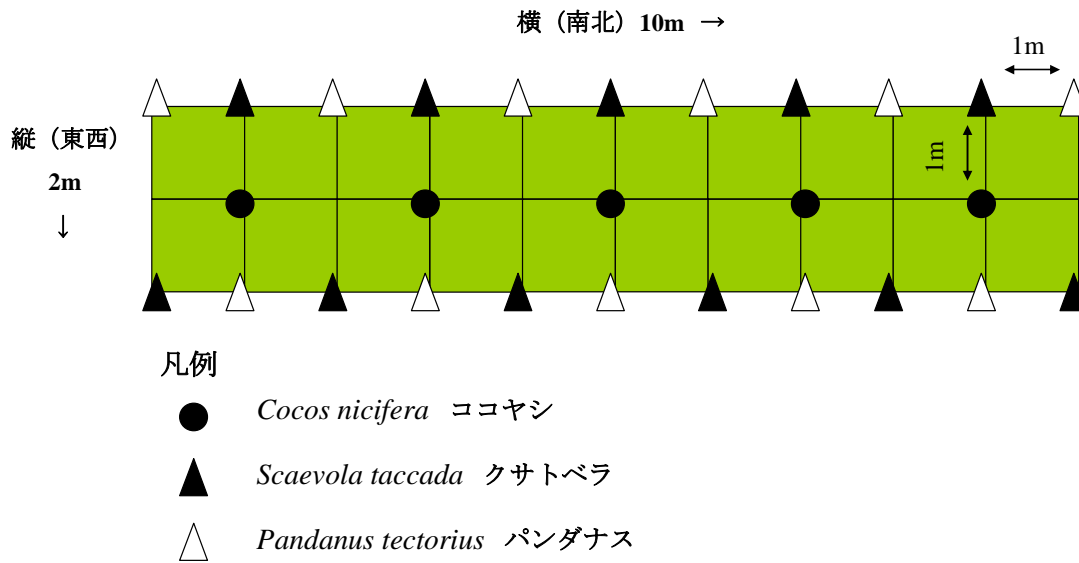


図 9.20 植栽苗木植付け試験区

4) 使用する植栽技術

- “挿し木苗”により植付けを行う（知念、1988）、（宮島、1987）、（社団法人福島県総合緑化センター、1981）
- クサトベラ：長さ 5cm ぐらいの挿し穂を植物個体から取る、穂の下の葉の 2、3 枚の部分を取り除き挿し木苗とする。挿し木苗を水挿し後、葉の取った節が用土に埋まるように植栽する。
- パンダナス：植物個体の枝分かかれた枝を根元から切り取り挿し木苗にする。切り取った枝に気根がついていれば、そこから根が出やすいので、気根の先を土中に植えるようにする。
- ココヤシ：母樹よりヤシの実を得る。ヤシの実自身の吸水を早めるために平たい部分の皮を切り、ヤシの実を 2/3 程度に土中に埋め、苗を出芽させる。出芽した苗を試験区に植付けていく。

5) 使用する植栽材料

挿し木苗を使用する。挿し木苗は現存する植物個体から入手する（ツバル国の関連法規に従いながら、担当の行政部署及び林木の所有者と相談の上、実施する）。

6) 植栽工期間

成木として育成がかかる年月は 5、6 年程度とし、その後、植栽地が安定し防災機能支援等を発揮させるために、10 年前後の長期的な視野で活動を行っていく。

7) 植栽工事及び植栽の維持管理にかかる必要資機材

- 海岸砂の整地用の重機
- 植付け時の支柱（ポール）

- 支柱に苗木をくくり付けるためのロープ
- 植栽した苗木を守るための防風用の簡易柵及びシート、苗木シェルター、苗木ガード等

(4) 植栽後の効果

- 高木類のココヤシ、中低木類のパンダンス、低木類のクサトベラを用いて複層を形成する樹林帯を成立させることで樹林帯の安定化を図るとともに、施工した礫浜の保全の一助を担う。
- 礫浜施工地に植栽することにより、調和のとれた美しい海岸景観が形成される。
- 住民参加型の植栽活動を行うことで、コミュニティのオーナーシップの向上及び地域の環境保全の意識の向上が期待できる。

出典：

- (1) 知念正儀, 1988 アダンの増殖・植栽試験 沖縄県林業試験場 沖縄県
- (2) R. F. McLean and P. L. Hosking, 1992 Tuvalu Land Resources Survey Island Report NO.7 University of Auckland, NZ
- (3) 田中茂信、栗林大輔、時岡利和, 2010 発展途上国における持続的な津波対策に関する研究(1)
- (4) 宮島宏司他 1987, アダンに関する研究(Ⅱ)ーさし木時期および穂木放置期間が発根量におよぼす影響, 第98回日本林学会大会発表論文集
- (5) 緑化用樹木の基礎知識, 1981, 社団法人福島県総合緑化センター

9.3 養浜材の検討

9.3.1 養浜材の調達事情

1990年代以前はツバル国内で採取可能な陸上および浜辺にある砂、サンゴ礫を建設材料として使用することが可能であった。現在は、小規模な建設工事に使用するコンクリート用骨材（砂、砂利）については、カウプレが採取場所と単価を定めて地元民向けに販売しているが、大規模な工事についてはフィジーから骨材を輸入せざるを得ない状況にあり、この海上輸送費が工事費を大幅に押し上げる原因となっている。例えば2008～2009年の生コンクリートの実績単価はフィジーと比較して3倍以上、このうち海上輸送費が約7割を占めていた。また、ツバル国では近隣国同様、厳しい動植物検疫が課せられており、特に海外から輸入される骨材、土砂については、積出し港で厳重な燻蒸処理による病害虫の駆除が義務化されていることから、燻蒸処理に掛かるコストも骨材の輸入価格を押し上げる原因になっている。

従って、事業費を押さえる為には養浜材料は可能な限りツバル国内で現地調達することが望まれる。

9.3.2 礫材の国内調達と賦存量

前出7.4.1項、(3)養浜断面の検討、1)粒径の項で検討したとおり、今回、対策工に必要なとされる養浜材は、中央粒径 $d_{50}=6.5\text{mm}$ 以上の礫である。

(1) 州島の礫材

フナフチ環礁において礫が自然状態で存在する場所は、次の3つに限られる。

- a) 陸地の内陸中央部
- b) 外洋側の汀線部のストームリッジ
- c) 環礁南東部にある州島の両端部（フナマヌ島、ファレファトゥ島、マテイカ島）

以下、これら3つについて、礫材の採取の可能性を検討する。

a) 陸地の内陸中央部

フォンガファレ島、テンガコ島の内陸中央部は、海から打ち上がった砂礫が豊富に堆積して陸地を形成しているが、多くの場所は昔、米軍が滑走路の造成の為に採取した後か、あるいは既に住宅が建てられており、土地の所有権の問題があるので、ここから礫を採掘することは事実上、不可能である。

b) 外洋側汀線部のストームリッジ

対策工の計画地と地続きで礫の運搬に便利なフォンガファレ島およびテンガコ島の外洋側のストームリッジを形成する礫を採取した場合、外洋波が容易に陸地への越波を許してしまう為、住民に危険が及ぶ事に加えて土地の所有権の問題が複雑なため、採取は現実的に不可能である。

また環礁の東から南東にある州島の外洋側沿岸にも、1974年に来襲したサイクロン・Bebeがサンゴ礁の縁辺部を崩して打ち上げた巨石やサンゴ礫により礫浜が形成されている場所があるが、外洋側のリーフラットには東からの外洋波が常時作用するため、人力にせよ、機械にせよ礫材を採取することは大きな危険を伴うため、事実困難と考えられる。

c) 環礁南東部にある州島の両端部（フナマヌ島、ファレファトゥ島、マテイカ島）

一方、環礁の東から南東にある幾つかの州島の両端部には、礫が砂嘴状に堆積した礫浜が形成されており、その頂部にはまだ樹木も生えていないことから、比較的新しく打ち上げられた礫の陸地と考えられる。これらの礫を採取する場合、静穏なラグーン側からアクセス可能であり、干潮時に砂嘴の先端部から順に機械で礫を採取、積み出すことは可能と思われる。ただし、これらの州島のラグーン側に活発なサンゴ礁帯が広がっているため、運搬台船に礫を積み込む為の仮設アクセス（水路、仮設栈橋、コーズウェイ等）を設置する場合は、環境保護に十分な配慮が必要である。

今回のF/S調査において、フナフチ環礁を形成する全州島を観察した上で、礫の堆積が顕著に観られた特に環礁南東部にある3島（フナマヌ島、ファレファトゥ島、マテイカ島；**図 9.21**、**図 9.45** 参照）の端部に礫が堆積して出来た砂嘴部の地形を測量し、礫材の賦存量を推定した。なお、礫が堆積しているのはビーチロック（平均潮位 C. D. L+2.0m）以上と仮定し、この容積を礫の推定賦存量とした。



図 9.21 フナフチ環礁島南東部の州島における礫材調査位置

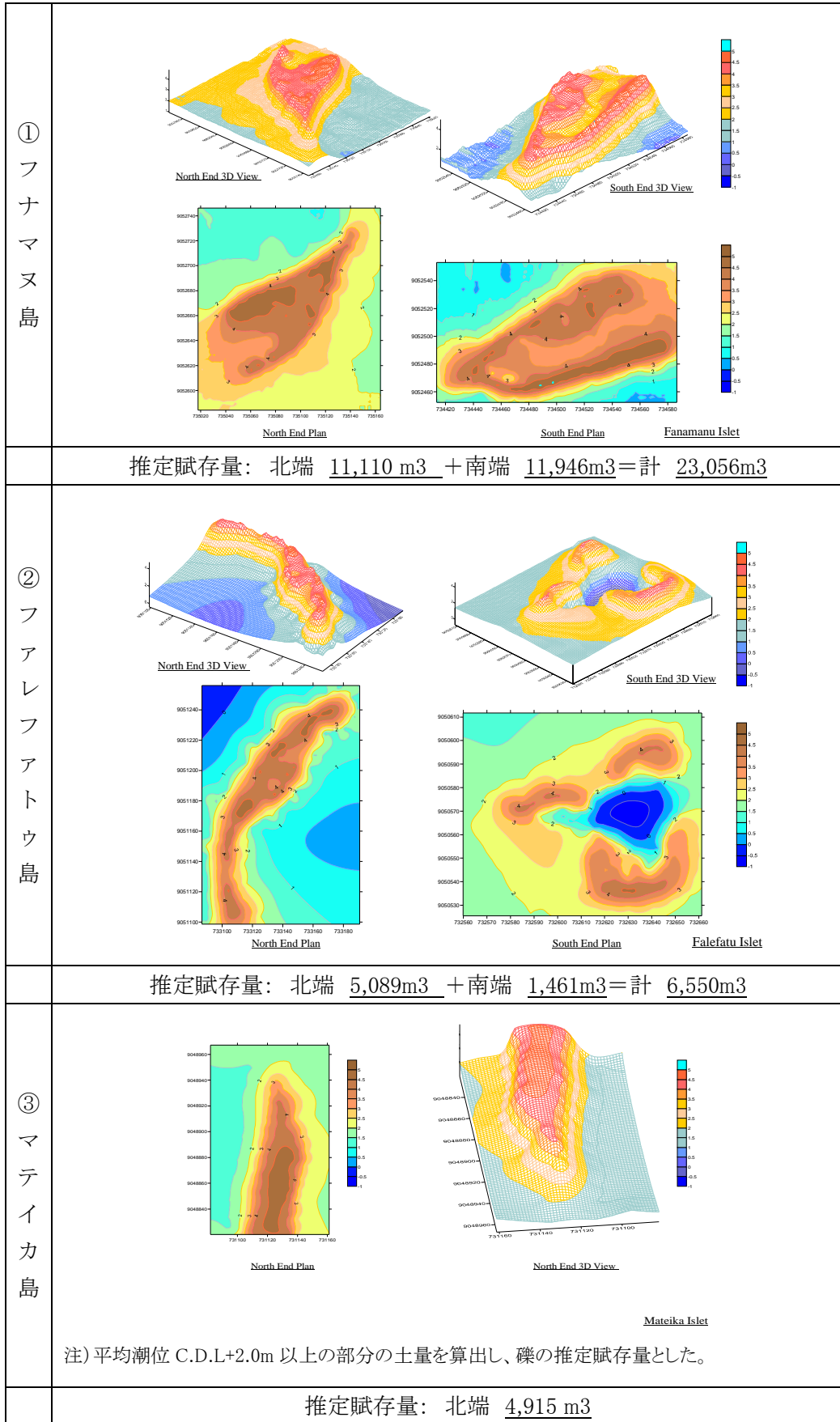





図 9.22 フナフチ環礁島南東部の州島の地形と礫材の推定賦存量

(2) 滑走路周辺の礫材

サイトと地続きのフォンガファレ島、テンガゴ島あるいはフナフチ環礁近辺州島から採取することが、もっとも安価と考えられるが、上記の a) で述べたとおり、既にフォンガファレ島、テンガゴ島では戦時中の滑走路の造成の為に島の陸地中央部の礫を採掘されており新たな礫材の採掘は難しい。

さらに、次項(3) 礫材の推定賦存量および 9.3.3 養浜材の必要量の検討で述べるとおり、計画に必要な礫材容量に対して礫材の賦存量が不足することは明白ということが分かったので、自然状態の礫だけでなく、さらにフナフチ環礁で礫材が安価に採取可能な場所を検討したところ、滑走路に埋めたこれらの礫を掘り起こして対策工に使用し、その代わりにラグーンの沖合の水深が深く砂の移動限界水深を超えた深い所に堆積している海底砂を浚渫し、礫を採取した場所に置換することは物理的に可能と考えられる。

F/S 調査においては、滑走路脇の地表面を観察した上で、礫が多量に埋められていると推測される東側の安全地帯を滑走路全長 1600m に沿って約 100m 毎に試掘をし、礫材の深さ、砂の比率および礫の粒径を調査し、採取可能な礫材の容量を算出した。試掘調査位置を  9.23 に示す。この結果、砂礫の比率から重量比にして約 80~85%程度が今回の礫養浜に使用可能な礫材として分類されることが判った。( 9.24、  9.25 参照) また、礫の粒度の分布は、ほぼどの試掘孔も同様であり、深さ方向による変化は特に見られなかった。

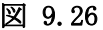
ただし、  9.26 に示すとおり、18 箇所の試掘孔の内、滑走路の中央部の 3 箇所 (P-10、P-10+0.5、P-10+) で砂の割合が多い試掘孔が観察された。満潮時に滑走路の中央から北側に地下水が平均水位 C. D. L. +2.0m 地表と比較的浅い所で確認され、滑走路を隔てた西側のプラカ芋畑の湿地帯と繋いで地下水が流動していることを伺わせた。



図 9.23 滑走路近傍の安全地帯の礫材調査地点



試掘サイト全景



試掘孔



1m 角ドラート 10cm メッシュ



フルイ分け後

図 9.24 試掘状況 (No. P-13:北端部)

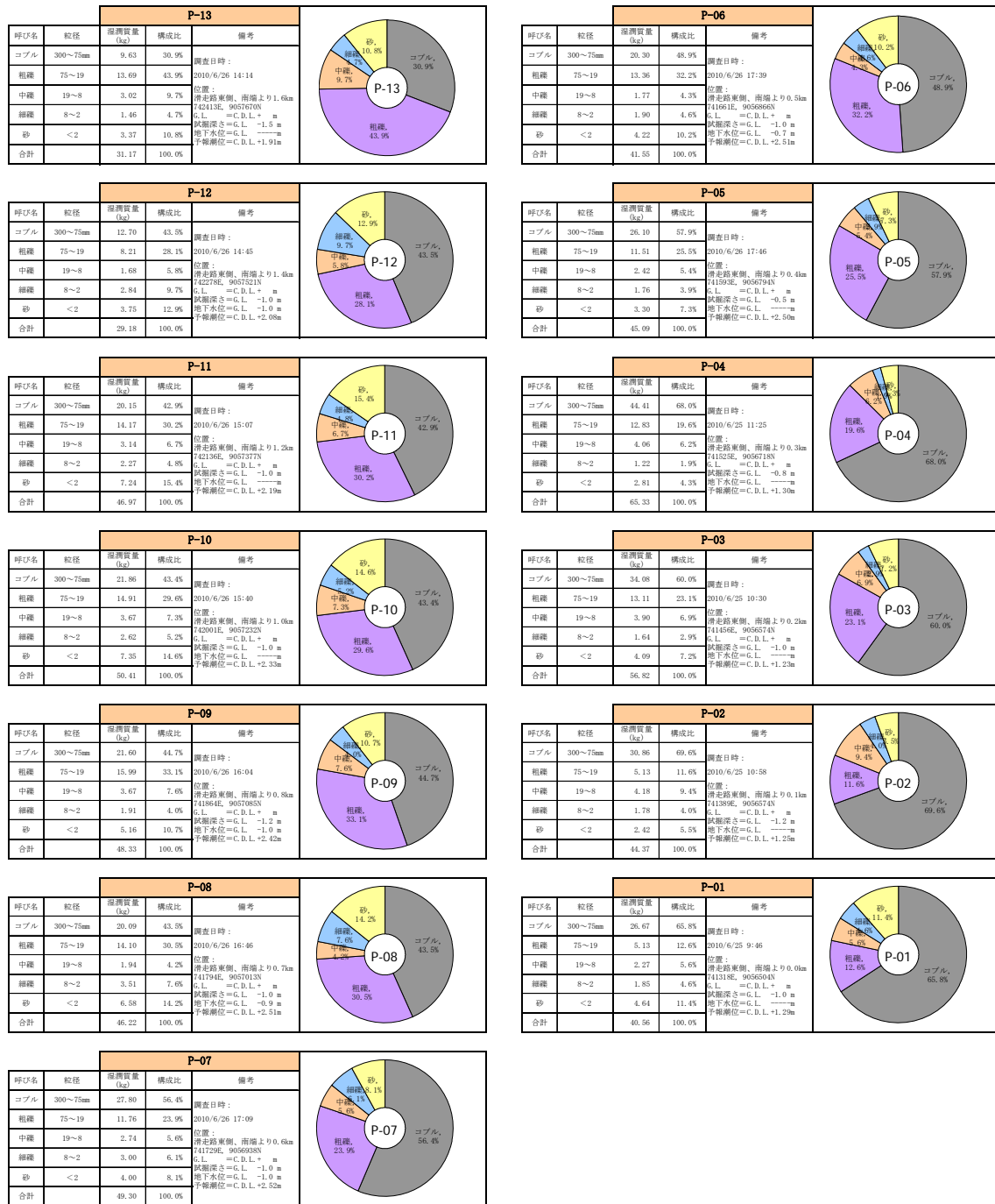


図 9.25 滑走路東側安全地帯の地盤の粒度分布

滑走路脇の礫材試掘調査の位置情報
(2010年6月25日～7月2日)

測点	滑走路南端からの距離	Easting	Northing	現地盤高 (C.D.L.上)	試掘孔の深さ (現地盤より)	基盤岩高さ (C.D.L.上)	地下水の高さ (C.D.L.上)	分類	備考	試掘時の潮位 (C.D.L.上)
P-13	1.600	742411.8796	9057672.1989	+4.09	-1.50	+2.59	観測されず	G		+1.91
P-12+	1.500	742343.2790	9057595.2910	+3.10	-1.10	+2.00	+2.10	G	礫多い、地下水やや多い	+1.62
P-12	1.400	742277.4945	9057524.0969	+2.94	-1.00	+1.94	+1.94	G	礫多い、地下水やや多い	+2.08
P-11+	1.300	742207.3849	9057453.0774	+2.97	-1.20	+1.77	+2.17	G	礫多い、地下水高い	+1.69
P-11	1.200	742136.8308	9057380.3482	+2.95	-1.00	+1.95	観測されず	G	礫多い、地下水高い	+2.19
P-10+	1.100	742067.9129	9057307.9960	+3.07	-1.25	+1.82	+1.97	S	礫殆ど無し、地下水高い	+1.84
P-10+0.5	1.050	742036.0473	9057276.0453	+3.10	-1.35	+1.75	+1.75	GS	礫少なく、砂分多い、地下水低い	+1.79
P-10	1.000	741999.1026	9057236.3817	+3.05	-1.00	+2.05	観測されず	GS	礫少なく、砂分多い	+2.33
P-09+	0.900	741935.2287	9057160.3079	+2.90	-1.25	+1.65	+2.30	G	礫多い、地下水高い	+1.96
P-09	0.800	741863.5388	9057087.6325	+2.94	-1.20	+1.74	+1.94	G		+2.42
P-08	0.700	741794.4500	9057014.7703	+2.97	-1.00	+1.97	+2.07	G		+2.51
P-07	0.600	741728.0656	9056940.8265	+3.01	-1.00	+2.01	+2.01	G		+2.52
P-06	0.500	741659.9577	9056868.6012	+2.99	-1.00	+1.99	+2.29	G		+2.51
P-05	0.400	741592.9891	9056795.6242	+3.15	-0.50	+2.65	観測されず	G		+2.50
P-04	0.300	741524.3872	9056721.0248	+3.40	-0.80	+2.60	観測されず	G		+1.30
P-03	0.200	741457.3948	9056647.7584	+3.41	-1.00	+2.41	観測されず	G		+1.23
P-02	0.100	741386.1791	9056576.9882	+3.47	-1.20	+2.27	観測されず	G		+1.25
P-01	0.000	741314.9658	9056506.3991	+3.44	-1.00	+2.44	観測されず	G		+1.29
Average				+3.16	-1.08	+2.09	+2.05			+1.94

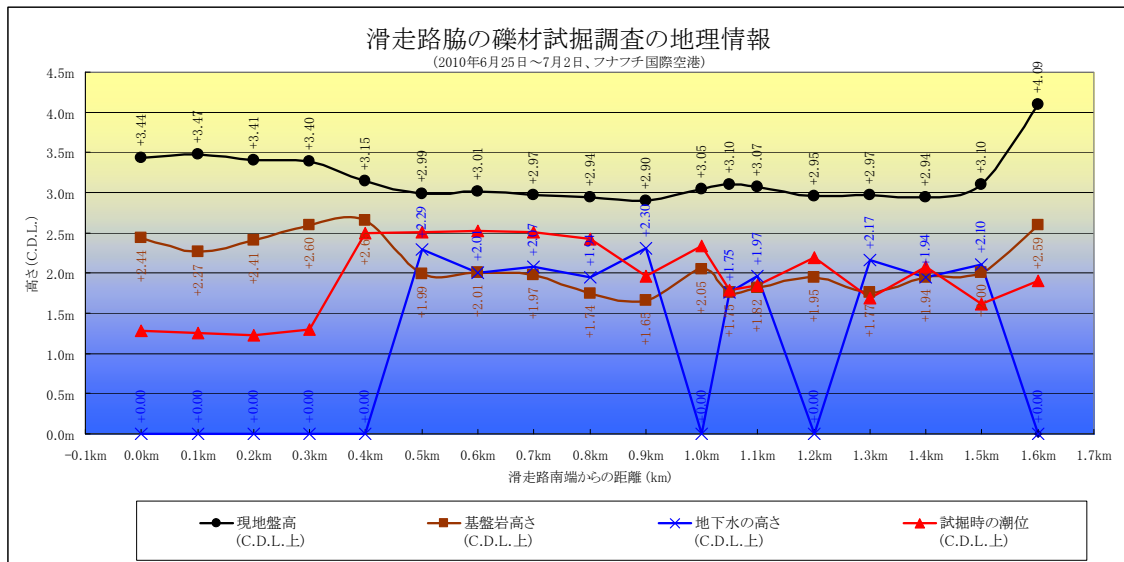


図 9.26 試掘点における地盤高と地下水位に関する情報

(3) 礫材の推定賦存量

州島の礫材と滑走路周辺の礫材の賦存量は、表 9.9 のとおりに推定される。

表 9.9 礫材の推定賦存量

項目	工区名称	礫材の推定賦存量 (m3)
B. 礫材の賦存量		
B-1 州島		
フナマヌ島	北端	11,110
	南端	11,946
ファレファトゥ島	北端	5,089
	南端	1,461
マテイカ島	北端	4,915
小計		34,521
B-2 滑走路		
	(A) 北端	5,355
	(B)	6,919
	(C)	1,680
	(D)	1,680
	(E)	9,138
	(F) 南端	5,950
小計		30,722
B.礫材の推定賦存量 合計		65,243

9.3.3 礫材採取における課題と計画採掘量

(1) 州島からの礫材採取

a) 仮設アクセスの形式

環礁南東部にある州島の両端部（フナマヌ島、ファレファトゥ島、マテイカ島）に有る礫材を採取する場合、静穏なラグーン側からアクセスし礫を採取し、台船に積み込み、フォンガファレ島に海上輸送することになる。

台船に礫を積み込む為には仮設アクセス（水路、杭式栈橋、コースウェイ等）が必要だが、仮設アクセス形式の選定および工事計画については、後出の施工計画において述べるが、本計画では、各島で採取された礫材を浅い海岸のビーチフラット上に撒き出し台船がアクセスできる水深まで盛土したコースウェイ式として計画する。

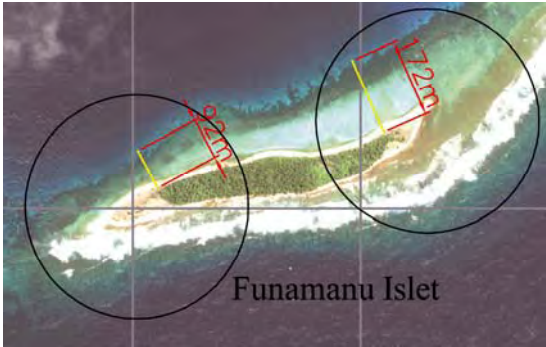
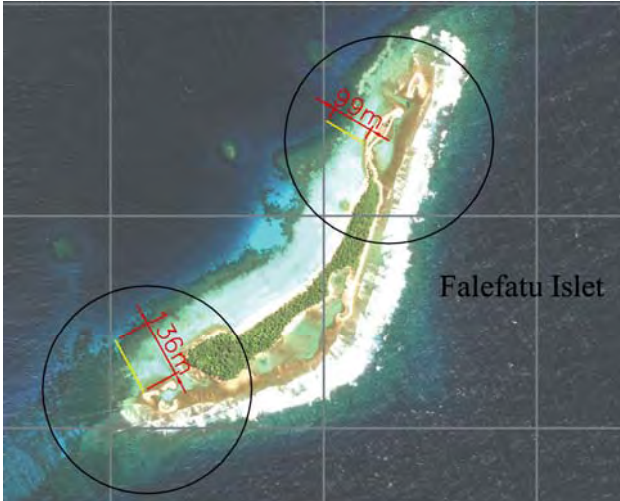
b) 経済性の検討

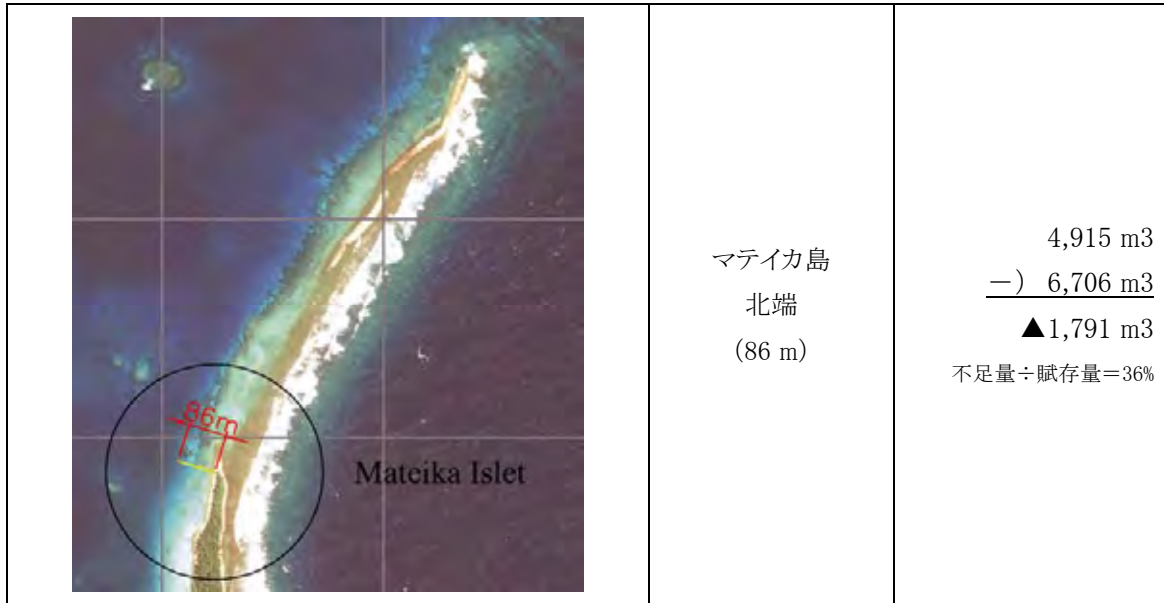
いずれの州島も礫材の運搬用台船のアクセスが可能な水深 C.D.L. - 3 mを確保するには、ラグーン側の沖合約 90m~170mにアクセスの先端部を設置する必要がある。

各採取候補地に必要な仮設コズウェイの長さや土量および賦存量との収支を表 9.10 に示すとおり、フナマヌ島の南端を除いて仮設コズウェイに必要な土量が採取可能な土量を超えることが判る。各所において不足土量が採取土量の▲50%程度であれば良いが、特にファレファトゥ島南端部については礫を運び出す為の仮設コズウェイに必要な土量と賦存量の収支バランスが▲600%を超え極端に悪く（8,795 m³の不足）、採取可能な土量に対する仮設費が極端に過剰になるものと判断されるため、本計画では礫採取の候補地から除くこととする。また、マテイカ島へ台船を航行させるには、水深の深いファレファトゥ島とマテイカ島の州島間の海峡から進入する波高の大きな外洋波が大きく影響するので危険を回避するには、採取場所の優先順位は下位に評価せざるを得ない。

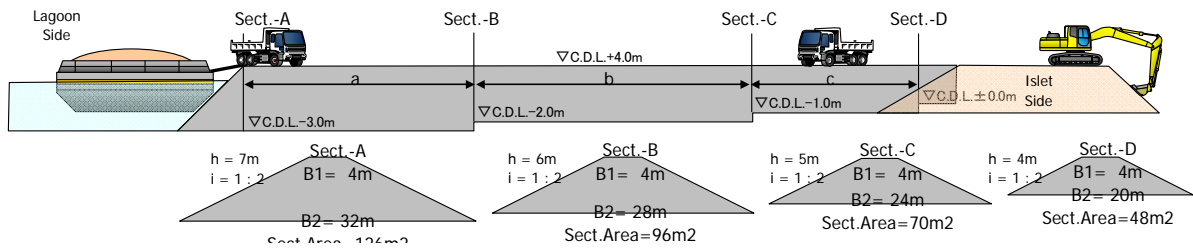
対策工の工法、必要土量を総合的に検討した結果、礫採取の優先順位としては、フォンガファレ島に一番近いファレファトゥ島の北端部と南端部、次ぎにフナマヌ島の北端部とし、ファレファトゥ島の南端は経済性の面から採取は見送るのが妥当である。またマテイカ島についても本計画では採取は行わないものとして計画する。

表 9.10 州島への仮設アクセスの必要延長と土量

州島アクセス位置図	工区名称 (仮設アクセス延長)	上段: 礫材賦存量
		中段: 仮設アクセス土量
		下段: 収支
 Funamanu Islet	フナマヌ島 北端 (172 m)	11,110 m ³ -) 12,812 m ³ ▲1,702 m ³ 不足量÷賦存量=▲15%
	フナマヌ島 南端 (92 m)	11,946 m ³ -) 7,132 m ³ △4,814 m ³ 不足量÷賦存量=△40%
 Falefatu Islet	ファレファトゥ島 北端 (99 m)	5,089 m ³ -) 7,629 m ³ ▲2,540 m ³ 不足量÷賦存量=▲50%
	ファレファトゥ島 南端 (136 m)	1,461 m ³ -) 10,256 m ³ ▲8,795 m ³ 不足量÷賦存量=▲602%



注) 仮設アクセス・コーズウェイの堤体断面寸法および所要土量は、礫の採取場所毎に異なり、本計画では下記のとおり仮定した。



Location	Distance			Total (m)	Volume (m ³)
	a (m)	b (m)	c (m)		
Funamanu N	15.0	78.5	78.5	172.0	12,812
Funamanu S	15.0	38.5	38.5	92.0	7,132
Falefatu N	15.0	42.0	42.0	99.0	7,629
Falefatu S	15.0	60.5	60.5	136.0	10,256
Mateika N	15.0	35.5	35.5	86.0	6,706

c) 生態系への影響

台船の接岸による生態系への影響と対策

コーズウェイ式のアクセス堤体を設ける場合に想定されるサンゴ類への影響と対策について検討する。

影響

Funamanu 島, Falefatu 島, Mateika 島の 3 島から礫材を採取し積み出す為に、底辺の幅約 30m 程度 (※幅は水深による) コーズウェイ式のアクセス堤体を設ける場合、現況海底面に礫材を仮設盛土することになる為、浅海域部に生息するサンゴ類に対して物理的なダメージが与えられることが考えられる。

対策

直接のダメージを受けるエリア内のサンゴ類を移動させ、工事完了後にもとに移植する。

図 9.27 には Funamanu 島の南側の礫採取予定地区を示す。F/S 調査で実施した生態調査におけるサンゴ類の生息分布図を用いて、仮の台船接岸場所を定め、そのサンゴを移動させる面積（黄色枠）を求めると、以下のとおりとなる。

- ・ サンゴ被度 50%以上 187.6 m²
- ・ サンゴ被度 20-50% 681.7 m²
- ・ サンゴ被度 1%未満 211.4 m²

これらの面積とそれぞれの被度から、移動すべきサンゴ類の面積は、少なくとも 229.3 m² で見積もれる。

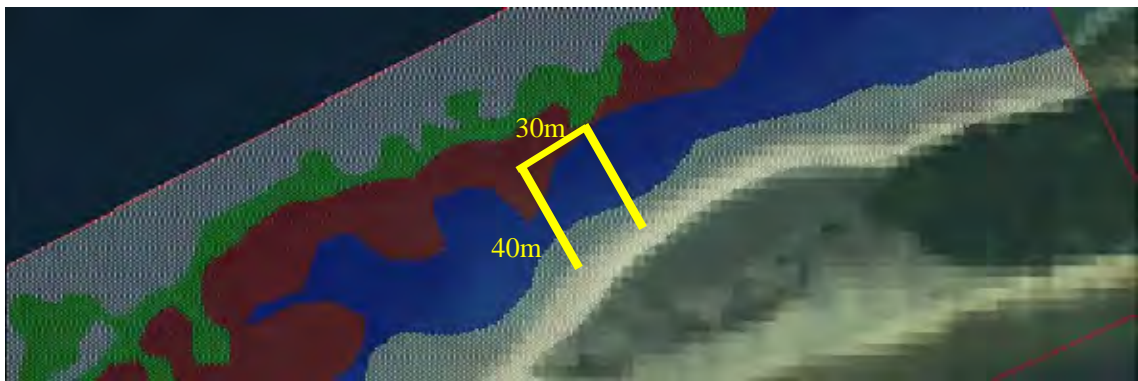


図 9.27 Funamanu 島の南側の礫採取予定地区
(黄色枠：台船の接岸によるサンゴ類に移植範囲)

なお、移植するために刈り取ったサンゴ類は、ラグーン浅海部（礁池）の底部に組んだ、仮設の棚に収容する。刈り取りは、潜水士が行う。サンゴの移植は、水中ポンドで行う。

(2) 滑走路からの礫材採取

a) 滑走路の基礎地盤

既存の滑走路一帯は、そもそも平均水面の高さ付近まで成長したサンゴ礁の上に堆積したサンゴ礫、有孔虫由来の砂が長い年月を掛けてビーチロックと呼ばれる軟岩盤状に固結したものである。戦前は、これを基盤層とする湿地帯が広がっていたが、戦時中にフォンガファレ島の内陸部のあちこちから砂礫を掘り出して埋め立て造成したのが現在の滑走路周辺の人工地盤の成因である。

元々の基盤のサンゴ礁やビーチロックは非常に多孔質な性質を有していると共に、あちこちに亀裂や空洞が残っており、現在もこれらを水ミチとして外洋と地下で繋がっており、地下水が内陸と外洋で交換しているものと考えられている。

滑走路の安全地帯で礫を掘り出した後に細粒分を含む土砂を水ミチが多く残る多孔質な基盤の感潮域に埋め戻した場合、地下水の流動と共に土粒子が埋め戻し地盤から吸い出され、将来、地盤内に空洞が生じる可能性が懸念される。これについてはツバル政府の航空局、公共事業局からも十分に慎重に施工方法を検討する必要をと指摘されている。

b) 置換土（浚渫土）の土質

一方、浚渫土の土質分析の結果、本計画で浚渫により採取されるハリメダ由来の海底の砂は粒子が非常に脆く、容易に微細な粒子に変化してしまうことが解った。粒度は、 0.074μ 以下の細粒分が約半分を占める砂とシルトの境界状の粒度分布を示し、細粒分質砂に分類された。また、浚渫土の透水係数はルーズな状態で $5.37 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 、締め固めた状態で $5.87 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ と一般的な砂とシルトの中間値辺りの透水性を示した。

c) 吸い出し防止対策

対策としては、土粒子の吸い出しを防止するジオテキスタイルを基盤面に敷いてから浚渫土を埋め戻すことで十分と考えられるが、室内試験結果からジオテキスタイルには織布系の場合、土粒子が繊維から漏れ出す一方で、織布の糸の中に細粒な土粒子が絡み透水性が非常に悪くなり土砂内の脱水が進行せず所定の密度に落ち着く迄に多大な時間を要することが判明した。

一方、不織布系のジオテキスタイルの場合は、これらの問題が無く良好な結果が得られた。したがって、浚渫砂で置換埋め戻しする前には、不織布系のジオテキスタイルを基盤上に敷設し、できるだけ脱水が進行した浚渫土を埋め戻し、室内締め固め試験で得られた最適含水比（ $W_{opt}=31.3\%$ ）で締め固めることが必要である。

(3) 礫材の計画採掘量

州島の礫材と滑走路周辺の礫材の賦存量は、9.2.3項の表 9.9 のとおりと推定されるが、前述のとおり、仮設工事費、生態環境への影響、海象条件などを勘案すると、本計画で採掘可能な礫材量は、表 9.11 のとおりになる。

表 9.11 礫材の計画採掘量

項目	工区名称	礫材の推定賦存量 (m3)	礫材の計画採掘量 (m3)
B. 礫材の賦存量			
B-1 州島			
フナマヌ島	北端	11,110	11,110
	南端	11,946	11,946
ファレファトゥ島	北端	5,089	5,089
	南端	1,461	0
マテイカ島	北端	4,915	0
小計		34,521	28,145
B-2 滑走路			
	(A) 北端	5,355	5,355
	(B)	6,919	6,919
	(C)	1,680	1,680
	(D)	1,680	1,680
	(E)	9,138	9,138
	(F) 南端	5,950	5,950
小計		30,722	30,722
合計		65,243	58,867

9.3.4 養浜材の必要量の検討

(1) 対策工の位置範囲

図 9.28 に示すとおり、対策工の候補地として、海岸保全区域における緊急整備の優先度が最も高い L-D 地区および 2 番目に優先順位の高い L-C 地区について詳細測量を実施した。

- ・ 礫養浜工： 【L-C】、【D-1】～【D-3】
- ・ 沿岸浅海部のボローピット埋め戻し工： 【BP-1】～【BP-4】

詳細測量調査で作成した測量図と 2010 年 5 月 5 日に撮影された高解像度衛星画像をベースにして、前出 9.2.1 項で検討した計画養浜断面の法線位置を設定し、本計画を実施する場合に必要な養浜材の土量を算出した。なお、5.2.2 項で述べた Coastal Borrow Pit については、科学技術協力チームの意見を反映して長期的対策の視点から砂の堆積を阻害する一因と考えられることから、元の地形に復元する為にボローピットの埋め戻し工に必要な土量の算出を行った。



図 9.28 対策予定地区の汀線および浅海部の詳細測量範囲

この結果、礫養浜、パラペット工およびボローピットの埋め戻し工、考えられるすべての対策を実施する場合、表 9.12 に示す土量が必要と見積もられる。

表 9.12 対策工に必要な養浜材の容量

工区	概要	合計所要土量 (m ³)
A. 対策工		
A-1. 礫養浜工		
L-C-N	後浜幅 15m	13,175
L-C-S	後浜幅 15m	22,915
D-1	後浜幅 15m	31,018
D-2	※対象としない	0
D-3	後浜幅 10m	21,173
上記計		88,281
A-2. パラペット工		
L-C-N	パラペット(438mL)	263
L-C-S	パラペット(317m+300m=617mL)	814
D-1	パラペット(計 668mL=北(452m)+南(216mL))	357
D-2	※対象としない	0
D-3	パラペット(計 293mL=北(116m)+南(177mL))	176
上記計		1,610
A-3. ボローピット埋戻し工		
BP-1	D-1 工区 (北側)	15,505
BP-2	D-1 工区 (南側)	7,119
BP-3-N	D-1 工区(カタリナランプ周辺 北側)	1,140
上記計		23,764
小計		113,655

(2) 礫材の所要量と推定賦存量の収支

前出 9.3.3 項において見積もられた礫材の必要量と、9.3.2 項で推定した礫材の賦存量の収支は表 9.13 のとおりとなる。

表 9.13 対策工に必要な礫材容量と採取可能量のまとめ

礫材の所要土量 (m3)	礫材の推定賦存量 (m3)	収支 (m3)
113,655	58,867	▲ 54,788

このとおり優先度の高いフォンガファレ島中央部のラグーン沿岸の対策工を全て実施した場合、フナフチ環礁で実質的に採取可能と考えられる礫材を全て利用しても、依然として約 5.5 万 m³ もの大量の礫材が不足することが分かる。

フナフチにおいては、対策工の主要材料である礫材の現地調達が難しいことから、対策工の必要性を優先順位に従い対象範囲を絞り込むと同時に、技術的に礫材の使用量を低減可能な工法の検討を進める必要があるが、これらの検討は後出の 9.5 章 施工計画において詳述する。

9.4 対策工の提案

対策を必要とする優先度、礫材の現状の調達状況および越波対策の効果を考慮して、優先プロジェクトとして実施する対策工は表 9.14 に示す第 1 案とする。ただし、礫材の調達量の増大が見込まれる場合は、その量に応じて第 2 案以降を採用するものとする。第 3 案の L-C 地区のパラペットは第 4 案の礫養浜と合わせて効果を発現するもので、第 4 案の暫定工となり、第 3 案だけでは L-C 地区のうちあげ高は満足できないことに注意が必要である。対策工の平面図を図 9.29 に示す。

表 9.14 対策工の提案

対策工	必要土量 (m ³)	概算事業費 (百万円)	第1案	第2案	第3案	第4案
直接工事費						
L-C 工区						
礫養浜	36,090	325.8				○
パラペット	1,077	36.3			○	○
ボローピット BP-1	15,505	136.8		○	○	○
BP-2	7,119	62.8		○	○	○
L-D 工区 (D-1, D-3)						
礫養浜	52,191	134.8	○	○	○	○
パラペット	533	18.0	○	○	○	○
ボローピット BP-3N	1,140	10.1		○	○	○
直接工事費(礫・海砂採取)			248.6	308.2	324.5	324.5
仮設・諸経費・設計監理費等			153.9	252.4	271.0	375.3
	必要土量(m ³)		52,724	76,488	77,565	113,655
	概算事業費(百万円)		555.3	923.1	994.3	1,424.4

注)第 3 案の L-C 地区のパラペットは第 4 案の礫養浜、または将来の砂浜を見込んだ天端高(C.D.L.+4.5m)であるため、第 3 案だけでは L-C 地区のうちあげ高は満足できない。

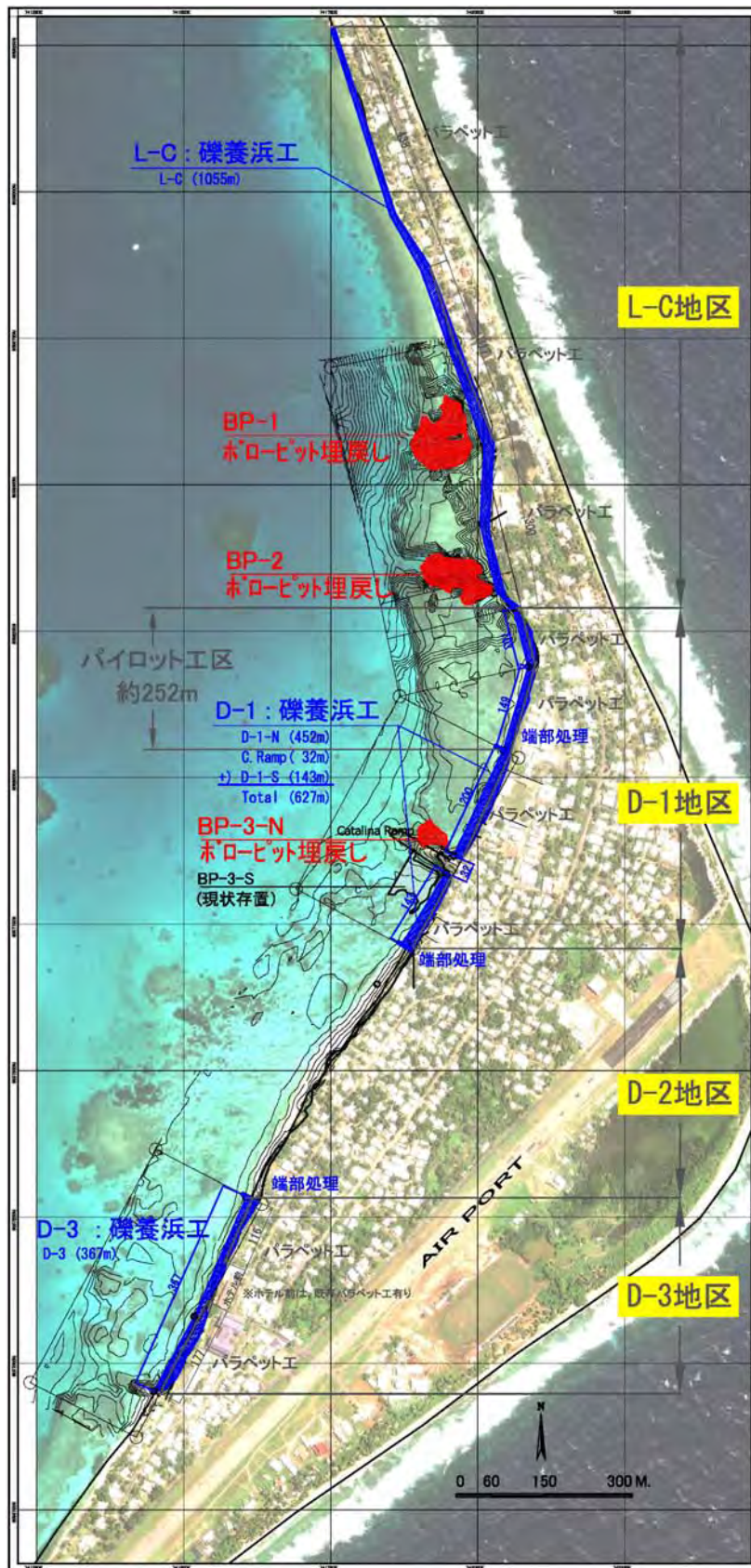


図 9.29 対策工平面図