

ツバル国

外務・貿易・観光・環境・労働省

ツバル国
沿岸災害対応のための礫養浜
パイロットプロジェクト

ファイナル・レポート
(要約)

平成 30 年 4 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社
株式会社 ふたば

環境
JR
18-055

ツバル国

外務・貿易・観光・環境・労働省

ツバル国
沿岸災害対応のための礫養浜
パイロットプロジェクト

ファイナル・レポート
(要約)

平成 30 年 4 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社
株式会社 ふたば

● 写真で見る事業概要(1/3)

事業後の海岸の様子



● 写真で見る事業概要 (2/3)

養浜の施工と得られた効果

工事概要

<工事工程概要図>



工事工程 1 : 礫の採取・運搬・投入



▲ 洲島端部からの礫の採取

▲ 事業実施海岸への礫の投入

工事工程 2 : 事業実施海岸における突堤建設



▲ コア材投入 (フィジーより調達)

▲ 被覆石設置 (フィジーより調達)

工事工程 3 : 砂の採取・運搬・投入



▲ ボローピットからの砂の採取

▲ 事業実施海岸への砂の投入

1. 防護効果 (サイクロン来襲時の波浪状況)



▲ 事業エリア外

▲ 事業エリア内

2. 海岸利用面の向上



▲ 砂浜でのスポーツ

▲ 突堤での魚釣り

3. 海岸景観・環境の改善



▲ 海岸景観の改善

▲ 魚類の生息場の創出

● 写真で見る事業概要 (3/3)

海岸の維持管理に資する広報・環境教育活動

海岸清掃イベント(建設前)



海岸歌コンテスト



海岸見学ツアー(施工中)



海岸運動会に係る一連イベント

1. 環境教育授業



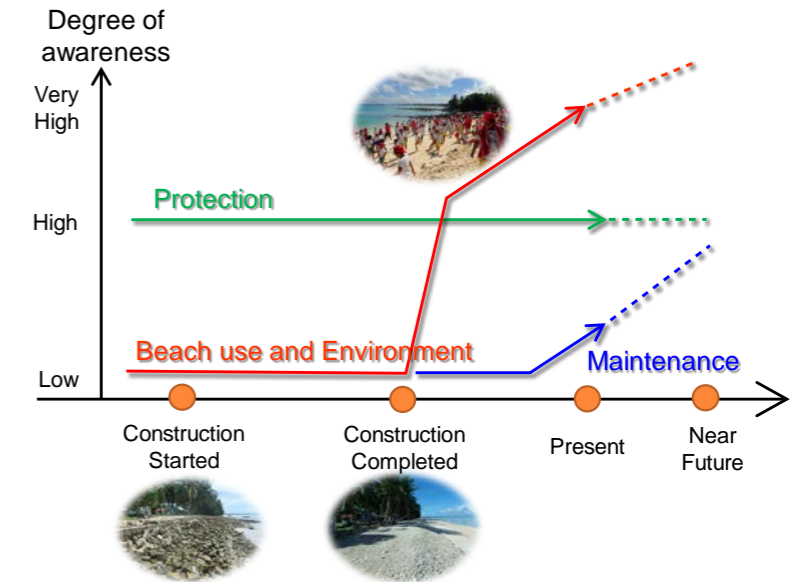
2. 海岸清掃イベント



3. 海岸運動会



意識の変化



行動の変化



▲ 自発的な海岸清掃の実施



▲ 新たな海岸利用形態の広まり

序論

ツバルを含む大洋州の各島嶼国では、近年、海岸侵食や高波・高潮被害等の海岸災害が深刻化している。これに加え、気候変動に伴う波浪の増大や海面上昇などによる海岸災害リスクの増大も懸念されており、このような海岸の諸問題に対する対策は島嶼国に追って喫緊の課題となっていることから、各国は国際的な支援を得ながら、防災および気候変動対策の両面から海岸保全対策を実施している。

一方、これまで大洋州諸国で実施されてきた海岸保全事業は、いくつかの対策工（主にハード構造物対策）の中から単に工法を選択・実施するというハード的な視点を重視した事業がほとんどであり、長い年月を経て形成されてきた島の歴史や海岸の成り立ちなどに関する十分な理解や、人々の生活や憩いの場として利用されてきた本来の海岸の役割などへの配慮など、ソフト的な視点が不足していた。その結果、多額の経費を掛けた事業が実施されたにもかかわらず海岸が地域や住民の手から離れ、本来あるべき人と海岸の関わりが希薄となってしまった事例も多い。

海岸はそこに暮らす住民の日々の生活に密接に関わり、海岸から多くの恩恵を受けるとともに、多様な動物や植物の生息・生育場でもあることから、このような海岸の本来持つ機能を損なうことなく自然と共生が可能な海岸の防護・保全を図ることが必要である。また、海岸に関わりの強い地域コミュニティや住民が自身で海岸を保全・維持しながら利用していくことが、その地域の自然環境と共存した健全な発展にも繋がると考えられる。

ツバルの首都のある Fongafale 島では、第二次世界大戦中の米国による海岸の改ざんと、ここ数十年における急激な人口集中により、特に居住地エリアであるラグーン側の海岸状況の悪化が健在化していた。特に島の中心エリアでは、元来存在していた砂浜の消失、およびこれまで実施されてきたコンクリートブロック等による護岸の崩壊により、高波・高潮被害の拡大、人々の海岸利用面への支障を来していた。その結果、海岸は生活ゴミが堆積し、異臭を放ち、本来の海岸の姿から大きく異なる状況であった。

このような海岸状況を踏まえ、JICA は 2009 年から 2011 年にかけて、短期的および長期的両面での海岸の回復を目指し、「ツバル国におけるエコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査」および将来の海面上昇に対する復元力の高い島を再生することを目指した、島の形成・維持メカニズムの解明及びそれに基づく砂の生産・運搬・堆積における海岸保全対策の提案を行う科学技術協力「海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持（2009～2014 年実施）」を実施した。これらの結果を踏まえ、短期的海岸侵食対策の提案を行う開発調査として、本プロジェクトが要請された。

本プロジェクトは、ツバルにおいて養浜工法による海岸保全対策をパイロット事業として実施することで、島嶼国における長年の海岸の形成過程を踏まえた人と自然に優しい海岸保全対策及びその持続的な維持手法の確立を目的として、2012 年から 2018 年にかけて実施された。養浜はこれまでツバルをはじめとする大洋州諸国で多用されてきたハード構造物対策と異なり、

砂や礫を用いて本来の海岸に近い形での海岸防護・保全を図ることが可能な海岸保全工法であり、以下の3つのフェーズに分けて実施された。

Phase-1：計画・設計（2012年3月～2013年3月）

Phase-2：施工（2015年2月～2015年12月）

Phase-3：モニタリング評価・維持管理（2016年1月～2018年5月）

Phase-1では、基礎調査として島の形成や礫や砂の取得可能性と移動機構、また“防護”、“利用”および“環境”の3つの要素を満たす養浜の計画・設計について、現地調査や数値計算等のアプローチによる技術的検討を行った。本プロジェクトでは、自国で生成されるサンゴ礫およびサンゴ砂を養浜材として用いたため、取得エリアにおける環境影響についても配慮した。またプロジェクトエリアは地域住民が日常的に利用する公共海岸であるため、養浜の計画・設計においては住民公聴会を開催し、声を上げにくい女性グループの意見も個別に聞くなど幅広く実施し、海岸を利用する住民の意見をできるだけ反映させた。

その後、養浜幅に対するツバル政府側と議論が続いたが、2014年11月に双方が合意したことから、2015年2月よりPhase-1にて提案した養浜に対する詳細設計のレビュー及びPhase-2として2015年6月に施工を開始、2015年12月に完工し、海岸が復元された。

Phase-3では、海岸の有効性および妥当性を評価するためのモニタリングを約2年間かけて実施した。その結果、養浜材の流出は極めて少なく、安定した海岸が維持されていることが確認された。また、海岸の利用者である地域・住民主導での海岸維持管理を実現するため、事業期間を通じて養浜に対する理解向上と人々の海岸保全に対する意識向上を目的とした様々な広報・教育活動を実施した。特に2016年と2017年に実施した海岸運動会に関する一連の活動は、人々が海岸の楽しさや恩恵を自身で体感し、良好な海岸を維持するための自分達の責任を認識する良い機会となった。これらの取り組みにより、これまでツバルでほとんど知見と理解がなかった養浜に対する理解向上と、海岸保全に対する人々の意識向上が確実に高まったことが、住民インタビュー調査から明らかとなった。工事完了から2年以上が経過した現在も、コミュニティ主導による海岸管理の実現化が図られている。

本プロジェクトは、大洋州島嶼国においてソフト的な視点を踏まえた養浜工法による海岸保全を実施するとともに、地域・住民主導での海岸維持管理の実現化を図った初めてのケースであった。そのため、本事業成果をツバル国内にとどまらず、他の大洋州諸国に積極的に共有するための取り組みも併せて実施した。具体的には、ツバル国内外でのセミナーや交流機会の創出（トンガでのGEFワークショップでの発表、モーリシャスとの技術交流、国際学会への発表等）、リーフレットやテクニカルガイドラインを作成し、Web上でダウンロードできるほか、国内外関係機関へ配布している。

今後、本事業の成果である養浜工法が、ツバルをはじめとする大洋州島嶼国における海岸保全対策事業において広く活用されるとともに、人と環境に優しい海岸保全工法としての養浜に対する理解と、人々の海岸保全とその維持に対する更なる意識の向上に役立つことを期待する。

目次

写真で見る事業概要

序論

要約の概要	ES-1
-------------	------

パート1：基礎検討および計画・設計

第1章 はじめに	1-1
1.1 事業の背景.....	1-1
1.2 関連する事前情報.....	1-1
1.3 本事業の目的.....	1-2
1.4 対象エリア.....	1-2
1.5 検討概要および実施工程.....	1-3
第2章 自然・社会条件.....	2-1
2.1 自然条件.....	2-1
2.2 土地所有権と法律.....	2-3
第3章 現地調査、データ収集及び解析.....	3-1
3.1 概要	3-1
3.2 深浅測量.....	3-1
3.3 横断測量及び底質採取.....	3-1
3.4 工事サイトの海岸状況.....	3-2
3.5 礫採取予定地の海岸状況.....	3-2
第4章 養浜材料調査.....	4-1
4.1 礫材調査.....	4-1
4.2 砂	4-2
第5章 養浜の計画と設計.....	5-1
5.1 保全目標.....	5-1
5.2 養浜の設計.....	5-1
5.3 設計内容.....	5-2
5.4 設計数量.....	5-5
第6章 実施計画	6-1
6.1 施工計画.....	6-1
6.2 実施スケジュール.....	6-3
第7章 環境社会配慮.....	7-1
7.1 概要	7-1

7.2	ツバル国の EIA 制度	7-1
7.3	PEAR のスコープ	7-1
7.4	結論	7-2
第 8 章	住民合意形成会議と業務調整委員会 (PCC) の実施	8-1
8.1	概要	8-1
8.2	住民合意形成会議および事業調整委員会 (PCC) の主な対象者	8-2
8.3	最終合意事項	8-3
パート 2 : 施工とモニタリング		
第 9 章	養浜の施工	9-1
9.1	工事の概要	9-1
9.2	養浜の施工により発現した効果	9-3
第 10 章	モニタリング計画	10-1
第 11 章	モニタリング結果	11-1
11.1	海象	11-1
11.2	プロジェクトサイトの海浜変化	11-1
11.3	政府埋立てエリアの海浜変化	11-6
11.4	礫採取地点の海浜変化	11-7
11.5	海岸モニタリングのまとめ	11-9
11.6	海洋環境	11-9
パート 3 : 建設後の海岸維持管理		
第 12 章	海岸管理と海岸メンテナンス	12-1
12.1	海岸管理の構造とその概要	12-1
12.2	コミュニティー主導の海岸メンテナンス	12-2
12.3	持続可能な海岸管理の提案と実施	12-3
第 13 章	順応対策	13-1
13.1	概要	13-1
13.2	工事完成から 1.3 カ年における海岸変化のまとめ	13-1
13.3	提案する順応対策	13-2
13.4	対策の実施	13-3
13.5	得られた効果	13-5
13.6	課題	13-6
第 14 章	広報および環境教育	14-1
14.1	概要	14-1
14.2	達成目標の設定	14-1
14.3	広報および環境教育活動の実施	14-1

14.4	広報および環境教育により得られた効果	14-4
------	--------------------------	------

パート4：能力向上、知識移転/ 養浜事業の水平展開

第15章	能力向上と知識移転.....	15-1
第16章	技術ガイドライン.....	16-1
16.1	概要	16-1
16.2	策定の基本方針	16-1
16.3	ガイドラインの目次	16-1
第17章	養浜事業の水平展開.....	17-1
17.1	概要	17-1
17.2	養浜工法に対する住民の理解度	17-1
17.3	養浜材調達の可能性	17-1
17.4	ツバルにおける養浜事業の今後の展開の可能性	17-2
17.5	課題と考慮すべき点	17-4
第18章	結論および提言.....	18-1
18.1	結論	18-1
18.2	提言	18-2

図リスト

図 1.1	事業対象エリア	1-3
図 1.2	各フェーズの主要な検討項目	1-4
図 2.1	フナフチ環礁の海底地形	2-3
図 2.2	プロジェクトエリア背後の土地境界	2-4
図 3.1	プロジェクトエリア周辺の等深線図	3-1
図 3.2	礫採取予定地の海岸状況 (Funamanu Island)	3-2
図 3.3	礫採取予定地の海岸状況 (Papaelise Island)	3-3
図 4.1	礫材調達地選定基準	4-1
図 4.2	ボローピットの位置図	4-3
図 5.1	平面図	5-2
図 5.2	養浜の断面形状	5-3
図 5.3	突堤の設計図面(北突堤のケース)	5-4
図 5.4	後浜石の平面配置、断面図および設置位置詳細	5-5
図 6.1	礫の採取予定地	6-2
図 7.1	EIA の主な許認可手続きフロー	7-1
図 8.1	住民合意形成および事業調整委員会の実施フロー	8-1
図 8.2	住民合意形成および事業調整委員会(PCC)の対象範囲	8-2
図 9.1	建設工事のスケジュール(計画と実際の比較)	9-1
図 9.2	工事中の代表写真	9-3
図 9.3	高波浪時の海岸の様子(事業実施前後の比較)	9-4
図 9.4	砂浜上および浅瀬での海岸利用の様子	9-4
図 9.5	突堤および後浜石周辺の海岸利用の状況	9-5
図 9.6	突堤周辺に生息する稚魚	9-5
図 9.7	事業実施前後の海岸景観の比較	9-6
図 10.1	モニタリング調査工程	10-2
図 11.1	海浜断面測定の測線配置と定点写真撮影位置	11-1
図 11.2	定点写真	11-2
図 11.3	海浜断面変化の比較 (順応対策実施前の 1.3 カ年間)	11-3
図 11.4	海浜断面変化の比較 (順応対策実施前後および当初の比較)	11-4
図 11.5	礫の移動イメージ	11-4
図 11.6	後浜域における礫の数量変化 (左:数量、右:割合)	11-5
図 11.7	前浜域における砂の数量変化 (左:数量、右:割合)	11-5
図 11.8	パイロットエリア内での全体の数量変化 (左:数量、右:割合)	11-5
図 11.9	突堤設置前の汀線変化	11-6
図 11.10	突堤設置後の汀線変化	11-6
図 11.11	埋立てエリアの海岸変化	11-6
図 11.12	Funamanu 島両端のモニタリング位置	11-7
図 11.13	Papaelise 西端のモニタリング位置図	11-7
図 11.14	Funamanu 島東側の海浜断面変化	11-8

図 11.15	Funamanu 島西側の海浜断面変化.....	11-8
図 11.16	Papaelise 島西側の海浜断面変化.....	11-8
図 11.17	海水透明度の状況.....	11-9
図 11.18	ラグーン内のサンゴの状況 (既に死亡)	11-10
図 11.19	養浜後の新たな生物生息環境.....	11-10
図 11.20	移植したサンゴの状況.....	11-10
図 12.1	本業務における海岸管理の構造.....	12-1
図 12.2	Funafuti Kaupule および住民との海岸清掃イベント.....	12-2
図 12.3	Kaupule 主導の海岸清掃の様子.....	12-3
図 12.4	提案した持続可能な海岸管理体制の概念図.....	12-4
図 13.1	北側エリアにおける海岸状況変化.....	13-1
図 13.2	南側エリアにおける海岸状況変化.....	13-1
図 13.3	養浜後の海岸挙動.....	13-2
図 13.4	提案する順応対策.....	13-2
図 13.5	砂の補充エリア (北側エリア)	13-3
図 13.6	順応対策実施工程 (案)	13-3
図 13.7	砂の補充エリア (北側エリア)	13-3
図 13.8	順応対策実施工程 (案)	13-3
図 13.9	バックホーを用いた礫の収集および投入 (ステップ 1)	13-4
図 13.10	残った礫の収集 (ステップ 2)	13-4
図 13.11	砂の補充 (ステップ 3)	13-5
図 13.12	対策前後の海岸状況の比較.....	13-5
図 14.1	海岸運動会に係る一連のイベントの実施.....	14-3
図 14.2	事業期間における海岸に対する人々の意識変化のイメージ.....	14-4
図 17.1	海岸事業実施済みおよび今後の可能性エリア.....	17-3

表リスト

表 1.1	実施工程	1-5
表 3.1	調査地点、前浜勾配及び中央粒径.....	3-2
表 4.1	総合評価の比較	4-2
表 4.2	各ボローピットへの砂の供給状況.....	4-3
表 5.1	設計潮位	5-1
表 5.2	設計潮位沖波	5-2
表 5.3	設計波諸元	5-2
表 5.4	設計数量	5-5
表 6.1	建設資材の計画調達先.....	6-1
表 6.2	人的資源の計画調達先.....	6-1
表 6.3	建設機材の計画調達先.....	6-1
表 6.4	施工スケジュール.....	6-3
表 6.5	実施スケジュール.....	6-4
表 9.1	主な作業項目と数量.....	9-1
表 9.2	計画と実際の数量比較.....	9-2
表 10.1	海象のモニタリング項目及び方法.....	10-1
表 10.2	プロジェクトサイト及びその周辺の海浜変化のモニタリング項目及び方法.....	10-1
表 10.3	礫採取エリアのモニタリング項目及び方法.....	10-2
表 10.4	海域環境のモニタリング項目及び方法.....	10-2
表 14.1	事業を通じて実施した広報および環境教育活動.....	14-2
表 15.1	能力向上と知識移転に係る活動とその実施概要.....	15-1
表 17.1	養浜事業の実施計画（案）	17-4

略語表

略語	名称	
	英語	日本語
APAC	International Conference on the Asian and Pacific Coasts	アジア・パシフィック海岸国際会議
C/P	Counterpart	カウンターパート
DOE	Department of Environment	環境局
DOF	Department of Fisheries	漁業局
DOLS	Department of Land and Survey	土地測量局
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MET	Tuvalu Metrological Service	ツバル気象局
NZ	New Zealand	ニュージーランド
MFATTEL	Ministry of Foreign Affairs, Trade, Tourism, Environment and Labour	外務・貿易・観光・環境・労働省
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
PCC	Program Coordination Committee	事業調整委員会
PEAR	Preliminary Environmental Assessment Report	予備環境アセスメント報告書
PR	Public Relation	広報
PWD	Public Works Department	公共事業局
SGP	Small Grants Programme	小規模融資プログラム
SOPAC	South Pacific Applied Geoscience Commission	南太平洋応用地球科学委員会
TCAP	Tuvalu Climate Adaptation Project	ツバル気候変動適応プロジェクト

要約の概要

本事業の概要および得られた結果を以下にまとめる。

計画および設計

▶ ツバルにおける海岸適応策の必要性

ツバル国はサンゴ礁およびサンゴ環礁により形成された海拔約 2 m 程度の低標高の小島嶼国であるため、特に高潮位時におけるサイクロンや低気圧通過時の高波による海岸災害に脅かされていた。更に近年の気候変動の影響により、その脆弱性に対するリスクは更に高まっていた。これより、早急な海岸適応策の実施が強く望まれていた。

▶ ツバルでの典型的な海岸防護対策

ツバルでの海岸防護対策としては、これまでサンゴ石やコンクリートブロックを積んだ護岸や、コンクリート護岸といったハード対策が一般的であった。しかしこれまでのハード対策は十分な防護機能を有していないとともに、対策の実施による海岸利用面および海岸環境面における更なる悪化を招いていた。

▶ 提案する海岸適応策

海岸域の人為的改ざんやこれまでの海岸対策工の崩壊等による海岸状況の悪化を改善するため、ツバル国で初めて環境と人に優しい海岸適応策として、サンゴ礫とサンゴ砂を用いた養浜をパイロット事業として実施することを提案した。

▶ 住民意見の尊重と合意形成

本事業により形成される海岸は、公共海岸として利用されるため、養浜計画・設計に住民意見を重視することに留意した。またツバル国は南大洋州島嶼国としての独自の社会環境や土地所有条件を有しているため、本事業期間を通じて度重なる公聴会や住民合意形成の機会の創出に努めるとともに、性別・年齢にかかわらず幅広い意見を計画に反映できるよう配慮した。

▶ 養浜断面設計に関する基本コンセプト

海浜勾配、浜高、浜幅、等の養浜断面は、長年波の作用を受けて形成された安定形状としての自然海浜を模したものとすることを基本とした。これより浜高については+4m、海浜勾配については礫断面部で 1:3.5、砂断面部で 1:11 と、自然海浜と同じ諸元に設定した。

▶ 浜幅に関する協議

浜幅についてはツバル政府と激しく議論した。ツバル政府は当初、新たな土地が創出されることを期待して、できるだけ浜幅を広げるよう要望した。しかしながら本事業の本来の目的である海岸防護と安定した海岸の形成を考え、最終的に後浜幅 6 m、平均水位 (MSL) 時で約 20 m 程度を確保する浜幅とした。

▶ 平面配置設計に関する基本コンセプト

事業実施エリアは、ツバル側との協議を踏まえ、Fongafale 島の中で最も人々の集まる公共エリアとして Tausoalima Community Hall 周辺に決定した。また当エリア北側に存在する深掘部および南側に存在するプライベート護岸の存在を踏まえ、沿岸方向 177 m の範囲とした。養浜後の波による養浜材流出の可能性を低減するため、養浜範囲の両端に被覆石を用いた突堤をそれぞれ配置した。突堤の設計においては、1) 養浜材としての砂および

礫の保持効果、2)人々の海岸利用への影響や沿岸方向のアクセス、3)自然景観との調和、および4)材料使用量の低減化、を考慮し、断面諸元を決定した。

➤ **材料調達**

養浜材として用いる礫および砂は、ツバル国における今後の海岸適応対策の持続性と自国の自主性を重視し、自国で供給されるサンゴ礫およびサンゴ砂を用いるものとした。なお突堤に用いる被覆石は、フィジーの Taveuni 島から輸入した。

➤ **礫取得に関する環境影響上の特別な配慮**

礫取得に関しては、特に取得による周辺海浜への影響について特に配慮した。衛星画像解析等により、Funafuti 環礁の外海側における礫移動および堆積に関するメカニズムを明らかにした。また、礫取得による周辺海浜への影響と合わせて、パイロット事業としての必要数量やコスト、工事による周辺海域に生息するサンゴへの影響も踏まえ、最終的に Funamanu 島および Papealise 島の端部に 1972 年のサイクロン Bebe 襲来時に堆積した礫を用いることとした。

施工

➤ **入札手続きおよび工程**

2015 年 6 月に JICA フィジー事務所にて入札が実施され、フィジーの工事業者 (Cruz Holding JV) により工事が開始された。工事は 2015 年 6 月 15 日より 2015 年 12 月 23 日までの約 6 ヶ月間で行われ、特に遅延もなく完了した。

➤ **工種および数量**

主な工種は 1)洲島からの礫の取得および運搬、2)突堤、3)礫養浜、4)砂養浜、および 5)後浜石の設置、である。約 3,300 m³のサンゴ礫および 4,500 m³のサンゴ砂がパイロット事業範囲の 177 m 区間に投入された。

➤ **工事中の海域環境配慮**

施工期間中、養浜工事エリアおよび礫取得エリアの両サイトにおいて、海域生物および水質に対するモニタリングを実施した。特にサンゴ状況調査および水質調査 (濁度) については工事中と合わせて工事後もモニタリングを継続して行った。モニタリング結果より、両サイトとも工事による海岸環境への悪影響はないことが示された。

➤ **工事中の住民配慮**

工事期間中にも住民説明を行い、情報共有化を図ると共に、事業の PR 活動や海岸清掃や現地見学等の教育活動を積極的に行うことにより、海岸保全に対する意識や理解の向上に努めた。

➤ **養浜完成後の効果**

養浜完成後、期待された 3 つの効果、すなわち 1)高波浪時の防護効果、2)海岸利用上の改善効果、および 3)海岸環境と景観の改善効果、が確実に発揮されていること、およびそのことを住民が完成後の海岸を通して認識・評価していることが確認された。

モニタリング

▶ モニタリング項目

工事完了後の約2年間にわたり、養浜エリアおよび礫取得エリアの2カ所における海岸モニタリングを継続的に実施した。海岸モニタリングの目的は、1)養浜した海浜の安定性を調べることで、2)両エリアにおける工事による周辺海浜への影響を調べることで、3)必要となる順応管理策を検討するための基礎データを得ること、の3点である。モニタリング項目は、1)定点写真撮影、2)海浜断面測量、3)ドローンによる斜め空中写真撮影、4)波および水位観測、および5)インタビュー調査、である。

▶ モニタリング結果

- 1) モニタリング期間中、サイクロンの来襲による高波浪を経験したにもかかわらず、海岸は安定した状態を維持していることが確認された。2年間にわたる養浜材のプロジェクトエリア外への流出量は3%の減少程度に留まっていた。
- 2) 前浜部に投入した砂は、全体として南側に移動している傾向が観察され、一部の砂は突堤を越えて南側の海岸に移動したと考えられた。また砂中に含まれる細粒成分の一部は沖方向に移動した可能性もあった。2年間にわたる砂のみの数量変化は約5%程度の減少が生じたものと推定された。
- 3) 後浜域に投入した礫は、継続的な波の作用により、その一部は前浜部の砂浜上に移動し散乱した。これにより礫断面の法肩部での後退が生じた。後退量は平均1m程度、北側部の顕著なところで最大3m程度であった。しかし礫は単に後浜部から前浜部に移動しただけであり、エリア外への礫の流出は生じていないことが確認されている。
- 4) 養浜断面完成直後からの海浜勾配の変化は礫断面部、砂断面部ともほとんど生じておらず、設計で設定した海浜勾配が妥当であったことが確認された。
- 5) 新たに形成された海岸は、地域住民の海水浴、レクリエーションおよび休息の場、また釣りやボートの乗り降りの場として、期待通りの海岸利用がなされている。海岸環境も劇的に向上したことが、現地状況のモニタリングや住民からのインタビュー結果からも明らかとなった。海岸付近での顕著な幼魚の増加や透明度の向上が現地で確認された。
- 6) その後の海岸モニタリング結果においても、養浜エリアおよび礫取得エリアの両方とも、周辺海浜に対する負の影響が見られないことが確認された。

海岸メンテナンスおよび海岸管理

▶ コミュニティー主導による海岸管理の必要性

完成した海岸は主に Funafuti 住民に対する公共海岸として利用されることから、彼らが主な海岸利用者となり、海岸に接する機会が多く、海岸状況の様子をタイムリーに知る機会が多い。これより今後の持続的な海岸管理の確立を目指す上では、行政機関主導による海岸管理よりも、コミュニティ主導による海岸管理が望ましいと考えられた。

▶ 海岸メンテナンス活動

養浜工事完了後の海岸維持管理は、コミュニティ主導による海岸管理の実現化を目指し、主に Funafuti Kaupule が高い熱意とモチベーションを持って主導的に実施した。1～2週間毎の定期的な海岸清掃を実施しており、その結果、海岸は現在まで良好な状態が維持されている。

➤ 順応管理手法の適用

PDCA サイクルに基づく順応管理手法（モニタリング、評価、順応策の計画と実施、再モニタリングを繰り返す管理手法）を本養浜海岸に適用し、モニタリング結果に基づき提案された順応策を **Kaupule** 主導で実施することを提案した。これにより、海岸の良好な状態の維持とともに、長期間の海岸断面の維持が図れるものと期待された。

➤ 順応策を持続的な実施していくための工夫

提案した順応策は、事業完了後のツバル側のみによる確実な実施を目指すために、“高い技術を必要としない単純かつ簡単な方法”であることを最大限考慮した。更に“順応策の実施”、“その結果としてイベント等による再整備された海岸の高度な利用”および“教育活動の利用の場としての活用”の3つの活動をセットとした“相互活性化を促す体制”とすることが、今後ツバル側で海岸での持続的な順応的管理を実施していく上で確実性を高める方法であると考え、それを提案・実践した。

➤ 提案した順応策

養浜工事完了から約 1.9 年経過後の 2017 年 9 月に、順応策として、砂浜上に散乱した礫の収集および元の後浜域への再投入を、**Kaupule** 所有の重機（バックホー）および環境教育活動の一環としての小中学校の生徒による人力の2つの方法により実施した。また少量（約 80 m³）の砂を北側に補充し、砂浜域の回復を図った。

➤ 海岸管理における PR 活動および教育活動の必要性

海岸管理は、完成後の海岸を良好な状態に保つための活動である。事業開始当初は、人々の海岸に対する無関心さや無作法から海岸には多くの生活ゴミが散乱していた。また当初は、せっかく事業を実施し海岸環境が改善しても、将来的にまた元の海岸状態に戻ってしまうことが懸念された。これより人々の海岸に対する意識向上を継続的に促していくことが不可欠であると考え、海岸環境を維持するための PR 活動および教育活動を実践した。

➤ 海岸管理に対する PR 活動および環境教育活動の貢献

短期的な視点で人々の意識を変えていくことは困難であることから、1)まずは人々が海岸に興味を持ってもらえること、2)人々が海岸からの恩恵を自分自身で体感すること、3)その結果として、人々が海岸管理に関する具体的行動を起こすこと、といった、ステップを踏んだアプローチを PR 活動および環境教育活動に取り入れた。この目的を達成するために、様々な PR および教育活動を実践した。例えば 1)に対しては、工事前から海岸清掃活動を実施し、2)に対してはツバルで初めての試みである海岸運動会を、2016 年 6 月および 2017 年 9 月の 2 回実施した。その後実施した住民への聞き取り調査結果より、PR および環境教育活動の効果として、海岸保全に対する住民の意識の向上が確認され、その結果として海岸清掃活動への自主的な参加といった行動の変化についても確認された。

能力向上および知見の水平展開

➤ 実施したプログラムおよび活動

能力向上および知見の拡大を目指すために、次に示すプログラムおよび活動を実施した。1)モーリシャスでの海岸維持管理に関する技術交流、2)海岸管理に関する本邦研修、3)養浜に関するセミナー、4)波浪観測、海岸測量、ドローンによる空中写真撮影等に関する技術移転、5)トンガで開催された GEF ECW(Global Environment Facility Expanded Constituency Workshop)へのツバル関係者との参加、6)フィリピンで開催された学術会議(APAC (International Conference on Asian and Pacific Coasts)) への技術論文の発表。

➤ 技術ガイドラインの作成

本事業の成果の1つとして、養浜に関する技術ガイドラインを取りまとめた。このガイドラインは、海岸適応策選択の際の基本的考え、考慮すべき点を示すとともに、環境および住民調和型の海岸適応策に関する計画・設計の考え方が示された。

ツバル国での養浜事業の水平展開

➤ 養浜に対する理解と要望

住民に対するアンケート調査結果より、彼らは海岸保全対策としての養浜の、海岸利用および環境上のメリットを十分理解していることが確認され、多くの住民が同様の工法をツバルでの海岸適応策として望んでいることが示された。また、海岸運動会やその他の教育活動の参加を通じて、海岸維持管理を実施していくことの重要性についても認知度が向上したことが確認された。

➤ 本格事業に対する砂調達の可能性

ラグーン内の海底には大量の砂が堆積しているため、基本的にはツバルで砂を取得することは十分可能であると考えられる。ただし、砂取得後の近隣海浜への影響や、養浜材としての適切な粒径であるか、等について十分配慮する必要がある。

➤ 本格事業に対する礫調達の可能性

ツバル内での礫調達の可能性として、2つの可能性が示された。1つは Funamanu 島南側の海溝部からの取得、もう1つはラグーン内の海底砂に含まれる礫である。ただしその判断には、潜在量や施工方法、施工コスト等に関する更なる検討が必要である。その結果、ツバル内での礫の調達が困難と判断された場合は、周辺他国からの輸入に頼らざるを得ないと考えられる。

第1章 はじめに

1.1 事業の背景

サンゴ礁に囲まれた4つの小さな島と5つの環礁からなるツバル国は、標高2m程度の低平な小島嶼国である。そのため、当国は今後予想される気候変動の影響、特に海面上昇の多大な影響を受けることが懸念されている。特に高潮時におけるサイクロンや低気圧通過時には、高波による海岸被害がすでに生じている。更に近年の海岸侵食の助長により、元来自然の海岸により防護されていた沿岸居住地への海岸災害リスクが更に高まっている。これまでの調査結果より、海岸侵食に対する主要な要因としては、人為的な沿岸域の改ざんと急激な人口集中が挙げられている。

このような背景より、ツバル政府は2008年に日本政府に対して海岸居住エリアに対する包括的な調査を行うことを要請した。これを受けてJICAは2009年8月から2011年1月にかけて、「ツバル国におけるエコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査(M/P及びF/S)」を実施し、Fongafale島における海岸防護対策として、海岸環境とツバルの社会環境を踏まえ、礫を用いた養浜を提案した。しかしツバルでは、これまでこのような海岸対策を実施したことがなかったため、2011年5月にツバル政府は日本政府に対して、礫養浜の有効性と妥当性を調べる調査を依頼した。

1.2 関連する事前情報

(1) 海岸対策の現状について

1) これまでの海岸対策の問題

これまでFongafale島では、政府または個人による海岸防護が行われてきたが、その対策は、貧コンクリートによる直立護岸やコンクリートブロック護岸がほとんどであった。しかしながらこれらの対策は、防護対策としての十分な有効性を有していなかったとともに、更なる海岸環境や海岸利用上の悪化を招いていた。

2) 事業実施のための機材不足

養浜工事で必要と考えられるバックホーやローダー等の建設機材は、ツバルでは公共事業局(PWD)が唯一保有するものの、その台数が非常に限られるとともにメンテナンス不足により状態が良くない。これより本機材を本事業に活用することは困難である。

3) 海岸事業に関わる政府関係者の人材・能力不足

海岸事業に関わる政府関係者、関係機関において、以下に示すような人材、能力等の問題がある。

- 海岸事業とその維持管理に対する人材および予算不足
- 防護とともに利用、環境も含めた海岸保全の考え方の理解不足
- 海岸防護対策、海岸工学、維持管理に関する知識不足

4) EIAに対する知見不足

ツバルでEIA実施の経験を有する政府職員が不足している。ツバルではEIAに関する詳細なガイドラインが制定されているものの、実際にこれに沿って実施・評価した環境局職員はこれまでほとんどいない。

(2) Fongafale 島における地域社会構造について

1) 独特な土地所有システム

ツバルでは、唯一その島の出身者のみが土地の売買、譲渡、貸与に携わることができる。なお、このような土地所有に関する現在の法律や規定は、ツバル古来の土地に関する考えに基づくものである。

2) 移住者と島出身者との関係

Funafuti 住民のうち、約 1/4 が島出身者で、それ以外は他島からの移住者である。他島からの移住者に対する土地所有権は認められておらず、土地所有に関して移住者は弱い立場にある。結果として、彼らは主に危険度の海岸侵食や今後の気候変動リスクの高い危険エリアに住まざるを得ない状況となるゴミに覆われたボロ-ピット（採掘穴）の外海側縁に住み着いている移住者が多く、このような社会的弱者に対する配慮が求められている。

3) 若者および女性の会議等での発言機会の制限

コミュニティーや島会議等の、住民の意思決定に関わる会議への 50 才以下の若者や女性の参加・発言機会が限られる。コミュニティーにおける重要な意思決定会議である Fale Kaupule 会議（家長による意思決定会議）への参加が認められない、

(3) 本養浜パイロット事業について

1) 事業サイトの変更

本事業前に実施した M/P、F/S において設定した事業対象エリアは Catalina Ramp 北側であったが、その後南側の Malefatuga 地区に変更となった。なお、このエリア背後には Funafuti コミュニティーの集会場や教会があり、Fongafale 島において、最も人々が集まる場所である。

2) 養浜に用いる礫の調達

本事業前に実施した M/P、F/S において、礫取得の可能性として、a)ラグーン内からの取得、b)滑走路北側の陸上エリアからの取得、c)フィジーからの輸入、および d)周辺洲島の砂嘴からの取得、の 4 つの可能性が示された。しかしながら調達方法の最終決定には、経済性、環境影響、養浜材としての特性、施工面および持続発展性を考慮した再検討が必要である。

1.3 本事業の目的

2014 年 11 月に実施した「ツバル Fongafale 島における沿岸災害対策のための礫養浜パイロットプロジェクト」に対する R/D 協議にて、ツバル政府と JICA 間での合意された内容に基づき、本事業の目的として下記に示す 2 点が挙げられる。

目的 1：礫を用いた養浜の有効と妥当性が検証される。

目的 2：海岸災害（気候変動リスク含む）に対する脆弱性が改善される

1.4 対象エリア

事業対象エリアは図 1.1 に示す、Malefatuga 地区である。

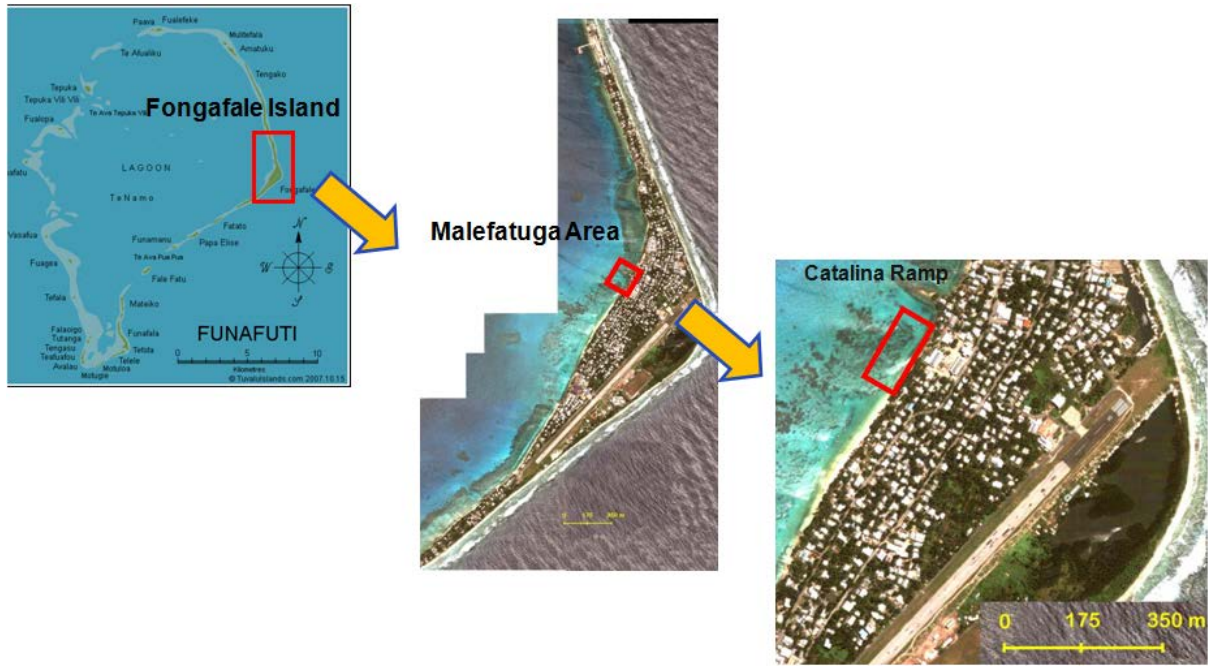


図 1.1 事業対象エリア

(出典：JICA 調査団)

1.5 検討概要および実施工程

本事業は以下に示す3つのフェーズに分かれる。

Phase-1： レビュー、基本設計および詳細設計

Phase-2： Phase-1 のレビュー(Phase-1 中断に伴う)、施工

Phase-3： モニタリング・評価、メンテナンス・海岸管理、技術移転・能力向上

各フェーズの主要な検討項目とその実施工程を図 1.2 および表 1.1 に示す。

Phase-1: レビュー、基本および詳細設計

- (1) 前回のJICA調査(M/P、F/S)および既存レポートのレビュー
- (2) 自然条件および社会環境条件のレビュー
- (3) 現地調査、データ収集および解析
- (4) 初期環境影響評価(IEE)の支援
- (5) 養浜材料調査
- (6) 基本設計、施工方法、モニタリング計画
- (7) 礫養浜の有効性、妥当性の検討
- (8) 周辺海浜への影響検討
- (9) 詳細設計

Phase-2: Phase-1のレビュー、 施工、モニタリング

- (10) Phase-1のレビュー(基本設計、砂と礫の調達方法)
- (11) 詳細設計の最終化
- (12) パイロット工事の施工方法、工事費算定
- (13) 維持管理計画の策定
- (14) 環境影響評価(EIA)支援
- (15) 入札支援
- (16) 施工管理、検査
- (17) 事業海岸および礫取得エリアに対するモニタリング、波浪観測
- (18) 施工中におけるPRおよび教育活動
- (19) モーリシャスでの海岸保全に関する技術交流

Phase-3: モニタリングとその評価、 海岸維持管理、技術移転と
能力向上

- (20) 事業海岸および礫取得エリアに対するモニタリング、波浪観測
- (21) 順応管理の実施
- (22) 養浜工法の評価と妥当性検討
- (23) 礫養浜事業の水平展開にあたっての留意点と課題整理および提言
- (24) 工事後におけるPRおよび教育活動
- (25) 技術移転および能力向上(本邦研修含む)

図 1.2 各フェーズの主要な検討項目

(出典: JICA 調査団)

表 1.1 実施工程

フェーズ	2012												2013				###	2015												2016												2017												2018															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5																						
1 レビュー 基本調査 基本・詳細設計	レビュー 基本調査												基本・詳細設計				中断																																																				
2 フェーズ1のレビュー 施工 モニタリング													フェーズ1の入札準備 レビュー				施工												モニタリング																																								
3 モニタリングと評価 海岸維持管理 技術移転・能力向上													Amended R/D																モニタリングの実施、解析、評価												海岸メンテナンス、海岸管理実施												技術移転、能力向上																
PCC, R/D協議	I-1st												I-2nd				II-1st II-2nd II-3rd												II-4th																								II-5th																
セミナー、ワークショップ、 国外研修	W/S												セミナー				W/S												W/S モーリジャスでの 技術交流												本邦研修												セミナー GEFセミナー (トンガ)																
イベント等																													完工式												海岸運動会 (1回目)												海岸運動会 (2回目)																
レポート	IC/R												IT/R1																P/R												IT/R2																								DF/R F/R				

(出典：JICA 調査団)

第2章 自然・社会条件

2.1 自然条件

この章は、主にプロジェクト開始時（フェーズ1）にレビューした自然条件を示す。

(1) 気象

1) 風況

フォンガファレ島における風況は、夏期／多雨期（12月～2月）、冬期／寡雨期（5月～9月）および二つの推移期（3月～4月および10月～11月）の四時期に分類される。

年間の風向風速出現頻度は、東からの風（ENE—SE）が卓越している。また、8 m/sec以上の強風は、SW—Nで頻度が高くなっている。夏期においては、北東風（N—ENE）が卓越し、南東風および北西風が拮抗している。12 m/sec以上の強い西風は、この時期に観測される。冬期においては、東風ないし南東風（ESE—SE）が卓越するが、この季節においては、8 m/sec以上の風は少ない。

2) 降雨

降雨量は季節変化を示しており、12月から3月までの多雨期と4月から11月までの寡雨期とに区分される。

3) 熱帯性低気圧

記録された限りでは、ツバル（以前のエリス島）に大きなインパクトを与えた熱帯性低気圧は、1891年2月18日、1958年1月2日に発生した熱帯性低気圧（名前は付けられていない）および1972年10月21日に発生した熱帯性低気圧 **Bebe** である。**Bebe** はフナフチで平均海面気圧 954 hPa の最低気圧を記録し、最大風速が10分間平均で 80 knots、最大瞬間風速が3秒間で約 110 knots であった。この時の水位偏差（記録された水位の非潮汐部分）は、平均高潮位上約 4 m であったと報告されている。

(2) 海象

1) 海水面

フナフチの SEAFRAME 観測所における 1995年から2011年の17年間における年平均海面上昇率は 4.4 mm/年と求められた。

2) 潮位

潮型は、一日に二つの高潮と二つの低潮を持ち、引き続く高潮および低潮の高さがほぼ等しい、半日周潮である。フナフチの SEAFRAME 観測所で、2006年2月28日に観測開始以降の最大潮位である 3.4 m を記録した。

3) 波浪

a) 外洋側

フナフチ環礁の東側海岸沖で1990年5月8日から1992年4月7日にかけて、3時間毎の観測間隔で実施された。

有義波高 (H1/3) は年間を通してほぼ一定であり、平均有義波高は 1.8 m で、平均周期は 9.2 sec である。沖合いにおける波浪状況は安定しているが、この地域における風向きの強い季節変動のため海岸域においては必ずしもそのような状況ではない。

b) ラグーン側

終了済開発調査で観測した波浪は、2009 年 11 月 1 日から 21 日の期間では、波高 0.2～0.3 m、周期 2.0 秒から 4.0 秒、2010 年 2 月 2 日から 3 月 19 日の期間では、波高 0.2～1.4 m、周期 2.1～4.5 秒であった。ほぼ前者は乾季、後者は雨季にあたる。

(3) 地形

1) 陸上地形

Fongafale 島は“逆くの字型”をした細長い地形で、代表断面に示すように極端に標高が低いのが特徴である。外洋に面した島の外縁部は、サンゴの破砕層が平均海面上 3 m 前後に積み上げられ、島の最高標高となっている。その他の地区は、平均海面上 2 m 以下の地域が大部分である。

2) 海岸線

地元の古老によると、第二次世界大戦前(WWⅡ)は長い緩やかな砂浜があったということである。Fongafale 島ラグーン側の海岸線においては、WWⅡの時にサンゴ破砕層による 2.3 km にも及ぶ護岸建設のための埋め立て、そのための護岸に沿っての掘削による長いボロービット (水路とも呼ばれる) および海岸線に鉛直ないしは平行な水路の掘削などの地形変形がなされた。

Fongafale 島中央部のラグーン側に沿っての海岸線の現状は、海岸のほとんどはビーチロックで覆われており、砂浜海岸は Vaiaku Lagi Hotel (現 Funafuti Lagoon Hotel) の北側から Catalina Ramp の南側までのわずか 500 m ほどの長さに限られているだけである。

3) 海底地形

a) 外洋側

Funafuti 環礁の海底地形は、図 2.1 に示す通りである。外洋側では、リーフフラットがストームリッジの前面に 100 m ほどの広さで分布している。リーフエッジの外側は、水深が急速に深くなり、1,000 m を超える水深になっている。

b) ラグーン側

図 2.1 からラグーン側のリーフフラットは、幅 15-25 m の浜を含めると 55-350 m の幅がある。ラグーン内には至るところに浅瀬 (Te Akaue) が散在している。ラグーン中央部の水深は 40 m～50 m あり、最も深い水深は既存の海図では 49 m となっている (Funafuti Atoll, Chart No.83094)。

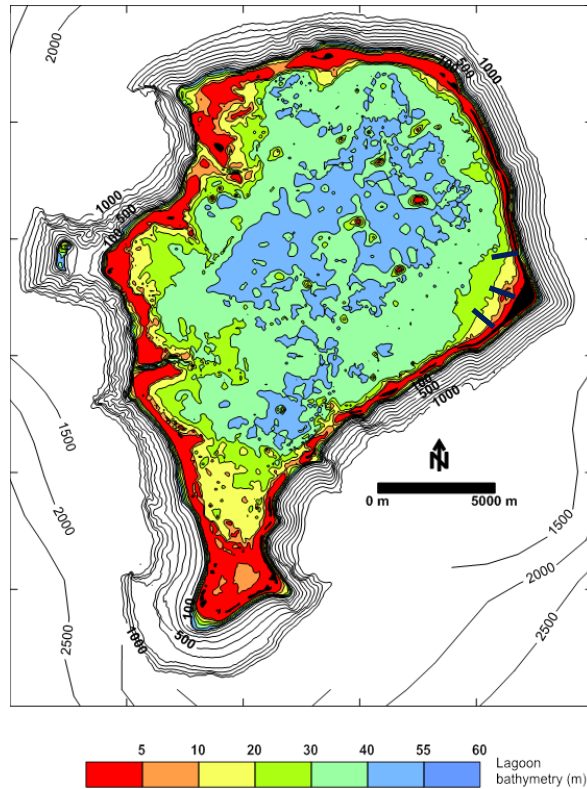


図 2.1 フナフチ環礁の海底地形

(出典：SOPAC)

2.2 土地所有権と法律

(1) 土地の所有と所有権

フォンガファレ島の土地利用分類は、主に 4 種類あり、1)個人、2)政府、3)ツバル政府へ貸与している個人の土地、及び 4) フナフチカウプレが所有する共同の土地である。

(2) 沿岸域の法規制

ツバルの沿岸域の基本的な法律は、「前浜と埋立に関する条例（2008 年に改訂）」である。この条例によると海底と前浜は、H.T.L（最潮位）と L.T.L（最低潮位）の境界で定義されている。海底と前浜の所有権は、ツバルの政府に属し、条例に "国王の土地"と記載されている。一方、内陸部はもともと所有権を持つ個人が所有している。前浜域は政府所有であるが、管理と許認可機関はフナフチカウプレである。プロジェクトエリアは、前浜と海底にある。

(3) プロジェクトエリア背後の境界

プロジェクトエリア背後の土地は私有地と共同土地からなる。プロジェクトエリアのすぐ後ろに 5 つの民間の土地が図 2.2 の No.1-No.5 として示され、残りはフナフチカウプレが所有する共同土地である (No.6)。

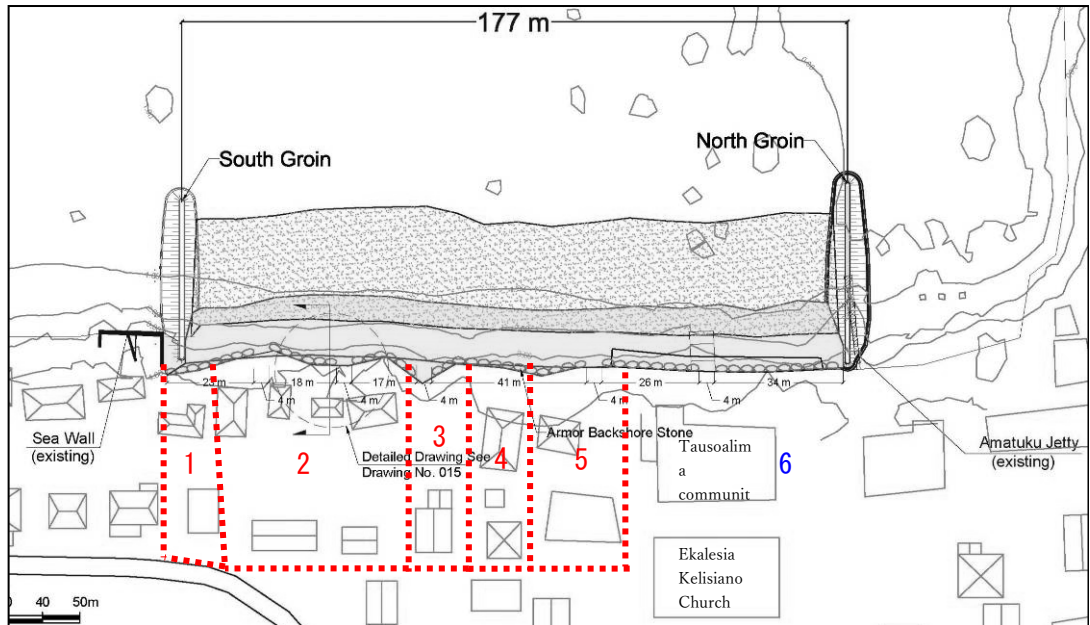


図 2.2 プロジェクトエリア背後の土地境界

(出典：JICA 調査団)

第3章 現地調査、データ収集及び解析

3.1 概要

下記2項目の現地調査をプロジェクトサイトにおける養浜の計画設計のため実施した。

- 深浅測量
- 底質採取、粒度分析

3.2 深浅測量

図3.1に前回の調査で得られたプロジェクトエリア周辺の等深線図を示す。ここでエリアAは本調査で新たに実施したエリアである。

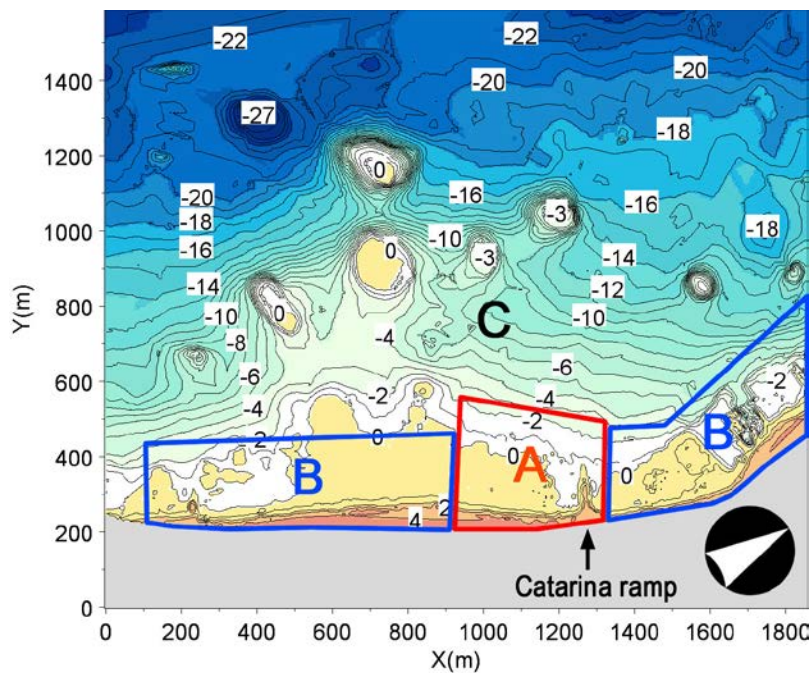


図 3.1 プロジェクトエリア周辺の等深線図

(出典: JICA 調査団)

3.3 横断測量及び底質採取

(1) 養浜の断面形状と粒径を決めるための現況のレキ海岸調査

後浜勾配はレキの粒径と無関係に一定であり、外洋側の後浜勾配はおよそ 1:3 から 1:4 であり、ラグーン側(1:4~1:5)より急勾配となっている。

(2) ストームリッジと背後地の高さ

ラグーン側のストームリッジの高さは 3.6 m から 4.9 m の範囲に分布し平均 4.1 m である。一方、外洋側は 4.3 m から 5.3 m の範囲に分布し平均 4.9 m である。

(3) 前浜の砂採取と勾配の調査

前浜勾配と粒径の関係を現況砂浜海岸における砂の採取と横断測量によって調査した。砂浜の調査は Fongafale 島に限らず、自然砂浜のある他の島についても行った。調査地点、前浜勾配及び中央粒径を表 3.1 に示す。

表 3.1 調査地点、前浜勾配及び中央粒径

採取地点	前浜勾配	中央粒径 D50 (ふるい分け)
Fongafale 島プロジェクトサイト南側	1:12	0.43 mm
Fualifeke 島	1:10	0.89 mm
Amatuku 島北部	1:10	0.52 mm
Tenkago 島北部	1:12	0.82 mm

(出典: JICA 調査団)

3.4 工事サイトの海岸状況

(1) 現地踏査結果内容・結果

工事サイトは、自然の礫と一辺 30 cm 程度のブロックが散乱する海岸で東側は集会所等があり比較的開けている。一方、西側は海岸までヤシ等の樹木が覆い茂っているが砂も西側ほど堆積している。満潮時は砂浜は没水する。

(2) 海岸測量結果

海浜勾配は礫浜で 1:5 程度、砂浜で 1:10 程度となっている。底質粒径は、前浜で 0.5 mm、平坦面で 0.2 mm 程度である。

3.5 礫採取予定地の海岸状況

(1) 現地踏査結果内容・結果

図 3.2 及び図 3.3 に示すように礫は幅数 m のバームを形成して堆積している。写真の白い礫が新しく堆積した部分であり採取対象となる。



西端



東端

図 3.2 礫採取予定地の海岸状況 (Funamanu Island)

(出典: JICA 調査団)



図 3.3 礫採取予定地の海岸状況 (Papaelise Island)

(出典: JICA 調査団)

(2) 海岸測量結果

a. Funamanu 東側

海浜勾配は先端部を除いて大凡 1:3 から 1:4 である。

b. Funamanu 西側

海浜勾配は先端部を除いて大凡 1:3 である。第 1 フェーズ時との有意な地形変化は先端部以外見られない。

c. Papaelise 西側

Funamanu 島と同様、海浜勾配は大凡 1:3 である。

第4章 養浜材料調査

4.1 礫材調査

(1) 概要

1) 礫材調達地の選定手続き

図 4.1 に礫材調達に対する選定基準を示す。

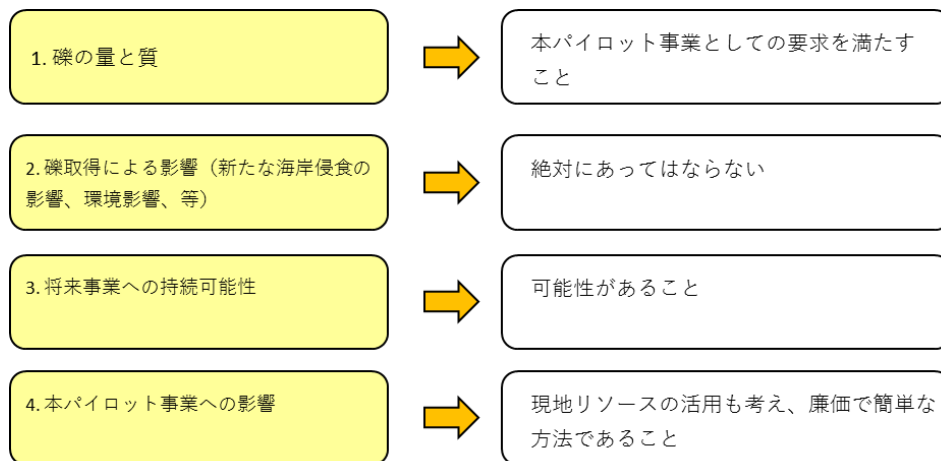


図 4.1 礫材調達地選定基準

(出典: JICA 調査団)

上記の選定基準をもとに、下記の 4 箇所の候補地について比較検討を行った。

- a) Funafuti 環礁内
- b) 滑走路の北側
- c) フィジーからの輸入
- d) 近隣の島の砂嘴

(2) 礫採取候補地のまとめ

結果の要約を以下に示す。

- 上記の 4 つの可能性から、1) フィジーからの輸入、および 2) Funafuti 環礁の近隣の島の砂嘴から入手する 2 つの可能性が最終的に示された。
- フィジーから必要量および質を確保した礫を輸入することは可能であるが、ツバルに礫を輸入する場合、燻蒸処理が必要となる。これまでの技術論文や日本の認定機関からの情報に基づく予備調査の結果、燻蒸処理が沿岸及び海洋環境へ悪影響を及ぼすことはない。一方、礫を近くの島から調達する場合に比べて材料コストが高くなる。ツバルにおける持続性と自主性を考慮すると、できるだけ自国で調達できる材料を用いることが望ましい。
- Funafuti 環礁の外洋側の礫は、波の作用により移動し、周辺の島に顕著に堆積している。礫移動に関する調査結果より、礫は全体として西向きに移動していること

が示唆された。パイロット事業としての必要量と調達可能な礫の量を考慮すると、Funamanu 島と Papaelise 島から礫を採取することが推奨された。

- 一方、今後の本格事業に対する大量の礫を、同様に周辺の島から採取することは、新たな海岸侵食を引き起こす恐れがあるため、認められない。一方、Funamanu 島の西側に位置する海峡の海底には一定量の礫が存在することが明らかとなった。これより、さらなる調査の必要性はあるが、本格事業に対する礫調達の1つの可能性が示唆された。

4.2 砂

(1) 概要

Phase-1 以降のツバルの状況変化を踏まえ、養浜砂の取得については、1)本事業で浚渫工事により砂を取得するケース（ケース 1）およびニュージーランド（NZ）事業（ボローピット事業）より砂を調達するケース（ケース 2）の2ケースについて、現況や既往資料および聞き取り調査結果に基づき、以下に示す項目に対する比較検討を行い、最適な養浜砂の調達についての総合評価を行った。

- 砂の採取場所
- 砂の取得方法
- 砂の品質
- スケジュール（工期）
- 運搬方法
- 費用
- 雇用面および将来発展性

(2) 総合評価

本事業で砂を調達するケース、および NZ 事業により砂を調達するケースの最終的な比較検討結果を表 4.1 に示す。

表 4.1 総合評価の比較

工事受注者による砂の調達	NZ 事業からの砂の調達
<p>工事費の大幅な増大、工期遅延の可能性、フィジー業者の浚渫に関する施工能力への不安、等のリスクが高いとともに、ツバル人の雇用機会や発展性が右記に比べて低い。工事終了時期の制約（海上工事は11月上旬までに完了）と着工時期が最短でも6月以降となることを考えると、今年中の工事の遂行は極めて困難である。これより本案は推奨できない。</p>	<p>左記のリスクがほぼ解消されるとともに、ツバル人の雇用機会や発展性が左記に比べて高い。NZ 事業の遅延が生じた場合に砂入れ時期のタイミングが本事業に合わず工期延長のリスクはあるが、これを考慮した工期設定は可能と考えられ、左記に比べて全体としての工事リスクは格段に下がる。よって本案を推奨する。</p>

(出典: JICA 調査団)

当初、NZ 事業では、将来の海岸の維持管理や建設材料の確保などのためボローピット No.2 に浚渫した砂をストックする計画としていた。そのため、本プロジェクトはここから養浜に使用する砂を調達する計画であった。しかし、No.2 の沖合からは十分な砂の量

が確保できない状況となり、他のボローピットからの調達も検討する必要が生じたため、これらへ投入された砂の特性を調査した。図 4.2 にボローピットの位置図を、表 4.2 に各ボローピットへの砂の供給状況を示す。

ボローピット毎の平均は、No.1 が 0.82 と最も大きく、次いで、No.4 で 0.64 mm、No.2 で 0.51 mm となる。しかし、No.1 および No.4 には、ハリメダが多く含まれているため養浜材として適さない。一方、No.2 はハリメダをほとんど含まず有孔虫を多く含んでいるため、最も養浜砂として適していると考えられる。したがって、本プロジェクトでは、ここから養浜材料を調達した。

表 4.2 各ボローピットへの砂の供給状況

直接投入されたボローピット	左記ボローピットからの陸上運搬
Borrow Pit No.2	No.3
Borrow Pit No.4	No.6, 7, 8, 9
Borrow Pit No.1	No. 5
Borrow Pit No.10	-

(出典: JICA 調査団)

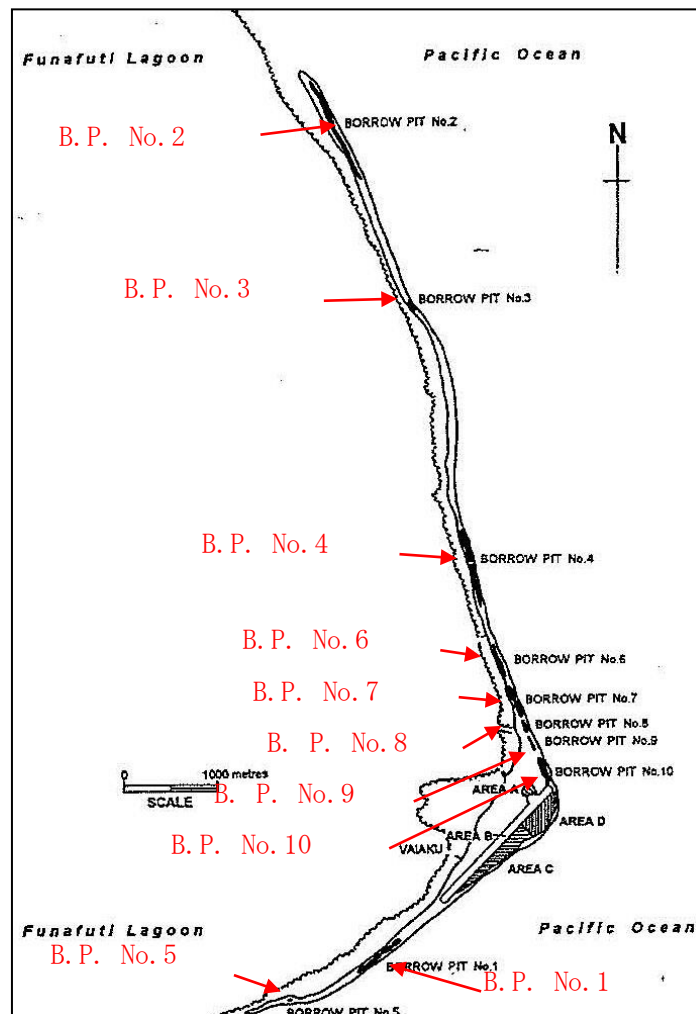


図 4.2 ボローピットの位置図

(出典: JICA 調査団)

第5章 養浜の計画と設計

5.1 保全目標

養浜の計画・設計にあたり、まず防護・利用・環境の各側面における保全目標を以下のように設定した。

防護面

- 背後の住宅地および陸域における波の打上げおよび越波を抑止する
- 将来の海岸侵食を抑止する

利用面

- 海洋性レクリエーションや漁船の上下架などの海岸利用を促進する保全対策とする
- 対象エリアがフナフチコミュニティにとって魅力ある海岸と変化するよう整備する

環境面

- 隣接する海岸で新たな海岸侵食などの負の影響が発生しないようにする
- サンゴ礁、魚類、海草類などの自然環境に対し悪影響を及ぼさないようにする
- 礫および砂の採取場所においてその影響で新たな侵食等の負の影響が発生しないようにする

5.2 養浜の設計

(1) 設計条件

1) 設計潮位

設計潮位は表 5.1 に示すとおりである。

表 5.1 設計潮位

H.H.W.L	CDL +3.42 m
H.W.L	CDL +2.80 m
M.W.L	CDL +2.00 m
L.W.L	CDL +1.20 m

(出典 : Completed JICA Development Survey Report (2011))

2) 設計波

ハード構造物である突堤の設計に対する波浪は 30 年確率波を使用した。表 5.2 に設計沖波、表 5.3 に設計波の諸元を示す。

表 5.2 設計潮位沖波

Return Period	Wave Height (H_0) _{1/3} (m)	Wave Period T_0 (s)
10 years	1.2	4.2
30 years	1.9	4.2
50 years	2.2	5.6

(出典 : Completed JICA Development Survey Report (2011))

表 5.3 設計波諸元

Return Period	Wave Height $H_{1/3}$ (m)	Wave Period $T_{1/3}$ (s)
10 years	1.12	4.2
30 years	1.56	4.2
50 years	1.83	5.6

(出典 : Completed JICA Development Survey Report (2011))

5.3 設計内容

(1) 対象範囲と平面図

プロジェクトの対象範囲は既存の Amatuku 突堤を北端とし、その地点から南側の既存護岸の手前までの 177 m とする(図 5.1 参照)。対象範囲の両端には養浜材の流出を防ぐための突堤を整備する。

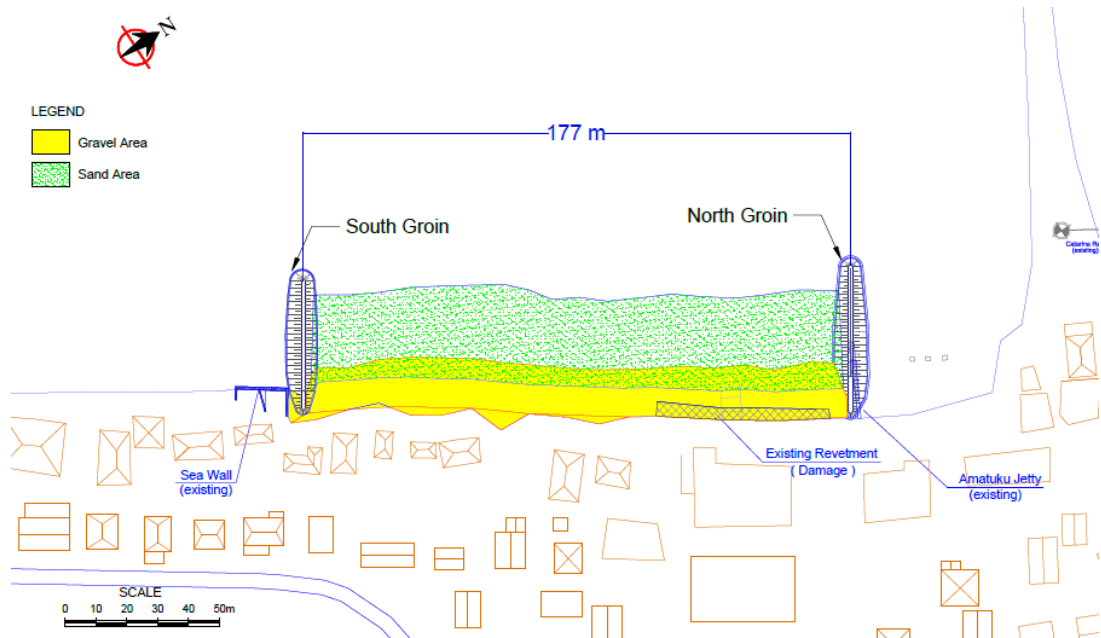


図 5.1 平面図

(出典: JICA 調査団)

(2) 断面形状

1) 礫部分

礫部分の計画断面の諸元は下記のように設定した。

- 天端高：+4.0 m (ラグーン側における自然の礫浜の天端高と同等に設定)
- 後浜幅：6.0 m (波の打上げ高の解析より設定)
- 前浜勾配：1:3.5 (ラグーン側における自然の礫浜の勾配と同等に設定)

(3) 砂浜部分

砂浜の前浜勾配はラグーン側の良好な状態の自然浜を参考に、安定性および調達可能量の視点を加味し 1:11 と設定した。

以上を考慮し図 5.2 に示す養浜断面を計画した。

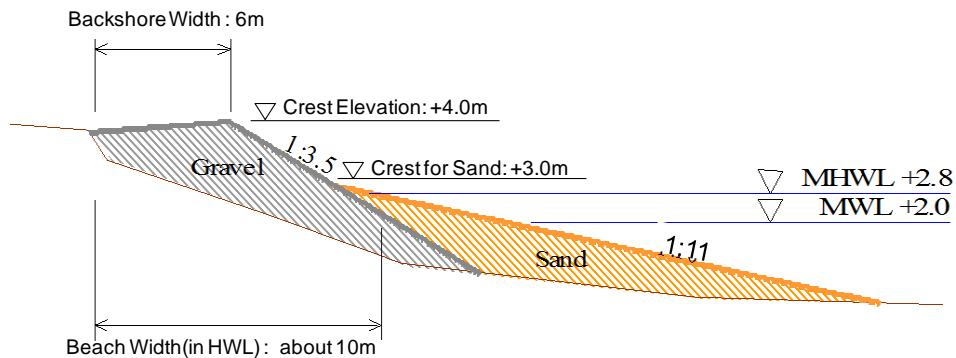


図 5.2 養浜の断面形状

(出典：JICA 調査団)

(4) 突堤

被覆石の安定性を考慮し突堤断面は 2 層構造とした。ハドソン式による所要質量はそれぞれ 1 層目が 1.0 t/個、2 層目が 0.5 t/個と算出された。突堤の延長は波浪の影響による養浜材(特に砂)の流出を低減するために重要な項目であり、数値計算により予測された前浜の変動量に一定の余裕を加味して決定した。突堤の設計図面を図 5.3 に示す。

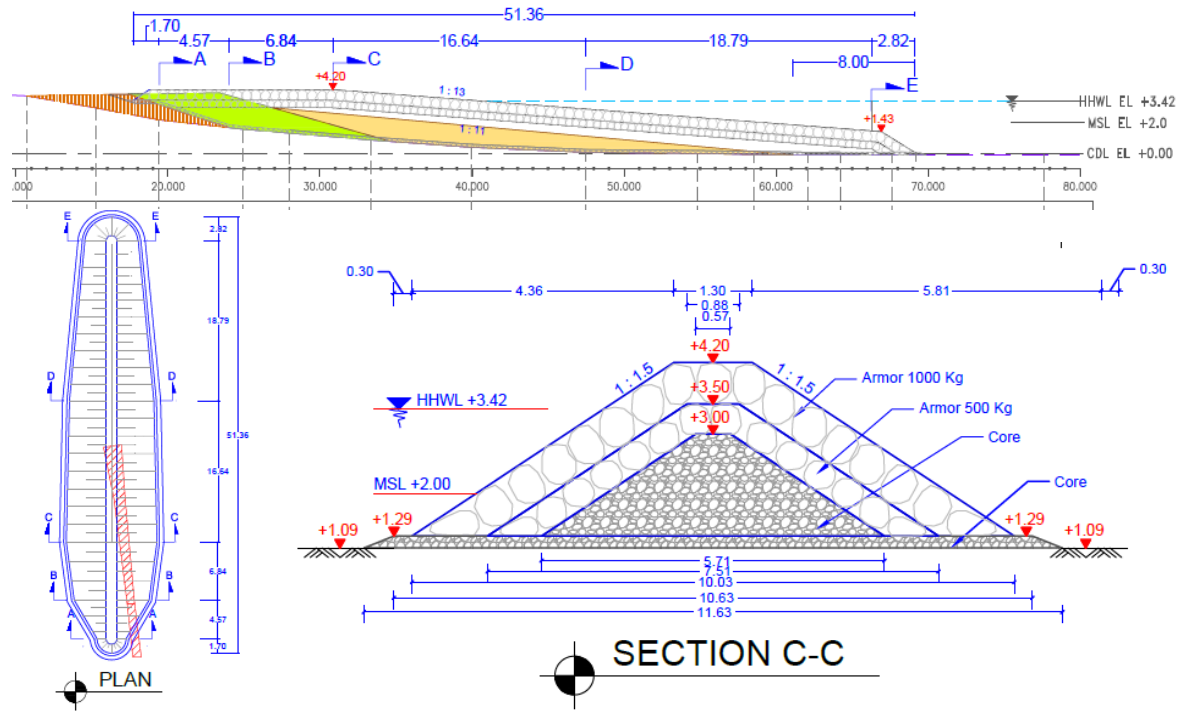
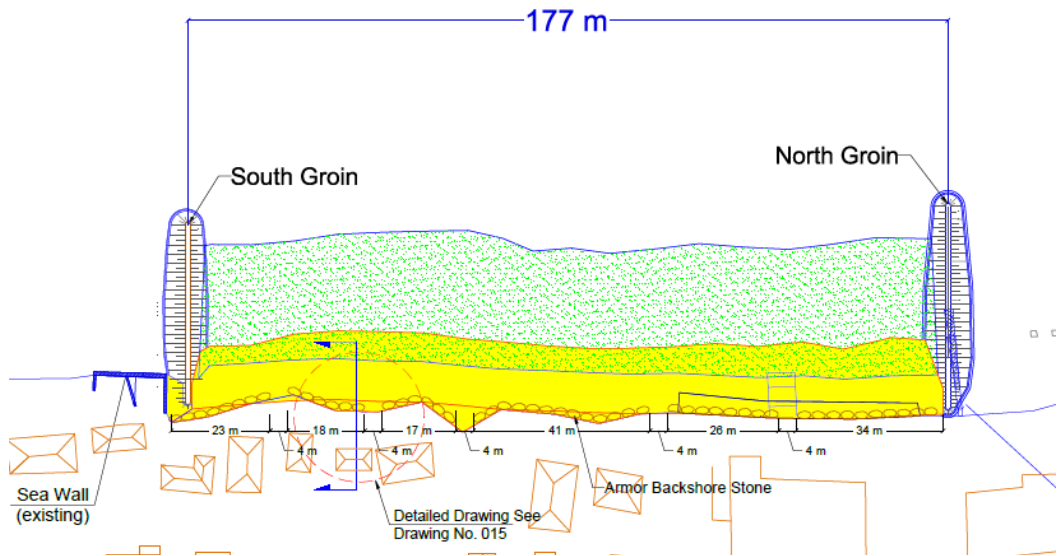


図 5.3 突堤の設計図面 (北突堤のケース)

(出典: JICA 調査団)

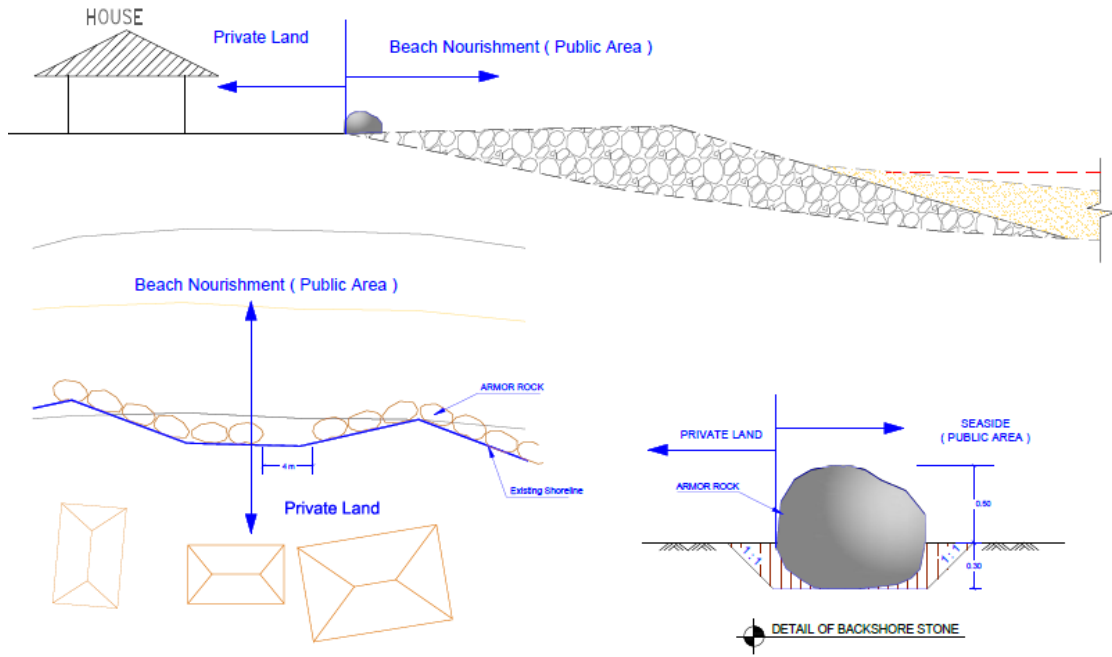
(5) 後浜石

後浜石の平面配置、断面図および設置位置の詳細を図 5.4 に示す。



(1) 平面配置

(図は次頁へ続く)



(2) 後浜石の断面形状および設置位置の詳細

図 5.4 後浜石の平面配置、断面図および設置位置詳細

(出典: JICA 調査団)

5.4 設計数量

詳細設計図面より算出した、各項目の設計数量を表 5.4 に示す。

表 5.4 設計数量

項目	単位	数量
1. 礫の採取および運搬		
- 礫の採取	m ³	3,204.0
- 礫の運搬	m ³	3,204.0
2. 突堤		
- 被覆石の荷下ろし	m ³	754.0
- コア材の投入・均し	m ³	388.0
- 被覆石の設置・均し	m ³	754.0
4. 養浜(礫)		
- 礫の投入、均し	m ³	2,816.0
5. 養浜(砂)		
- 砂の運搬	m ³	3,864.0
- 砂の投入、均し	m ³	3,864.0
6. 後浜石		
- 後浜石の設置	pcs	200

(出典: JICA 調査団)

第6章 実施計画

6.1 施工計画

(1) 材料調達

1) 建設資材

表 6.1 に建設資材の計画調達先を示す。

表 6.1 建設資材の計画調達先

材料名	ツバル	フィジー
被覆石		○
コア材	○	○

(出典：JICA 調査団)

2) 人的資源

表 6.2 に人的資源の計画調達先を示す。

表 6.2 人的資源の計画調達先

	ツバル	フィジー
現場主任		○
作業員		○
乗組員		○
運転手		○
熟練労働者	○	
非熟練労働者	○	

(出典：JICA 調査団)

3) 建設機材

表 6.3 に建設機材の計画調達先を示す。

表 6.3 建設機材の計画調達先

	ツバル	フィジー
バージ		○
タグボート		○
クローラークレーン		○
バックホー		○
ホイールローダー		○
10t ダンプトラック		○

(出典：JICA 調査団)

(2) 施工方法

1) 養浜

礫及び砂の調達を含む養浜の施工方法と手順を以下に示す。

a) 施工対象範囲に散乱するコンクリート殻を収集・整形

- 施工対象範囲の海岸に散乱するコンクリート殻をバックホーを用いて収集・整形し、のちに投入する礫の下層のコア材として使用する。

b) 礫の採取

- 礫の採取に用いるバックホーをバージに乗せ、礫の採取場所である Funamanu 島および Papaelise 島に運搬する。両島周辺にはバージの航行に注意すべき浅場(リーフ)が存在するため、高潮位時に運搬を行う。
- 礫は管理者(Kaupule)から許可を得た場所からのみ採取することとし。採取予定箇所は図 6.1 に示す Funamanu 島の西・東端および Papaelise 島の西端である。

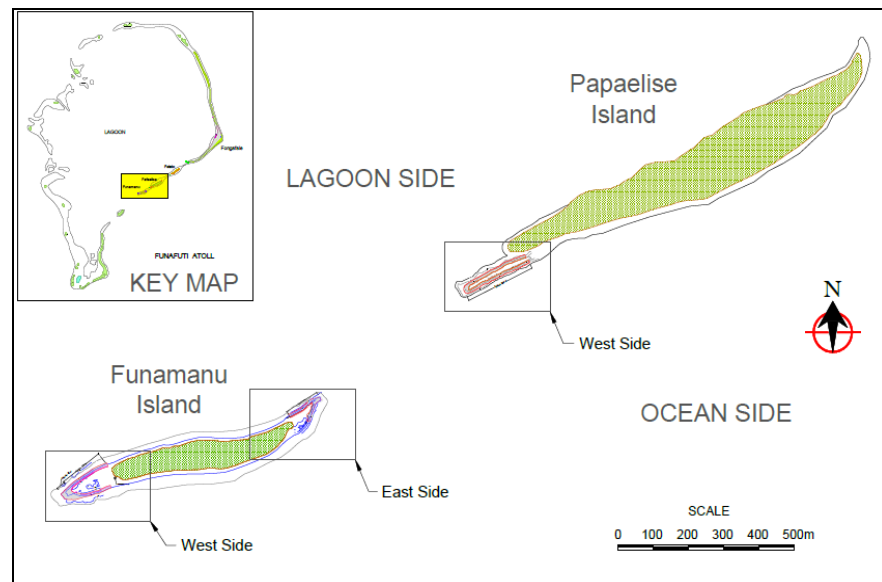


図 6.1 礫の採取予定地

(出典：JICA 調査団)

c) Funamanu 島および Papaelise 島から施工対象エリアへの礫の運搬*

- バックホーを用いて採取した礫を 20 t バージに積み込む
- 礫を積み終えた 20 t バージは、まず浅場は小型漁船で曳航し、その後は 160 馬力のタグボートで施工現場まで曳航する。
- 施工現場では礫は直接投入する。

*実際の施工においては、浅場における船底と海底地盤のクリアランスを十分に確保したうえで、効率性を考慮し大型バージ(1,800 t)を採用した。採取場所と施工現場の曳航には 1200 馬力のタグボートを用いた。

d) 礫の投入および均し

- 投入された礫はバックホーおよびホイールローダーを用いて整形、均しをおこなう。

e) 砂の運搬

- 養浜に用いる砂はフォンガファレ島北端の Borrow Pit No.2 からダンプトラックで運搬する。

f) 砂の投入および均し

- 砂はバックホーおよびホイールローダーを用いて投入および整形、均しをおこなう

g) 突堤

- 突堤に用いる被覆石はフィジーにて大型バージに積み込み、タグボートによってツバルまで曳航する。
- バージが施工現場に到着した後は、突堤の建設予定箇所付近の海岸に直接被覆石を投入する。
- コア材および被覆石の設置作業は陸側から海側に向けて実施する。
- 海上での作業が必要な場合は自航式バージ上からバックホーを用いておこなう。一方、陸側からアクセス可能な範囲については、バックホーとホイールローダーを用いておこなう

h) 付帯施設(後浜石)

- 1.5 トン/個程度の石材を養浜エリアと背後の住宅地の官民境界の識別のために配置する。設置はバックホーを用いておこなう。

6.2 実施スケジュール

(1) 施工スケジュール

施工スケジュールを表 6.4 に示す。

表 6.4 施工スケジュール

Description	1st month	2nd month	3rd month	4th month	5th month	6th month	7th month
Mobilization and Preparation	■						
Site clean-up			■				
Gravel Mining			■				
Groin			■				
Gravel Nourishment			■				
Sand Nourishment					■		
Backshore Stone							■
Demobilization							■

(出典：JICA 調査団)

(2) 実施スケジュール

入札(Tender)および建設後のモニタリングを含めた実施スケジュールを表 6.5 に示す。
 建設期間(約 6.2 ヶ月)はサイクロンシーズを極力避けるように計画し、施工完了後はモニタリングを開始する。

表 6.5 実施スケジュール

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Work Items																									
Tender Stage	■																								
Construction Stage			■																						
Monitoring Stage										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

(出典：JICA 調査団)

第7章 環境社会配慮

7.1 概要

ツバル国の EIA 規定 (Environment Protection (Environmental Impact Assessment) Regulations 2014) 並びに JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010) に基づき、本事業の Preliminary Environmental Assessment Report(PEAR)を作成した。PEAR は 2015 年 3 月に Ministry of Foreign Affairs, Trade, Tourism, Environment and Labour (MFATTEL)に提出し、2015 年 4 月に承認された。最終版 PEAR および承認レターは添付資料を参照されたい。

7.2 ツバル国の EIA 制度

表 7.1 に EIA の主な許認可手続きフローを示す。

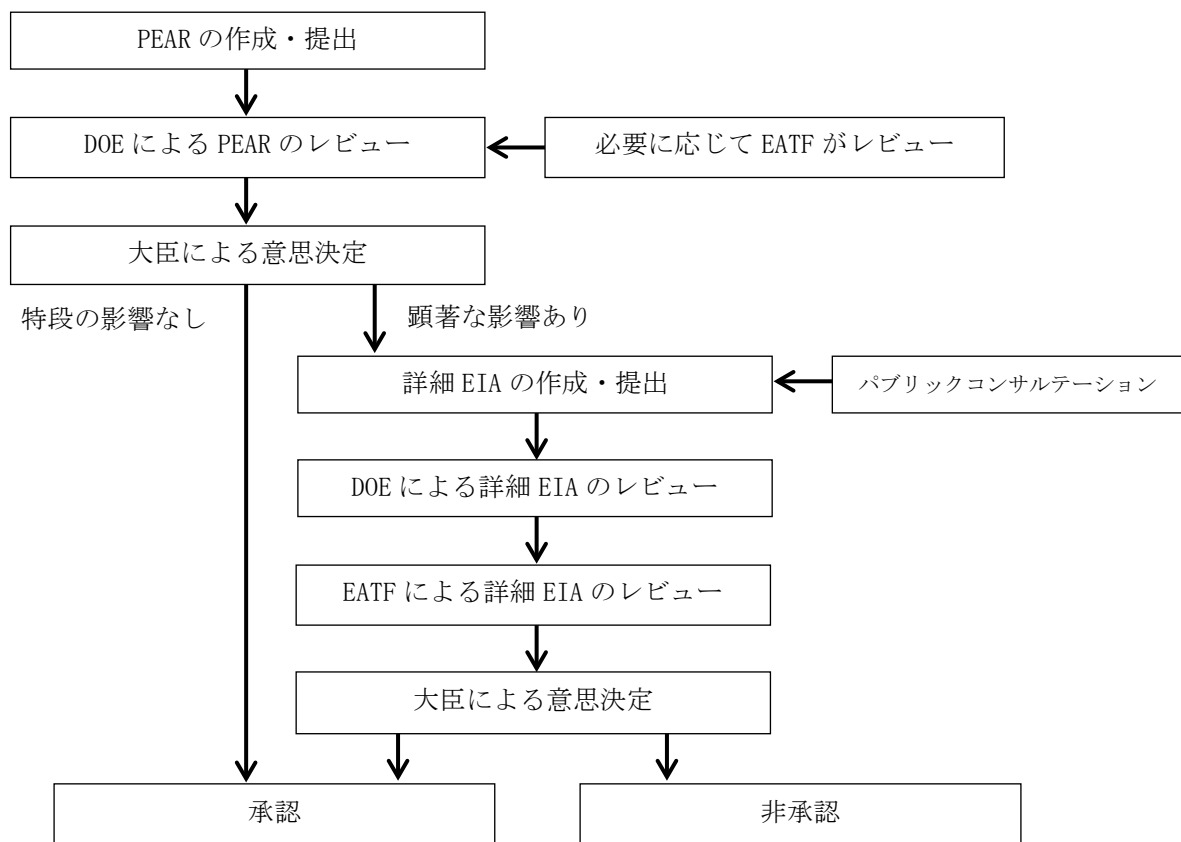


図 7.1 EIA の主な許認可手続きフロー

(出典：Environment Protection (Environmental Impact Assessment) Regulations 2014)

7.3 PEAR のスコープ

PEAR で対象とする評価項目を、JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づきスコーピング・抽出した。スコーピングの結果、負の影響が想定される項目は、大気汚染、水質汚染、廃棄物、騒音、生態系、地形などがあるが、これらの項目に対して影響評価および緩和策を検討し、環境管理計画およびモニタリング計画を策定した。

7.4 結論

PEAR の主な結果を以下に示す。

- 工事中の主な懸念事項は、礫採取に伴うサンゴの被害の可能性である。被害を最小限に留めるため、様々な緩和策（満潮時のみ採取場に入出入りするなど）およびモニタリングを計画した。その他に関しては、工事の規模・期間は限定的であることから、緩和策やモニタリングが適切に実施されれば、工事の影響は軽微なレベルと評価された。
- 本事業による長期的影響を検証するため、工事後の数年間はモニタリング（サンゴ、生物、海岸地形）を継続するように計画した。
- Funafuti のコミュニティーおよび Fale Kaupule を対象に、パブリックコンサルテーションを実施し、本事業に対して特段反対する意見はなく、本事業への賛同を得た（パブリックコンサルテーションの議事録は PEAR の付属資料を参照）。

第8章 住民合意形成会議と業務調整委員会(PCC)の実施

8.1 概要

本章では、養浜の計画・設計および建設計画における住民合意形成および事業調整委員会(Project Coordination Committee (PCC))での実施内容、合意事項を示す。なお、住民合意形成会議については Funafuti コミュニティーの各グループおよび周辺住民を対象とし、事業調整委員会は主に政府関係者とコミュニティの代表者を対象とした。図 8.1 に実施フローを示す。

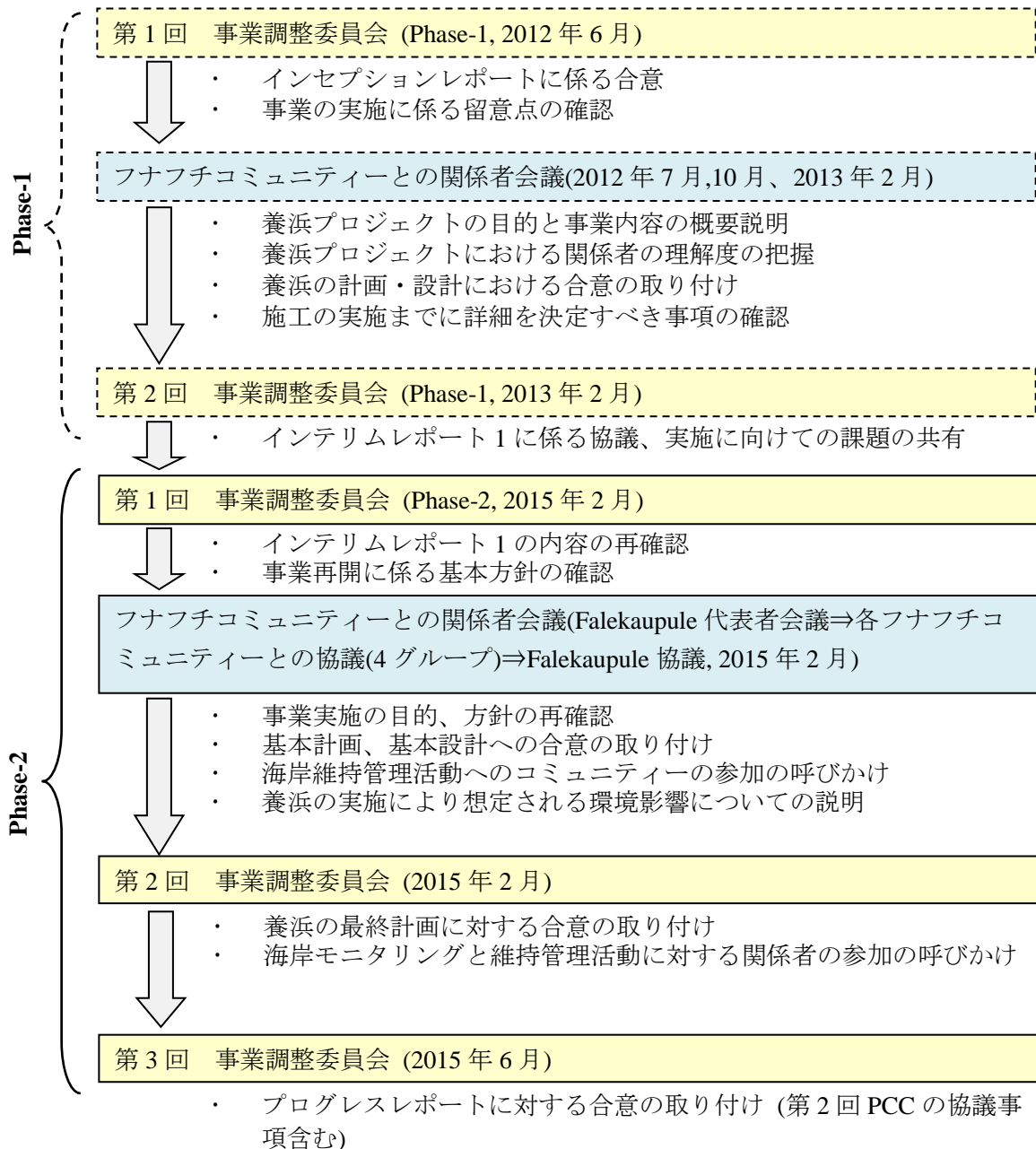


図 8.1 住民合意形成および事業調整委員会の実施フロー

(出典：JICA 調査団)

8.2 住民合意形成会議および事業調整委員会 (PCC) の主な対象者

図 8.2 に住民合意形成会議および事業調整委員会の対象範囲を示す。同図において赤線で囲まれた範囲が事業調整委員会の対象であり、青線で囲まれた部分が住民合意形成の対象となる。前者は本事業の C/P である外務環境省(MFATTEL)の環境局(DOE)、公共事業局(PWD)、土地測量局(DOLS)、漁業局(DOF)、気象局(MET)を含み、後者は Funafuti Kaupule、Falekaupule に各コミュニティーグループ(女性グループ、青年グループ、漁師グループ、他島出身者グループ)を含む。

Funafuti Falekaupule はコミュニティーの公益や政治における最高の意思決定機関である。そのため、合意形成会議の実施手順としては、まず Falekaupule の代表者に対し事業概要を説明し概ねの合意を得たうえで、他のコミュニティーグループと協議を実施することの許可を取り付けた。その後、各コミュニティーグループと個別に協議を実施し、それらの意見を考慮した最終案を作成した。最後は、その最終案を再度 Falekaupule の全体会議に諮り、内容について合意を取り付けた。なお、コミュニティー側からより活発で多様な意見を取り入れることを目的として、各コミュニティーグループの会議は Falekaupule とは別で、グループ別会議として実施した。

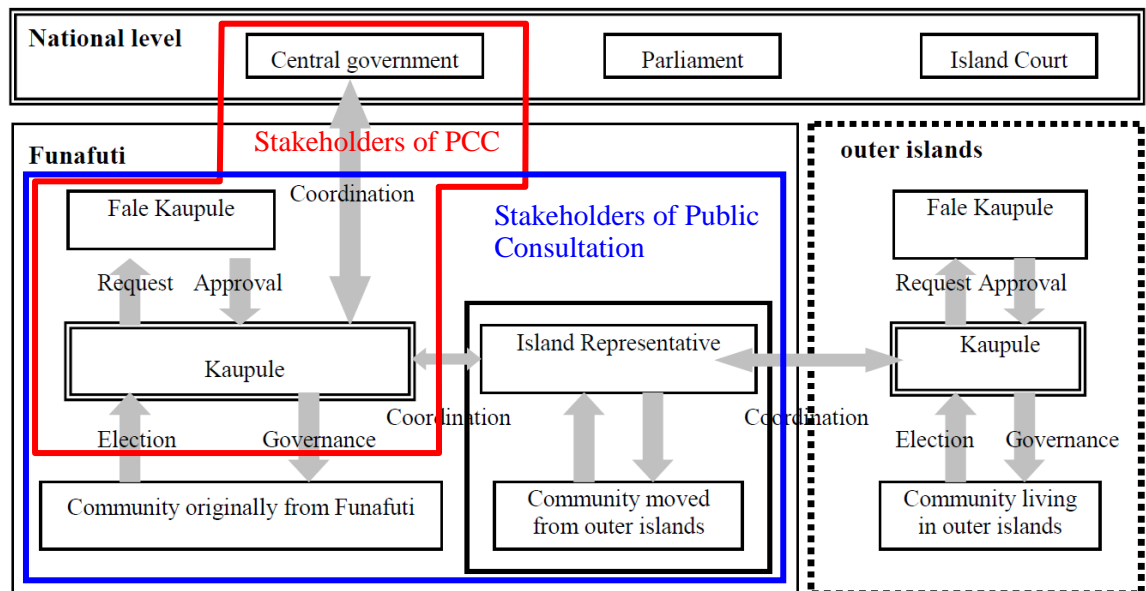


図 8.2 住民合意形成および事業調整委員会 (PCC) の対象範囲

(出典: Completed JICA Development Study (2011))

8.3 最終合意事項

住民合意形成会議および事業調整委員会(PCC)で最終合意した事項と施工までに確認すべきとした事項を以下に列記する。なお、後者については建設業者が現地に入ったのち、別途関係者に説明をおこない、合意を取り付けたうえで施工を開始した。

<住民合意形成会議および事業業調整委員会で最終的に合意された事項>

- 事業の実施目的および方針
- 礫浜の特性(波浪による変形)
- 事業実施延長と背後の民地との境界
- Funamau 島の両端および Ppapaelise 島の西端からの礫の採取
- ボローピットプロジェクトで浚渫した砂の流用
- 養浜の断面諸元
- 養浜エリアの両端部における突堤の設置と被覆石のフィジーからの調達
- 後浜石の設置と漁船の上下架用のスペースの配置
- 事業実施海岸に存在するコンクリート殻の再利用
- 政府およびコミュニティのモニタリングおよび海岸維持管理への積極的な参加

<施工前に関係者と最終確認しておくべき事項>

- 漁船の上下架用のスペースの詳細位置
- 施工期間と工事中の占有エリアの詳細
- 環境影響を低減するための影響緩和対策

第9章 養浜の施工

9.1 工事の概要

建設工事は2015年6月15日から同年12月23日までの約6.3ヶ月の期間に渡って実施された。図9.1に建設工事の実施計画とその実際のスケジュールの比較を示し、建設工事の作業項目と項目別の数量の比較についてそれぞれ表9.1および9.2に示す。また、図9.1に建設工事の代表的な工程における写真を示す。

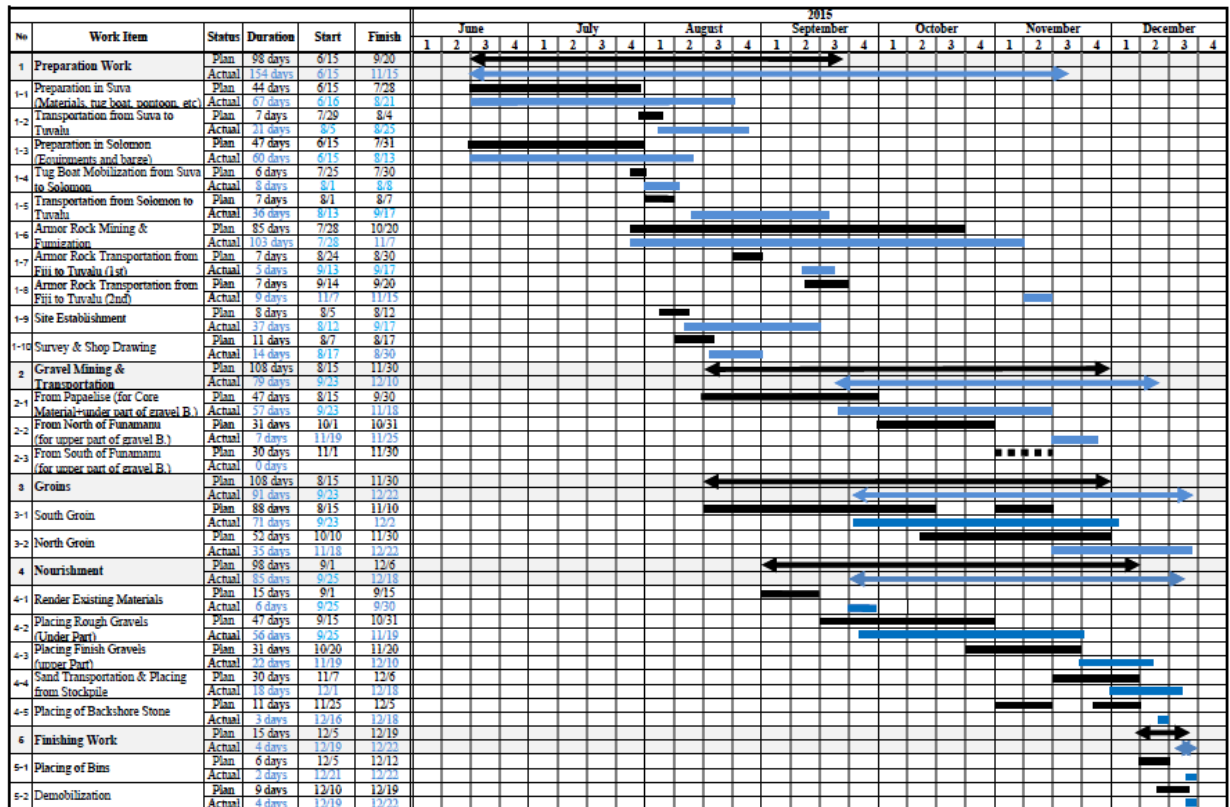


図 9.1 建設工事のスケジュール(計画と実際の比較)

(出典：JICA 調査団)

表 9.1 主な作業項目と数量

No	作業項目	内容	特記
1	準備作業	<ul style="list-style-type: none"> フィジーでの準備およびツバルへの輸送 建設現場での準備作業 	
2	礫の採取および輸送	<ul style="list-style-type: none"> Papaelise 島および Funamamu 島からの礫の輸送 	計画数量: 3,204 m ³
3	突堤の建設	<ul style="list-style-type: none"> 南突堤および北突堤の建設 (捨て石式傾斜堤) 	南突堤 延長: 46.1 m 天端高: +4.2 m 天端幅: 1.3 m 勾配: 1:2 (南側), 1:1.5 (北側) 北突堤 延長: 51.3 m 天端高: +4.2 m 天端幅: 1.3 m 勾配: 1:1.5

No	作業項目	内容	特記
4	養浜工(礫)	➤ 礫の投入および均し	計画数量: 2,816 m ³ 後浜高: +4.2 m 後浜幅: 6 m 以上 勾配: 1:3.5
5	養浜工(砂)	➤ Borrow Pit No. 2 からの調達 ➤ 砂の輸送、投入および均し	計画数量: 3,864 m ³ 勾配: 1:11
6	後浜石	➤ 官民境界への後浜石の設置	計画数量: 200 pieces
7	機材調達	➤ ゴミ箱 ➤ ボートトレイラー	5 sets 1 set

(出典: JICA 調査団)

表 9.2 計画と実際の数量比較

No	作業項目	計画数量	実際の数量
2	養浜工(礫)	3,204 m ³	3,327 m ³ (West end of Papaelise: 2,207 m ³ East end of Funamanu: 1,120 m ³)
5	養浜工(砂)	3,864 m ³	4,500 m ³
6	後浜石	200 pieces	141 pieces

(出典: JICA 調査団)



(礫採取場所への移動)



(礫の採取)



(建設現場での礫の投入)



(投入した礫の均し作業)

(図は次頁へ続く)



(突堤の被覆石の設置) (フジーより調達)



(突堤の断面検査)



(Borrow Pit No.2 からの砂の採取)



(建設現場への砂の投入)



(投入した砂の均し作業)



(後浜石の設置)

図 9.2 工事中の代表写真

(出典：JICA 調査団)

9.2 養浜の施工により発現した効果

本節では、養浜の施工により海岸域に発現した効果について示す。本事業の礫養浜は、波浪や侵食に対する防護効果に加え、海岸の利用面および環境面の向上を目的として実施されたものである。これらの各側面について確認された効果をそれぞれ以下に示す。

(1) 防護効果

2015年12月24日の工事の完成直後にサイクロン Ula がツバルに來襲した。サイクロンの期間中は南～南西からの波浪が発達し、Funafuti 環礁のラグーン側の沿岸域に高波浪が來襲した。サイクロン期間中の事業エリアの海岸の様子について確認するため、周辺住民に対してヒアリングをおこなった。住民からは、事業実施前は荒天時において背後地への越波が頻繁に発生していたが、サイクロン來襲時は礫浜の存在によって背後地への越波や波の打上げが全く発生しなかったことが確認された(図 9.3 参照)。住民の全般的な意見

として、礫浜が高波浪に対して効果的な防護機能を発揮していることが示された。一方、今後頻繁に高波浪が来襲した場合、礫部分が波で消失してしまうことを懸念する意見も聞かれた。結論として、現状では礫浜は十分な防護機能を有しているが、将来的に礫が消失した場合にその防護機能が弱まっていくことも懸念される。そのため、礫部分の状況、特に浜幅の変化を時系列で確認していくためのモニタリングの必要性が改めて確認された。



(事業実施前)



(事業実施後)

図 9.3 高波浪時の海岸の様子(事業実施前後の比較)

(出典：JICA 調査団)

(2) 海岸利用

事業実施直後から多くの住民達が海岸を利用する姿が確認された。これは、事業実施前のコンクリート殻が散乱した状態の海岸では見受けられなかった光景である。図 9.4 および 9.5 に示すように、砂浜や浅瀬に加えて突堤や後浜石も子供たちを中心に遊び場として利用されており、利用面において期待通りの効果が発現していることが確認された。

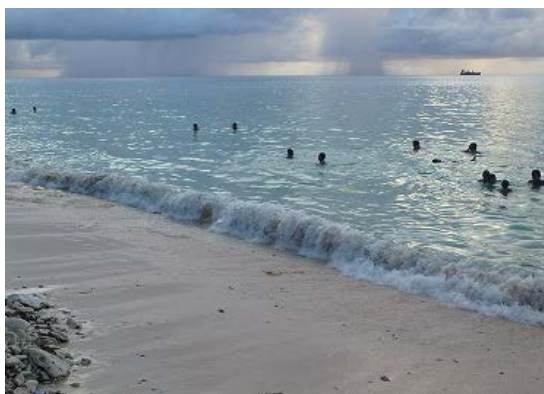


図 9.4 砂浜上および浅瀬での海岸利用の様子

(出典：JICA 調査団)



図 9.5 突堤および後浜石周辺の海岸利用の状況

(出典：JICA 調査団)

(3) 海岸環境

周辺住民の話によると、事業実施海岸の周辺、特に突堤周辺では多くの魚が見られるようになったとのことである。定量的な把握は難しいが、周辺で魚釣りをする人が増えたことと、図 9.6 に示すように突堤周辺には多くの稚魚が確認されたことから、海生生物に係る環境は改善していることが示唆される。また、住民へのヒアリングで最もよく聞かれるのが、海岸の景観が大幅に改善したという意見である。これは図 9.7 に示すように、事業実施前後の海岸写真の比較からも明らかである。



図 9.6 突堤周辺に生息する稚魚

(出典：JICA 調査団)



(事業実施前)



(事業実施後)

図 9.7 事業実施前後の海岸景観の比較

(出典：JICA 調査団)

第10章 モニタリング計画

2014年12月のパイロット工事の終了から2017年11月までの約2年間にわたり、海岸モニタリングを定期的実施した。モニタリング項目は次に示す4項目である。

- 1) 海象
- 2) プロジェクトサイト及びその周辺の海浜変化
- 3) 洲島（礫採取エリア）
- 4) 海域環境

モニタリング調査は主に JICA 調査団で行うが、技術移転及び能力開発の一環として、可能な限りツバル国のカウンターパートも参加するものとする。

目的、調査方法/調査機器及び関係するカウンターパートは次に示すとおりである。

表 10.1 海象のモニタリング項目及び方法

項目	目的	方法 / 調査機器	C/P
波浪流況観測	海浜変化の外力	海底設置型海象計(Wave Hunter)	Fisheries MET Office
潮位データの収集	海浜変化の外力	ツバル国 MET 事務所からのデータ収集及びウェブサイト(Australian mythological Services)	MET Office
サイクロンデータの収集	特異な事象による海浜への影響	ツバル国 MET 事務所からのデータ収集及びウェブサイト	MET Office

(出典: JICA 調査団)

表 10.2 プロジェクトサイト及びその周辺の海浜変化のモニタリング項目及び方法

項目	目的	方法 / 調査機器	C/P
海浜断面の変化	海浜断面の変化及び養浜砂、礫の歩留まり	オートレベルとテープを使った海浜断面測量	Environment Dept., Land & Survey Dept.
汀線の変化	政府庁舎前面の埋立地を含むプロジェクトサイト周辺の汀線変化	ハンディ GPS を用いた位置測定	
海岸状況の変化	プロジェクトサイト及びその周辺の海岸状況の変化	定点カメラ撮影及びドローンによる空中写真	Environment Dept., Kaupule
衛星画像	政府庁舎前面の埋立地を含むプロジェクトサイト周辺の汀線変化概況	衛星画像を用いた汀線比較	Land & Survey Dept

(出典: JICA 調査団)

第11章 モニタリング結果

11.1 海象

(1) 潮位観測

2015年から2017年の潮位を整理した。高潮位は King Tide と呼ばれ、通常は一年の中で11月から4月頃が高くなる。2015年の最高潮位は2月19日午前5時の3.4 m、2016年は11月15日午前5時の3.2 m、2017年は3月28日午後6時の3.2 mであった。

(2) 波浪観測

ラグーン側の波高は一般的に穏やかであり、有義波高($H_{1/3}$)は通常 0.1 m 前後である。一方 Cyclone や熱帯性低気圧の接近時には 0.8 m~1.0 m 程度となる。Cyclone 等が接近し始めると、ラグーン内の波高は、まず周期 10 秒前後のうねり成分が顕著となり、さらに接近し風が強くなるとラグーン内で発生する周期 3 秒前後の風波成分が卓越する。波向きは、全体的には2月から6月の冬季は、海岸線に対し右向きに作用する方向、10月から3月あたりの夏季は左向きに作用する頻度が高い。

(3) サイクロン

ツバルは、南緯 8° 程度と低緯度に位置するため、サイクロンなどの直撃を受けることはほとんどない。しかしツバルにサイクロンや低気圧が近づいた際には、外海側、ラグーン側双方とも波が荒くなる。本事業での波浪観測が実施された 2015 年から 2017 年にかけて、幾つかのサイクロンがツバルに接近した。最も大きなものは、2015年3月に襲来したサイクロン Pam である。また工事完了後の 2015年12月以降としては、サイクロン Ula および Winston が挙げられる。これらのサイクロン接近時には、ラグーン側に設置した波浪観測結果より、有義波高($H_{1/3}$)が 0.8~1.0 m、最大波高(H_{max})は 1.2 m を超える波が出現した。

11.2 プロジェクトサイトの海浜変化

図 11.1 に海浜断面測定の測線を示す。14 測線を海浜断面のモニタリング測線として設定した。測線間隔はプロジェクトエリア内については 20 m とした。岸沖方向には、後浜石から沖側約 50 m 程度までの海浜断面を測量し、その変化をモニターした。定点写真はプロジェクト範囲内外に十数点設け、常に同じ位置、アングルで撮影した。

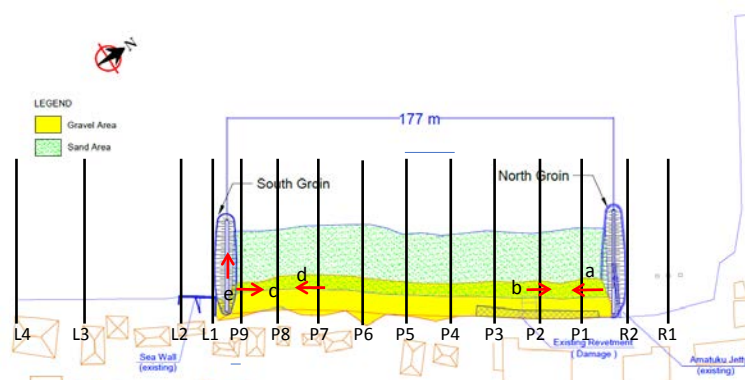


図 11.1 海浜断面測定の測線配置と定点写真撮影位置

(出典：JICA 調査団)

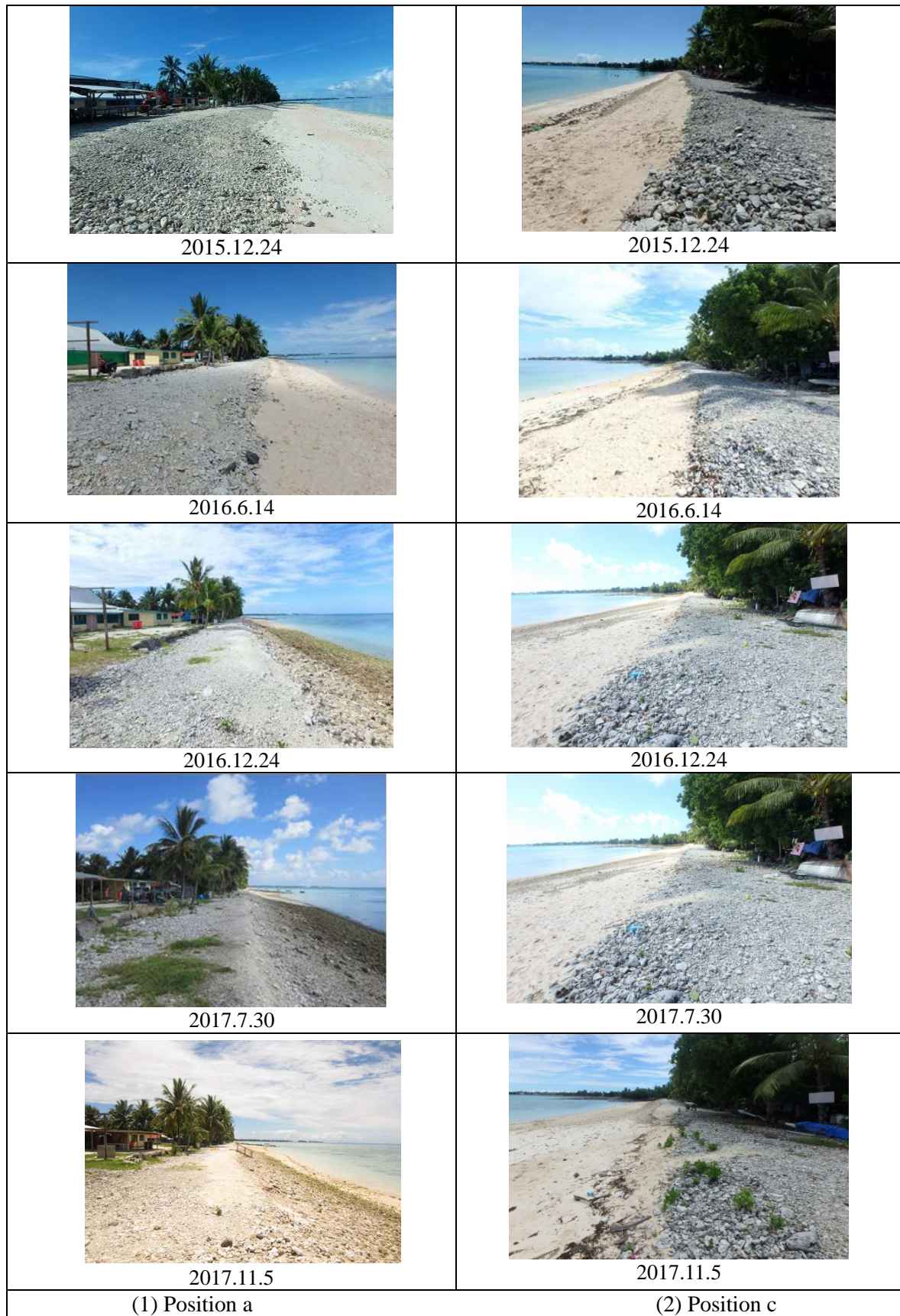


図 11.2 定点写真

(出典：JICA 調査団)

(1) 定点写真の比較

養浜完成直後の2015年12月から最後のモニタリング時の2017年11月までの約半年毎における定点 a および c (図 11.1) からの写真を図 11.2 に示す。写真より、北側 (a) では、後浜の礫断面法肩部の崩れ、前浜の砂浜部の低下および礫の散乱が見られる。南側(c)では逆に砂浜部の堆積傾向が見られる。北側の海岸状況を改善するため、2017年9月に順応的対策の一貫としての海岸メンテナンスを実施し、砂浜上の礫の撤去、元の後浜部への再投入、および砂の補充を実施した (第13章参照)。

(2) 海浜地形の比較

代表的4ラインにおける、養浜完成直後の2015年12月から海岸メンテナンス実施前の2017年3月までの約1.3カ年の半年毎の海浜断面測量結果を示したものが図 11.3 である。北側 P1 地点で約 3 m 程度の法肩部の後退が見られる。また北側 P1 地点での前浜地盤高の減少、逆に南側 P9 地点での前浜地盤高の増加が見られる。これより砂の北側から南側への移動および法肩部の礫の崩れ、移動が定量的にも示された。

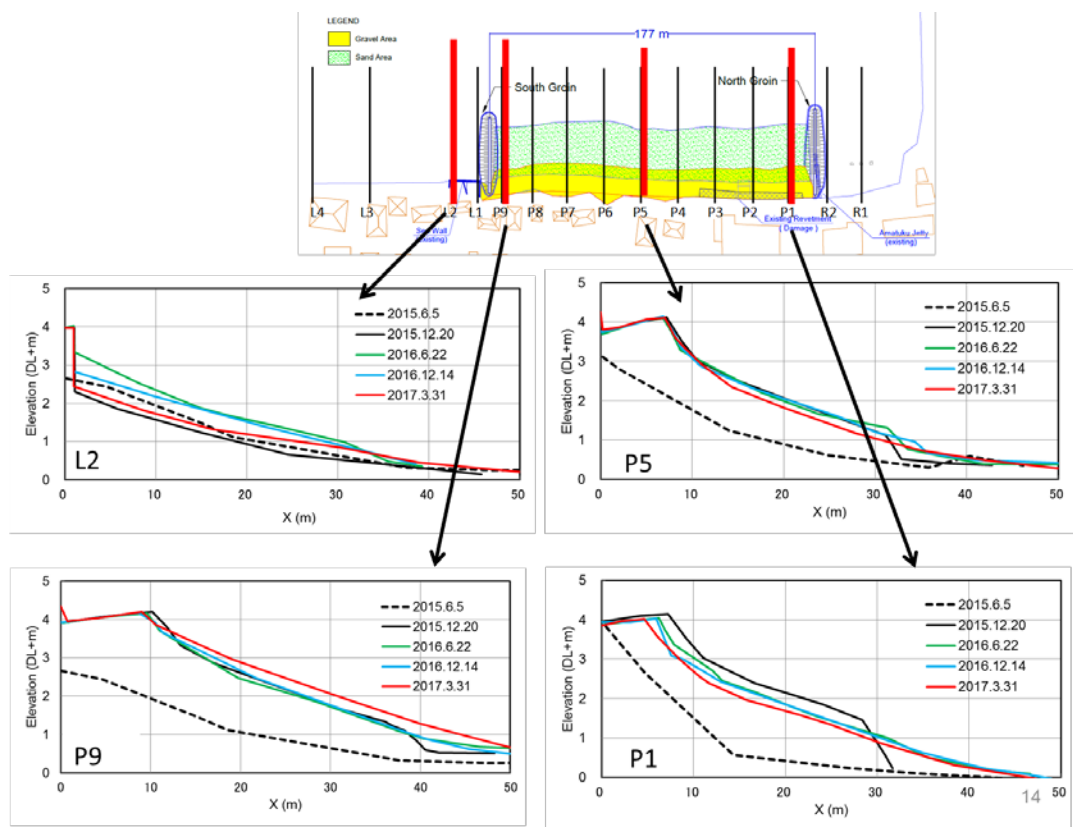


図 11.3 海浜断面変化の比較 (順応対策実施前の 1.3 年間)

(出典: JICA 調査団)

図 11.4 は、2017年9月に実施した順応的対策実施前後および完成直後の北側3ラインにおける海浜地形の比較を示す。対策の実施により、法肩部の後退が改善されている様子が分かる。

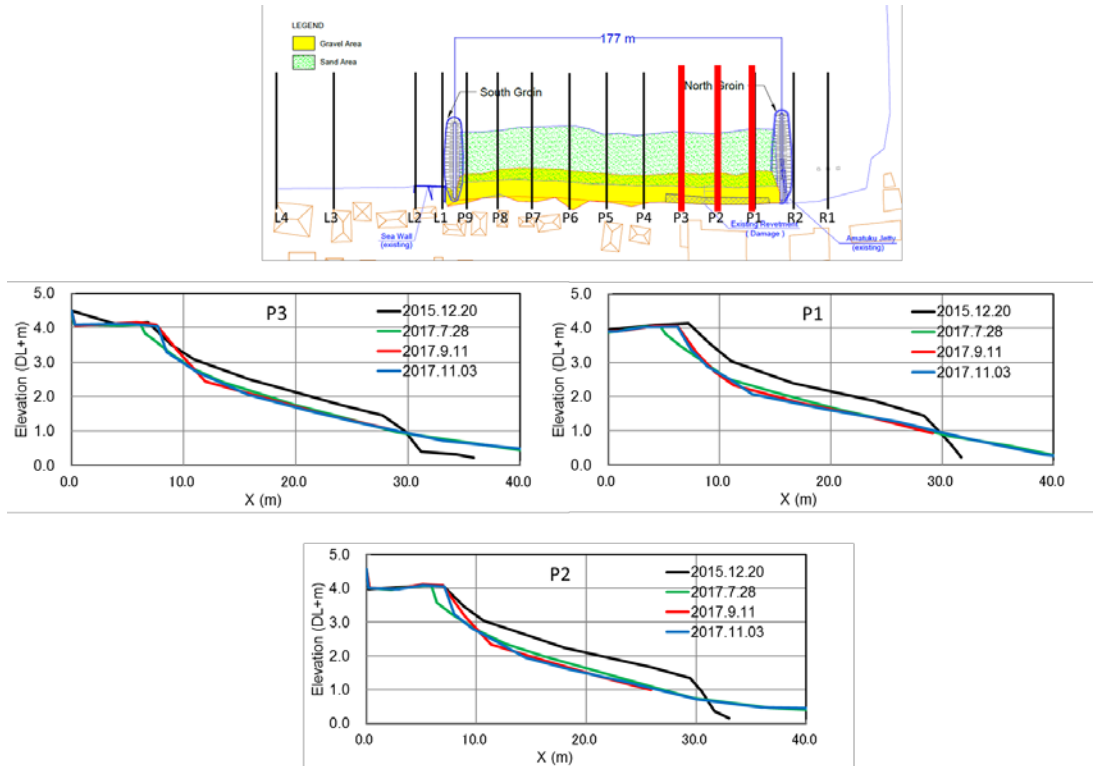


図 11.4 海浜断面変化の比較（順応対策実施前後および当初の比較）

(出典：JICA 調査団)

(3) 養浜材の数量変化

得られた海浜断面測量結果より礫および砂の数量変化を示す。

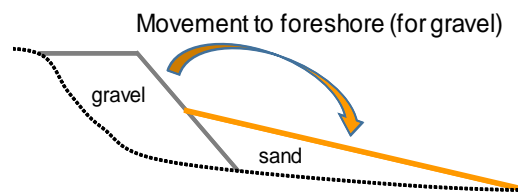


図 11.5 礫の移動イメージ

(出典：JICA 調査団)

現地での目視調査結果より、モニタリング期間中を通じて礫の事業範囲外への流出はないことが確認されている。一方、砂を投入した前浜域に礫が散乱している様子が確認された。これは図 11.5 に示すように、元々後浜の礫断面部に投入した礫の一部が、砂浜上に移動したためである。

図 11.6 は、後浜域の礫投入部における数量変化を、各モニタリング測線で競られた海岸測量結果を基に算定したものである。これより、

- 工事完了から 2016 年 3 月までは約 6% (200 m³) 程度の減少が生じたが、その後の変化は小さくなっている。これは工事完了直後に襲来したサイクロン Ula および Winston 襲来時の高波浪による礫断面法肩部の崩れ、砂浜の前浜域に移動したことによるものである。

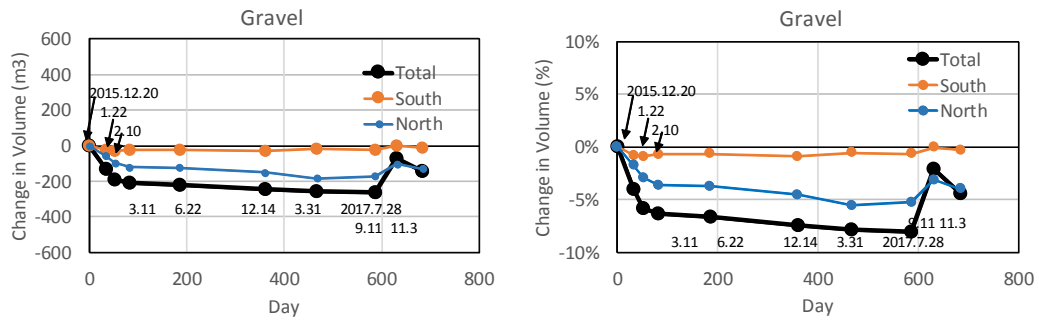


図 11.6 後浜域における礫の数量変化 (左：数量、右：割合)

(出典：JICA 調査団)

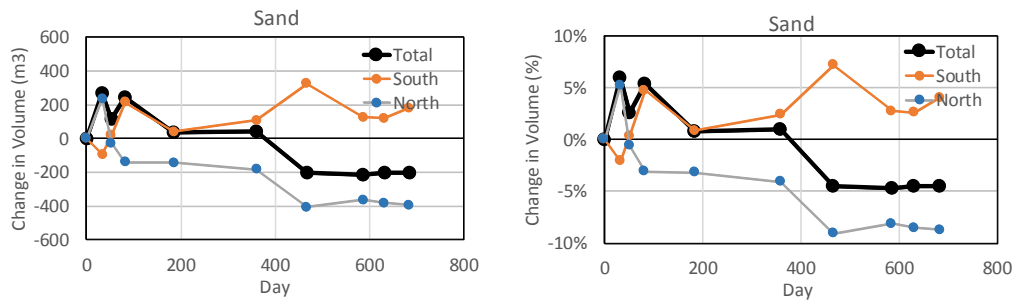


図 11.7 前浜域における砂の数量変化 (左：数量、右：割合)

(出典：JICA 調査団)

- 2017年7月から9月にかけての礫の数量の急激な増加は、前述の順応対策を実施し、砂浜上に散乱した礫を元の後浜に戻したためである。

図 11.7 は、前浜域の砂投入部における数量変化を示すものである。なお、図 11.6 に示される前浜上に移動した礫数量については除去している。

- 砂については、全体数量は2016年3月までは一時的に約5%程度(200 m³)増加したが、その後は減少している。波浪観測結果より、2回のサイクロン襲来時の波向は南寄りとなり、北向き沿岸漂砂が顕著となった。これにより、プロジェクトエリア南側の自然海浜部の一部の砂が、南側突堤を越えて本事業エリアに流入したためと考えられる。その後は全体として北寄りの波向きにより、流入した砂および一部の養浜砂が南側突堤を越えて南側の自然海浜側に流出したと考えられる。また一部の細粒成分が沖側に移動したことも考えられる。しかしながらその流出量は、2年間で5%程度に留まっている。

図 11.8 は、砂と礫を合わせた全体の数量変化を示す。全体数量は2年間で3%程度(200 m³)であり、これは砂の領域外への流出分である。

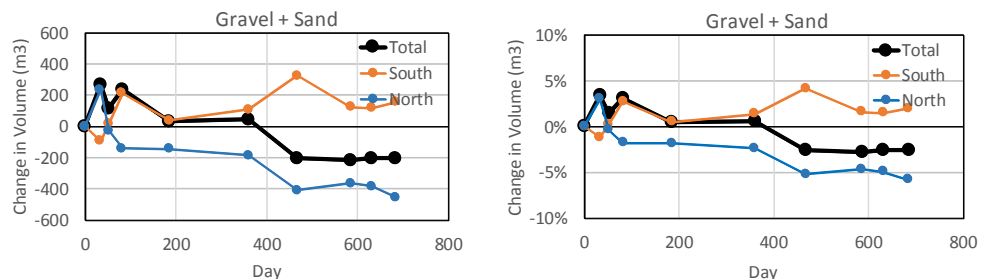


図 11.8 パイロットエリア内での全体の数量変化 (左：数量、右：割合)

(出典：JICA 調査団)

11.3 政府埋立てエリアの海浜変化

本養浜パイロット工事とほぼ同時期の 2015 年 11 月より、ツバル政府による埋立て事業が南側約 0.7 km 離れた隣接海岸で開始された。幅 80 m、長さ 300 m 間に約 10 万 m³ の海底砂が投入されるとともに、その南側海岸では約 7 万 m³ の海底砂が幅 20 m、延長約 500 m にわたって投入された。埋立てエリアの砂投入作業は 2015 年 12 月にほぼ終了したが、サイクロン Ula による顕著な砂移動が生じた。そのため、引き続き両側突堤の設置と流出した砂を補う追加砂投入が行われ、最終的に 2016 年 6 月に完了した。図 11.9 は、両突堤が設置される前のサイクロン Ula 襲来前後の汀線変化を示したものである。サイクロン Ula 襲来後、平均 20 m 程度、最大 25~30 m 程度の後退が生じ、その砂の大半は投入エリアから北側に広がった。流出量は 34 % 程度と算定された。図 11.10 は、突堤設置後の 1 年半の汀線変化を、図 11.11 は埋立て前、突堤設置前および突堤設置後の海岸変化状況を示したものである。突堤設置後はほぼ安定した海岸が維持されている。



図 11.9 突堤設置前の汀線変化

(出典：JICA 調査団)

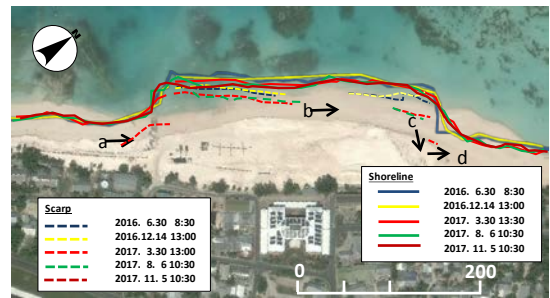


図 11.10 突堤設置後の汀線変化

(出典：JICA 調査団)



図 11.11 埋立てエリアの海岸変化

(出典：JICA 調査団)

11.4 礫採取地点の海浜変化

礫を取得した Funamanu 島および Papaelise 島では取得前からの約2年半間にわたり海岸モニタリングを実施した。なお、礫の取得総量は、約 3,300 m³ であり、このうち Papaelise 西端から 2,200 m³、Funamanu 東端からは 1,100 m³ を取得した。海岸モニタリングは Funamanu 島については両端で、Papaelise 島については西端で実施した。それぞれのエリアで図 11.12 および 11.13 に示す 3 測線を設定し、海浜測量を実施するとともに、図中に示す矢印からの定点写真撮影を行った。また全体的な海岸状況変化については、衛星画像により、礫取得前後の比較も行った。図 11.14~16 は礫取得前の 2015 年 6 月から約 2 年半における海浜断面測量結果を示す。結論として、Funamanu では礫取得前も含め、有意な違いはほとんど見られなかった。また Papaelise では、礫取得により、ラグーン側の汀線後退が生じたが、その後の変化はほとんど見られない。これより、礫取得による周辺海浜への影響はなかったと考えられる。

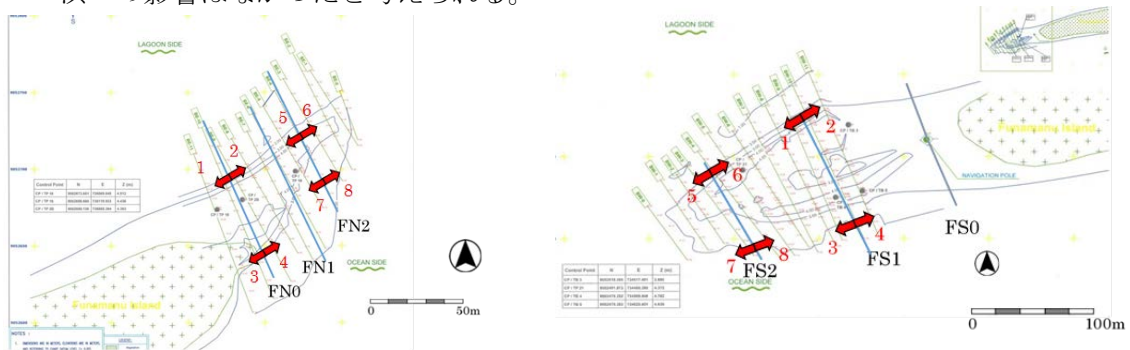


図 11.12 Funamanu 島両端のモニタリング位置

(出典：JICA 調査団)

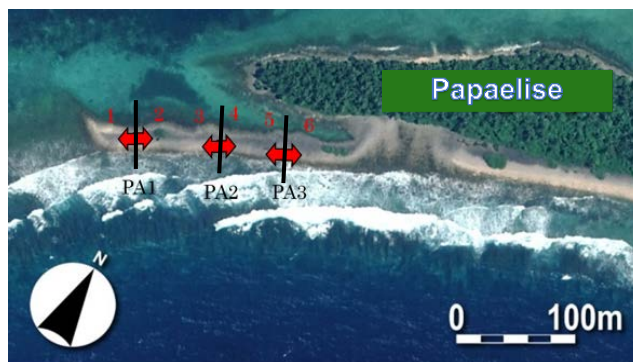


図 11.13 Papaelise 西端のモニタリング位置図

(出典：JICA 調査団)

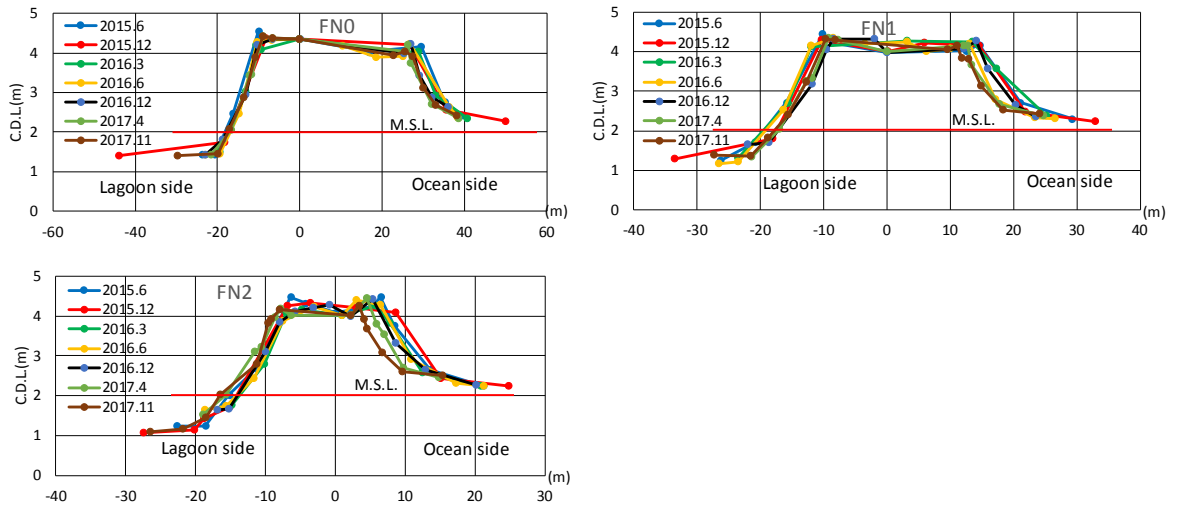


図 11.14 Funamanu 島東側の海浜断面変化

(出典：JICA 調査団)

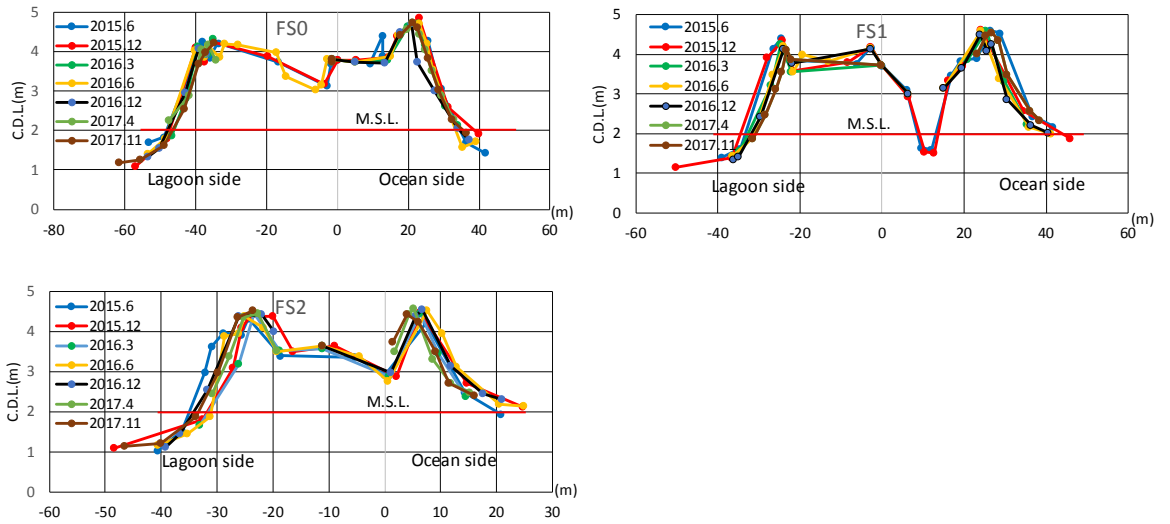
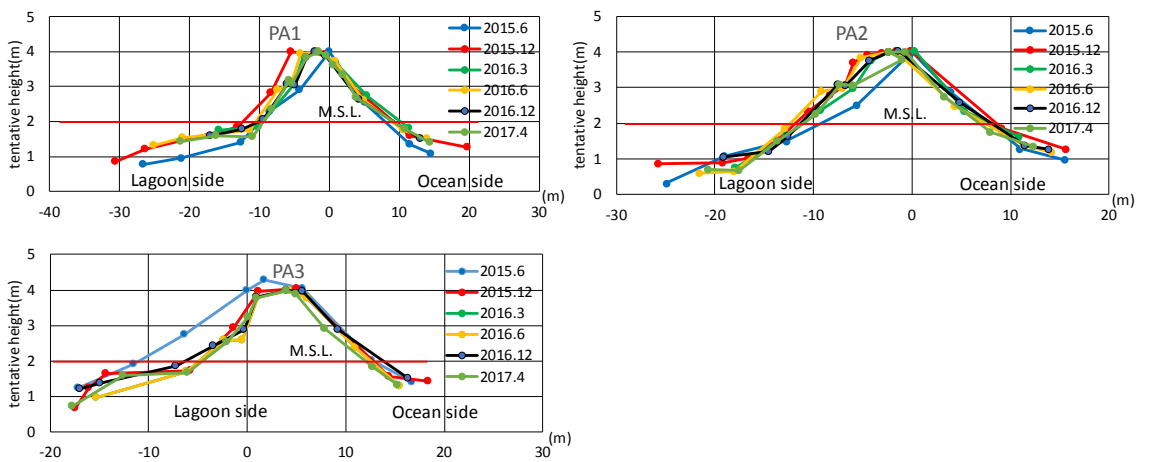


図 11.15 Funamanu 島西側の海浜断面変化

(出典：JICA 調査団)



注) Papaelise には高さの基準がないため、最高地点を+4 m とした

図 11.16 Papaelise 島西側の海浜断面変化

(出典：JICA 調査団)

11.5 海岸モニタリングのまとめ

- モニタリング期間中、サイクロンの来襲による高波浪を経験したにもかかわらず、海岸は安定した状態を維持していることが確認された。2年間における養浜材のエリア外への流出量は3%程度の減少に留まっていた。
- 前浜部に投入した砂は、全体として南側に移動している傾向が観察され、一部の砂は突堤を越えて南側の海岸に移動したと考えられた。また砂中に含まれる細粒成分の一部は沖方向に移動した可能性もあった。2年間における砂のみの数量変化は約5%程度の減少が生じたものと推定された。
- 後浜域に投入した礫は、継続的な波の作用により、その一部は前浜部の砂浜上に移動し散乱した。これにより礫断面の法肩部での後退が生じた。後退量は平均1m程度、北側部の顕著なところで最大3m程度であった。しかし礫は単に後浜部から前浜部に移動しただけであり、エリア外への礫の流出は生じていないことが確認されている。
- 周辺海浜への影響について、養浜エリアおよび礫取得エリアの両方とも負の影響が見られないことが確認された。

11.6 海洋環境

(1) 水質

砂の投入時は、工事前の時期に比べて濁度は高い傾向にあったが、その範囲は、空間・時間的にも限定的であり、砂の投入後は1~2日で工事前の時期と同等の濁度レベルに回復した。また現地での目視状況より、養浜後の海岸は、以前よりも海水の透明度が向上している様子が確認された (図 11.17)。



図 11.17 海水透明度の状況

(出典：JICA 調査団)

(2) サンゴ

Papaelise および北 Funamanu の礫搬出入ルートに分布するサンゴの被害は特段確認されなかった。Papaelise の浅場では、工事中、礫運搬船の投錨による若干の枝サンゴへの影響が一部見られたが、その程度はわずかであった。なお、Papaelise および Funamanu 島ラグーン側のサンゴは、高水温の影響と思われる白化・死亡が著しく、その範囲が拡大している (図 11.18)。



図 11.18 ラグーン内のサンゴの状況 (既に死亡)

(出典：JICA 調査団)

(3) 海洋生物

工事前後で特段の海洋生物相の変化は確認されなかった。なお突堤では、多くの稚魚・幼魚が観察され、新しい生物生息場として機能していることが確認された (図 11.19)。



図 11.19 養浜後の新たな生物生息環境

(出典：JICA 調査団)

(4) サンゴ移植

サンゴの移植後 (2015 年 12 月 22 日)、約半年間に渡って生育状況を確認し、一部のサンゴは基盤のサンゴに付着するなど成長が確認されたが、大半のサンゴは半年後には白化あるいは死亡した (図 11.20)。死亡の要因としては、2014～2016 年に渡って継続したエルニーニョ現象により、赤道付近の太平洋の水温が通常より高かったことが可能性として挙げられる。



(1) 移植直後 (2015 年 12 月)

(2) 5 ヶ月後 (死亡)

図 11.20 移植したサンゴの状況

(出典：JICA 調査団)

第12章 海岸管理と海岸メンテナンス

12.1 海岸管理の構造とその概要

本業務における「海岸管理」の定義とその構造を図 12.1 に示す。海岸管理とは、対象海岸を防護面、利用面、環境面の各側面において良好に維持していくことに資する活動全般を指すことと定義し、本業務では大きく分けて 1)海岸モニタリング、2)海岸メンテナンス、3)広報および環境教育の3つの活動より構成される。それぞれの対応章については同図に示す通りであり、本章では主に海岸管理と海岸メンテナンスについて記載する。

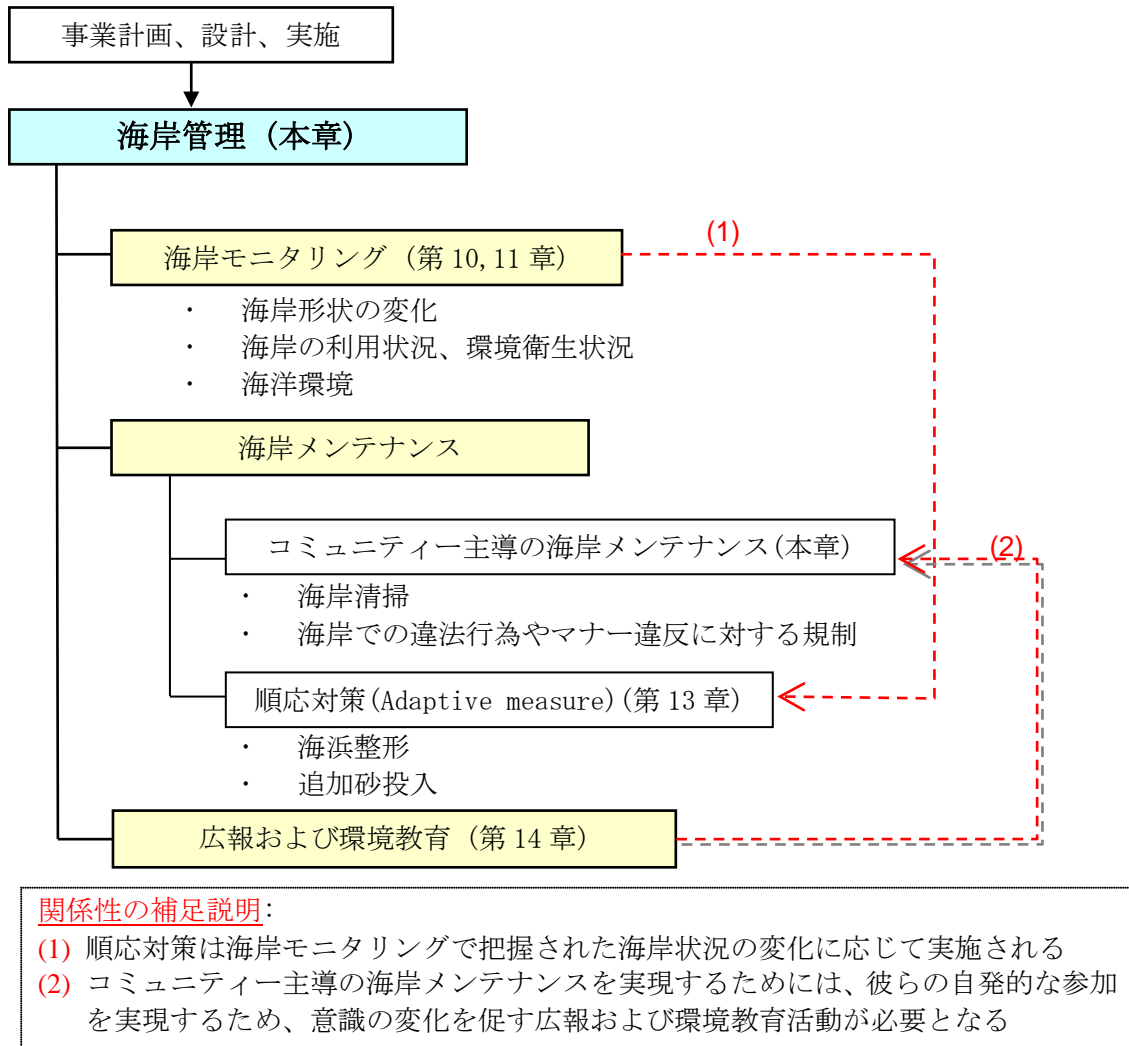


図 12.1 本業務における海岸管理の構造

(出典：JICA 調査団)

12.2 コミュニティー主導の海岸メンテナンス

本セクションでは、海岸メンテナンスに係る代表的な活動として、海岸清掃の事例を説明する。事業を実施した海岸は、多くの住民が日常的に利用する公共の場であり、利用者およびコミュニティにとって良好な海岸環境を維持するために、比較的高頻度で海岸清掃を実施することが必要と考えられた。そのため、本業務ではコミュニティ主導の海岸清掃体制の実現を目指した。ただし、当該地域ではそれまで海岸清掃が実施されたことが無かったため、まずその方法と効果を体感してもらうために、周辺住民を巻き込んだ海岸清掃イベントを工事の着工前に実施した(図-12.2 参照)。

その後、工事完了後の海岸においてコミュニティ(Funafuti Kaupule と住民)主導で海岸清掃を実施していくことが合意され、その活動状況を工事後約2年にわたって確認した。



図 12.2 Funafuti Kaupule および住民との海岸清掃イベント

(出典：JICA 調査団)

工事完了後の2016年1月より、海岸管理の実施主体であるFunafuti Kaupuleが毎週金曜日に海岸清掃を開始した。それから約2年経過した2017年12月時点において、海岸清掃はおおむね隔週実施となっているものの継続的に実施されており、海岸清掃が習慣として定着したことがうかがえる。また、海岸清掃の実施の効果もあり、海岸環境は良好な状態で維持されている。海岸清掃は主としてKaupuleの職員が実施しており、平均的に約10名程度が参加している。一方、住民からの参加はわずかであるが、特別な清掃日などにはKaupuleの要請により多くの住民が海岸清掃に参加している状況にある。図12.3にKaupule主導の海岸清掃の様子を示す。



図 12.3 Kaupule 主導の海岸清掃の様子

(出典：JICA 調査団)

12.3 持続可能な海岸管理の提案と実施

養浜は一般に、その所要の機能を維持するために定期的な追加砂投入や海浜整形といった海岸メンテナンスを必要とする。海岸メンテナンスの実施内容やその頻度はメンテナンスにより達成すべき海岸の要求機能によって大きく異なる。

本業務のケースでは、後述の第 14 章に示すように、海岸利用および海岸環境に係る住民の意識に大きな変化が芽生えたことで、当該海岸を例えば運動場のように快適に利用できる水準で維持することが求められるようになってきた。このような住民の要望に応えるべく、コミュニティーおよびツバル国政府は、毎年継続的な追加砂投入および海浜整形を実施していくことを決定した。なお、本活動は上述の海岸清掃などの比較的頻度の高い簡易なメンテナンスと区別するため、「順応対策」と表記する。初めての順応対策は、その方法や手順を学ぶため JICA 調査団指導のもと Kaupule 主導で実施された(詳細は第 13 章参照)。これに加えて、順応対策をより継続的に実施していくための方策として、図 12.4 に示すような学校(教育機関)、コミュニティーおよび政府が相互に関係する持続可能な海岸管理体制の構築について提案した。関係性の一例としては、学校側がコミュニティーを巻き込んだ形で海岸運動会を実施する代わりに、コミュニティー側は海岸が運動会で利用できるよう、海岸メンテナンス(順応対策含む)を実施するような関係が挙げられる。これは、第 2 回の海岸運動会に係る一連イベントで試行され、実際に体制として機能し、海岸管理の面でも有効であることが確認された(詳細は第 14 章参照)。真に持続可能な海岸管理体制を構築することは決して容易ではないが、それでも本事業を通じて住民の意識が大幅に変化したことを踏まえると、実現の可能性は十分にあると考えられる。

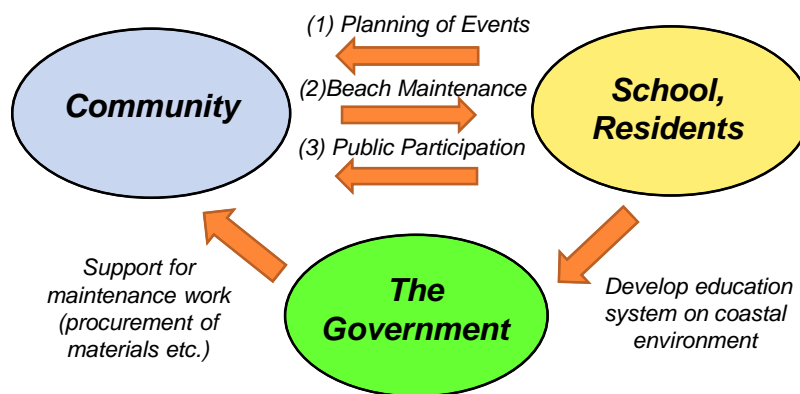


図 12.4 提案した持続可能な海岸管理体制の概念図

(出典：JICA 調査団)

第13章 順応対策

13.1 概要

海岸地形のモニタリング結果より、特に北側エリアにおいて、若干の後浜の後退が生じていることが分かった。このような現象は、自然海浜のプロセスの1つであり、海岸防護機能上の深刻な影響を与えるものではないが、積極的な海岸利用を図る上で、このまま放置しておくことは望ましくない。また今後の波の作用により、更なる後浜後退の可能性もある。これより持続的な海岸防護と利用を維持する上で、得られたモニタリング結果を踏まえた、海岸メンテナンス作業の一環としての順応対策を実施することを提案した。なお提案する順応対策は、ツバルで調達可能な人力、保有する機械とスキルを考慮し、当国で実現可能な現実的かつ簡単な方法を提案することが求められる。

13.2 工事完成から 1.3 カ年における海岸変化のまとめ

図 13.1 および 13.2 は、工事完了から 1.3 カ年後における北側および南側エリアにおける海岸状況の変化を示す。北側エリアでは元来、後浜域に位置していた礫が沖側に移動し、砂浜の前浜上に散乱している。一方南側エリアでは砂の堆積傾向が見られる。これらの結果より、養浜後には図 13.3 に示す 2 つの現象、すなわち礫の沖側への移動および砂の南側への沿岸漂砂移動が生じたと考えられる。



図 13.1 北側エリアにおける海岸状況変化

(出典：JICA 調査団)



図 13.2 南側エリアにおける海岸状況変化

(出典：JICA 調査団)

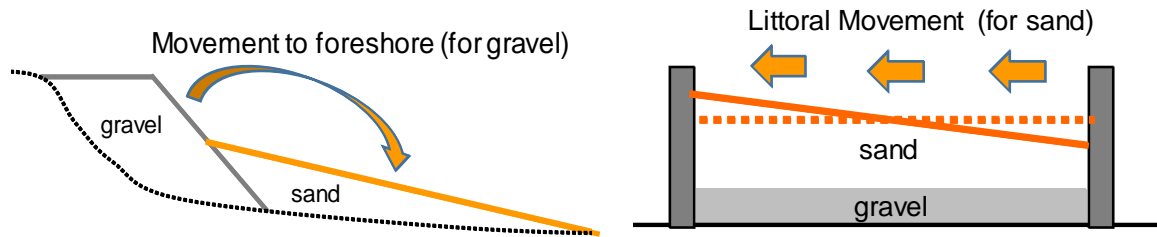


図 13.3 養浜後の海岸挙動

(出典：JICA 調査団)

13.3 提案する順応対策

(1) ツバル側で順応対策を実施する実現可能性

- 今後実施していく順応対策は、ツバルのコミュニティーで実施しなければならないため、彼らの保有する人的リソースや機械、彼らの能力レベルに考慮する必要がある。
- モニタリング結果より、礫はエリア外には流出していないことが確認されている。これより礫の再投入は必要なく、単に礫の前浜から後浜への移動のみ必要となる。
- 砂は事業エリア外に流出はしているものの、その減少量は僅かである。これより、今後ストックされている（またする予定）の砂を、本エリアの砂の補充に使うことは大きな問題にはならないと考えられる。
- Funafuti Kaupule および住民は、現在のところ海岸維持管理に対する関心と熱意が高い。今後提案する順応対策をコミュニティー活動、また学校教育プログラムの一環として実施されていくことが期待される。
- 提案する対応策は、特殊な機械や熟練した能力、多大な人的リソースを必要としない、簡単かつ単純な方法である必要がある

(2) 提案する順応対策

提案する順応対策は図 13.4 に示す 2 つの作業である。

- 1) 礫の前浜から元の位置の後浜への移動
- 2) 北側エリアへの少量の砂の補充。モニタリング結果より、年間 100~200 m³ 程度の補充が必要と想定される。

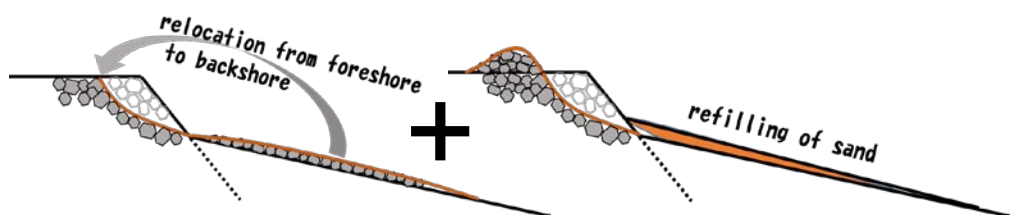


図 13.4 提案する順応対策

(出典：JICA 調査団)



図 13.5 砂の補充エリア（北側エリア）

(出典：JICA 調査団)

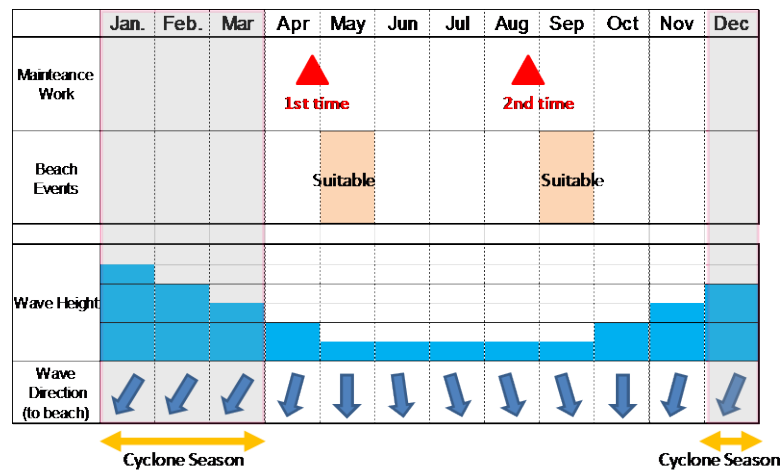


図 13.6 順応対策実施工程（案）

(出典：JICA 調査団)

砂は、図 13.5 に示すように、自然の沿岸漂砂による移動を考慮し、北側エリアに投入することを推奨する。投入時期については、ツバルの2つのシーズンの波の特性を考慮し、波の静穏時期となる冬季に実施することを推奨する。投入のタイミングは、メンテナンス後の海岸を利用した運動会等の積極的な活用のタイミングを考慮する必要がある。図 13.6 に年間の波の状況と提案する順応対策およびイベント実施に対するスケジュール案を示す。

13.4 対策の実施

提案する順応対策は、住民参加の元で、Funafuti Kaupule 主導により、以下の3つのステップで実施した。

- ステップ 1：Kaupule 所有のバックホーを用いての前浜部の礫回収および後浜域への投入
- ステップ 2：学校行事の一環としての、生徒による取り残した礫の回収
- ステップ 3：ツバル政府の許可の元でのストックパイルからの砂の運搬・補充



図 13.9 バックホーを用いた礫の収集および投入 (ステップ 1)

(出典：JICA 調査団)



図 13.10 残った礫の収集 (ステップ 2)

(出典：JICA 調査団)

図 13.7～9 は、それぞれのステップの作業状況を示す。また図 13.10 は対策前後の海岸状況の比較を示す。順応対策の実施により、海岸は完成直後に近い状況が回復された。



図 13.11 砂の補充 (ステップ3)

(出典：JICA 調査団)

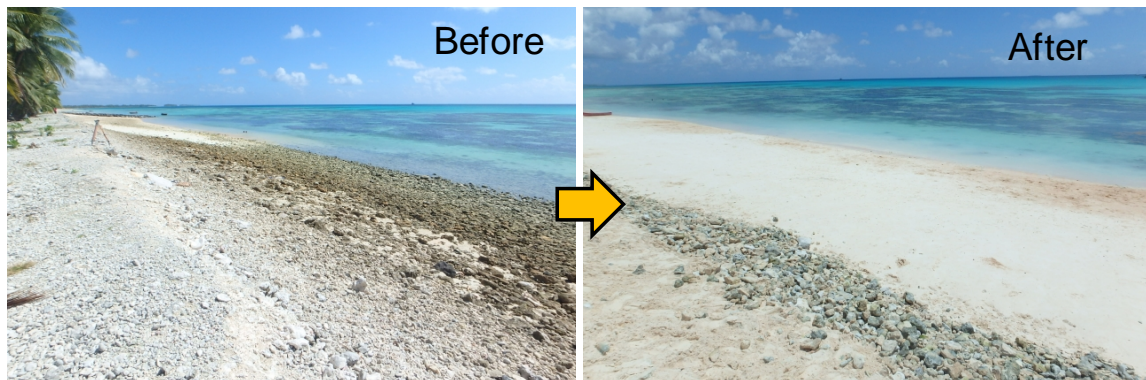


図 13.12 対策前後の海岸状況の比較

(出典：JICA 調査団)

13.5 得られた効果

- 順応対策の実施により、海岸は完成直後とほぼ同様の状況が回復された。
- 提案した対策はツバル側で十分対応可能な簡単かつ単純な方法であることが確認された
- 人力による残った礫の収集はとても効果的であることが示された。このような活動に参加することは、人々の海岸維持管理に関する関心を高める上でも効果的であることが示された。
- 自然の波や潮位変化を利用することにより、現地作業の低減化を図れることが分かった（例えば收拾した砂混じりの礫は高潮位時の波により洗浄される、また投入した砂は、高潮位時の波の作用により自然な安定勾配に変形する）。

13.6 課題

順応対策の実施により明らかとなった課題を以下に示す。

- 今回実施したような海岸メンテナンス作業を、今後も **Kaupule**・住民主導で継続的に実施していくことに対する熱意とモチベーションの維持（特に、本事業に直接関わってこなかったメンバーに変わった後）
- 海岸メンテナンスを実施する上で最低限必要となる重機（バックホー）のメンテナンス（近い将来、新たなバックホーを調達することが必要になると考えられる）
- メンテナンス用の砂の確保（ツバル政府の理解と支援が必要となる）

第14章 広報および環境教育

14.1 概要

適切な海岸管理体制を構築することは良好な海岸状況を維持することに必要であり、持続的な海岸保全を実現するための重要な要素の一つである。本業務では、海岸管理は直接的活動と間接的活動に分けられると考えた。前者には、海岸清掃や順応対策の実施などが該当する。一方後者は、海岸を日々利用する人々もしくは海岸管理に関係する人々の意識の向上や海岸利用のマナーの改善に係る活動が考えられる。本章では、この後者に資する活動として実施した、広報および環境教育活動の内容とその成果について示す。

14.2 達成目標の設定

効果的な広報および環境教育活動の計画を作成するために、まず人々と海岸の関係性や意識に係る問題点を以下のように把握した。

- 適切な海岸保全対策における知識の欠落
- 海岸に簡単にゴミを捨てる悪習慣
- 海岸が公共の場であるという意識の欠落

これら3点の問題点に基づき、広報および教育活動における達成目標を以下のように設定した。初めの3点の目標については、上記の3つの課題にそれぞれ対応するように設定されたもので、4点目の目標は将来の展開を見据えた目標である。

< 広報および環境教育活動による達成目標 >

- 1) 事業の対象範囲のみならず、Fongafale 島全体の人々が海岸保全事業の実施目的とその成果、特に海岸利用と海岸環境における成果について知識を得る
- 2) 海岸環境に係る人々の意識が改善され、海岸におけるゴミの投棄が無くなりかつ自発的に海岸管理に係る活動に参加するようになる
- 3) 海岸環境に係る人々の意識が改善され、海岸域における養浜材の盗難や私的構造物(漁船用の斜路など)の建設などの違法行為が無くなる
- 4) 若い世代が海岸保全に興味を持ち、海岸管理に係る活動を実施していくことの重要性を理解する。

14.3 広報および環境教育活動の実施

人々の海岸保全に係る意識を向上するために、本業務では多くの広報および環境教育活動を実施した。主な活動について表 14.1 に整理する。本セクションではその中の代表的な取り組みである項目(h)についてその概要を示す。

表 14.1 事業を通じて実施した広報および環境教育活動

項目	実施時期	主な対象	対象人数
(a) ラジオ放送	2015年から2017年にかけて10回以上実施	一般	N/A
(b) 海岸メンテナンスに係るワークショップ	2015年6月および12月に各1回	住民、関係者	20
(c) 海岸清掃イベント	2015年8月1日	住民、関係者	150
(d) 海岸ソングコンテスト	2015年10月10日	一般(公募)	30
(e) 施工現場の見学ツアー	2015年10月および11月に各1回	小中学生、Island Chiefs	100
(f) 海岸絵画コンテスト	2015年11月17日	関係者	30
(g) 事業海岸の竣工式	2015年12月18日	関係者	70
(h) 海岸運動会に係る一連のイベント(第1回, 2016年)	2016年; 6月20日の週:環境教育授業 6月29日:海岸清掃イベント 7月1日:海岸運動会	小中学生	800
(i) 事業の広報用の動画の作成	2016年8月完成	関係者	N/A
(j) 銘板の作成・設置	2017年9月8日	海岸利用者	N/A
(k) 海岸運動会に係る一連のイベント(第2回, 2017年)	2017年 9月21日から2週間:環境教育授業 9月1日/6日:海岸清掃イベント 9月8日:海岸運動会	小中学生	850

* 一般 : フォンガファレ島の住民

住民 : プロジェクト実施範囲周辺に居住する住民

関係者 : Funafuti Kaupule, 政府関係者(MFATTEL, DOE, MPUI, Land & Survey Dept.)

小中学生 : Nauti 小中学校(第1回イベント)、Nauti 小学校および Seventh Day Adventist 小中学校(第2回イベント)

Island Chiefs: フォンガファレ島以外の8党の島のリーダー

(出典 : JICA 調査団)

第1回 海岸運動会に係る一連のイベント(2016, 項目(h))

ツバルでの従来の海岸利用形態は、朝夕の水浴びと漁船の上下架での利用が主であった。人々に新たな海岸の利用形態を知ってもらうために、コミュニティーおよび政府と協力のもと、地元の小中学生を対象とした海岸運動会を実施した。これはツバルで初めての試みとなる海岸運動会であり、生徒の父兄を含めると800人以上が運動会に参加した。なお、Fongafale島の人口がおおよそ5,000人であることを踏まえると、島民のおおよそ6人に1人が海岸運動会に参加した計算となる。

本海岸運動会は、海岸を安全に楽しく利用するために必要な役割を参加者自身に理解してもらうことを重要な目的の一つとしていた。そのため、より効果的に実施する目的で海岸運動会は環境教育授業および海岸清掃イベントとセットで一連のイベントとして実施した。一連の実施の流れは次のようになる。まず、生徒が海岸保全の重要性を知り、考えるきっかけを創るために、教師陣の協力のもと海岸環境に係る授業を実施した。次に、参加者に海岸を気持ちよく利用するために必要な役割を理解してもらうために、海岸清掃イベントを運動会開催の直前に実施した。最後に、参加者に海岸で遊ぶことの楽しさを体感してもらうことを目的に海岸運動会を実施した。図14.1はこれら一連の段階的な活動の実施概要と目的を整理したものである。

ステップ1: 環境教育

目的: 海岸環境を保全することの重要性を学ぶ



(JICA 調査団が作成した資料を用いて教師が各クラスで環境教育授業を実施)

ステップ2: 海岸清掃イベント

目的: 海岸を安全に楽しく利用するために必要な個人の役割を学ぶ



(小中学校の高学年を対象とした海岸清掃イベントの実施)

ステップ3: 海岸運動会

目的: 海岸で遊ぶことの楽しさを体感する



(事業実施海岸を利用した海岸運動会の実施)

図 14.1 海岸運動会に係る一連のイベントの実施

(出典: JICA 調査団)

14.4 広報および環境教育により得られた効果

(1) 海岸に対する人々の意識の変化

広報および環境教育に係る活動が住民への意識に与えた影響を評価するために、2017年1月に住民アンケートを実施した。サンプル数は62で、これら活動の波及効果を評価するため、事業実施範囲だけではなく Fongafale 島全域で、年齢・性別にかかわらず実施した。アンケート結果より、まず全体の92%が事業実施海岸のことを知っていたと回答したことから、本海岸がかなり高い割合で周知されていることが確認された。同アンケート結果より、以下に示す4点に示す意識の変化が確認された。これらの変化を概念図に示すと図14.2のようになる。

- 海岸保全に係る意識が、防護偏重の意識から海岸利用・環境重視へ変化した
- 海岸利用および環境に係る意識が、特に海岸運動会に係る一連のイベントで人々に幅広く浸透した
- 海岸利用に係る意識が浸透することによって、海岸メンテナンスの重要性が認識され始めた
- 人々が養浜の効果を初めて認識し、ツバルの他の地域への適用を望むようになった

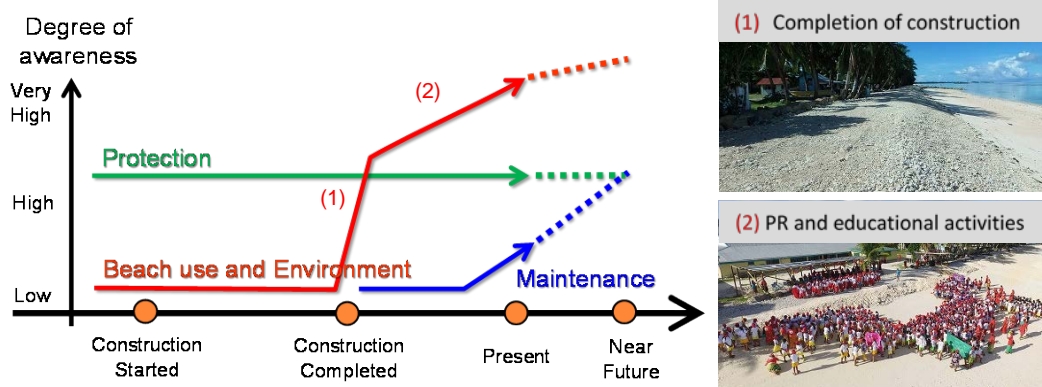


図 14.2 事業期間における海岸に対する人々の意識変化のイメージ

(出典：JICA 調査団)

(2) 海岸管理および海岸利用における人々の行動の変化

上記に示した意識変化の結果確認された、海岸管理および海岸利用における人々の行動の変化を以下に3点示す。

- コミュニティーが自主的な海岸清掃を開始し、その後海岸環境は2年の間良好に保たれている(図14.3参照)
- コミュニティーによるサインボードの設置などによる周知活動により、海岸における違法行為の発生は抑制されている
- 新しい海岸利用の形態が認知され、人々間に浸透しつつある(図14.4参照)



図 14.3 コミュニティーによる海岸清掃活動の様子

(出典：JICA 調査団)



(小中学校主催の海岸運動会)



(突堤からの魚釣り)

図 14.4 新しい海岸利用形態の浸透

(出典：JICA 調査団)

第15章 能力向上と知識移転

本プロジェクトを通じて実施した能力向上および知識移転に係る活動とその実施概要を表 15.1 に整理する。

表 15.1 能力向上と知識移転に係る活動とその実施概要

活動名	時期	実施概要
礫浜の海岸維持管理に係るモーリシャス国との技術交流 (政府職員および Kaupule 職員対象)	2015 年 11 月	礫浜の維持管理のノウハウを学ぶために、モーリシャスで礫養浜の事例海岸の踏査と、実施管理主体である政府および地方自治体との意見交換をおこなった。
第 4 回事業調整委員会(PCC)	2016 年 3 月	PCC において、工事完了後の約 3 か月間のモニタリング結果および確認された効果を共有した。
海岸保全および海岸維持管理に係る本邦研修 (政府職員および Kaupule 職員対象)	2016 年 5 月	神奈川県、沖縄県において海岸保全対策の成功例、失敗例を多く見学し、海岸保全における計画の重要性と対策の特徴、および海岸維持管理における必要な視点等を学んだ。
養浜に係るセミナー (政府職員および Kaupule 職員対象)	2017 年 4 月	工事完了後の約 1 年 4 か月間のモニタリング結果および確認された効果を紹介するとともに、海岸は常に変動しているのもので、その変化に応じて必要な海岸メンテナンスを実施していくことの重要性を説明した。
モニタリングに係る技術移転	2016 年- 2017 年	事業完了後の継続的なモニタリングの実施に必要な基礎技術についてそれぞれ移転を図った <ul style="list-style-type: none"> • 海岸地形測量(DOLS を対象) • 波高・流速の観測(MET を対象) • ドローンの取り扱い(DOE および Kuapule 対象)
Global Environment Facility (GEF)のワークショップにおける知識移転	2017 年 7 月	トンガで開催された GEF ワークショップ(UNDP、SGP、島嶼国の関係者が出席)にツバル国政府職員、JICA 職員、JICA 調査団が参加し、セッションの中でツバルでの養浜事業の紹介を行った。
Asian and Pacific Coasts 2017 (APAC)での技術論文の投稿と発表(2 編)	2017 年 10 月	ツバルでの養浜事業の技術的な内容とその成果を広く周知することを目的に、技術論文 2 編を APAC に投稿し、発表をおこなった。

(出典：JICA 調査団)

第16章 技術ガイドライン

16.1 概要

元来の自然の海浜を模した人と環境に優しい海岸保全工法としての養浜を、パイロット事業としてツバルで初めて実施した。本事業を通じて多くのノウハウや情報が得られた。これらのノウハウや情報は、ツバル国内とともに、同様の海岸問題を抱える他の南大洋州諸国にとっても大いに参考になると考えられる。更に JICA は、他国でも同様の養浜工法を用いた海岸保全事業を展開してきた。

これらの背景より、本事業で得られたノウハウ、情報および他の類似事業からの情報等を含めて、「南大洋州諸国に養浜工法を適用する際の基本ポイント」と題して技術ガイドラインを作成した。本ガイドラインの主な目的は下記の通りである。

- 人と環境に優しい海岸保全工法の南大洋州諸国への適用に対する基本的考えを理解する。
- ツバルで実施した養浜パイロット事業をケーススタディとして、養浜対策の基本的な検討手順と留意点を紹介する。

16.2 策定の基本方針

- 本ガイドラインは、海岸事業に関わる技術者のみを対象としたものではなく、海岸に関わるより広い関係者（政府職員、NGO 職員、各ドナー職員、コミュニティーメンバー、等）を対象としたものである。
- 本ガイドラインは、“海岸工学”、“海岸対策の実施”等の“ハード面”のみに着目するのではなく、“海岸維持管理”、“合意形成”、“広報・教育”といった“ソフト面”についても着目したものである。
- 本ガイドラインを通じた知見の有効的な展開を図るため、本ガイドラインの作成にあたり、“分かりやすさ”、“簡単”そして“視覚的”であることを心がけた。また1枚に1つのトピックのみとし、多くの情報を詰め込まないように心がけた。

16.3 ガイドラインの目次

本技術ガイドラインの目次は以下に示すとおりである。（ガイドライン本体はメインレポートの付属資料を参照）

Section 1：海岸保全対策の基本的考え、養浜の基本情報

- 1.1 大洋州諸国における海岸問題
- 1.2 長期的な島の形成と海岸の本来の機能に対する理解の重要性
- 1.3 海岸保全計画の基本的考え
- 1.4 養浜の特性
- 1.5 養浜事例（JICA 事業を中心とした）
- 1.6 先進国における海岸保全対策の変遷
- 1.7 養浜後の海浜の安定
- 1.8 コストと便益について

Section 2 : 養浜の計画・設計

- 2.1 平面配置の基本的考え
- 2.2 断面設計の基本的考え
- 2.3 養浜材流出低減対策施設
- 2.4 既存エリアと養浜エリアの境界の識別
- 2.5 計画設計時の住民合意形成の重要性

Section 3 : 養浜の施工

- 3.1 養浜工事の施工計画上の留意点
- 3.2 工事中の環境モニタリング
- 3.3 海岸工事における留意点

Section 4 : モニタリング・海岸維持管理

- 4.1 海岸モニタリングの目的
- 4.2 住民、コミュニティーの実施するモニタリング
- 4.3 政府職員等の海岸管理者の実施するモニタリング
- 4.4 海岸清掃
- 4.5 海岸利用・ルール
- 4.6 順応対策と提案する海岸管理体制
- 4.7 広報・教育活動の重要性
- 4.8 事業中に実施した広報・教育活動
- 4.9 事業を通じての住民意識の変化

第17章 養浜事業の水平展開

17.1 概要

本事業は、元来有していた自然のイメージに近い海浜を復元するために、南大洋州諸国において、人と環境にやさしい、砂と礫を用いた養浜工法を初めてパイロット的に適用したものである。これより、ツバル政府、Funafuti コミュニティーおよび住民の、このような新たな海岸保全工法についての理解度および意見を明らかにしておく必要がある。インタビュー結果からはツバル政府や住民意見として、このような保全工法を積極的に採用することに対する前向きな意見が多いが、一方で、特に砂や礫調達の可能性について、示しておく必要がある。

本章は、ツバル国および南大洋州の周辺諸国において、同様の海岸保全工法の適用に対する実現可能性について示す。

17.2 養浜工法に対する住民の理解度

本事業期間中を通じて、ツバル関係者に対し、養浜の考えや理解について、どれだけ住民に正しく広がっているかを評価するための聞き取り調査を実施した。全体の調査結果については第15章に示しているが、ここでは養浜に対する理解度についてまとめる。

調査結果より、Funafuti 住民は、本工法がツバルで初めて採用されたにもかかわらず、養浜の目指すべき目的や効果について、よく理解していることが示された。また本調査結果から、彼らのほとんどは、同様の工法をツバルの他の海岸にも適用することを望んでいることが示された。

17.3 養浜材調達の可能性

(1) 養浜のタイプと必要な材料

養浜の中にもいくつかのタイプが存在するとともに、用いる養浜材についても選択肢があるが、最も一般的なものは砂による養浜である。しかしながら、それぞれの現場事情に応じて、礫、あるいは礫と砂を用いた養浜を行うケースもある。

同様に、突堤等の付帯海岸施設を併用する場合には、捨石タイプ、コンクリートブロックタイプ、コンクリートタイプ、ジオバック、ジオチューブ等を用いたフレキシブルタイプ等、様々なタイプの構造形式がある。このように、養浜工法や付帯海岸施設の選択により、養浜に必要な材料についても変わってくるが、今後の養浜工法のツバル国での水平展開に向けて、礫、砂および石材（被覆石）を、養浜事業に必要な主な代表的な材料とし、ツバル国内での調達の可能性について示す。

(2) 礫

1) フナフチ環礁からの調達の可能性

周辺海浜への影響の可能性を考えると、陸上にある礫を本格事業のために大量に取得することは許されないと考えられる。一方 Phase-1 検討時に実施した潜水調査結果より、Funamanu 島西側の海峡部の海底に、まとまった量の礫が存在することが確認されている。今後、更なる詳細調査は必要であるものの、本格事業に対する礫取得の可能性の1つとして挙げられる。

もう1つの可能性として、ラグーン内の海底からの取得が挙げられる。NZ Aid によるボローピット事業やその後のツバル政府による埋立て事業からの経験より、浚渫した砂の中に一定量の礫が含まれていることが分かっている。礫の含有量についての更なる詳細検討が必要であるものの、ラグーンからの浚渫砂に含まれる礫を用いることも1つの可能性として挙げられる。

2) 他国からの輸入による調達

ツバル国内からの礫調達の可能性が低いと判断された場合、他国からの輸入に頼らざるを得ない。サンゴ起源の礫を他国から大量に調達することは、基本的にツバルと同様、環境上の問題が生じる可能性が高く、困難である。これより輸入する場合の礫は、基本的に火成岩、あるいは陸上採石場からの砕石、等となる。運搬費用を考えると、可能な限りツバルに近い隣国から輸入することが望ましい。しかしその場合でも、材料単価は高くなると考えられる。

(3) 砂

Funafuti 環礁の海底は、基本的に礫混じりの砂で構成されている。ツバルは5つの環礁と4つの島から構成されるため、他の環礁の海底状況も同様の状況であることが期待される。これより唯一サンゴ砂のみが、ツバルでの海岸保全事業に用いることのできる材料と言える。しかしながら、養浜の安定性を考える上で、養浜砂の粒径は重要な要素の1つである。これより、砂の量と質の両面に対する詳細な調査が今後必要である。更に、もしも大量のサンゴ砂を、汀線近くの海底から取得した場合、新たな環境問題、特に近隣海岸への新たな海岸侵食を助長する可能性が高い。これより、海岸への影響を十分配慮した上で、浚渫するエリアを設定することが大事である。波浪条件の違いにもよるが、一般的に浚渫水深は、15 m～20 m 程度以上確保することが望ましい。仮に浚渫エリアが海岸に近い、あるいは浅い場所から砂を取得する場合、浚渫後の海浜への影響を確認するための海岸モニタリングを実施することが求められる。

(4) 石材（被覆石）

ツバル国は波により打ち上げられたサンゴ礫と砂で構成されているため、適度な大きさ、重量を確保した被覆石を入手することは不可能である。たとえラグーン側で襲来する波が小さいとしても、Phase-1 での検討結果より、設計波高（30年確率波高）は1.6 m 程度となり、それに安定する被覆石として1トン程度以上（角張った石の場合）は必要となる（プログレスレポート参照）。これより被覆石は、唯一輸入に頼らざるを得ない。用いる被覆石は、その形状が角張っている石か、角のないフラットな石かで計算上、安定性は大きく異なるため、経済設計を行う上では、角張った被覆石を用いることが推奨される。

17.4 ツバルにおける養浜事業の今後の展開の可能性

(1) 対象可能性エリアに対する基本的考え

ツバルで今後養浜事業を展開していく上での必要性および可能性について、本事業を通じて得られた情報を踏まえて、その基本的考えを以下に示す。

- ツバルでの養浜事業を展開する上で対象となる島は、ここ数十年での急激な人口集中に伴う沿岸域の人為的な改ざんや海岸環境の悪化により、海岸侵食の助長による海岸災害リスクが高まっている Fongafale 島と考えられる。

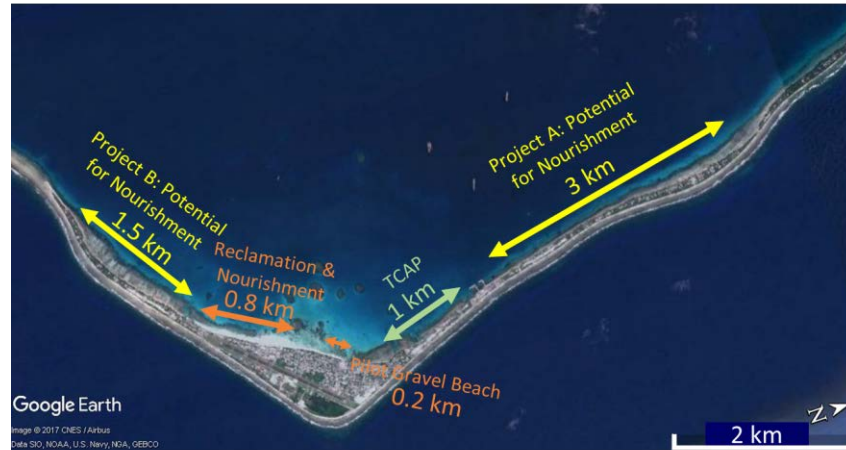


図 17.1 海岸事業実施済みおよび今後の可能性エリア

(出典：JICA 調査団)

- ツバル国内の他島（Nulufetau、Nanumea、Nanumaga、等）においても、海岸侵食等の海岸問題が生じている。しかしながらこれまでに、UNDPによる海岸事業がNulufetau島で既に実施されているとともに、Nanumea、Nanumaga島においては、これから実施予定のツバル気候変動事業（TCAP）の事業対象エリアとなっている。このような現状においては、現段階で喫緊の海岸対策が必要と考えられる候補地は見当たらない。
- Fongafale島の外海側は元来自然のサンゴ礁で覆われており、外海側は基本的に居住エリアとはなっておらず、これまで特に目立った人為的改ざんもなされていないため、以前からの状態が維持されていると考えられる。また以前から外海側では砂浜は存在していなかった。これより、Fongafale島における養浜対象エリアはラグーン側のみと考えられる。
- 図 17.1 に示すように、2つの海岸事業、すなわち JICA による礫養浜パイロット事業およびツバル政府による埋立て・養浜事業が、Fongafale 島中心部で既に実施された。また Funafuti 港から南側 1 km 範囲は TCAP の事業対象範囲となっている。一方深刻な海岸侵食は、Fongafale 島北側の約 3 km の範囲、および南側の約 1.5 km の範囲で健在化している。これらの地域においても、居住エリアや公共エリアとして、沿岸域は高度な利用がなされている。これより今後の事業対象エリアとしては、この 2つのエリアが挙げられる。

(2) 想定される実施工程

今後 10 年間における可能性のある養浜事業に対する 1つのモデル工程を、2017 年 8 月に実施された TCAP のインセプション会議にて示された現段階における TCAP の工程含め、表 17.1 に示す。現段階では支援ドナー等について言及することはできないが、ツバルで今後想定される海岸リスクに対する適応策の将来計画のイメージを持つておくことが望まれる。

表 17.1 養浜事業の実施計画 (案)

事業	場所	想定エリア	実施内容	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	
TCAP (GCF事業)	Funafuti港より南	約 1 km	海岸アセスメント	■											
			工事		■	■	■	■							
			海岸維持管理							■	■	■	■	■	■
(事業 A)	Funafuti港より北側	約 3 km (仮定)	計画・設計					■	■						
			工事							■	■	■			
			海岸維持管理									■	■	■	■
(事業 B)	Fongafale南部	約 1.5 km (仮定)	計画・設計					■	■						
			工事									■	■		
			海岸維持管理											■	■

(出典：JICA 調査団)

17.5 課題と考慮すべき点

17.2 および 17.3 節に示した結果より、本養浜パイロット事業の維持管理、および養浜事業の本格展開に向けた課題と考慮すべき点を以下にまとめる。

(1) 養浜パイロット事業に対する維持管理

課題

1) 異常時（特異な波浪襲来時の大幅な海岸変化）に対する具体的な順応対策

ほぼ2年間にわたる海岸モニタリング結果より、高波浪時および季節的な海岸挙動が明らかとなった。例えば2016年1月のサイクロン Ula や、2016年2月のサイクロン Winston 襲来時の高波浪は経験したものの、高潮位と異常波浪が重なった特異な海象条件は経験していない。順応対策の一貫としての海岸メンテナンスも本事業で提案・実施した。しかし提案・実施した順応対策は、限られたモニタリング結果を踏まえたものであり、そのような異常時に対する対策ではない。異常時に対する異なる順応対策が必要となる可能性がある。

2) 海岸維持管理に対する Funafuti Kaupule、コミュニティのモチベーションと維持管理活動の維持

ほぼ2年間にわたり、Funafuti Kaupule、コミュニティによる海岸維持管理活動が実施され、コミュニティ主導による海岸管理の好ましい成果が得られた。しかしながら、事業を通じてツバル側による海岸維持管理が行われてきたとともに今後も継続して実施していくことを約束しているものの、本当に本事業終了後も彼らが実施していくかどうかについて、不確定である。特に、本事業の維持管理の中心的役割を担ってきた Kaupule の現メンバーが交代し、本事業や海岸維持管理にそれほど精通していないメンバーとなったことが課題である。

3) 海岸維持管理に必要なカウプレで保有する重機の維持

養浜パイロット事業の維持管理作業においては、特殊な重機は必要ないが、今回実施した経験より、現在 Kaupule で保有するバックホーおよびホイールローダーが、維持管理作業に有効であることが示された。これら2台の重機は、本工事を実施した業者からその後購入したものであるが、既にいくつかのパーツが損傷しており、これが今後どの程度の期

間使えるかについては定かではない。事業完了後の確実な海岸維持管理のためには、これらの重機が確実に維持されていくことが必要となる。

4) 維持管理用の砂の確保

海岸モニタリングの結果より、海岸は安定な状態を維持しているものの、継続的な波の作用により砂は僅かずつ減少していることが分かった。そのような結果を受けて2017年9月に実施した順応管理の一貫としての海岸メンテナンスにおいては、約80 m³のストック砂の使用をツバル政府に依頼し、補充した。現在ストックされている砂の大部分は、ツバル政府により実施された埋立てエリア (Elizabeth Park) の維持管理および他の計画する建物の材料として使用または使用予定であり、それ以外の目的で使用できる十分な砂は確保されていない。このような状況から、次回以降も本事業の維持管理用の砂の使用許可についてツバル政府の合意を得ることが困難となる可能性がある。

考慮すべき点

1) ツバル側での今後の継続的なモニタリングおよびその情報のツバル内での関連する部局内での共有の必要性

今後予想される、特異時の海岸変化に対する順応対策の必要性については、実際の海岸状況を見て判断される。これより今後もツバル側での継続的な波と水位、海岸変化のモニタリングを実施していくことが強く求められる。またそれらの情報をツバル内の関係者間で共有していくことが重要である。

2) 海岸利用者と海岸管理者間での海岸維持管理の“相互活性化を促す体制”作りの必要性

コミュニティー主導型の海岸維持管理体制の確立には、海岸を利用する側 (Funafuti 住民) と海岸管理者側 (Funafuti Kaupule およびツバル政府) が相互にその活性化を促すような体制で進めることが必要である。Phase-3 においては、そのような体制の確立を目指し、“コミュニティー主導での海岸運動会の実施”と“順応対策の実施”をセットで実施した。コミュニティーからの強い要望に基づくこのようなイベントの継続的な実施は、Funafuti Kaupule 主導による持続的な海岸維持管理の実施において、たとえ Kaupule メンバーが替わったとしても、彼らの熱意とモチベーションを維持しながら継続的に実施していく上での起動力になるものと期待される。

3) 海岸維持管理に必要な重機調達の考慮

Phase-3 で順応対策を実施した経験より、バックホーなしでの順応対策の実施は困難である。現在 Kaupule が保有しているバックホーは既に数カ所が損傷しており、今後更に状態は悪化していくものと思われる。これより近い将来、新たなバックホーの調達の可能性を考えていく必要がある。

4) 今後予定される事業等を通してのストック砂の確保

年100 m³ オーダーの砂の補充を行うことが、良好な海岸維持のためには推奨される。この必要量は、現在ストックされている砂の総量に対して非常に少量である。本海岸の今後の維持管理のために、ストック砂の使用をツバル政府が合意することをお願いしたい。一方、ツバル気候変動事業 (TCAP) が2018年から開始予定である。このような本格事業を通じ、本養浜海岸および今後予定される養浜海岸に対する維持管理用の砂を確保していくことが求められる。

(2) 養浜の本格展開

課題

1) 本格事業に対する大量の礫の確保に対する不確実性

17.2 節で示したように、ツバル国内からの礫調達の可能性として、Funamanu 西側海峡部からの取得（ケース 1）およびラグーン内の海底砂に含まれる礫（ケース 2）の 2 ケースを示した。しかしながらケース 1 については海峡部の波や強い流れ作用下での深い海底からの礫取得となるため施工上の困難さが予想される。また両ケースとも現段階では本当にどのくらいの潜在量があるかが定かではない。

2) 経済性を考慮した維持管理用の砂の確保

仮に維持管理用の砂を別途調達しようとした場合、そのために新たに浚渫船を回航する必要があり、コスト高となる。基本的に将来の維持管理に必要な砂は、初期工事の中で考慮し確保しておく必要がある。

3) 養浜工法適用に対する住民要望の明確な意思表示

本事業を通じて Funafuti 住民およびツバル政府とも、養浜の効果とメリットについての理解が高まった。しかしながら、ツバルでの最も好ましい海岸対策は、依然として護岸、突堤、離岸堤等の構造物を多用した“ハード対策”が主流を占めているように感じる。その要因の 1 つとしては、これまで長い間ツバルでの海岸対策は、このようなハード対策のみであり、それが長い間培われていたツバル側の一般的な考えであった。一方養浜は、今回ツバルで初めて実施したのであり、これまでツバルでの知見は皆無であった。事業期間中、このような人と環境に優しい本工法についての知見を共有、広げていく取り組みを積極的にしてきたが、ツバル側の考えを急に変えることは難しい。その結果、今後本格的に海岸事業が実施されていく中で、海岸や背後域の利用、ラグーン側と外海側との波浪条件の違い、対策を実施することによる周辺海浜への影響等に関する十分な配慮なしで、簡単にハード対策が選択されてしまう懸念がある。

4) 本格事業に対する海岸維持管理の実現性

現在は、パイロットスケールの 180 m 間の海岸域での海岸管理である。一方本格事業になると、対象範囲も大幅に広がる。エリアの拡大による、海岸維持管理作業の困難さを招く恐れがある。

考慮すべき点

1) 礫取得に関する潜在量、施工方法およびコストに関する更なる調査の必要性

礫取得の 2 つの可能性（ケース 1: Funamanu 西側海峡部からの取得の可能性、ケース 2: ラグーン内の海底からの取得）に対し、潜在量に関する更なる調査が必要である。更に特にケース 1 については現地での波と流れを踏まえた施工方法の検討、最終的に輸入した場合と自国での取得の場合とでのコスト比較検討が必要である。

2) 砂のストックの実施とストック砂の管理計画の策定

TCAP 等の本格事業の実施中に浚渫船が当国にある間を利用して、将来的な砂のストックを同時に実施することが望ましい。また想定する海岸事業やその維持管理、またそれ以外の今後の砂の使用等を含めたストック砂の管理計画を策定する必要がある。

3) 継続的な知識移転と PR 活動の必要性

養浜に対するツバル国民の知識と理解はまだ十分であるとは言い難い。引き続きのセミナーの開催、他国への海岸保全事業の現場見学と情報共有等、更なる継続的な知識の移転が望まれる。また特に他のハード対策との違いを示すような **PR** 活動（例えば本事業で実施したような海岸運動会等）も、情報の拡大のために有効である。

第18章 結論および提言

18.1 結論

(1) 礫と砂を用いた養浜の有効性および妥当性が証明された

人と環境に調和した海岸適応対策としてのサンゴ礫と砂を用いた養浜が、ツバル国として初めて提案され、Fongafale 島の中心エリアである Tausoa Lima 地区のラグーン側海岸に適用した。2年間にわたるモニタリング結果より、人と環境に調和した海岸適応対策として必要な3つの要求事項である、“防護機能”、“海岸利用”、“および”海岸環境”を満たすことが証明された。このような3つの機能を満たす他の海岸適応策はない。

(2) 事業実施エリアおよび礫取得エリアとも、事業実施による周辺海浜への悪影響がないことが確認された

事情実施エリアおよび Funamanu および Papaelise 島での礫取得エリアにおける2年間にわたる現地モニタリングおよび海岸測量や定点および空中写真撮影の比較結果より、事業実施による周辺海浜への悪影響がないことが確認された。

(3) コミュニティー主導型の海岸管理が確立された

事業により形成された海浜は、波の作用により海浜断面や海岸状況が変化するため、快適な海岸状況（特に海岸利用面において）を維持していくためには、海岸維持管理が重要である。完成した海岸は主に Funafuti 住民に対する公共海岸として利用されることから、彼らが主な海岸利用者となり、海岸に接する機会が多く、海岸状況の様子をタイムリーに知る機会が多い。これより今後の持続的な海岸管理の確立を目指す上では、行政機関主導による海岸管理よりも、コミュニティ主導による海岸管理が望ましいと考えられた。その実現化を図るために、“海岸清掃”、“自主的な海岸利用のコントロール”、“順応管理に基づく順応策”の実施等の海岸管理を、住民参加の元、Funafuti Kaupule 主導で実施した。その結果、コミュニティ主導による海岸管理が今後のツバル国での自主的かつ持続的な海岸管理を行っていく上で、有効かつ現実的であることが示された。

(4) モニタリング結果に基づく順応的管理が実施された

海岸利用上の海岸状態の向上および海岸維持期間の向上を目指す上で、適切な順応管理を実施することが効果的であることが示された。提案された順応策は、ツバル国による確実な自主的かつ持続的な海岸管理の実現化を図るために、“高い技術を必要としない単純かつ簡単な方法”であることに最大限考慮した。更に“順応策の実施”、“その結果としてイベント等による再整備された海岸の高度な利用”および“教育活動の利用の場としての活用”の3つの活動をセットとした“必然性を持たしたシステム”とすることが、今後ツバル側で持続的な順応的管理を実施していく上で確実性を高める方法であると考え、それを提案・実践した。

(5) 海岸保全に関する住民意識が大幅に向上した

住民の海岸へのゴミ捨て、不法な行動は、直接海岸管理上の悪影響を及ぼすため、海岸環境に関する住民意識を向上することは、海岸管理の実現化にむけての喫緊の課題の1つであった。その目的のために、事業期間を通じて様々なPR活動および教育活動を提案、実践された。第14章に示した住民アンケート調査結果より、これらのPR活動や教育活動に参加したことによって、特に海岸利用および海岸環境に関する住民意識が改善され、工事完了から2年経過した現在も、良好な海岸状況が維持されていることに繋がっている。

(6) 事業の実施を通じて C/P および関係者の能力向上が図られた

本事業では、調査、計画、設計、施工、モニタリング、順応管理、といった海岸保全に関わるすべてのプロセスが含まれ、それをツバル国の C/P や事業関係者が経験することにより、事業を通じての海岸保全事業に関する能力向上が図れた。更に、モーリシャス国での技術交流や本邦研修を通じ、養浜に関する他国での実施事例や教訓が得られ、彼らの能力向上に貢献した。

18.2 提言

海岸維持管理に関して

(1) 今後のツバル国による持続的なコミュニティ主導による海岸管理の実現化に向けて“相互活性化を促す体制”の継続実施が望まれる

“順応策の実施”、“その結果としてイベント等による再整備された海岸の高度な利用”および“教育活動の利用の場としての活用”の3つの活動をセットとした“相互活性化を促す体制”を、今後も継続的に実施していくことが、ツバル側による持続的な順応的管理の実現化には必要と考えられる。その面において、本事業で提案・実施された海岸運動会は、人々の海岸環境と海岸管理に関する意識向上、および Funafuti Kaupule の海岸維持管理に対する責任感を持たす上で、1つの有効な手段であった。今後もフナフチ住民や小中学校が、同様のイベントを毎年の行事として企画し、Funafuti Kaupule やツバル政府の協力の元で実施していくことが望まれる。このような企画の実施が、海岸管理の主導的立場である Kaupule が、たとえ現メンバーが今後変わったとしても、住民要望を受けて高い熱意と責任感を持ってコミュニティ主導による海岸管理を実現化していく1つの起動力となると考えられる。

(2) 海岸維持管理に必要な機材の確保・調達を今後考えていく必要がある

本事業で実施した順応管理としての海岸メンテナンス作業において、バックホーが有効かつ不可欠であることが示された。今後もこのようなメンテナンスのための重機が継続的に確保されるよう、JICA を含む他ドナー含めて考えていくことが必要である。

(3) 当面2~3年間はツバル政府によりメンテナンス用の砂を確保する必要がある

モニタリング結果より、海岸は安定な状態が維持されているが、投入した砂は全体として少しずつ南に移動し、その結果、砂の総量は若干減少傾向にある。これより、Phase-3 で実施したような順応管理としての砂の補充を行っていくことが望まれる。モニタリング結果より、補充に必要な砂の数量は年間 100 m³ 程度のオーダーと、少量である。これより、次の砂ストックの機会が来るまでの2~3年間においては、ツバル政府がメンテナンス用の少量の砂を提供していくことが望まれる。

(4) 事業完了後もツバル側による継続的な定点写真撮影をしていくことが必要である

事業完了後においても、必要に応じた順応管理や通常時および高波浪時の海岸挙動を確認していく上で、継続的な海岸モニタリングの実施は重要である。事業実施期間中には、定点写真撮影とともに海岸地形測量も実施してきたが、これらを今後ツバル側にすべて委ねることは現実的には困難である。ツバル側による持続的な海岸モニタリングの実施を考えた場合、定期的に定点写真撮影をしていく程度が現実的と考えられる。可能であれば、それに加えて後浜幅を数断面で計測していくことが望まれる。

(5) 継続的な波浪観測は、海岸測量およびその他の目的に対して有効である。

継続的な波浪観測データの蓄積は、海岸モニタリングのためだけでなく、今後計画される海岸事業およびその他の気象に関する目的に対してとても有効である。本事業で使用した海底設置型波高流速計（WAVE HUNTER）はツバル気象協会に引き渡し済みである。今後本波高計を用いての継続した波浪観測を確実に実施していくことが望まれる。

養浜事業の水平展開について

(1) ツバルのラグーン側沿岸では、人と環境に優しい海岸保全工法を選択することが推奨される

海岸保全対策を考える上で、“対策工法の適材適所の選択”が重要である。対象事業エリアが居住地、あるいは人々が集まる公共エリアに属する場合、“海岸防護”とともに“海岸利用”および“海岸環境”の3つの要素を考慮する必要がある。なお、本要求事項は、本事業で実施したツバル住民からのアンケート調査からも示されていた。これより、人々が集まる、あるいは居住地の密集するラグーン側の沿岸域における海岸保全対策として、これらの3つの要求事項を満たすことのできる養浜工法を選択することが、基本的に推奨される。今後実施予定のツバル気候変動海岸事業（TCAP）では、本事業サイトの北側からフナフチ港までのラグーン側沿岸域の約1 kmが事業対象範囲であるが、上記の点を考慮し、人と環境に優しい海岸保全工法が採用されることが期待される。

(2) 毎年行事として海岸運動会を開催していくことを強く推奨する

本事業によりツバル住民の養浜に対する理解度は大きく向上したものの、現在の状況は、これまでなじみのなかった養浜工法が、ツバルの考える海岸保全工法の1つの選択肢として認識された程度であるとも言える。これより、人と環境に優しい海岸保全工法の知見を更に高めていくための、引き続きのPRおよびプロモート活動が求められる。本事業で実施した海岸運動会は、人々の養浜に対する理解向上と養浜事業の広報効果を高める上で、非常に有効であったことが分かった。これより、このような海岸運動会を、今後も学校の毎年の恒例行事として実施されることを強く推奨する。

(3) 今後の本格事業に将来的な砂のストックも含めること、更にストック砂の管理計画を策定していくことが求められる

今後ツバルでの養浜事業の本格展開を考えていく上で、養浜材の“礫”および“砂”の確保が課題となる。第17章に述べたように、礫の潜在量に関する更なる調査検討が必要ではあるが、礫を用いない砂だけで養浜を行うといったことも、可能性の1つとして考えられる。ただし砂は、礫以上に波による漂砂移動が顕著なため、詳細な検討を踏まえた上で、漂砂を制御するための突堤等の付帯施設の配置も含めて検討することが必要となる。養浜した海岸の持続的維持のためには、今後の維持管理に必要な砂を確保していくことが求められる。なお、今後必要とする砂は、海岸維持管理や新たな海岸事業に対する砂とともに、他事業で必要となる砂の確保も含めての総合的なストック砂の管理計画を策定することが求められる。砂のストックの実施時期は、経済性も考えて適切に決める必要がある。少なくとも、海岸保全の本格事業（TCAPのような）を実施している間に、合わせて砂のストックを実施することが、砂ストックに対するコストを低減する上で望ましい。ただし、砂を取得するエリア選定においては、新たな海岸侵食問題が生じないよう、十分留意する必要がある。

(4) 技術ガイドラインは適切な海岸保全工法の選択およびその実施に有効に活用されることが期待される

本事業の成果の1つとして、養浜に関する技術ガイドラインを取りまとめた。本ガイドラインは、海岸保全工法を選択する上での基本的な考え、および養浜に関する計画・設計の考えを取りまとめたものである。本ガイドラインが、ツバル国内および周辺他国での海岸保全事業の計画、設計に活用されることが期待される。

(5) 他国での海岸保全の取り組みを学ぶ機会を創ることが推奨される

本事業で実施したモーリシャスにおける技術交流、本邦研修等、他国の海岸事例や海岸事業から得られる教訓等を学ぶことは、海岸対策に対する計画・設計に関する理解を高める上で、非常に有効である。これより、特に海岸保全に関わる政府やカウプレ関係者に対して、このような機会をできるだけ設けていくことが推奨される。その1つの機会として、JICA が 2017 年から 3 年間の予定で実施する海岸保全に関する課題別研修が挙げられる。