

モルディブ共和国  
環境省

# 強靱で安全な都市・地域形成に向けた 気候変動対策に関する情報収集・確認調査

## ファイナルレポート（和文）

2021年10月

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社  
みずほリサーチ＆テクノロジーズ株式会社

環境
JR
21-043

モルディブ共和国  
環境省

# 強靱で安全な都市・地域形成に向けた 気候変動対策に関する情報収集・確認調査

## ファイナルレポート（和文）

2021年10月

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社  
みずほリサーチ＆テクノロジーズ株式会社

## 目 次

概要.....	概-1
<b>第1章 はじめに .....</b>	<b>1-1</b>
1.1 背景.....	1-1
1.2 調査の概要.....	1-2
1.3 本報告書の構成.....	1-2
<b>第2章 基礎情報 .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 自然条件（地形、気象・海象）に関する基本情報.....	2-1
2.1.1 地形特性.....	2-1
2.1.2 気象・海象特性.....	2-2
2.1.3 波浪特性.....	2-5
2.2 サンゴ環境および水質の現状.....	2-15
2.2.1 サンゴの生息状況.....	2-15
2.2.2 水質調査結果.....	2-16
2.3 経済・社会条件に関する基本情報.....	2-18
2.3.1 「モ」国全土.....	2-18
2.3.2 Laamu 環礁.....	2-19
2.4 土地利用・開発の現状、重要インフラ・構造物の現状.....	2-20
2.4.1 土地利用、開発の状況.....	2-20
2.4.2 重要インフラ・構造物の現状及び災害リスク .....	2-22
2.5 サンゴ礁海岸の土砂供給と土砂移動機構.....	2-28
2.5.1 砂浜海岸の種別と砂の供給源.....	2-28
2.5.2 サンゴ礁海岸における土砂の移動機構.....	2-28
2.5.3 海岸侵食の根本要因.....	2-29
2.5.4 海岸侵食対策の基本的な考え.....	2-30
2.6 海岸侵食の現状.....	2-30
2.6.1 「モ」国の海岸侵食の概況.....	2-30
2.6.2 Addu 環礁及び Laamu 環礁で生じている海岸侵食の事例.....	2-31
2.7 海岸防護対策及び海岸管理の現状.....	2-34
2.7.1 「モ」国における海岸防護対策.....	2-34
2.7.2 海岸管理の現状.....	2-36
2.8 災害情報の分析・伝達体制の現状と課題.....	2-38
2.8.1 災害情報の現状と課題.....	2-38
2.9 他ドナーによる関連事業のレビュー.....	2-39
2.9.1 関連事業の概要及び本事業との関連.....	2-39
<b>第3章 インド洋の気候変動概況と将来予測、自然ハザード .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 インド洋における気候変動概況.....	3-1

3.2	気候変動の将来予測.....	3-4
3.2.1	降雨量・気温.....	3-4
3.2.2	海水面の上昇.....	3-5
3.2.3	海水温の上昇.....	3-7
3.3	自然災害の要因(Natural Hazard).....	3-7
3.3.1	高潮.....	3-7
3.3.2	Swell wave (うねり) .....	3-8
3.3.3	降雨.....	3-9
3.3.4	干ばつ.....	3-9
3.3.5	津波.....	3-10
3.3.6	まとめ.....	3-11
3.4	結論.....	3-12
<b>第4章</b>	<b>気候変動ハザードに対する脆弱性 .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	概要.....	4-1
4.2	海岸及び地形特性.....	4-2
4.2.1	自然・地理的条件に基づく脆弱性 (Natural vulnerability) .....	4-2
4.2.2	人為的要因に基づく脆弱性 (Human-induced Vulnerability).....	4-3
4.3	居住地及び重要インフラ施設.....	4-5
4.4	経済.....	4-5
4.4.1	観光.....	4-5
4.4.2	漁業.....	4-7
4.4.3	農業と食糧安全保障.....	4-9
4.5	保健.....	4-9
4.6	水資源.....	4-13
4.7	サンゴ礁の生物多様性.....	4-17
<b>第5章</b>	<b>事業で着目する気候変動ハザードおよび候補地選定 .....</b>	<b>5-1</b>
5.1	対象とする気候変動ハザードと選定の考え.....	5-1
5.2	項目1：気候変動インパクトおよび脆弱性.....	5-2
5.3	項目2：事業の実施効果.....	5-5
5.4	項目3：多くの住民島における海岸状況と海岸問題に対する類似性とモデルケースと しての妥当性.....	5-7
5.4.1	Gan 島 (Laamu 環礁) .....	5-8
5.4.2	Fonadhoo 島 (Laamu 環礁) .....	5-8
5.4.3	Maamendhoo 島 (Laamu 環礁) .....	5-8
5.4.4	Isdhoo 島 (Laamu 環礁) .....	5-9
5.4.5	Hithadhoo 島 (Addu 環礁) .....	5-9
5.4.6	Maradhoo / Maradhoo-Feydhoo 島 (Addu 環礁) .....	5-9
5.4.7	Feydhoo 島 (Addu 環礁) .....	5-10
5.4.8	Meedhoo/Hulhdhoo 島 (Addu 環礁) .....	5-10

5.5	結論.....	5-12
<b>第6章</b>	<b>優先海岸における気候変動に伴うリスク評価 .....</b>	<b>6-1</b>
6.1	概要.....	6-1
6.2	気候変動ハザードに対する影響検討.....	6-1
6.2.1	LR および海岸到達波今後の推移.....	6-1
6.2.2	対象2島における地形特性と脆弱性の評価および事業対象エリアの特定 .....	6-6
6.2.3	海岸侵食および高波による浸水に対する影響評価.....	6-23
6.3	海岸侵食と浸水の連動被害に対するリスク評価.....	6-37
6.3.1	侵食・浸水の連動被害の概要.....	6-38
6.3.2	想定される被害の種類と被害額の算定.....	6-42
6.4	事業対象海岸における過去の海岸侵食に対する気候変動影響検討.....	6-50
6.4.1	概要.....	6-50
6.4.2	解析.....	6-50
<b>第7章</b>	<b>事業対象島における海岸問題とその解決方針及び必要な活動 .....</b>	<b>7-1</b>
7.1	対象エリアにおける海岸問題のまとめ.....	7-1
7.2	分類化.....	7-1
7.2.1	開発に伴う問題.....	7-1
7.2.2	気候変動問題.....	7-2
7.3	問題解決の方針.....	7-3
7.3.1	Hazard そのものの低減.....	7-3
7.3.2	Vulnerability の克服および Exposure の低減.....	7-3
7.4	問題解決を阻む障壁.....	7-4
7.4.1	法制度の不備 (Lack of regulatory system) .....	7-5
7.4.2	知見不足 (Insufficient technical expertise and experience) .....	7-5
7.4.3	執行力不足 (Insufficient skill to implement a solution) .....	7-6
7.5	本事業で達成したい状態 (Goal Statement)、期待される成果 (Outcome) および 事業結果 (Result) .....	7-6
7.6	問題解決に必要な活動.....	7-7
<b>第8章</b>	<b>事業コンポーネントの検討 .....</b>	<b>8-1</b>
8.1	コンポーネントの概要.....	8-1
8.2	コンポーネント1 .....	8-2
8.2.1	概要.....	8-2
8.2.2	活動 1.1： 海岸現状・リスク把握のためのインベントリー調査.....	8-3
8.2.3	活動 1.2： ICZM の策定.....	8-4
8.2.4	活動 1.3： ケーススタディの実施 (Gan・Fonadhoo 島対象) .....	8-6
8.2.5	活動 1.4： ICZM 構築・実施に係わる能力向上及び情報共有化.....	8-7
8.3	コンポーネント2： 海岸保全/防護対策の実施.....	8-8
8.3.1	概要.....	8-8

8.3.2	活動 2.1： 海岸保全/防護対策に関する詳細調査・設計の実施および関係機関の 計画・設計能力向上.....	8-9
8.3.3	活動 2.2： 海岸保全/防護対策の実施.....	8-10
8.3.4	活動 2.3： 海岸維持管理活動の実施・管理体制の構築とそれに関わる能力向上.....	8-26
8.4	コンポーネント 3 の詳細検討.....	8-28
8.4.1	コンポーネント 3： 災害時の情報伝達システムの整備.....	8-28
8.4.2	背景.....	8-29
8.4.3	概要.....	8-30
8.4.4	活動 3.1： 地上デジタル放送システムの設置.....	8-30
8.4.5	活動 3.2： 早期警戒予報システムの構築.....	8-31
8.5	コンポーネント 4 の詳細検討.....	8-32
8.5.1	コンポーネント 4： 気候変動に係る基礎情報・データの収集および共有システ ムの整備.....	8-32
8.5.2	概要.....	8-33
8.5.3	活動 4.1： 波浪モニタリングシステムの整備.....	8-33
8.5.4	活動 4.2： 海岸・リーフ及び土地利用モニタリングシステムの整備.....	8-38
<b>第 9 章</b>	<b>提案する海岸適応策の検討.....</b>	<b>9-1</b>
9.1	適応策の基本方針.....	9-1
9.1.1	基本方針.....	9-1
9.1.2	事業対象海岸における対策の基本方針.....	9-2
9.2	概略設計.....	9-6
9.2.1	提案する施設諸元とその考え方.....	9-6
9.2.2	平面配置計画.....	9-7
9.2.3	標準断面の検討.....	9-8
9.2.4	施設諸元の検証・検討.....	9-9
9.3	概略施工計画及び概算工事費.....	9-13
9.3.1	概略施工計画.....	9-13
9.3.2	概略工程.....	9-14
9.3.3	概算工事費.....	9-15
<b>第 10 章</b>	<b>外部資金の活用に係る検討.....</b>	<b>10-1</b>
10.1	外部資金スキームの整理・概要.....	10-1
10.2	外部資金スキーム分析（GCF 対象）.....	10-2
10.3	「モ」国での具体的な活用方策.....	10-14
<b>第 11 章</b>	<b>環境社会配慮／合意形成手法／ジェンダー.....</b>	<b>11-1</b>
11.1	関連ガイドライン・法令の整理（GCF、JICA、「モ」国）.....	11-1
11.1.1	「モ」国の自然環境、社会環境にかかる政策（EIA、ジェンダー含む）.....	11-1
11.1.2	自然保護区及び環境への配慮が必要な地域.....	11-2
11.1.3	浚渫埋立に関する規則（2013）（規則 2013 年第 15 号）.....	11-5

11.1.4	文化的・歴史的施設の保全法(Act No.27/79).....	11-6
11.1.5	立木及びココナツヤシの伐倒及び輸出に関する規則 (Regulation No. 7-R/2014) .....	11-6
11.1.6	サンゴ及び砂の採取に係る規則 (1990) .....	11-7
11.2	「モ」国国内での関連政策.....	11-7
11.2.1	- 生物多様性国家戦略と行動計画 (2016-2025) .....	11-7
11.2.2	- 国家開発枠組み (2009-2013 及び 2014-2020) .....	11-7
11.2.3	第3次国家環境行動計画 (2009-2013) .....	11-8
11.2.4	2007年国家廃棄物管理方針.....	11-8
11.2.5	廃棄物管理規則.....	11-9
11.2.6	地方分権法.....	11-9
11.3	国際条約及び多国間条約.....	11-9
11.3.1	- 気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC) 及び京都議定書.....	11-10
11.3.2	- 生物の多様性に関する条約 (UNCBD) .....	11-10
11.3.3	- 砂漠化対処条約 (UNCCD) .....	11-10
11.3.4	- 海洋法に関する国際連合条約 (UNCLOS) .....	11-11
11.4	「モ」国のEIA制度.....	11-11
11.4.1	対象となる事業.....	11-11
11.4.2	環境影響評価の手順.....	11-12
11.4.3	GCFとJICAのEIA制度.....	11-13
11.5	各事業における環境・社会面における影響評価.....	11-16
11.5.1	項目別の環境社会配慮面で配慮すべき問題点とその対策.....	11-16
11.5.2	環境・社会に影響を及ぼす可能性のある提案活動.....	11-18
11.5.3	評価結果.....	11-22
11.5.4	一般的な環境社会管理計画 (ESMP) .....	11-30
11.6	活動/サイト特融の評価、緩和計画及び実施.....	11-30
11.6.1	コンポーネント1: 統合的沿岸管理 (ICZM) の確立.....	11-30
11.6.2	コンポーネント2: 海岸保全/海岸防災対策の実施.....	11-32
11.6.3	コンポーネント3: 災害警戒情報発信システムの開発.....	11-34
11.6.4	コンポーネント4: 気候変動に関する基礎データ収集・共有体制の整備.....	11-36
11.6.5	能力開発と研修.....	11-36
11.7	パブリック・コンサルテーションの実施、計画.....	11-37
11.7.1	ステークホルダーの参画.....	11-37
11.7.2	これまでのステークホルダーの関与.....	11-37
11.7.3	ステークホルダー・エンゲージメント・プラン.....	11-39
11.7.4	苦情解決メカニズム.....	11-41
11.8	ジェンダーアセスメントの実施.....	11-43
11.8.1	ジェンダーアセスメント.....	11-43
11.8.2	女性を守り、ジェンダー平等を守る法的・行政的枠組み.....	11-44
11.8.3	定性的評価の結果.....	11-47

<b>第12章</b>	<b>事業実施に向けた検討</b> .....	<b>12-1</b>
12.1	事業体制の検討.....	12-1
12.1.1	Project Steering Committee (PSC).....	12-1
12.1.2	Project Management Unit (PMU).....	12-4
12.1.3	詳細設計・施工監理コンサルタントを通じた能力向上.....	12-6
12.1.4	コンサルタント及びコントラクター調達体制.....	12-7
12.1.5	資金調達体制.....	12-7
12.1.6	GCF への事業報告体制.....	12-8
12.2	事業工程の検討.....	12-9
12.3	概算事業費の検討.....	12-10
12.3.1	前提条件.....	12-10
12.3.2	GCF 資金分事業費.....	12-11
12.3.3	全コンポーネント事業費.....	12-11
12.4	事業評価(経済分析).....	12-12
12.4.1	費用・便益額.....	12-12
12.4.2	計算条件.....	12-13
12.4.3	経済分析結果.....	12-13
<b>第13章</b>	<b>結論および提言</b> .....	<b>13-1</b>
13.1	結果のまとめ.....	13-1
13.1.1	地形・海象・環境および経済・社会条件に関する基本情報.....	13-1
13.1.2	海岸ハザード.....	13-1
13.1.3	海岸災害に対する脆弱性.....	13-2
13.1.4	海岸リスク評価.....	13-2
13.1.5	海岸適応策の基本方針.....	13-3
13.1.6	事業コンポーネント.....	13-3
13.2	今後の課題.....	13-4
13.2.1	将来予測検討に基づく養浜および突堤配置計画およびその諸元検討の必要性.....	13-4
13.2.2	事業後の維持管理を含めた持続的な海岸維持に向けた取り組みの必要性.....	13-4
13.2.3	詳細設計における数値モデルの再現性向上の必要性.....	13-4
13.2.4	精度の高い浸水被害想定に基づく適切な事業評価の実施.....	13-5
13.2.5	養浜事業の特性を踏まえた精度の高い積算の必要性.....	13-5

補足資料-A：外部資金の活用に必要な制度設計

補足資料-B：経済分析

別添資料-A：Funding Proposal(案)作成に係るノウハウ提供資料

別添資料-B：海岸保全関連案件に係る資料



## 図リスト

図 2.1.1	各環礁の土地面積及びリーフ面積.....	2-1
図 2.1.2	Laamu 環礁 Gan 島における代表的な縦断地形 .....	2-2
図 2.1.3	右: 3 箇所の観測地点の位置図 左: 各地点における気温 .....	2-3
図 2.1.4	モ国の 3 地点における 2 時期の風配図 .....	2-4
図 2.1.5	3 地点における月間平均降雨量 .....	2-4
図 2.1.6	3 地点における年間平均降雨量 (1992 - 2012) .....	2-5
図 2.1.7	再解析データ (ERA5) と実測値の H1/3 の経時変化の比較 .....	2-6
図 2.1.8	再解析データ (ERA5) と実測値の相関 .....	2-6
図 2.1.9	長期的な波高変化 (再解析データ) .....	2-6
図 2.1.10	波浪観測位置図 .....	2-7
図 2.1.11	有義波高(H1/3)と有義波周期(T1/3)の経時変化.....	2-8
図 2.1.12	ラグーン側で計測された水面変動の一例 .....	2-9
図 2.1.13	波浪のパワースペクトル (縦軸: スペクトル密度 (m <sup>2</sup> s)、横軸: 周波数 (Hz)) .....	2-10
図 2.1.14	波高と周期の関係 (①オーシャン側リーフ外) .....	2-11
図 2.1.15	波向の頻度図 (①オーシャン側リーフ外) .....	2-11
図 2.1.16	波高と周期の経時変化 (④ラグーン側リーフ外) .....	2-11
図 2.1.17	リーフ内外の H1/3 の経時変化 (オーシャン側) .....	2-12
図 2.1.18	リーフ内外の波高の関係 .....	2-13
図 2.1.19	リーフ内波高と水深変化との関係 .....	2-13
図 2.1.20	リーフ内で観測されたサーフビートの一例 .....	2-14
図 2.4.1	セットバックの小さい居住地域 (Addu 環礁 Hithadhoo 島オーシャン側) .....	2-21
図 2.4.2	Gan 島の土地利用図 .....	2-21
図 2.4.3	Kadhdhoo 空港 .....	2-24
図 2.4.4	Maamendhoo 島の港 (左) Gan 島南部の港 (右) .....	2-25
図 2.4.5	Fonadhoo 島の幹線道路 (左) Maamendhoo 島の道路 (右) .....	2-25
図 2.4.6	FENAKA の発電施設建屋(Gan 島) .....	2-26
図 2.4.7	Maabaidhoo 島の雨水貯留タンク .....	2-26
図 2.4.8	Gan 島の下水処理施設 (左) 及び海への下水放流管 (右) .....	2-27
図 2.4.9	Fonadhoo 島のリサイクル施設 (左) 及びダンプサイト (右) .....	2-27
図 2.5.1	リーフ海岸における土砂移動 .....	2-28
図 2.5.2	海岸の土砂収支イメージ .....	2-29
図 2.6.1	港建設に伴う漂砂下手側での海岸侵食 (Laamu 環礁 Gan 島) .....	2-31
図 2.6.2	漂砂下手側での海岸状況 (2019 年 2 月撮影) .....	2-31
図 2.6.3	港建設に伴う漂砂下手側での海岸侵食 (Addu 環礁 Gan 島) .....	2-32
図 2.6.4	陸域の開発のためのサンゴ砂礫の採掘穴 (Laamu 環礁 Fonadhoo 島) .....	2-32
図 2.6.5	海岸からのサンゴ砂礫の採取 (Laamu 環礁 Gan 島).....	2-33
図 2.6.6	前浜上での護岸の設置 (Addu 環礁 Meedhoo 島) .....	2-33

図 2.6.7	リーフ環境の変化（海草の繁茂）（Laamu 環礁 Fonadhoo 島）	2-34
図 2.7.1	砂袋セメントを用いた不透過護岸	2-34
図 2.7.2	捨石傾斜型不透過護岸	2-35
図 2.7.3	Feydhoo 島における大規模埋立事業	2-35
図 2.7.4	海岸域の生活ゴミの散乱（Laamu 環礁 Gan 島）	2-37
図 2.7.5	住民による海岸清掃および手作りの海岸公園（Laamu 環礁 Fonadhoo 島）	2-37
図 2.7.6	住民による海岸からの砂・礫の不法採取（Laamu 環礁 Gan 島）	2-37
図 3.1.1	海水温の変動	3-1
図 3.1.2	東部赤道（EEIO）における温室効果 および 最終氷河期（LGM）条件下における 海水温の変化	3-2
図 3.1.3	SST の標準偏差変化と EIO1)の風応力間との関係	3-2
図 3.1.4	インド洋における気候変動影響による現在および将来の降雨量への影響	3-3
図 3.2.1	IPRC RegCM による「モ」国の平均気温	3-4
図 3.2.2	IPRC RegCM による「モ」国の平均降雨量	3-4
図 3.2.3	「モ」国全体の気温及び降雨量の将来変化予測（1980-2000 を基準とした変化量）	3-5
図 3.2.4	Laamu 環礁 Gan 島での長期水位の観測データ	3-5
図 3.2.5	RCP シナリオ別の海水位上昇量の予測	3-6
図 3.2.6	各 RCP シナリオに対する水位上昇量(2019 基準)	3-6
図 3.2.7	海水温の推移(解析データ)	3-7
図 3.2.8	海水温の上昇予測	3-7
図 3.3.1	サイクロン経路図（1877-2004）	3-8
図 3.3.2	高波による浸水被害の頻度と影響島数	3-8
図 3.3.3	地域別の干ばつ継続日数（降雨データからの解析）	3-9
図 3.3.4	津波遡上高の調査結果	3-10
図 4.2.1	「モ」国の住民島の一例（Laamu 環礁 Fonadhoo 島）	4-2
図 4.2.2	「住民島における海岸侵食事例	4-2
図 4.2.3	住民島の横断地形の一例（Addu 環礁 Hanked Area）	4-3
図 4.2.4	人為的改変の事例	4-4
図 4.2.5	砂浜上の住居の存在(Addu 環礁 Hithadhoo 島)	4-4
図 4.4.1	キハダマグロの漁獲量（1997 年～2012 年）	4-8
図 4.4.2	カツオの漁獲量（1997 年～2012 年）	4-8
図 4.5.1	報告されたデング熱の発生件数	4-11
図 4.5.2	報告されたデング熱の症例と長期平均降雨量（2005-2013）	4-11
図 4.5.3	2011 年から 2013 年まで毎月報告されたツツガムシ病の症例	4-12
図 4.5.4	報告されたチクングニア熱の症例	4-12
図 4.6.1	各環礁における雨水貯留容量	4-15
図 4.6.2	現在の貯蔵容量に対する不足水貯蔵	4-15
図 4.6.3	2005 年から 2014 年の乾季における渇水による緊急事態に係る要請の回数	4-16
図 4.6.4	MCOH から測定された水質の pH の月別変化	4-16
図 4.7.1	「モ」国全体の海面水温の月別変動	4-17

図 4.7.2	サンゴ礁の被覆割合の経年変化.....	4-18
図 4.7.3	サンゴの白化の将来予想.....	4-19
図 6.2.1	各 RCP シナリオに対する水位上昇量 (2019 年基準の中央値).....	6-1
図 6.2.2	気候変動による水位上昇量と気象潮位 (偏差分) との関係.....	6-2
図 6.2.3	各 RCP シナリオに対する 50 年確率潮位の遭遇頻度.....	6-2
図 6.2.4	各 RCP シナリオに対するリーフ上.....	6-3
図 6.2.5	リーフ内で観測されたサーフビートの一例.....	6-4
図 6.2.6	リーフ外入射波高と海浜遡上高との関係.....	6-4
図 6.2.7	SLR と海浜遡上高との関係.....	6-5
図 6.2.8	事業対象島の位置 (左: Maamendhoo、右: Fonadhoo).....	6-6
図 6.2.9	Laamu 環礁 Maamendhoo 島の概況および変遷.....	6-7
図 6.2.10	Maamendhoo 島の標高分布.....	6-8
図 6.2.11	代表 4 側線における地盤高.....	6-9
図 6.2.12	Maamendhoo 島の 2019 年 2 月 (北東モンスーン季) と 9 月 (南西モンスーン季) の 海岸変化.....	6-10
図 6.2.13	島内の海岸侵食状況(2019 年 3 月).....	6-11
図 6.2.14	島内への高波浸水時の状況 (2019 年).....	6-11
図 6.2.15	海岸線変化に用いた座標.....	6-12
図 6.2.16	西側海岸 (1300 m 間) における海岸線変化.....	6-12
図 6.2.17	東側海岸(600m 間)における海岸線変化.....	6-13
図 6.2.18	Laamu 環礁 Fonadhoo 島の概要.....	6-15
図 6.2.19	Fonadhoo 島の断面図.....	6-16
図 6.2.20	居住エリアにおける海岸侵食.....	6-18
図 6.2.21	砂による簡易築堤.....	6-18
図 6.2.22	海岸直背後に存在する居住地.....	6-18
図 6.2.23	海岸から採取された砂礫.....	6-18
図 6.2.24	Fonadhoo 島の長期的な変化状況.....	6-19
図 6.2.25	1969 年を基準とした場合の海岸線変化.....	6-20
図 6.2.26	2005 年と 2018 年のリーフ上の砂堆積域の変化.....	6-21
図 6.2.27	オーシャン側中央部居住地エリアにおける面積変化.....	6-21
図 6.2.28	本検討で用いる各種諸元の定義.....	6-24
図 6.2.29	リーフ海岸における汀線後退量の簡易算定式の考え方.....	6-24
図 6.2.30	実験 7)と簡易式 6)による計算結果との比較.....	6-25
図 6.2.31	計算結果の一例 (Maamendhoo を想定、RCP 8.5 シナリオ).....	6-26
図 6.2.32	推定された汀線後退量 (Fonadhoo、RCP 4.5 および 8.5).....	6-26
図 6.2.33	推定された汀線後退量 (Maamendhoo、RCP 4.5 および 8.5).....	6-27
図 6.2.34	各 RCP シナリオに対する代表 3 島の島面積の消失率.....	6-27
図 6.2.35	突堤設置による沿岸漂砂阻止による海浜変形.....	6-28
図 6.2.36	気候変動の影響による漂砂下手側の汀線後退の拡大.....	6-28
図 6.2.37	沿岸漂砂遮断および SLR による突堤下手側の汀線後退量.....	6-29

図 6.2.38	Maamendhoo 島における沖波の設定と風速の極値統計	6-31
図 6.2.39	Fonadhoo における沖波の極値統計	6-32
図 6.2.40	ブシネスクモデルを用いた断面一次元の波浪伝搬計算の一例	6-33
図 6.2.41	想定浸水範囲と事業の実施予定範囲	6-33
図 6.2.42	Maamendhoo 島の浸水評価結果（侵食影響は未考慮）	6-35
図 6.2.43	事業対象範囲とその影響範囲(想定浸水範囲)	6-36
図 6.2.44	Fonadhoo 島の浸水評価結果（侵食影響は未考慮）	6-37
図 6.3.1	Maamendhoo 島の浸水評価結果（侵食・浸水連動）	6-40
図 6.3.2	Fonadhoo 島の浸水評価結果（侵食・浸水連動）	6-41
図 6.3.3	Maamendhoo 島を事例とした年平均被害額の推移(浸水と侵食(累積)の比較)	6-45
図 6.4.1	港建設に伴う漂砂下手側における海岸侵食事例（Laamu 環礁 Gan 島北側）	6-50
図 6.4.2	Maamendhoo 島の候補地	6-51
図 6.4.3	Maamendhoo 島の 1969 年以降の長期汀線変化	6-51
図 6.4.4	Fonadhoo 島の候補地	6-52
図 6.4.5	Fonadhoo 島の 1969 年以降の長期汀線変化	6-52
図 6.4.6	東部赤道（EEIO）における温室効果 および 最終氷河期（LGM）条件下における 海水温の変化	6-53
図 6.4.7	「モ」国のゾーン 3 における年平均海水温の推移（1982 年～ 2009 年）	6-53
図 6.4.8	各 RCP シナリオに対する SLR	6-54
図 6.4.9	Fonadhoo および Maaamendhoo 東海岸における推定された汀線後退量	6-55
図 6.4.10	Maaamendhoo 島西海岸における推定された汀線後退量	6-55
図 6.4.11	1969 年から 2018 年における実際および推定された汀線後退量	6-56
図 6.4.12	Addu 環礁 Gan 島で観測された 33 年間における海水位変化	6-56
図 7.6.1	海岸災害に対する活動 1～3 の関係性	7-9
図 7.6.2	セオリーオブチェンジ	7-10
図 8.3.1	提案する事業の位置図	8-11
図 8.3.2	事業実施後の長期海岸変化（バリ島海岸保全事業）	8-14
図 8.3.3	Second National Communication (SNC) Maldives（2018 年改訂版）に示される ソフト対策の費用	8-16
図 8.3.4	Maamendhoo 島の海岸保全対策および避難エリアの創出	8-22
図 8.3.5	Fonadhoo 島の海岸保全対策	8-23
図 8.3.6	Meedhoo 島の海岸保全対策	8-24
図 8.3.7	Gan 島の局所海岸防護対策	8-25
図 8.3.8	Isdhoo 島の局所海岸防護対策	8-25
図 8.3.9	養浜後の海岸維持管理のイメージ	8-26
図 8.3.10	養浜後の海岸維持管理に用いる順応的管理手法	8-27
図 8.5.1	波浪観測システム全体イメージ図	8-35
図 8.5.2	衛星画像を活用したモニタリングシステムのイメージ図	8-39
図 8.5.3	UAV による海岸・リーフモニタリングシステムのイメージ	8-40
図 9.1.1	Maamendhoo 島の海岸侵食状況(2019 年 3 月)	9-3

図 9.1.2	島内への高波浸水時の状況	9-3
図 9.1.3	Maamendhoo 島の対策エリア	9-4
図 9.1.4	オーシャン側背後の居住地	9-5
図 9.1.5	オーシャン側の海岸侵食状況	9-5
図 9.1.6	Fonadhoo 島の対策エリア	9-5
図 9.1.7	住民により整備された海岸公園	9-5
図 9.2.1	Maamendhoo での平面配置計画	9-7
図 9.2.2	Fonadhoo での平面配置計画	9-8
図 9.2.3	代表波浪に対する養浜幅別の越波量の低減率(外洋側の 10 年確率波浪対象)	9-10
図 9.2.4	養浜(計画幅 20 m)の有無による越波量の算出結果(Maamendhoo 島)	9-11
図 9.2.5	護岸の必要天端高の算定	9-12
図 9.2.6	養浜(計画幅 20 m)の有無による越波量の算出結果(Fonadhoo 島)	9-12
図 10.1.1	気候変動分野の主要国際基金の規模	10-2
図 10.3.1	同意書	10-16
図 10.3.2	同意書発出の流れ(新ルール適応後)	10-17
図 11.4.1	「モ」国における環境影響評価の手順フロー	11-13
図 12.1.1	GCF 事業実施体制図	12-1
図 12.1.2	PSC 運営体制図	12-2
図 12.1.3	GCF-PMU 運営体制図	12-6
図 12.1.4	GCF 資金による事業資金フロー図	12-8
図 12.2.1	本事業の全体工程	12-10
図 12.2.2	GCF 事務局への事業報告にかかる書類作成スケジュール	12-10
図 12.4.1	費用(上部)および便益(下部)の時系列図(社会的割引率考慮前)	12-14

## 表リスト

表 1.1.1	モルディブ及び代表的な島嶼国の基礎情報	1-1
表 2.2.1	Addu 環礁 Hithadhoo 島の L4 測線での海底の状態	2-16
表 2.2.2	EPA が規定しているサンゴの成長に適切な海水の水質	2-16
表 2.2.3	Addu 環礁における海水の水質調査結果 (平均値)	2-17
表 2.2.4	Laamu 環礁における海水の水質調査結果 (平均値)	2-17
表 2.2.5	Addu 環礁における陸水の水質調査結果	2-17
表 2.2.6	Laamu 環礁における陸水の水質調査結果	2-18
表 2.3.1	2014 年センサス時の男女別人全国人口	2-18
表 2.3.2	1967 年、1990 年、2014 年の「モ」国人居住人口	2-18
表 2.3.3	居住人口の将来予測	2-19
表 2.3.4	2014 年センサス時の Laamu 環礁における男女別人口	2-19
表 2.3.5	「モ」国人居住人口の将来予測	2-19
表 2.3.6	各 Locality の居住人口・面積・人口密度	2-20
表 2.4.1	「モ」国の空港一覧	2-22
表 2.4.2	「モ」国の主要道路	2-23
表 2.8.1	災害情報伝達の現状と課題	2-38
表 2.9.1	他ドナーによる気候変動事業と本事業との関連	2-39
表 3.2.1	各 RCP シナリオに対する水位上昇量 (2019 年基準)	3-6
表 3.3.1	島別の最大水位(出典:DIRAM)	3-8
表 3.3.2	島別の日最大降雨量	3-9
表 3.3.3	自然ハザード別の影響度、頻度、気候変動要因の影響度	3-11
表 3.3.4	自然ハザード別の影響の地域差	3-11
表 4.4.1	気候変動の「モ」国の観光セクターへの主な影響	4-6
表 4.5.1	健康関連の影響の要約結果	4-10
表 4.6.1	調査島の地下水質の指標	4-14
表 4.7.1	1998 年から 2012 年までのサンゴ礁の回復率	4-19
表 5.2.1	各環礁の海岸侵食の報告件数	5-3
表 5.2.2	各地域のジェンダー不平等指数(GII)	5-3
表 5.2.3	各地域の人間開発指数(HDI, IHDI)	5-3
表 5.2.4	各環礁の複合人間脆弱性指数(HVI)	5-3
表 5.3.1	各環礁における National Spatial Plan の階層	5-5
表 5.3.2	各環礁の年間航空旅客数	5-5
表 5.3.3	各環礁の現在人口及び将来の想定人口	5-5
表 5.3.4	各環礁の農業生産高	5-6
表 5.3.5	各環礁の漁獲量	5-6
表 5.3.6	各環礁のリゾート島のベッド数	5-6
表 5.3.7	各指標の順位	5-7

表 5.4.1	Laamu 環礁および Addu 環礁の主要な住民島の面積、人口、人口密度	5-8
表 5.4.2	Laamu および Addu 環礁の主要島の評価結果のまとめ	5-11
表 5.4.3	各評価に用いた採点表	5-11
表 5.4.4	各評価項目のスコア付けから得られた事業の優先度の結果	5-12
表 6.2.1	各 RCP シナリオに対する水位上昇量 (2019 年基準の中央値)	6-1
表 6.2.2	浸水評価の検討ケース	6-34
表 6.2.3	浸水評価の検討ケース	6-36
表 6.3.1	侵食・浸水の連動被害のイメージ	6-38
表 6.3.2	S.L.R.に伴う侵食・浸水の複合被害の算定条件	6-39
表 6.3.3	対象域で発生するリスク一覧と定量評価の対象	6-42
表 6.3.4	浸水被害を算出するための検討項目	6-43
表 6.3.5	浸水被害の各資産被害率一覧表	6-43
表 6.3.6	年平均生起確率の考え方	6-43
表 6.3.7	想定被害額の算定結果 【Maamendhoo 島 RCP8.5, H1/10】	6-44
表 6.3.8	想定被害額の算定結果 【Fonadhoo 島 RCP8.5, H1/10】	6-44
表 6.3.9	被害額の試算結果 【RCP8.5, H1/10】	6-45
表 6.3.10	被害額の試算結果 【RCP8.5, H1/10】	6-46
表 6.3.11	Maamendhoo における年想定被害額(USD/年)	6-46
表 6.3.12	Fonadhoo における年想定被害額(USD/年)	6-46
表 6.3.13	対策後の Maamendhoo における年想定被害額(USD/年)	6-47
表 6.3.14	対策後の Fonadhoo における年想定被害額(USD/年)	6-47
表 6.3.15	対策の有無による想定浸水深の比較(RCP8.5 による 2050 年、2100 年)	6-48
表 6.3.16	対策による被害軽減額(Maamendhoo 島)	6-49
表 6.3.17	対策による被害軽減額(Fonadhoo 島)	6-49
表 6.4.1	推定された 1969 以降の過去 50 年間で生じた SLR	6-55
表 6.4.2	推定された SLR による汀線後退量と実測値との比較	6-56
表 8.1.1	提案する事業コンポーネントと活動内容	8-1
表 8.2.1	主要な OJT 対象機関	8-8
表 8.2.2	ワークショップの目的及び対象機関	8-8
表 8.3.1	提案する事業、背景、理由等	8-11
表 8.3.2	各分類に含まれる具体的対策方法	8-15
表 8.3.3	各検討項目の概要と関連機関	8-27
表 8.4.1	導入施設及び対象環礁数	8-31
表 8.4.2	導入施設及び機材	8-31
表 8.5.1	波高計の比較	8-36
表 8.5.2	各作業における必要な技術移転項目および想定する対象機関 (活動 4.1.2)	8-38
表 8.5.3	各作業における必要な技術移転項目および想定する対象機関 (活動 4.2.2)	8-40
表 9.1.1	護岸 (ハード構造物対策) と養浜 (ソフト対策) の比較	9-2
表 9.2.1	各優先海岸での対策工法	9-6
表 9.2.2	Maamendhoo 東側海岸 養浜・突堤断面図	9-8

表 9.2.3	Maamendhoo 北側埋立 外周護岸断面図	9-9
表 9.2.4	Fonadhoo 東側海岸 養浜・突堤断面図	9-9
表 9.2.5	許容越波量の参考値	9-10
表 9.3.1	施工スケジュール	9-15
表 9.3.2	TSHD の諸元と回航費用	9-16
表 9.3.3	石材の材料単価	9-16
表 9.3.4	養浜工の施工費の m3 単価	9-16
表 9.3.5	突堤工の施工単価	9-17
表 9.3.6	概算工事費積算結果	9-17
表 9.3.7	概算工事費詳細	9-18
表 10.1.1	気候変動分野の主要国際基金の規模	10-1
表 10.2.1	GCF のプロジェクト採択基準概要	10-2
表 10.2.2	類似案件における Funding Proposal “E. Logical Framework” の E3～E5 の記載	10-4
表 10.2.3	GCF の定める Expected Results と Fund-level impact indicator	10-5
表 10.2.4	GCF の定める Expected Outcome と Fund-level outcome indicator	10-6
表 10.2.5	類似案件における Funding Proposal “F. Risk Assessment and Management” の記載 (FP160)	10-7
表 10.2.6	類似案件における Funding Proposal “F. Risk Assessment and Management” の記載 (FP066)	10-10
表 10.2.7	類似案件における Funding Proposal “F. Risk Assessment and Management” の記載 (FP053)	10-12
表 10.3.1	「モ」国 NDC で掲げられた対策等	10-15
表 11.1.1	「モ」国における自然環境、社会環境に係る法制度	11-1
表 11.4.1	環境影響評価の対象となる事業	11-11
表 11.4.2	IFC のパフォーマンス基準 (Performance Standards)	11-13
表 11.4.3	IFC と GCF の環境・社会に関するパフォーマンス基準の比較	11-14
表 11.4.4	GCF の Environmental and social policy の対象分野	11-14
表 11.4.5	GCF の ESMS 達成のために必要な項目	11-15
表 11.4.6	リスクのカテゴリー	11-15
表 11.4.7	各リスクの定義	11-15
表 11.4.8	GCF の Gender Equality Policy の適用分野	11-16
表 11.7.1	パブリック・コンサルテーション会合の実施状況	11-38
表 11.7.2	パブリック・コンサルテーション会合での議論の概要	11-38
表 11.7.3	三階層の苦情解決メカニズム	11-42
表 11.8.1	ジェンダーアセスミーティングの実施状況	11-47
表 12.1.1	PSC メンバー構成および役割	12-2
表 12.1.2	PSC 会議開催概要	12-4
表 12.1.3	GCF-PMU メンバーの役割	12-5
表 12.1.4	「モ」国調達規則 (抜粋)	12-7
表 12.1.5	GCF 事業に係る GCF 事務局への提出書類	12-9



---

---

表 12.3.1	コンサルタント人件費 .....	12-11
表 12.3.2	GCF 資金による事業費内訳 (単位 : million USD) .....	12-11
表 12.3.3	全体事業費内訳 .....	12-12
表 12.4.1	コンポーネント毎の費用・便益額 .....	12-12
表 12.4.2	年次別事業費 (1,000 USD) .....	12-12
表 12.4.3	経済分析結果 .....	12-15

## 略語表

略語	正式名称	日本語表記
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
CATV	Cable TV	ケーブルテレビ
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素量
EC	Electrical Conductivity	電気伝導性
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	ヨーロッパ中期予報センター
EE	Executing Entity	実施機関
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
EPA	Environmental Protection Agency	アメリカ合衆国環境保護庁
EWBS	Early Warning Broadcasting System	緊急警報放送システム
F/S	Feasibility Study	実行可能性調査
GCF	Green Climate Fund	緑の気候基金
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GII	Gender Inequality Index	ジェンダー不平等指数
GPS	Global Positioning System	全地球無線測位システム
H.W.L.	High Water Level	計画高水位
HDI	Human Development Index	人間開発指数
HVI	Human Vulnerability Index	人間脆弱性指数
ICZM	Integrated Coastal Zone Management	統合的沿岸管理
IHDI	Inequality-adjusted Human Development Index	不平等調整済み人間開発指数
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
ISDB-T	Integrated Service Digital Broadcasting - Terrestrial	統合サービスデジタル放送-地上波
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力団
LGA	Local Government Authority	地方公共団体
M.S.L.	Mean Sea level	平均海面
MBC	Maldives Broadcasting Corporation	モルディブ放送局
ME	Ministry of Environment, Climate Change and Technology	環境・気候変動・技術省
MEE	Ministry of Environment and Energy	環境エネルギー省
MEEW	Ministry of Environment, Energy and Water	環境・エネルギー・水省
MHAHE	Ministry of Home Affairs, Housing and Environment	内務省、住宅環境省
MMS	Maldives Meteorological Service	モルディブ気象サービス
MNBC	Maldives National Broadcasting Corporation	モルディブ国営放送
MNDF	Maldives National Defense Force	モルディブ国防軍
MNPI	Ministry of National Planning and Infrastructure	国家計画・インフラストラクチャー省
MPS	Maldives Police Service	モルディブ警察
NAPA	National Adaptation Programme of Action	国家適応行動計画
NDMA	National Disaster Management Authority	国家災害管理局
NDMC	National Disaster Management Centre	国家災害管理センター
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
NPO	Nonprofit Organization	非営利団体
OJT	On-the-Job Training	現任訓練
PMU	Project Management Unit	プロジェクトマネジメントユニット
PSC	Project Steering Committee	運営委員会
PSM	Public Service Media	公共サービスメディア
SLR	Sea Level Rise	国立環境研究所
SST	Sea Surface Temperature	海面温度
TETRA	Terrestrial Trunked Radio	地上基盤無線
TSHD	Trailing Suction Hopper Dredger	トレーリングサクション浚渫船
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNFPA	United Nations Population Fund	国際連合人口基金

## 概要

### 背景

- 世界各地の海洋国では、海面上昇、高潮や高波、津波による浸水被害や海岸侵食、等の沿岸災害が顕在化しており、気候変動により、今後さらにその脅威が高まることが予想されている。中でも、インド洋や大洋州の島嶼国、さらには低平かつ狭隘な土地の多い環礁国において、気候変動や災害の脆弱性がより高いと考えられる。
- モルディブ（以下「モ」国）は海岸線の割合が高く、陸域の8割以上が平均水面から1 m以下の低平かつ狭隘な土地であり、住居地およびインフラ設備の約半数が海岸線から100 m以内に位置する。「モ」国は他の国に比べ、扁平な形状をしており、海岸線が長く、高潮や津波などハザードの影響を受けやすく、さらに、被害を受けるであろう人口、資産も高い。このことから、脆弱性が高いと言われる環礁国の中でも最も脆弱性が高いと言える。
- 現在「モ」国では、海岸侵食問題が最も深刻な環境問題であることが示されており、特に住民島の多くで顕在化している。気候変動による海面上昇や外力変化は更なる海岸侵食の助長化を招き、国土喪失や国民の生活・経済に大きな影響を及ぼす重大リスクとして認識されており、海岸保全/防護と沿岸管理による気候変動適応策を講ずることが急務となっている。
- このような背景の中、「モ」国での将来的な気候変動リスクに対し、強靱で安全な都市・地域づくりに資する協力事業の形成が求められている。そこで、JICAは「モ」国政府に対しGCF資金の活用に向けたファンディングプロポーザルの作成支援と必要となる基礎情報を収集するため、2019年1月より「全世界地域強靱で安全な都市・地域形成に向けた気候変動対策に関する情報収集・確認調査」を開始した。

### 調査の概要

- 調査の目的： 災害に脆弱な国において、気候変動に強靱で安全な都市・地域づくりに資する事業オプション検討のための基礎情報、およびより効果的な事業実施を目指すことを念頭においた外部資金の活用可能性にかかる情報を収集し、必要となるJICA内の制度設計の提言を行うこと。
- 調査対象地域： 類似事例の文献調査は全世界対象だが、現地調査および事業オプションの検討は「モ」国を対象とする。現地調査は同国Addu環礁とLaamu環礁の島々を対象として行う。
- 相手国関係機関： 環境省、国家計画インフラ省、防衛省防災管理庁、Environmental Protection Agency(環境省傘下)、Maldives Meteorological Service(環境省傘下)、Maldives Land Survey Authority(国家計画インフラ省傘下)、Local Government Authority(内務省傘下)、Marine Research Center(農業漁業海洋省傘下)

### 地形・海象・環境および経済・社会条件に関する基本情報

- 「モ」国はインド洋海域において形や大きさの異なる26の環礁及び約1200の島から形成される。国土は環礁の淵にサンゴ砂礫が波で打ち上げられて形成されたものであるため、標高が平均水位から1~2m程度の低平かつ狭隘な土地(国土面積298 km<sup>2</sup>)である。

- 海岸は、外洋側（オーシャン側）と環礁側（ラグーン側）の双方に存在し、外洋側の海岸には水深が浅くかつ平坦なリーフフラットが、数十 m～数キロの幅で広がっている。リーフフラットの沖側ではリーフフラットよりも地盤高が高くなるリーフエッジが存在し、ここで外洋から伝搬した波は砕波する。リーフエッジから沖側には急勾配のリーフスロープが存在し、リーフ外の浅海域へと続く。
- 「モ」国の気候は高温多湿の熱帯気候で、年間を通して平均気温が 26～33℃である。北東モンスーン時期（11 月～4 月）と南西モンスーン時期（5 月～10 月）の 2 時期に分けられ、この 2 時季で風向きおよび波の入射特性が大きく変化する。
- 「モ」国の潮位差は各環礁ともほぼ 1 m 前後であり、潮位差は大きくない。
- サンゴの生息状況については、他国と同様、エルニーニョによる高水温による白化現象や、埋立・浚渫、サンゴ採掘等の人為的開発行為によるダメージを被っている。なお 2004 年のインド洋大津波によるサンゴ生息状況への影響は軽微であった。
- 「モ」国の 1,192 ある島は、住民島（188 島）、リゾート島（111 島）、および産業島に分けられる。国土人口は約 40 万人（2014 年時点）であり、人口密度は 13.49 人/ha と、世界第 6 位の高人口密度国である。
- 主要産業は観光業と水産業である。観光業は GDP の 25.3 %を占める主な外貨獲得源で、政府歳入の 39.8 %を占める。2014 年の観光客数は約 120 万人であり、年平均 7.6 %の伸びを示している。
- 「モ」国の重要インフラ施設として、①空港、②港湾、③幹線道路、④ユーティリティ（電力、上下水）、⑤廃棄物管理施設が掲げられる。
- 「モ」国で海岸管理・利用に特化した法制度は存在しないが、島によっては土地利用計画の中で、EPZ（Environmental Protection Zone）が示されているものもある。海岸管理状況は、各島により異なり、住民レベルの海岸清掃が行われているところもあれば、生活ゴミが山積しているところも見られる。また海岸域からの違法なサンゴ砂礫の取得が行われている住民島も多い。

## 海岸ハザード

- 「モ」国において気候変動に対する海岸ハザードとして、1)海水位、3)波浪（特にリーフ上波浪）、3)海岸侵食、および 4)気候変動の影響を取り上げた。津波については、2004 年のインド洋大津波のような重大な被害を及ぼす津波の発生確率が極めて低いため、本検討では取り扱わなかった。
- 過去 33 年間における年最大の気象潮位（潮位偏差）は、最大で 0.17 m、平均 0.14 m と、それほど大きいものではない。またこの潮位偏差は、「モ」国近傍で生じる低気圧等による高潮ではなく、遠方でのうねり成分の伝搬によるものである。
- Gan 島における過去 33 年間における潮位観測記録より、各年における平均潮位及び最大潮位は 10.6 cm（3.2 mm/年）、最大潮位で 7.5 cm（2.3 mm/年）であり、世界平均（1901 年～2010 年の過去 110 年間の平均水位）に比べ、高い上昇量を示す。
- リーフを通過して海岸に到達する波は、沖波の影響とともに、リーフ地形の影響を大きく受け、ほぼリーフ上の水深に比例する。リーフの存在により、リーフエッジでの波の砕波やリーフ上での波の減衰効果が得られる。

- ▶ 気候変動の影響による海水位上昇は、単に水位上昇の外力変化だけでなく、特にリーフ海岸においては、海岸に到達する波高の顕著な増大を引き起こすため、一般の砂浜海岸に比べて大きな影響を及ぼす。

### **海岸災害に対する脆弱性**

- ▶ 「モ」国の住民島で、現在最も深刻な海岸問題としては海岸侵食であり、188ある住民島の6割以上で深刻化している。その要因の多くは、沿岸域における港建設とそれに伴うリーフ上の航路掘削、埋め立て、リーフ内外及び海岸域からのサンゴ砂礫の採掘、不適切な海岸施設の構築、等、人為的改変や行為により生じている。
- ▶ 島によっては土地利用計画の中で、EPZ（Environmental Protection Zone）による海岸線からのバッファゾーンの確保が示される一方で、実際には土地利用計画の通りに土地利用規制がなされず居住地域が海岸線付近まで拡大している島もある。後者のような島の沿岸部の居住地域においては高波浸水などの災害リスクに曝されやすい。

### **海岸リスク評価**

- ▶ 気候変動による海水位の上昇により、リーフ上波高が増大することによる海浜縦断地形変化が生じ、これにより、現在海岸侵食が生じていない海岸においても、顕著な海岸線の後退が生じる可能性がある。さらに人為的影響等により既に侵食が進行しつつある海岸においては、これに加えて気候変動の影響による海岸侵食が加味され、更なる海岸侵食の加速が生じる可能性が高い。
- ▶ 海岸侵食は、後述する高波浸水被害の助長を招くだけでなく、「モ」国のように小さい島々から構成される島嶼国においては、深刻な国土消失を招く。
- ▶ Maamendhoo 島および Fonadhoo 島の事業検討域における浸水被害額の試算では、RCP8.5 シナリオの2100年時点で約6～7百万USD/年が想定され、これは現時点(2019年)で想定される被害額のおよそ8倍以上に相当する値となった。
- ▶ 上述の浸水リスクについて、本検討で提案する海岸保全対策(養浜+突堤)を実施した場合、2030年における中期的視点ではその被害をゼロに、2050年以降の長期的視点においてもその被害を大幅に軽減できることが試算された。

### **海岸適応策の基本方針**

- ▶ 「モ」国の海岸侵食に対する海岸適応策として、護岸構築等によるハード構造物対策は、一時的な防護効果は得られるものの、根本の侵食要因である海岸への土砂供給を改善するものではなく、持続的かつ恒久的な対策とは言い難い。次世代以降への持続的な海岸維持を図る上で、これまで長年の波の作用で形成されてきた浜の形成過程やリーフ海岸における土砂供給の維持と、リーフや砂浜の存在による自然の防護機能をできるだけ活かした対策とすることを基本とする。
- ▶ 提案する海岸適応策は、今後の気候変動影響に対して有効であるとともに、これまで営まれてきた人と海岸のつながり（海岸利用）を犠牲にすることがないように配慮することを基本とする。また気候変動影響のシナリオの不確実性を踏まえ、今後生じる実際の気候変動影響に対し、柔軟に対応できる余地を有する対策とする。

- 以上より、提案する海岸適応策として、防護と利用・環境に配慮した養浜工法を用いることを基本とする。
- 養浜実施対象海岸としては、Laamu 環礁において、特に居住地における海岸侵食が問題となっている、今後経済開発のポテンシャルの高い住民島の1つである Fonadhoo (オーシャン側)、および小島ながら島の生産性の高い Maamendhoo 島の2カ所で実施することを提案する。なお、Maamendhoo 島は「モ」国の中でも有数の高人口密度の島であり、島内に遊休地はほとんど存在しない。また陸地の地盤高が MSL+1.0m 以下であるため、非常時における避難エリア確保のための土地造成(埋立)も合わせて行うことを提案する。
- 養浜工法は、養浜後の砂をできるだけ保持するとともに、定期的な維持管理(追加砂投入)を行うことを前提とする。これより提案する養浜工法は、突堤と組み合わせた流出低減対策を図るとともに、今後の維持管理用に必要なストック砂も確保することを提案する。
- 提案する養浜や各海岸施設の諸元は、想定される長期的な波や遡上高、浸水に対して十分な防護効果が得られることを確認した。

## 事業コンポーネント

- 本事業は、「モ」国において気候変動に対し人と海岸のつながりを図りながら持続的な島の強靱化が行われること」を目指し、ソフトとハードコンポーネントを組み合わせた事業コンポーネントとする。その中で、『本来の海岸機能を踏まえた人と海岸のつながりの重視』および『事業を通じた積極的な人材育成』の2つの基本方針として事業コンポーネントを提案する。
- 上記の基本方針を踏まえ、本事業で以下の4つのコンポーネントの実施を提案する。
  - コンポーネント1: 沿岸開発と海岸保全の両立を図るための統合的沿岸管理(ICZM)の構築
  - コンポーネント2: 海岸適応対策(物理対策)の実施
  - コンポーネント3: 災害予警報システムの構築
  - コンポーネント4: 気候変動に関する基本データ観測・モニタリングシステムの構築
- コンポーネント2の海岸適応対策(物理対策)について、事業効果(便益)の試算を行い、費用対効果および経済的内部収益率(EIRR)を評価した。結果、本事業の公共事業としての実施の妥当性が確認された。

## 提言

- 今後の事業実施に向けて以下の5つの取り組みを提言した。
  1. 将来予測検討に基づく養浜および突堤配置計画およびその諸元検討
  2. 事業後の維持管理を含めた持続的な海岸維持に向けた取り組み
  3. 詳細設計における数値モデルの再現性向上
  4. 精度の高い浸水被害想定に基づく適切な事業評価の実施
  5. 養浜事業の特性を踏まえた精度の高い積算

## 第1章 はじめに

### 1.1 背景

- 世界各地の海洋国では、海面上昇、高潮や高波、津波による浸水被害や海岸侵食、等の沿岸災害が顕在化しており、気候変動により、今後さらにその脅威が高まることが予想されている。
- 中でも、インド洋や大洋州の島嶼国、さらには低平かつ狭隘な土地の多い環礁国において、気候変動や災害の脆弱性がより高いと考えられる。
- モルディブ（以下「モ」国）は、世界第6位の高人口密集国<sup>1)</sup>、世界第2位の国土面積<sup>2)</sup>に占める海岸線の割合が高い。
- また陸域の8割以上が平均水面から1m以下の低平かつ狭隘な土地であるとともに、住居地の44%およびインフラ設備の47%が海岸線から100m以内に位置する。<sup>3)</sup>
- 低平かつ狭隘な土地は環礁国において多く見られるが、キリバス、マーシャル、ツバルと比較し、平均標高は変わらないものの、「モ」国は人口密度、面積あたり海岸線延長、国の一人当たりGDPの指標が高い。
- このことは、「モ」国は他の国に比べ、扁平な形状をしており、海岸線が長く、高潮や津波などハザードの影響を受けやすく、さらに、被害を受けるであろう人口、資産も高い。このことから、脆弱性が高いと言われる環礁国の中でも最も脆弱性が高いと言える。

表 1.1.1 「モ」国及び代表的な島嶼国の基礎情報

	モルディブ	キリバス	マーシャル	ツバル
人口 (persons)	515,700	115,850	58,410	11,510
面積 (km <sup>2</sup> )	298	810	180	30
人口密度 (persons/km <sup>2</sup> )	1,719	143	323	38
一人当たり GDP	10,330.6	1,625.3	3,788.2	3,700.7
海岸線延長	644	1,143	370.4	24
単位面積あたり 海岸線延長 (km/km <sup>2</sup> )	2.14	1.41	2.06	0.80
平均標高 (m)	1.5	2	2	2

出典：(1) NBS<sup>4)</sup>、(2) World Bank Open Data<sup>5)</sup> (2018) (3) CIA The World Factbook<sup>6)</sup> (4) High Commission of Maldives<sup>3)</sup>

- 現在「モ」国では、海岸侵食問題が最も深刻な環境問題であることが示されており<sup>7)</sup>、特に住民島の多くで顕在化している。気候変動による海面上昇や外力変化は更なる海岸侵食の助長化を招き、国土喪失や国民の生活・経済に大きな影響を及ぼす重大リスクとして認識されており、海岸保全/防護と沿岸管理による気候変動適応策を講ずることが急務となっている。
- このような背景の中、「モ」国での将来的な気候変動リスクに対し、強靱で安全な都市・地域づくりに資する協力事業の形成が求められている。一方 JICA は、2017年7月に開発途上国の温室効果ガス削減（緩和）と気候変動の影響への対処（適応）を支援するための国際基金である緑の気候基金（GCF）の、日本として初めての認証機関に認定された。当面の当基金との連携の方向性として、1)日本と当該国との協力方針に合致し、JICAの既存・計画中のODA事業と連携して相乗効果が期待できる案件を選択、2)日本政府の重点ポイントである防災、SIDS支援、先進技術活用のいずれかに合致する案件を優先、3)2018年度中にGCF事務局への1~2件のプ

ロポーザルの提出・承認を目指す方針、の3点が示され、JICAにおいて、当基金の仕組みやその活用、事業化に向けた検討が行われている。

- JICAは「モ」国政府に対しGCF資金の活用に向けたファンディングプロポーザルの作成支援と必要となる基礎情報を収集するため、2019年1月より「全世界地域強靱で安全な都市・地域形成に向けた気候変動対策に関する情報収集・確認調査」を開始した。

## 1.2 調査の概要

### (1) 調査の目的

本調査は、災害に脆弱な国において、気候変動に強靱で安全な都市・地域作りに資する事業オプション検討のための基礎情報、およびより効果的な事業実施を目指すことを念頭においた外部資金の活用可能性にかかる情報を収集し、必要となるJICA内の制度設計の提言を行うことを目的とする。

### (2) 調査対象地域

類似事例の文献調査は全世界対象だが、現地調査および事業オプションの検討は「モ」国を対象とする。現地調査は同国Addu環礁とLaamu環礁の島々を対象として行う。

### (3) 相手国関係機関

環境省、国家計画インフラ省、防衛省防災管理庁、Environmental Protection Agency(環境省傘下)、Maldives Meteorological Service(環境省傘下)、Maldives Land Survey Authority(国家計画インフラ省傘下)、Local Government Authority(内務省傘下)、Marine Research Center(農業漁業海洋省傘下)

## 1.3 本報告書の構成

1.1節を踏まえ、本報告書の章構成は以下に示すとおりである。本報告書は、基本的にGCF事業のFunding proposalで求められる論理構成に沿った章構成としており、それを3章~9章および12章に示す。これらの章の検討を行う上で必要となる基礎情報を2章にまとめる。また10章では外部資金の活用について検討し、11章では提案したGCF事業に係る環境社会配慮面の検討結果を示す。13章では結論及び提言を示す。

- 第1章 はじめに
- 第2章 基礎情報
- 第3章 インド洋の気候変動概況と将来予測、自然ハザード
- 第4章 気候変動ハザードに対する脆弱性
- 第5章 事業で着目する気候変動ハザードおよび候補地選定
- 第6章 優先海岸における気候変動に伴うリスク評価
- 第7章 事業対象島における海岸問題とその解決方針及び必要な活動
- 第8章 事業コンポーネントの検討
- 第9章 提案する海岸適応策の検討
- 第10章 外部資金の活用に係る検討
- 第11章 環境社会配慮／合意形成手法／ジェンダー
- 第12章 事業実施に向けた検討
- 第13章 結論および提言



<参考文献>

- 1) The World Bank (2018): World Bank Open Data, <https://data.worldbank.org/>
- 2) Central Intelligence Agency: The World Factbook,  
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook> (ranking was analyzed by JICA Expert Team with OCthe data of the World Factbook)
- 3) Ministry of Environment Energy and Water (2006): National Adaptation Programme of Action
- 4) National Bureau of Statistics (2014): Population & Housing Census 2014
- 5) Central Intelligence Agency: The World Facebook,  
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- 6) High Commission of Maldives Kuala Lumpur, Malaysia: <https://maldives.org.my/about-maldives>
- 7) Ministry of Environment and Energy Republic of Maldives (2016): State of Environment, 216p.

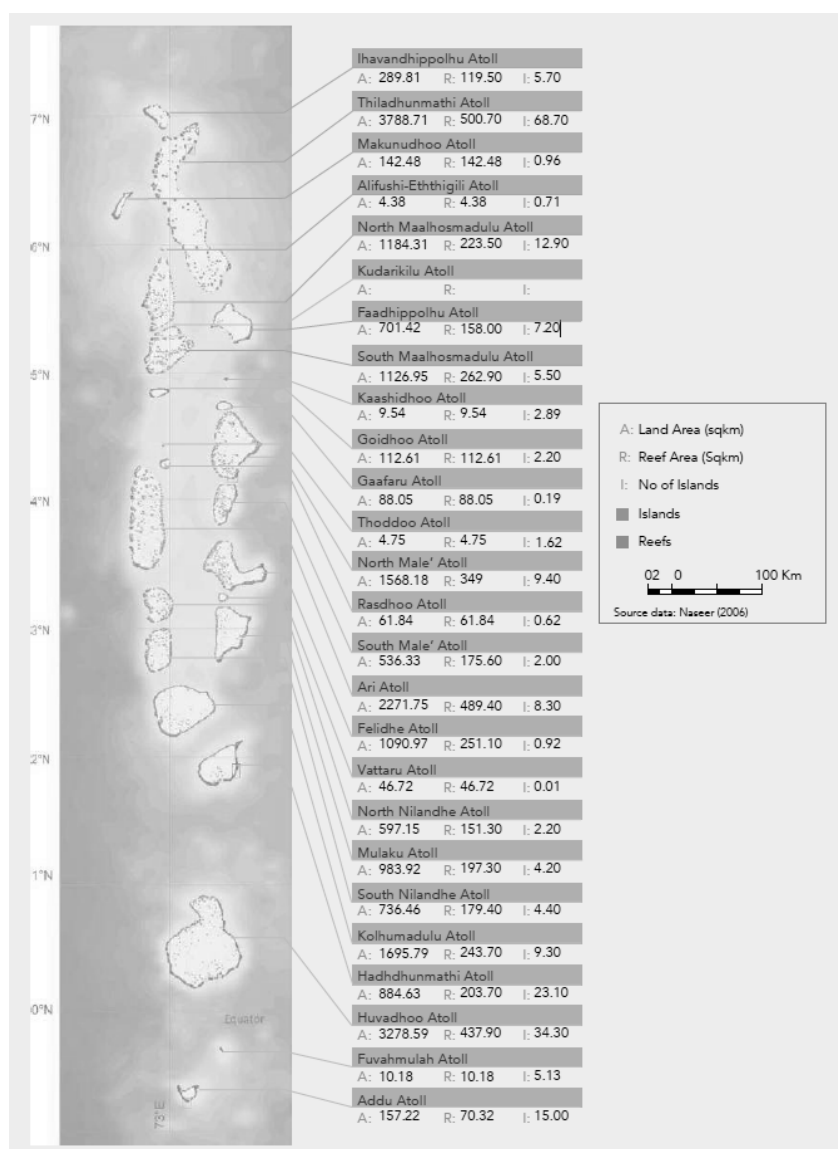
## 第2章 基礎情報

### 2.1 自然条件（地形、気象・海象）に関する基本情報

#### 2.1.1 地形特性

##### (1) 環礁について

「モ」国はインド洋海域において形やサイズの異なる 26 の環礁及び約 1,200 の島から形成される。図 2.1.1 に各環礁の土地面積、リーフ面積、島の数を示す。環礁やリーフの特性は、北から南まで緯度の違いによって大きく異なる。北に位置する環礁は、環礁の縁が連続せず、多数のファロと呼ばれるリング状のサンゴ礁地形によって構成され、南に位置する環礁は、島が連続しファロの数は少なくなる傾向がある。



出典：STATE OF THE ENVIRONMENT (2016)<sup>1)</sup>

図 2.1.1 各環礁の土地面積及びリーフ面積

北部では外洋側にサンゴ礁が積み重なったビーチリッジを形成していることが多く、南部では低く平坦な洲島が多い<sup>2)</sup>。住民の居住域の地盤高は、北部の島で平均海面上 1.0~2.0m、中部・南部の島で 0.6~1.6 m 程度である。このような南北の違いの原因は、北部ほど熱帯低気圧の発生頻度が高く、南部（赤道域）ではほとんど熱帯低気圧が発生せず、サンゴ礁や砂が体積しにくいいためである。また、礁湖の水深は北部で 30~40 m、中部で 40~60 m、南部では 60~80 m と、南ほど大きくなる傾向にある。氷期に陸化した際のカルスト作用が降雨量の増大とともに水深が深くなったと考えられる。

## (2) 代表的な縦断地形（リーフ～陸域の特性）

「モ」国の国土は環礁の淵にサンゴ砂礫が波で打ち上げられて形成されたものであり、標高が平均水位から 1~2m 程度の低平かつ狭隘な土地であるのが特徴である。本調査では、調査対象島において陸域～海岸域～海域にかけて代表的な縦断地形を把握するため、陸上、海岸及び水深測量を実施した。「モ」国で既に実施済みの Laamu 環礁 Gan 島の縦断地形の測量結果<sup>3)</sup>を図 2.1.2 に示す。いずれのケースにおいても、陸域の道路付近の標高は平均海水面から 1 m 程度で、海岸域との境目であるリッジ高はそれよりもやや高くなっている。外洋側のリッジの方が礁湖側のリッジと比較して高くなっているが、外洋側の方が礁湖側に比べて波高及び波の打ち上げ高が大きいことに起因している。

海岸域～海域のリーフ域にかけては、後浜から数百メートルに及ぶ平坦なリーフフラット、リーフェッジ、急勾配を有するリーフスロープへと続くサンゴ礁海岸に見られる代表的な地形となっている。

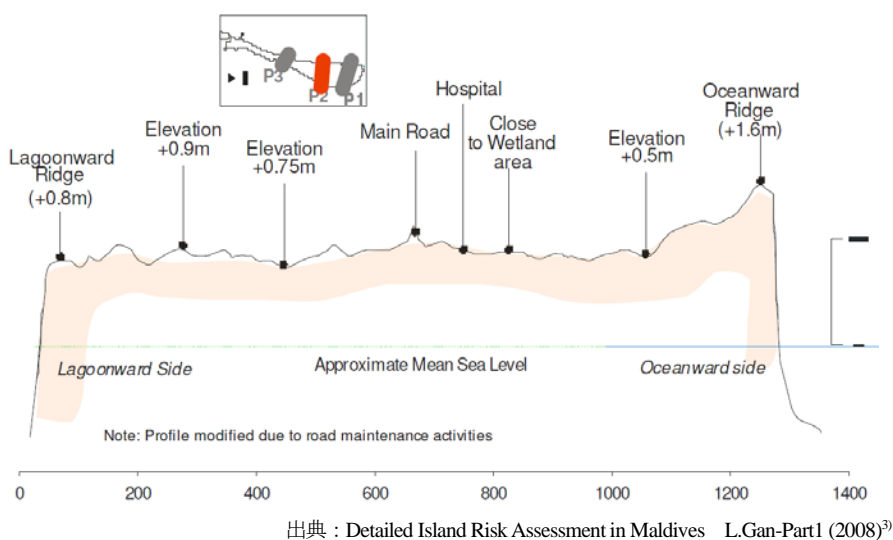
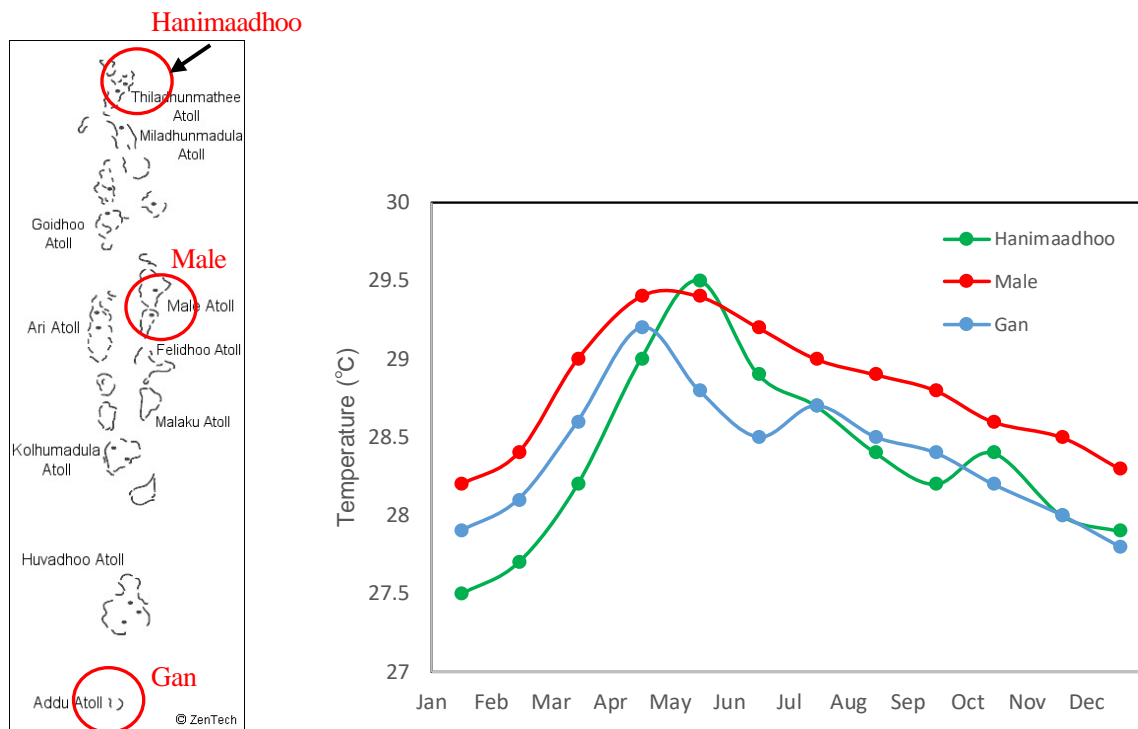


図 2.1.2 Laamu 環礁 Gan 島における代表的な縦断地形

## 2.1.2 気象・海象特性

### (1) 気温（3地点の月別変化）

「モ」国の気候は高温多湿の熱帯気候で、年間を通して平均気温が 26~33°C であり、季節は北東モンスーン時期（11月~4月）と南西モンスーン時期（5月~10月）の2時期に分けられる。「モ」国の北側 Haa Dhaalu 環礁 Hanimaadhoo、中央 North Male 環礁 Male、南側 Laamu 環礁 Gan の3地点において気温、風況、降雨量及び潮位の観測が実施されている。3地点の位置図及び各地点の月別平均気温を図 2.1.3 に示す。

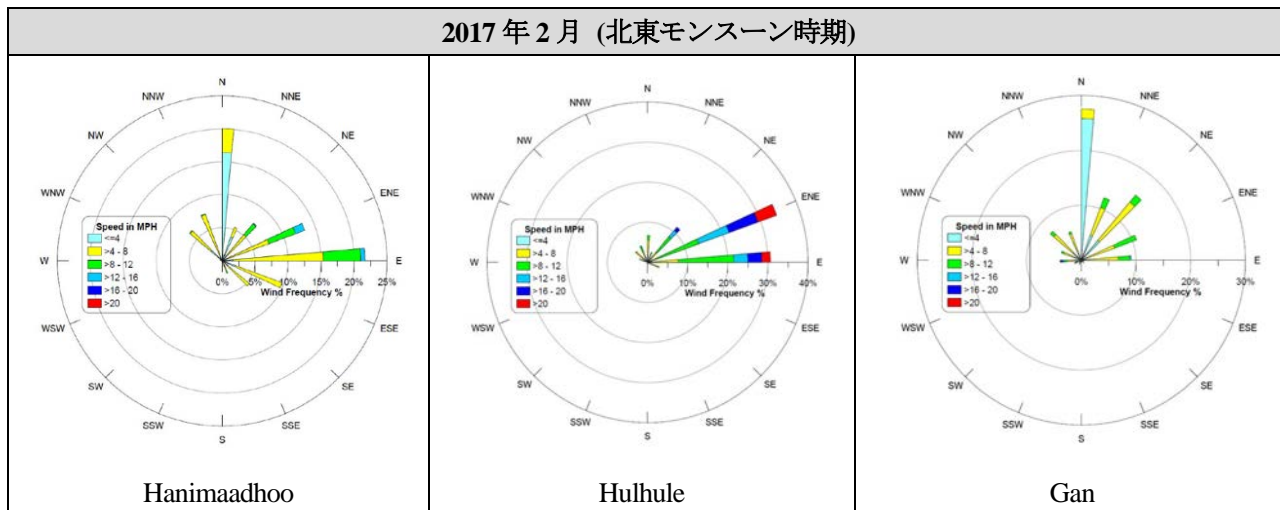


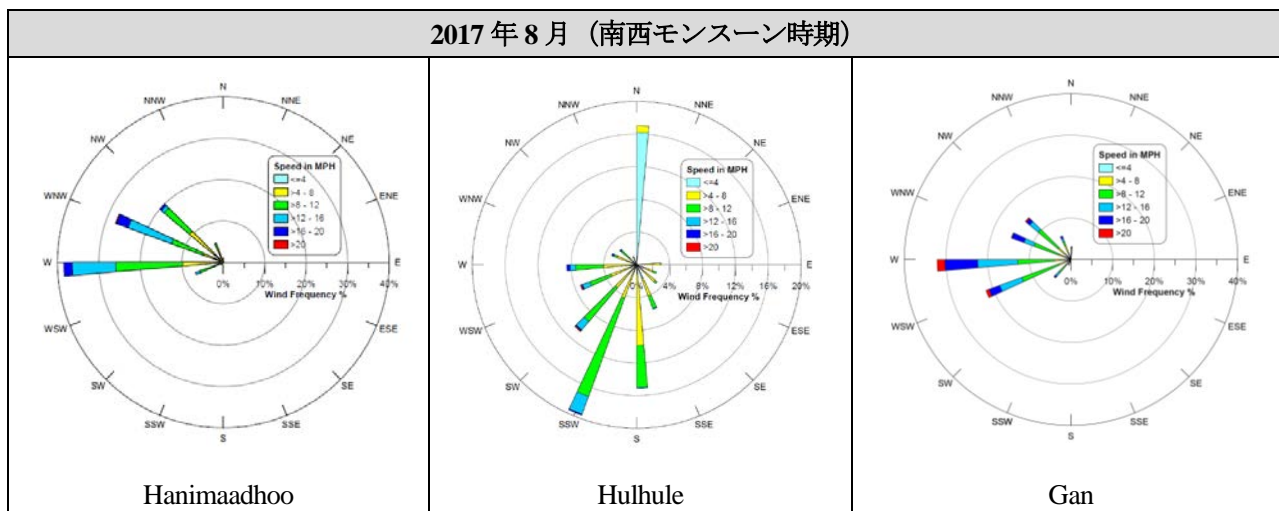
出典：右図: Zentech<sup>4)</sup> 左図: Champion Traveler<sup>5)</sup>

図 2.1.3 右: 3箇所の観測地点の位置図 左: 各地点における気温

(2) 風況図

「モ」国の3地点における2時期（北東モンスーン時期と南西モンスーン時期）の風配図の一例を図 2.1.4 に示す。「モ」国では、図 2.1.4 に示すように乾季である12~4月には北東方向の風が、雨季である5~11月には南西方向の風が卓越する。この傾向は南北の位置の違いによらず、「モ」国全土において当てはまるものである。



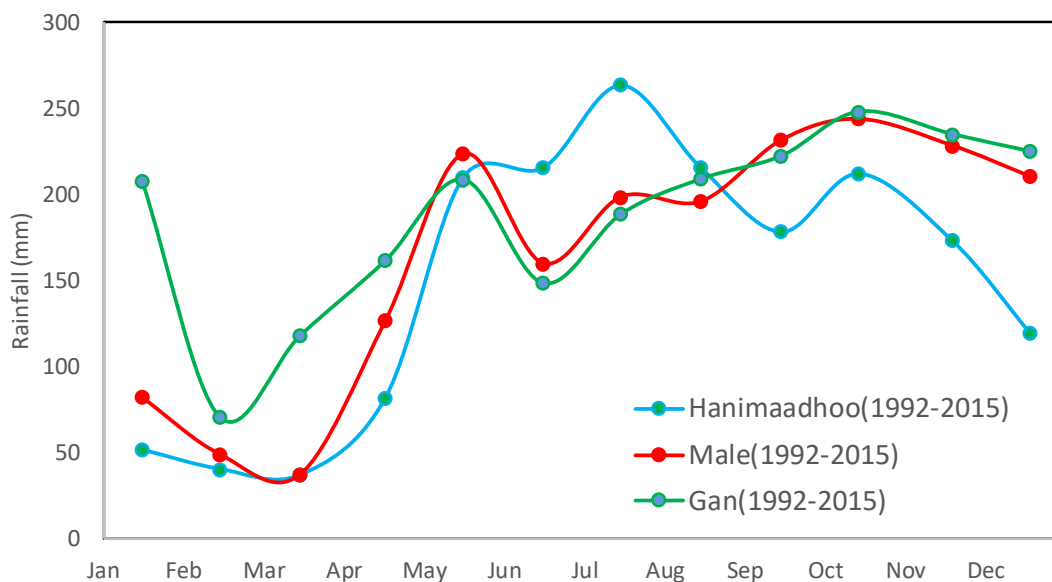


出典: MMS weather report (2017)<sup>6)</sup>

図 2.1.4 モ国の3地点における2時期の風配図

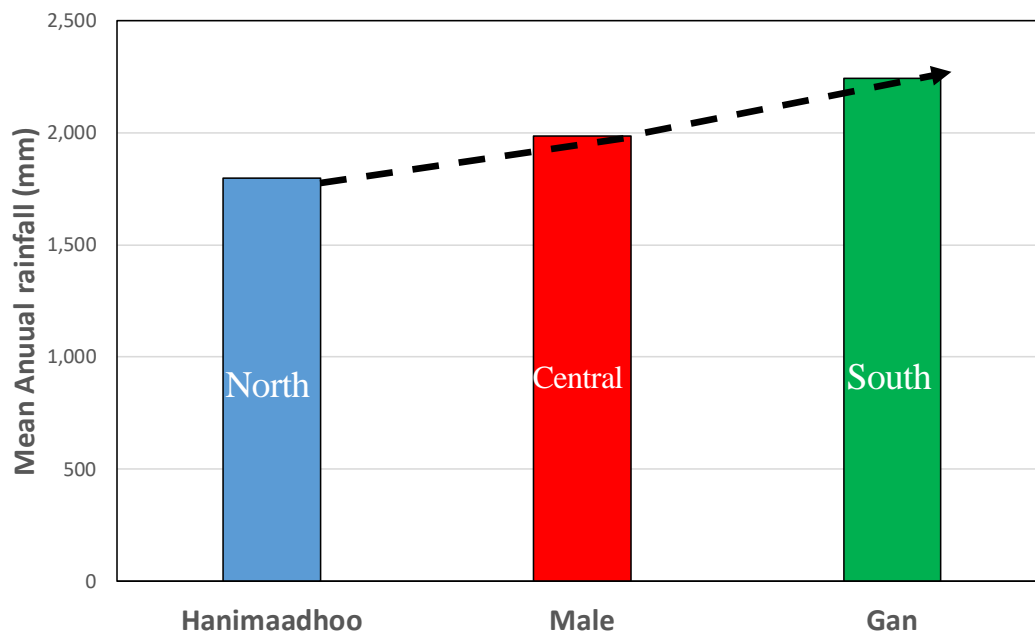
### (3) 降雨量 (3地点の月別変化)

3地点における1992年から2015年までの月間平均降雨量を図2.1.5に示す。同図から確認できるように、「モ」国の降雨量は2時期のモンスーン時期によって変わり、南西モンスーン時期である雨季(5月～10月)の方が北東モンスーン時期である乾季(11月～4月)に比べて降雨量が多い。3地点における年間平均降雨量を示した図2.1.6から、北側から南側に位置するほど降雨量が増加する傾向にあることが分かる。



出典: National Bureau of Statistics<sup>7)</sup>のHPに掲載データを元にJICA調査団作成

図 2.1.5 3地点における月間平均降雨量



出典: National Bureau of Statics<sup>7)</sup>の HP に掲載データを元に JICA 調査団作成

図 2.1.6 3 地点における年間平均降雨量 (1992 - 2012)

### 2.1.3 波浪特性

#### (1) ハザードの特定方法

「モ」国では、長期間の波浪観測などは実施されておらず、信頼できる情報に乏しい。そのため、本調査では、ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）が作成した全球気候モデルである ERA5 から、長期の有義波高の再解析データを取得し、これを用いて沖波を設定することにした。ただし、ERA5 の分解能は約 31 km であり、環礁内部のラグーンや、リーフエッジとリーフフラットからなるサンゴ礁海岸のように「モ」国で見られるような環礁地形での波浪特性を知ることができない。そのため、再解析データでの検討に加え、海底設置型の水圧式波高計を用いた波浪観測を現地で実施し、ラグーンやリーフ内外での波浪特性を確認した。

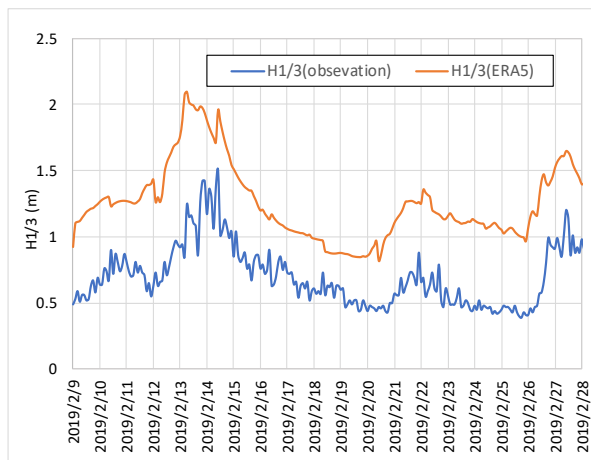
#### (2) 再解析データ (ERA5) を用いた沖波の波浪特性の検討

##### 1) 現地調査結果との比較による再解析データ (ERA5) の信頼性の確認

はじめに ERA5 による再解析データと、本調査で実施した現地波浪観測の実測データと比較することにより、再解析データの信頼性について調べる。

下表は Addu 環礁オーシャン側において、高波浪データの得られている一時期（2019 年 2 月 9 日～28 日）について、両者の比較を行ったものである。なお、再解析データは、現地波浪観測地点に最も近いグリッドのデータを用いているが、両者には数十 km 程度の位置の差がある。左図は両者の波高変化 ( $H_{1/3}$ ) の時系列を示し、右図はその相関関係を示す。これらの結果より、ERA5 のデータは実測結果に比べて大きめの傾向とはなるものの、両者には高い相関関係が見られる。両者の波高の違いは、再解析データは沖波を対象としているのに対し、実測結果はリーフ近傍の

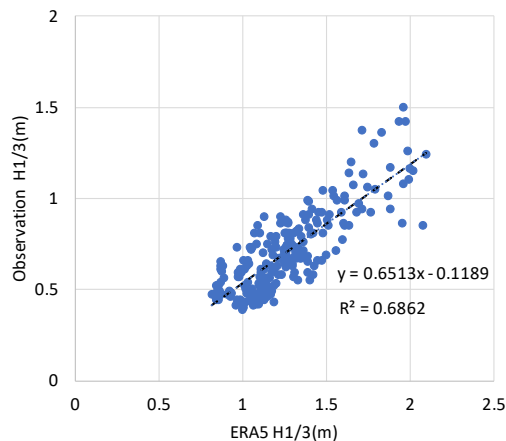
水深 -17 m 付近のものであるため、海底地形の影響を大きく受けると考えられ、これらの違いが起因している可能性がある。以上より、両者に違いが見られるものの、両者に高い相関が確認されたことから、沖波波浪特性の検討において、再解析データが利用可能であることが示された。



出典：JICA 調査団

図 2.1.7 再解析データ (ERA5) と実測値の  $H_{1/3}$  の経時変化の比較

(縦軸： $H_{1/3}$  (m)、横軸：日時)



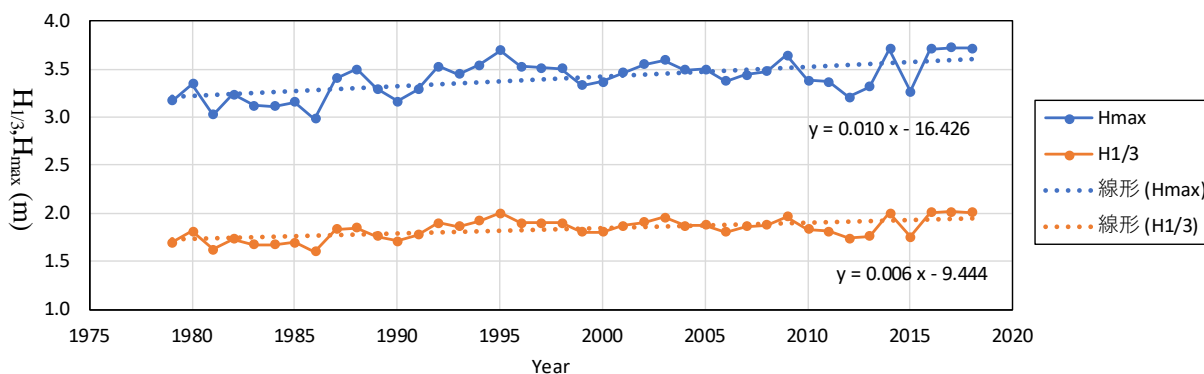
出典：JICA 調査団

図 2.1.8 再解析データ (ERA5) と実測値の相関

(縦軸：実測値  $H_{1/3}$  (m)、横軸：ERA5  $H_{1/3}$  (m))

## 2) 長期の波浪特性

図 2.1.9 は、Addu 環礁近傍における再解析データ (ERA5) から得られた 1979 年から 2018 年までの約 40 年間における月別平均波高 ( $H_{1/3}$  及び  $H_{max}$ ) の年最大値の変化を示す。これより、 $H_{1/3}$  及び  $H_{max}$  とも増加傾向が見られるが、 $H_{max}$  の場合で約 1 cm/年、 $H_{1/3}$  の場合で約 0.6 cm/年と小さい値となっている。これらの値は、 $H_{1/3}$  および  $H_{max}$  それぞれの月別平均波高の値に比べていずれも 1% 以下と小さいため、本検討では外洋で発生する波高の増大の影響については考慮しないものとする。



出典：JICA 調査団

図 2.1.9 長期的な波高変化 (再解析データ)

### (3) 波浪観測による環礁地形での波浪特性の検討

#### 1) 波浪観測の概要

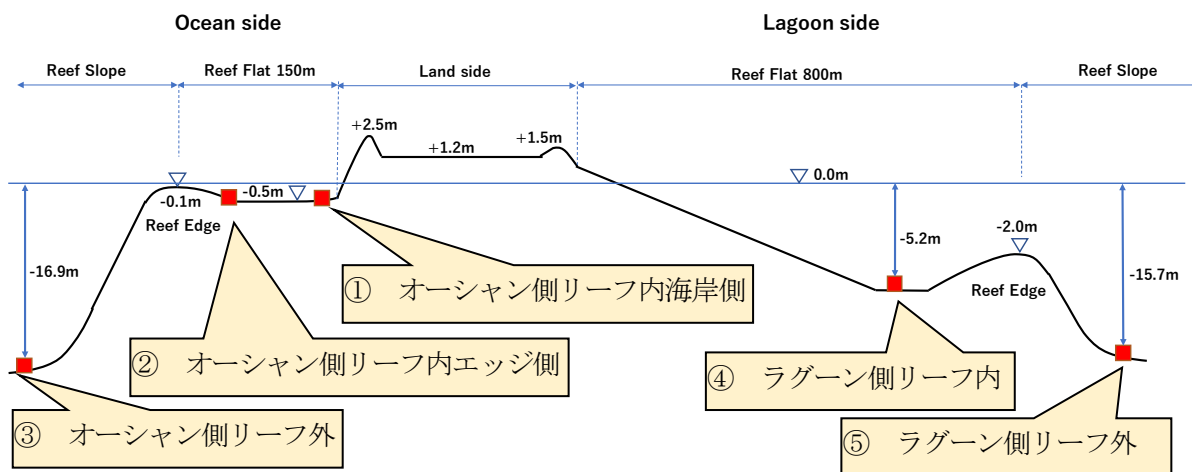
「モ」国のようなサンゴ礁地形を有する海域では、沖から伝搬する波は、リーフスロープを経てリーフエッジで砕波し、その後リーフフラットを伝搬した後に海岸に到達する。さらにリーフエッジでの砕波に伴う水位上昇 (Wave Set-up) や、波の分裂等の影響により、リーフエッジ内外で、その波浪特性は大きく変化する。また「モ」国の各島は環礁の縁に形成されているため、外海側 (オーシャン側) と内海側 (ラグーン側) とで波浪特性は大きく異なる。これより本調査では、これらのリーフ地形や環礁内外における波浪特性の違いを明らかにするため、環礁の内外及びリーフ内外に海底設置型波高計を設置し、波浪・水位観測の同時観測を実施した。

「モ」国では、北東モンスーン期と南西モンスーン期の2時季で風況が変化し、これに伴い波浪特性も2時季で変化する。これよりリーフ外では、これら季節変化を把握するために、観測期間を1年間とした。一方リーフ内の波浪観測については、リーフ地形の影響を大きく受けるため、リーフフラット上で適宜移設を行いながら、効率的に計測を行った。

本調査での観測場所は Hankede、Meedhoo (共に Addu 環礁)、Fonadhoo、Maamendhoo (共に Laamu 環礁) の4か所である。

#### 2) 観測地点

本報告書での観測結果の考察はデータ回収が完了している2019年2月～8月のAddu環礁Hankedeにおけるデータをもとに考察を行う。Hankedeではオーシャン側のリーフ内(2か所)、リーフ外、ラグーン側のリーフ内、リーフ外の5か所で計測を実施した。計測場所の地形的特徴について図2.1.10に示す。設置場所の座標値などの詳細な情報は補足資料に記載する。



出典：JICA 調査団

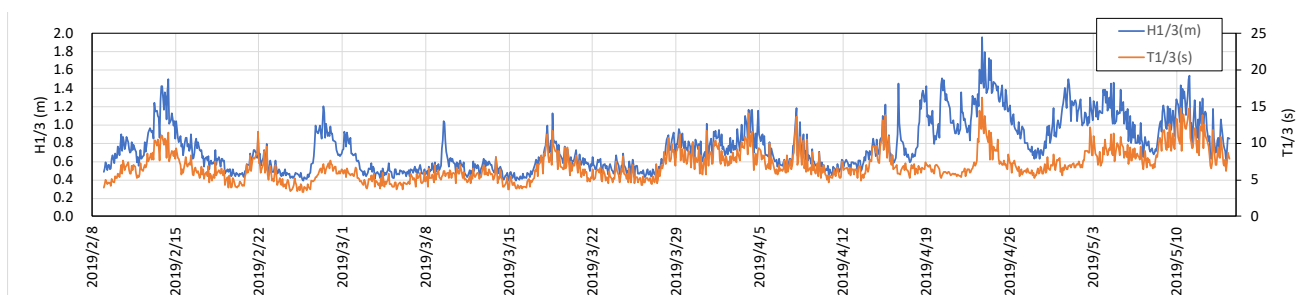
図 2.1.10 波浪観測位置図



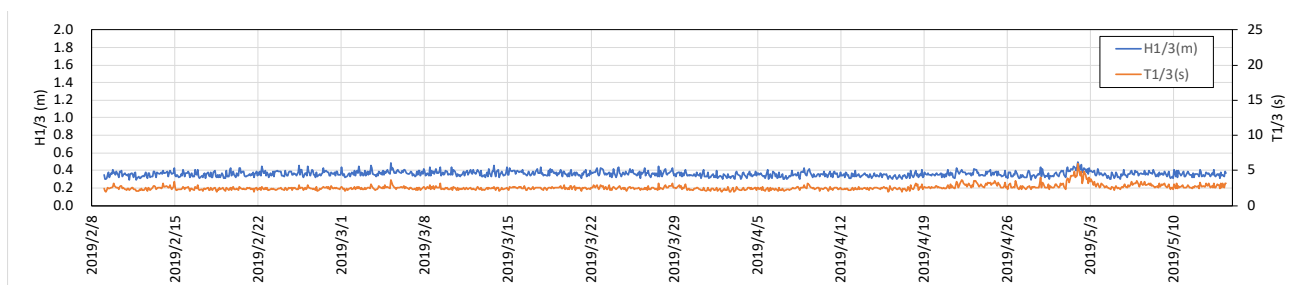
### 3) 観測結果の考察

#### ① オーシャン側とラグーン側の波浪特性の違い

オーシャン側とラグーン側のリーフ外において2019年2月から5月までの有義波高( $H_{1/3}$ )、有義波周期( $T_{1/3}$ )の経時変化を図2.1.11に示す。



① オーシャン側(d = -16.9 m)



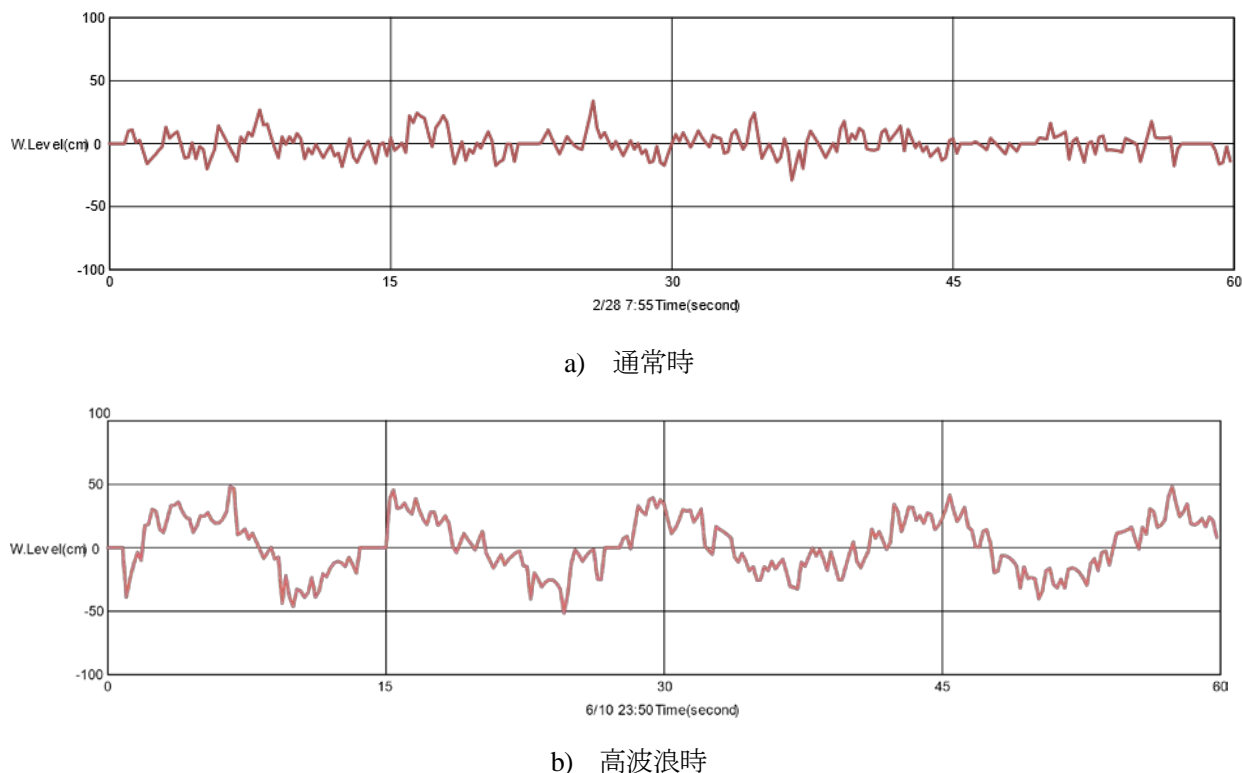
④ ラグーン側 (d = -15.7 m)

出典：JICA 調査団

図 2.1.11 有義波高( $H_{1/3}$ )と有義波周期( $T_{1/3}$ )の経時変化

上記の結果より、オーシャン側では気象擾乱に応じて波高は変動し、通常時で  $H_{1/3}=0.5$  m 程度、高波浪時で  $H_{1/3}=2$  m 程度の波高が観測されている。周期については通常時で  $T_{1/3}=6\sim 8$  s 程度であるが、高波浪時には15秒程度のうねりも計測されている。一方ラグーン側では波高、周期とも顕著な変動は見られず、 $H_{1/3}$ は0.4 m程度、 $T_{1/3}$ は2、3秒程度とほぼ一定であった。

ラグーン側の波浪成分としては、ラグーン内で発生する風波、及び外海側から環礁海峡部から侵入する波浪の2成分が考えられる。図2.1.12は、ラグーン側のリーフ外で計測された、通常時(2019年2月28日)及び高波浪時(2019年6月11日)の水位波形の一例を示す。通常時では、風波と考えられる短周期の10~20 cm程度の水位変動が見られる一方、高波浪時には周期12秒程度の変動にこの短周期成分が重なった変動となっている。



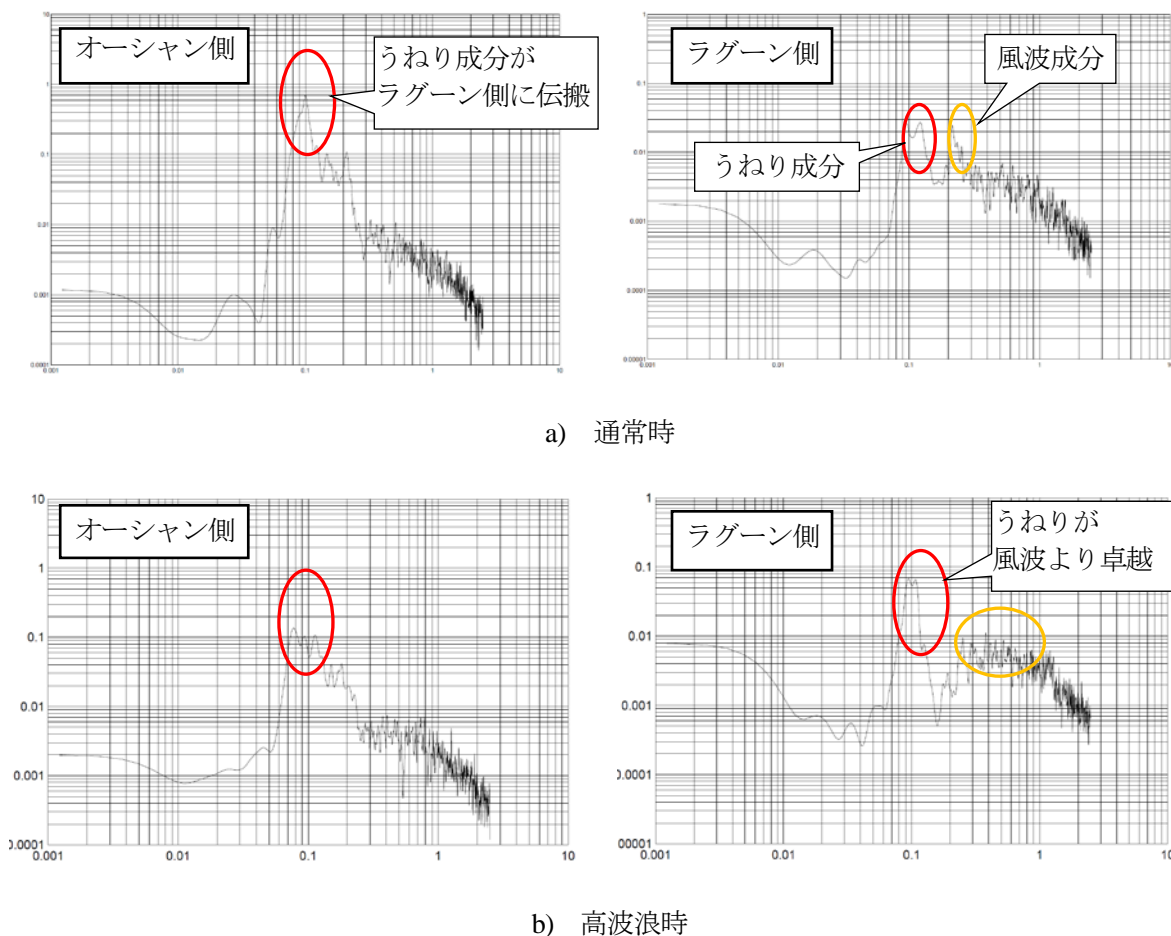
出典：JICA 調査団

図 2.1.12 ラグーン側で計測された水面変動の一例

これらの特性をさらに詳細に調べるために、得られた水位変動より、オーシャン側の波浪の通常時及び高波浪時におけるオーシャン側、ラグーン側それぞれのパワースペクトルを示したものが図 2.1.13 である。

ラグーン側のスペクトルには、通常時及び高波浪時とも、オーシャン側と同様に 0.1 Hz (周期 10 秒程度) 付近のパワーのピークが見られる。またこれより高周波数側の 0.2~0.3 Hz 付近 (周期 3~5 秒程度) で、風波成分と考えられるパワーのピークが見られる。これより、ラグーン側の波浪は、ラグーン内で生成される風波成分と、オーシャン側のうねり成分が環礁海峡部を介して伝搬してきた波浪の 2 成分であることが分かる。

また通常時のラグーン側のパワースペクトルのそれぞれのピーク値は、同程度となっているのに対し、高波浪時はうねり成分のスペクトルが支配的となっている。これよりラグーン側で示される波高値は、特に高波浪時ではオーシャン側から伝搬してきたうねり成分によるものであると考えられる。



出典：JICA 調査団

図 2.1.13 波浪のパワースペクトル（縦軸：スペクトル密度 (m2s)、横軸：周波数 (Hz)）

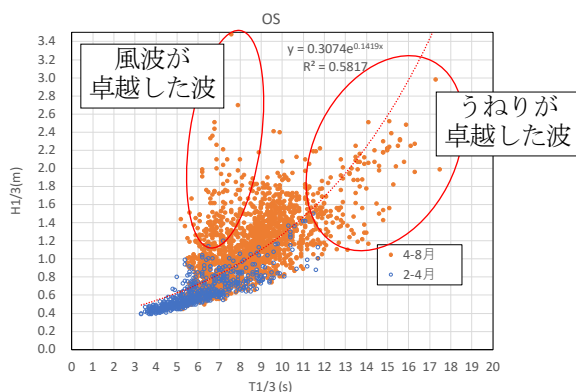
## ② 季節による波浪特性の変化

### (a) オーシャン側

オーシャン側リーフ外の波高と周期の関係図を図 2.1.14 に示す。図の中で2月～4月の北東モンスーン期を青色、4月～8月の南西モンスーン期を橙色で示している。

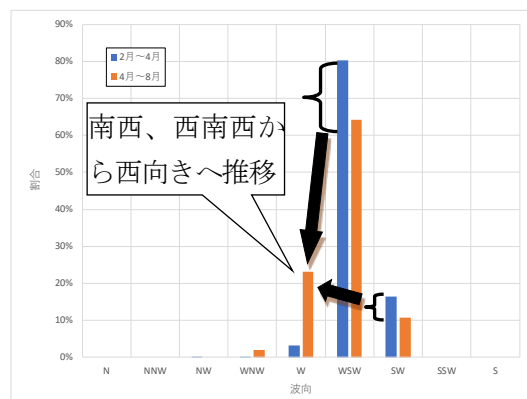
オーシャン側リーフ外では風波だけではなく長周期のうねりが複合して発生しており、高波浪も主に風波とうねりが卓越したものも両方が観測されている。オーシャン側では海岸が南西側を向いていることもあり、2月～4月に比べて4月～8月（南西モンスーン期）に高波浪が顕著に観測されている。

図 2.1.15 にオーシャン側リーフ外における波高の頻度図を示す。オーシャン側では基本的にはどの時期も西から南西方向から波が襲来しており、波向もモンスーンの季節変動に伴い変化していると予想される。ただし、本調査で波を計測した地点は水深 15～17 m 程度のため、屈折の影響により波向きが陸地に対して垂直に変化しているため、それほど大きな季節変動は見られない。ただしわずかながら南西モンスーン期には波向きが南西、西南西から西向きへのシフトが見られる。



出典：JICA 調査団

図 2.1.14 波高と周期の関係  
(①オーシャン側リーフ外)

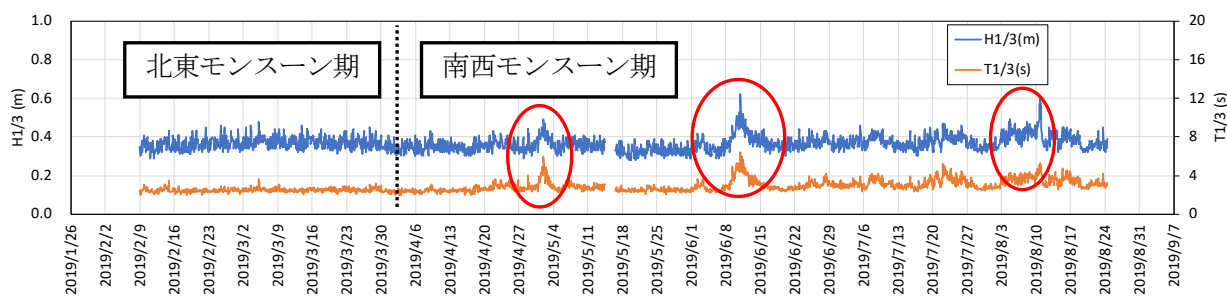


出典：JICA 調査団

図 2.1.15 波向の頻度図  
(①オーシャン側リーフ外)

(b) ラグーン側

ラグーン側リーフ外の2月～8月の  $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$  の経時変化を図 2.1.16 に示す。上述の通り、ラグーン側では  $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$  ともにほとんど変動がないが、南西モンスーン期には数回高波浪が観測されている。



出典：JICA 調査団

図 2.1.16 波高と周期の経時変化 (④ラグーン側リーフ外)

② リーフ内外の波浪特性の変化

当地点は図 2.1.10 に示す通り、オーシャン側、ラグーン側ともリーフエッジが存在するが、ラグーン側のリーフラット、リーフエッジ高ともオーシャン側に比べて深く、最も高いリーフエッジにおいてもその地盤高は MSL -2 m 程度である。これよりラグーン側で生じる波高がリーフエッジで砕波することはない。一方オーシャン側では、リーフエッジ高が MSL -0.1 m、リーフラットが MSL -0.5 m と浅いため、リーフエッジで砕波した波が海岸に到達する。これより、リーフ地形によるリーフ内外の波浪特性の変化については、オーシャン側の観測データを用いて検討する。

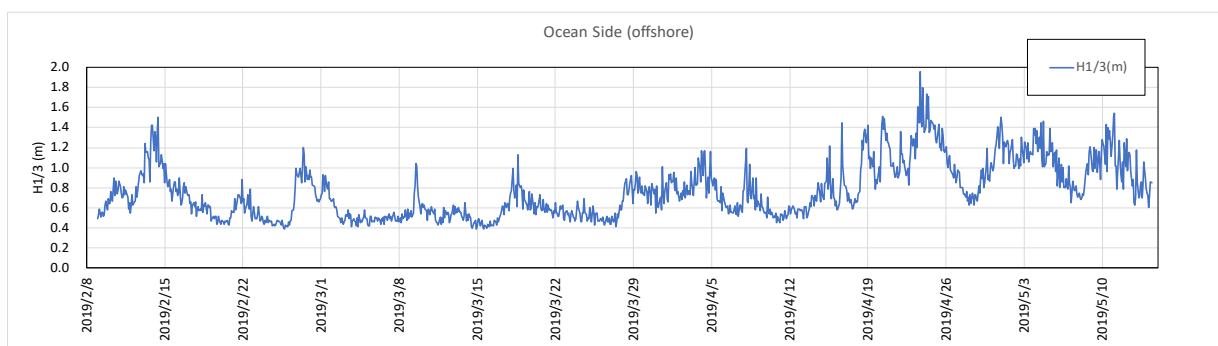
(a) 波高

リーフ内外における波高の経時変化の一例を図 2.1.17 に示す。後述するが、リーフ内の波浪はリーフエッジでの碎波に伴うサーフビート（長周期成分）が生じ、一般的な波別解析による波高の算定には、その適用性に問題がある。これよりリーフ内における波高の算定は、下記に示すスペクトルと代表波の関係式を用いて計算した。

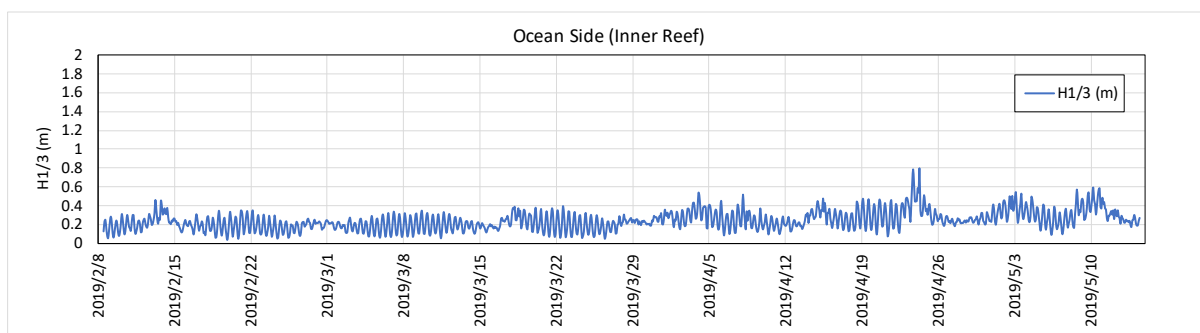
$$H_{1/3} \cong H_{m0} = 4.004 \sqrt{m_0} \sqrt{m_0} \quad m_0 = \int_0^{\infty} s(f) df$$

S(f) …周波数スペクトル密度

図 2.1.17 より、リーフ内波高はリーフ外波高とは異なる挙動を示しており、主に潮位の変動によって発生する波高が規定されていることがわかる。ただし、リーフ外で高波浪が発生したときはリーフ内波高にもその影響が見られ、高波浪が発生していることがわかる。



① リーフ外 (d = -16.9 m)



② リーフ内 (d = -0.5 m)

出典：JICA 調査団

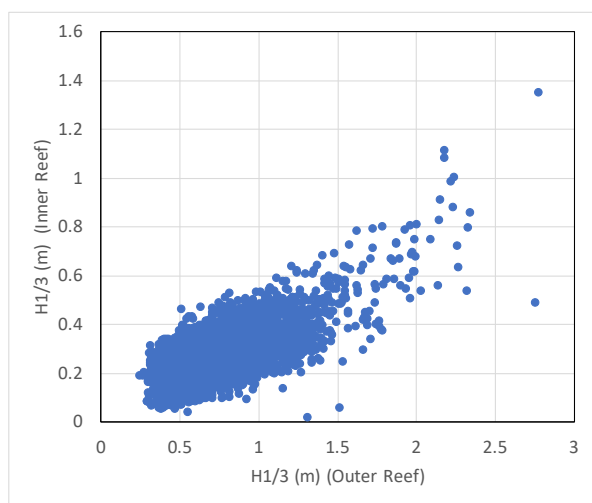
図 2.1.17 リーフ内外の H<sub>1/3</sub> の経時変化（オーシャン側）

つぎに、リーフ内波高とリーフ外波高との相関を図 2.1.18 に、リーフ内波高と水深変化との関係を図 2.1.19 に示す。これらより、リーフ内の波高はリーフ外波高及びリーフ内の水深変化と相関性があることが分かる。特に図 2.1.19 が示すようにリーフ内の高波浪イベントは水深だけに相関しているわけではなく、リーフ外波高の影響が大きいことがわかる。しかしながら通常、海岸に打ちあがる波はリーフ上の水深により規定されるため、気候変動による水位上昇は、リーフ上

波高の顕著な増大を招くことが示唆される。気候変動による水位上昇がリーフ内波高に及ぼす影響については、6.2節で示す。

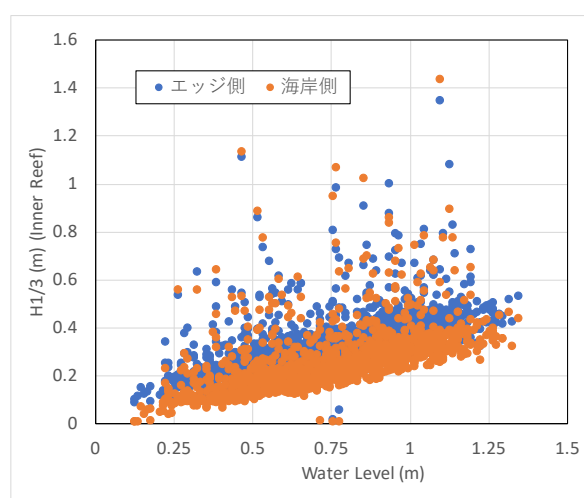
図 2.1.19 では、リーフエッジからの距離の異なる 2 地点での結果を示し、青がリーフエッジからの距離が 50m、赤が 120m の結果を示す。異なる 2 地点で波高は 2 割程度減少しており、リーフフラット上を波が進むにつれて、波高が減少していくことがわかる。この波高の減衰は、主にリーフフラットの底面粗度の影響により、波エネルギーが減衰することによるものと考えられる。

このようにリーフの存在により、リーフエッジでの砕波及びリーフフラット上での波の減衰の、2つの自然の波浪低減効果が得られることがわかる。



出典：JICA 調査団

図 2.1.18 リーフ内外の波高の関係

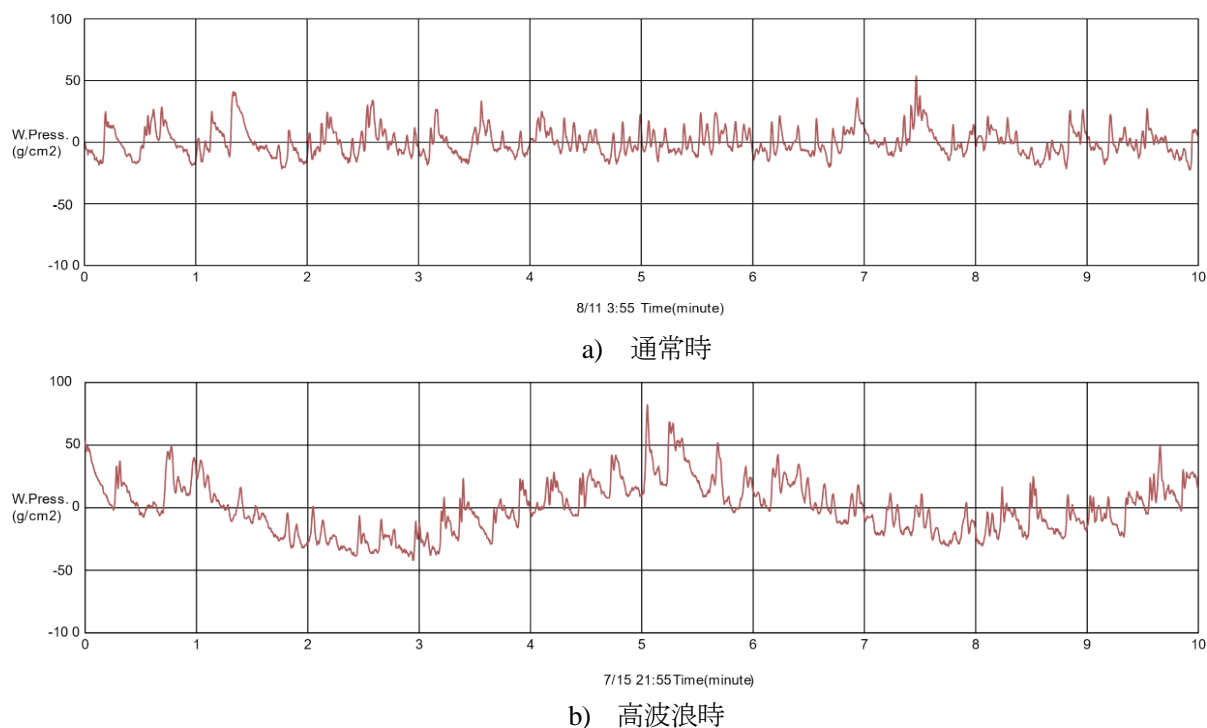


出典：JICA 調査団

図 2.1.19 リーフ内波高と水深変化との関係

(b) リーフ内でのサーフビート

図 2.1.20 は通常時及び高波浪時において計測されたリーフ内水位変動の一例を示す。高波浪時においては、顕著な長周期変動が見られ、これが砕波に伴うサーフビート成分である。リーフ上では、この長周期成分は海岸とリーフエッジ間で共振するため、一般的な砂浜海岸に比べてより顕著となる。このようなサーフビート成分は、リーフ外の波浪エネルギーが高いほど顕著となることが知られており、この結果はそれを示すものである。



出典：JICA 調査団

図 2.1.20 リーフ内で観測されたサーフビートの一例

#### (4) 波浪特性のまとめ

- ・ 40年間の再解析データより、「モ」国の沖波波浪は、増加傾向が見られるが、その増加の程度は  $H_{1/3}$  で 0.6 cm/年程度とごく僅かである。
- ・ 一方、「モ」国のようなリーフを有する海岸においては、海岸に到達する波はリーフ地形の影響を大きく受け、リーフ上の水深で規定される。
- ・ 環礁内外ではその波浪特性は大きく異なり、オーシャン側（外海側）では気象擾乱に応じた波高変化が生じる。一方ラグーン側の波浪は、ラグーン内で発生する風波と、環礁海峡部から伝搬してきたオーシャン側のうねり成分が混在したものである。特にオーシャン側の高波浪時には、ラグーン内の波浪も、このオーシャン側の波浪の影響を大きく受け、波向きによってはラグーン内の波高が増大する。
- ・ リーフの存在により、リーフエッジでの碎波、及びリーフフラット上での減衰効果の、2つの自然の波浪低減効果が得られる。

## 2.2 サンゴ環境および水質の現状

### 2.2.1 サンゴの生息状況

#### (1) 「モ」国全体としてのサンゴの生息状況

サンゴ礁は「モ」国の国土の基礎をなし、主要産業である観光と漁業を支えるものである。しかしながら、開発行為並びに気候変動による海水温上昇によりストレスを受けやすい。1998年の大規模なサンゴ白化現象の以前は、「モ」国の中央部の3環礁において部分的な白化現象が見られた程度である。しかしながら、1998年には、「モ」国をはじめとしてインド洋全体にわたり近年では最も大規模なサンゴの白化現象が起これ、「モ」国全土においても、サンゴの白化現象によって、浅瀬のサンゴの90%が死滅したと言われている。その結果、「モ」国全土のサンゴ被覆率が50%から10%まで低下したと言われている。種によってその被害度は異なり、Acropora種は減少したが、massiveサンゴ(Poritesなど)やencrustingサンゴ(Pavona, Leptastreaなど)は生存していた。

その後、2010年の軽易な白化現象、2014年の津波、2015年のオニヒトデの大発生など、サンゴの生育に影響を及ぼす現象が起きたが、全体的にみるとサンゴは回復傾向にあり、2014年には、1998年の白化現象以前の状態まで被覆率が回復したと言われている。2014年の津波では、サンゴの回復度合いを減少させた程度であり、白化現象のように死滅に至らせるものではなかった。また、白化現象に加えて、開発のための砂の浚渫、海岸開発に伴う浚渫・埋立などの開発行為が、サンゴへの被害を増大させている<sup>9)</sup>。

しかしながら、2015～2016年にかけてのエルニーニョ並びにそれに引き続く2016年の海面水温異常により、1998年以来の大規模なサンゴの白化現象が起こった。海水温上昇は、サンゴの白化を引き起こす主なストレスであり、長期にわたる海水温の上昇によりサンゴの白化が促進される。2017年に実施された調査によると、調査した71地点(11環礁)の73%において、サンゴの白化現象が見られた。深さ別の白化度は、7m以下より7～13mの深さに生息するサンゴがより白化の影響を受けていた。また、外洋側とラグーン側での比較では、白化の状況にあまり違いは見られなかった。

#### (2) 対象環礁でのサンゴの生息状況

対象とする事業が海岸線からリーフ内にかけての範囲で実施されることから、各環礁・島の事業対象地近辺において、サンゴの生息状況調査(ライントランセクト)を実施した。

Addu環礁Hithadhoo島での一つの測線(L4測線)での調査結果を下述する。ラグーン側の中間付近以降リーフエッジまではサンゴ岩が50%を締め、サンゴは3%の範囲のみである。一方、外洋側は、15%の範囲にサンゴが生息しているが、藻場が多く広がっている(32%)。この測線では、塊状サンゴ(Massive type)および板状サンゴ(Plate type)の種が多く確認できた。Addu環礁Hithadhoo島に近いMaradhoo島には、Favites、Platygyraなどの塊状、板状のサンゴが生息している<sup>10)</sup>。



表 2.2.1 Addu 環礁 Hithadhoo 島の L4 測線での海底の状態

	海底の状態 (底質)	L4 ラグーン側		4L 外洋側		備考
		延長 (m)	割合 (%)	延長 (m)	割合 (%)	
1	Coral	29	3%	17	15%	
2	Coral Rock	442	50%	0	0%	
3	Coral Rock + Seaweed	10	1%	0	0%	
4	Seaweed	0	0%	38	32%	
5	Sand	253	29%	0	0%	
6	Rock	142	16%	62	53%	
	計	876	100%	117	100%	

注：延長・割合は、ライントランセク上で観察されたものであり、測線の周囲での状況を示したものではない。

出典：JICA 調査団

1998 年のサンゴの白化現象は Addu 環礁においても顕著であり、Gan 島ラグーン側では、サンゴ被覆率は数%まで落ち込んだ。その後、順調に回復し、2009 年には 20 %まで増加している<sup>9)</sup>。その後、2016 年の白化現象を経たものの、上記調査結果（ラグーン側で 54 %）は、ラグーン側のサンゴの回復状況を示している可能性がある。

Laamu 環礁 Fonadhoo 港南西のリーフ内には、*Acroporidae*、*Faviidae*、*Poritidae* などのサンゴが生息していることが記録されている<sup>10)</sup>。なお、Laamu 環礁においては、Addu 環礁同様のサンゴの生息状況調査は 2019 年 12 月に実施する。

## 2.2.2 水質調査結果

対象とする事業が海岸線からリーフ内にかけての範囲で実施されることから、各環礁・島の事業対象地近辺において、多項目水質計を用いて水質調査（pH、溶存酸素（DO）、電気電解度（EC）、濁度（Turbidity）、水温及び塩分濃度）を実施した。なお、水質については、海水に加えて、陸域の地下水・水道水の水質も測定した。測定は、2019 年 2 月（北西モンスーン）及び 2019 年 8 月～9 月（南西モンスーン）の 2 時期である。

サンゴの成長に理想的な海水の水質は以下のとおりである<sup>12)</sup>。

表 2.2.2 EPA が規定しているサンゴの成長に適切な海水の水質

	項目	適切な範囲	備考
1	水温	18°C～32°C	
2	塩分濃度	3.2%～4.2%	
3	pH	8.0～8.3	pH7.4 以下ではサンゴの成長にストレスが生じる
4	濁度	3～5NTU	>5NTU ではサンゴの成長にストレスが生じる
5	COD	<20 mg/L	

出典：EIA Data Collection Guidelines<sup>12)</sup>

測定データの内、両環礁とも、海面付近、海底付近ともに pH がかなり低い値を示している。上表のとおり、pH<7.4 以下は、サンゴの成長にストレスを与える値であり、次表に示す測定結果は、海洋酸性化が進んでいることを示唆し、サンゴをはじめとする炭酸カルシウム骨格を生成する海洋生物（サンゴ、貝、ウニなど）の石灰化・成長を阻害している可能性がある<sup>13)</sup>。

Addu 環礁においては、濁度は海岸近辺では高い値を示しているが、サンゴの成長に影響を与える値 (>5) よりは、低い値を示している。しかしながら海底付近では、測定場所により基準値に近い値を示している。リーフ内でも海岸から離れると、きわめて低い値を示していることから、サンゴの成長に適している。塩分濃度は海岸近辺とリーフ内ではそれほどの違いは見られない。

Laamu 環礁においては、主に砂浚渫地近辺で水質を測定したが、濁度は一概に低い値を示している。一方、溶存酸素は、浚渫地は水深があることから低い値を示しているが、浅瀬では比較的高い値を示している。

表 2.2.3 Addu 環礁における海水の水質調査結果（平均値）

調査場所	測定日	pH	DO	Electrical Conductivity	Turbidity	Temperature	Salt
			(mg/L)	(S/m)	(NTU)	(°C)	(‰)
Upper	2019年2月7日	5.92±0.41	4.89±2.36	5.24±0.79	0.42±0.65	29.79±0.59	35.24±5.75
	2019年8月25日	5.44±0.01	4.45±0.03	37.00±1.09	0.75±0.87	30.90±0.43	0.05±0.20
Middle	2019年2月7日	5.54±0.60	2.26±2.46	4.25±1.40	0.73±1.62	29.56±0.50	27.96±10.21
	2019年8月25日	5.47±0.00	7.08±0.00	5.20±1.49	1.34±0.44	30.26±0.06	34.99±0.00
Low	2019年2月7日	5.69±0.73	2.84±3.04	4.31±1.35	3.64±6.48	29.54±0.41	28.39±9.85
	2019年8月25日	5.44±0.02	6.63±0.01	5.21±2.46	2.00±2.34	29.83±0.43	35.00±0.09

出典：JICA 調査団

表 2.2.4 Laamu 環礁における海水の水質調査結果（平均値）

調査場所	測定日	pH	DO	Electrical Conductivity	Turbidity	Temperature	Salt
			(mg/L)	(S/m)	(NTU)	(°C)	(‰)
Gan 島北部	2019年2月28日	6.25±0.03	7.75±0.75	5.31±0.05	1.97±2.00	29.90±1.30	35.67±0.55
Fonadhoo 島南部	2019年2月28日	6.17±0.02	11.00±2.77	5.40±0.09	10.79±26.23	30.71±0.87	36.44±0.69
Fonadhoo 島南部	2019年2月28日	6.16±0.00	9.03±1.18	5.34±0.08	1.58±2.83	32.50±1.16	36.15±0.58

出典：JICA 調査団

両環礁における陸水（井戸水及び水道水）の水質調査の結果を次表に示す。陸水は地下水、水道水ともに塩分は極めて低い値を示しているが、pH は酸性を示している。Addu 環礁 Feydhoo 島での地下水の水質調査の結果では、pH は 7.5～7.9 の値を示しており、今回の測定結果は既存資料と比較しても極めて低い値を示している<sup>14)</sup>。

表 2.2.5 Addu 環礁における陸水の水質調査結果

調査場所	測定日	pH	DO	Electrical Conductivity	Turbidity	Temperature	Salt
			(mg/L)	(S/m)	(NTU)	(°C)	(‰)
水道水	2019年2月7日	5.83±0.01	5.69±3.32	35.07±55.29	4.60±4.68	28.30±1.11	0.10±0.17
	2019年8月31日	5.44±0.03	4.45±2.50	37.00±44.97	0.75±1.06	30.90±2.40	0.05±0.07

出典：JICA 調査団

表 2.2.6 Laamu 環礁における陸水の水質調査結果

調査場所	測定日	pH	DO	Electrical Conductivity	Turbidity	Temperature	Salt
			(mg/L)	(S/m)	(NTU)	(°C)	(%)
井戸	2019年3月2日	6.25±0.04	3.89±1.51	71.67±13.64	3.05±5.07	29.23±0.82	0.15±0.08
	2019年8月31日	5.28±0.00	3.13±1.74	46.54±41.27	0.47±0.81	28.67±0.71	0.23±0.15

出典：JICA 調査団

## 2.3 経済・社会条件に関する基本情報

### 2.3.1 「モ」国全土

#### (1) 人口

2014年の人口センサスによれば「モ」国の全国人口は約40万人である。このうち、外国人は約6万人で、残りが地元の住民である。地元住民の男女の人口構成比は男性51%、女性49%と、ほぼ均衡している。外国人の男女の人口構成比は男性88%、女性12%となっており、外国人の人口に関しては圧倒的に男性の比率が高い。また「モ」国の国土面積は298 km<sup>2</sup>(=29,800 ha)で、2014年時点の居住人口の人口密度は13.49 ha/km<sup>2</sup>である。

表 2.3.1 2014年センサス時の男女別人全国人口

人口	合計	男性	女性
全人口	407,660	230,453	177,207
居住人口	402,071	227,749	174,322
「モ」国人	338,434	171,962	166,472
外国人	63,637	55,787	7,850
非居住人口（海外居住する「モ」国人人口）	5,589	2,704	2,885

出典：Population & Housing Census 2014<sup>15)</sup>

また過去約50年の「モ」国人の居住人口の変化を見ると、1967年は約10万人であったが、2014年のセンサス時には約3倍の約34万人に増加している。

表 2.3.2 1967年、1990年、2014年の「モ」国人居住人口

	1967年	1990年	2014年
「モ」国人居住人口	103,381	213,215	344,023

出典：Population & Housing Census 2014<sup>15)</sup>

また、2018年にUNFPAの支援の下、「モ」国国家統計局はMaldives Population Projections 2014-2054を公表している。この予測によれば、「モ」国の人口は下表の通りに推移することが予測されている。2014年のセンサスでは「モ」国の居住人口は約34万人であったが、2030年には居住人口は約2倍の約66万人に達する見込みである。また外国人の居住人口に占める割合が今後は高まっていくことが予測されている。

表 2.3.3 居住人口の将来予測

	2020	2030	2040	2050	2054
居住人口	557,426	665,256	784,780	916,951	974,359
「モ」国人	379,270	438,245	491,051	539,795	557,537
外国人	178,156	227,011	293,729	377,156	416,822
「モ」国人人口/ 居住人口	68%	66%	63%	59%	57%
外国人人口/ 居住人口	32%	34%	37%	41%	43%

出典：Maldives Population Projections 2014-2054, National Bureau of Statistics<sup>7)</sup>

## (2) 主要産業

「モ」国の主要産業は観光業と水産業である。観光業はGDPの25.3%を占める主な外貨獲得源で、政府歳入の39.8%を占める。2010～2014年の5年間では、観光業は年平均7.58%（2003年物価水準）の伸びを示した。1島1リゾート計画に基づき、全国1,192島のうち111島がリゾート島となっている。2014年の観光客は120万人で、多い順に中国（36.3万人）、ドイツ（9.8万人）、英国（8.8万人）である（日本は3.8万人、第8位）。

水産業はGDPの1.3%であるが、雇用の7.1%、輸出品の98%を占めている（2007年）。主な魚種はカツオ（水揚げ量の53%）及びマグロ（同38%）であり、特産品としてかつお節も生産されている。

## 2.3.2 Laamu 環礁

### (1) 人口

Laamu 環礁の2014年の居住人口は12,676人で、うち「モ」国人の人口は11,795人である。2006年の「モ」国人の人口が11,743人だったので、8年間で約100人増えたに過ぎない。居住人口の男女比率については男性の方が大きい、「モ」国人に着目すると女性の方が大きい。

表 2.3.4 2014年センサス時のLaamu 環礁における男女別人口

人口	合計	男性	女性
居住人口	12,676	6,648	6,028
「モ」国人	11,795	5,859	5,936
外国人	881	789	92

出典：Population & Housing Census 2014<sup>15)</sup>

またMaldives Population Projections 2014-2054によれば、下表の通り、2054年のLaamu 環礁の人口は2014年の人口に比べると若干減少する。同ProjectionsにはLaamu 環礁の外国人人口の予測のデータは掲載されていないが、外国人のシェアが高くなる全国的な傾向からLaamu 環礁でも外国人の居住人口は増えていくものと考えられる。

表 2.3.5 「モ」国人居住人口の将来予測

居住人口	2014	2054
「モ」国人	11,795	11,279

出典：Maldives Population Projections 2014-2054, National Bureau of Statistics<sup>7)</sup>

Laamu 環礁には 12 の Locality があり、最も人口が多いのが Gan 島で 3,080 人、Fonadhoo 島が 2,266 人で続く。人口密度は Maamendhoo 島が最大で 47.9 人/ha である。人口、面積ともに最大なのが Gan 島であるが、人口密度は 4.6 人/ha と他の Locality 比べても低い。

表 2.3.6 各 Locality の居住人口・面積・人口密度

	居住人口(人)	面積(ha)	人口密度(人/ha)
Isdhoo	958	145.5	6.6
Dhanbidhoo	647	53.2	12.2
Maabaidhoo	649	59.2	11.0
Mundoo	236	23.6	10.0
Gan	3,080	663.0	4.6
Maavah	1,530	38.4	39.9
Fonadhoo	2,266	162.6	13.9
Gaadhoo	178	69.1	2.6
Maamendhoo	896	18.7	47.9
Hithadhoo	1,007	112.6	8.9
Kunahandhoo	650	91.7	7.1
Kalhaidhoo	579	27.1	21.3

出典: Population & Housing Census 2014<sup>15)</sup>

## (2) 産業

Laamu 環礁の主要産業は観光業と水産業である。観光業では Six Senses というリゾート島がある。その他、Fonadhoo 島に 1 軒、Gan 島に 3 軒のホテルがある。また Isdhoo 島、Gan 島、及び Fonadhoo 島に仏教遺跡があり、近年、これらの歴史的遺産を活かした観光開発を推進している。

水産業に関しては、Maandhoo 島に Horizon Fisheries 社の水産加工工場があり、繁忙期には 1,000 人の従業員が働いている。また最大 100 トン/日のツナの加工能力を有する。その他、小規模の鯉節工場が各島の沿岸に点在している。

## 2.4 土地利用・開発の現状、重要インフラ・構造物の現状

### 2.4.1 土地利用、開発の状況

#### (1) 「モ」国全土

「モ」国において、島は住民島(Inhabited Island)、リゾート島 (Resort Island)、産業島 (Industrial Island) の 3 つに大別される。セメント工場や飲料の工場などの大規模な工業用地は産業島に立地しており、住民島に居住と工業の土地利用が混在し、住環境に悪影響を及ぼすような土地利用は殆ど見られない。

土地利用については Ministry of Housing and Urban Development が Regulation for preparation of land use plan を策定しており、同規制に準拠して計画を策定している。同規制において、沿岸域におけるセットバックについても記載があり、居住エリアの立地については海岸から 20 m セットバックすることが記載されている。その一方で、Survey of Climate Change Adaptation Measures in Maldives によれば、実際には各島が独自に決めている主旨の記載がある。実際、Addu 環礁の Hithadhoo 島のオーシャン側北部や Laamu 環礁の Fonadhoo 島のオーシャン側、Maamendhoo 島の西側では、セットバックが 20 m にも満たない箇所が散見される。



出典: Google Map を JICA 調査団で加工

図 2.4.1 セットバックの小さい居住地域 (Addu 環礁 Hithadhoo 島オーシャン側)

## (2) Laamu 環礁

Laamu 環礁において、大規模な工業利用は Maandhoo 島の水産工場だけである。その他の住民島では沿岸に小規模な鯉節工場が見られるが住環境に影響を及ぼすような土地利用ではない。

Fonadhoo 島のオーシャン側、Maamendhoo 島の西側では、セットバックが 20m にも満たない箇所が散見されている。これらの島は人口密度も高く、居住エリアが陸側から海側の方に拡大したものと考えられる。Gan 島や Isdhoo 島などの他の島々においては、居住地域では海岸からのセットバックは 20m 以上確保されている。

下図は Gan 島の土地利用図である。緑色で示した部分がセットバック部分であり保全地域となっている。



出典: Gan Island Council より入手

図 2.4.2 Gan 島の土地利用図

## 2.4.2 重要インフラ・構造物の現状及び災害リスク

「モ」国の National Adaptation Programme of Action (NAPA) と Climate Change Policy Framework では、①空港、②港湾、③幹線道路、④ユーティリティ（電力、上下水）、⑤廃棄物管理施設が重要インフラとして掲げられている。

### (1) 「モ」国全土

#### 1) 空港

「モ」国には下表の通り、全国に 14 の空港があり、うち国際空港の数は 4 つである。「モ」国で最も規模の大きい空港は首都マレ市・フルレ島にあるヴェラナ国際空港であり、同国の玄関口となっている。長さ 3,200 m、幅 45 m の滑走路が一本ある。

表 2.4.1 「モ」国の空港一覧

空港名	環礁	島
国際空港		
Gan International Airport	Addu City	Gan
Hanimaadhoo International Airport	Haa Dhaalu	Hanimaadhoo
Velana International Airport	Malé	Hulhulé
Maafaru International Airport	Noonu	Maafaru
国内線空港		
Dharavandhoo Airport	Baa	Dharavandhoo
Fuvahmulah Airport	Gnaviyani	Fuvahmulah
Ifuru Airport	Raa, Noonu	Ifuru
Kaadedhdhoo Airport	Gaafu Dhaalu	Kaadedhdhoo
Kadhdhoo Airport	Laamu	Kadhdhoo
Kooddoo Airport	Gaafu Alifu	Kooddoo
Dhaalu Airport	Dhaalu	Kudahuvadhoo
Villa International Airport	Alifu Dhaalu	Maamingili
Thimarafushi Airport	Thaa	Thimarafushi
Kulhudhuffushi Airport	Haa Dhaalu	Kulhudhuffushi

出典: Wikipedia

#### 2) 港湾

「モ」国の港湾は国際・地域港湾(international and regional port)、専有港(proprietary terminals)、私有栈橋(private jetty)、公共栈橋(public jetty)に大別されている。専有港は主にセメントや石油の輸送で使われており、私有栈橋はリゾート用に使われている。マレと各環礁の主要島を結ぶ航路はあるものの、主要島間を結ぶ航路の数は限られている。

#### 3) 幹線道路

「モ」国の多くは面積の小さい小島から構成されており、幹線道路と言える道路があるのは島間が橋梁や Causeway で結ばれている Male 島-Hulhule 島-Hulhumale 島の道路、Laamu 環礁の Fonadhoo 島-Kadhdhoo 島-Maandhoo 島-Gan 島の道路、Addu 環礁の Gan 島-Feydhoo 島-Maradhoo 島-Hithadhoo 島の道路の 3 本である。

表 2.4.2 「モ」国の主要道路

環礁	区間	道路延長	島間の接続方法
Kaafu 環礁	Male 島-Hulhule 島-Hulhumale 島	9km	橋梁、Causeway
Laamu 環礁	Fonadhoo 島-Kadhdhoo 島-Maandhoo 島-Gan 島	15 km	Causeway
Addu 環礁	Gan 島-Feydhoo 島-Maradhoo 島-Hithadhoo 島	15 km	Causeway、橋梁

出典: JICA 調査団

多くの島では島を縦貫する道路が 1 本あり、その道路を横断する形で海岸部に延びる道路が数本ある Fish-bone 型の道路網となっている。

#### 4) ユーティリティ（電力、上下水）

##### ① 電力

「モ」国の電化率は 100% で、2014 年時点においては南アジアで最も高い電化率である。1990 年時点では 6 つの島のみで 24 時間の電力供給が行われていたが、2011 年までに全ての島において電力の 24 時間供給が行われるようになった。2012 年時点の全国の発電量は 245 MW で、住民島が 120 MW、リゾート島が 105 MW、産業島が残りの 20 MW という内訳になっている。電力はマレ及び North Central 地域では STELCO (The State Electric Company, Limited) が電力供給をしており、その他の地域では 2012 年に設立された FENAKA が 149 島で電力を供給している。発電の殆どはディーゼル発電である。燃料代の高騰により財政を圧迫しているため、近年、政府は太陽光発電の導入を模索している。

##### ② 上下水

「モ」国の上下水は環境省の水衛生局 (Water and Sanitation Department) が管轄している。安全な水の供給と環境に優しい下水道の整備を主な役割としている。

##### 上水

かつては淡水レンズの水を汲み上げていたこともあったが、揚水量が多くなるとともに、塩水の混入や水質汚染が進み、近年では淡水レンズの水を使う住民は減っている。2016 年の環境省の調査によれば、「モ」国の住民の約 9 割が雨水を水源としている。またマレ市においては海水淡水化プラントより水が供給されている。

##### 下水

下水道整備はマレ市で 1985 年以降、他の住民島では 1992 年以降から進められてきた。2016 年時点の下水道普及率は 48% である。下水道が普及していない地域では、旧来の堅穴式トイレを使っている。環境省が 2017 年に策定した National Water and Sewerage Policy によれば 2019 年末までに下水道普及率を 76% に引き上げることを目標としている。

#### 5) 廃棄物管理施設

「モ」国において具体的に廃棄物関連の事案を担当するのは、環境省廃棄物及び公害管理局 (Waste Management and Pollution Control Department) である。廃棄物管理はマレ市などの都市部、その他の住民島、リゾート島でそれぞれ異なる。



## ① 都市部

マレ市、アッドゥ市においては、モ国政府が100%出資する廃棄物管理を担当する公社である、廃棄物管理公社(WAMCO: Waste Management Corporation Ltd、以下 WAMCO)が廃棄物処理を担当している。WAMCO は2016年1月に設立され、第2回調査時点では、モ国内に事業所が3か所あり、マレ広域区(マレ島、フルマーレ島、ヴィリンギリ島)、アッドゥ市、フォームラク島で業務を実施している。WAMCO では、家庭や事業所からの廃棄物の回収、廃棄物処理を担当する。

マレ市においては、回収された廃棄物は、直線距離で約6kmの距離にある、ティラフシ島で処理される。

## ② その他の住民島

原則として、住民島での廃棄物処理は、島カウンスルが管理するが、管理状況は島ごとに状況は大きく異なる。Laamu 環礁の Fonadhoo 島のように回収を始めている島もあれば、Gan 島のように住民がダンプサイトに捨てに行く島もある。

## ③ リゾート島

リゾート島では、廃棄物処理用の焼却炉を設置することが義務付けられている。リゾート島が新たに開業をする際には、焼却炉の設置がなければ、観光芸術文化省からの開業許可が下りない。なお、食品残渣は、現在海洋投棄が認められている。

## (2) Laamu 環礁

### 1) 空港

Laamu 環礁の空港は Kadhdhoo 島に Kadhdhoo 空港がある。Maldives Airports Company Limited が運営を行っている。長さ1,220m、幅30mの舗装された滑走路が一本あり、Maldivian 航空と Flyme 航空のプロペラの旅客機が首都の Male に就航している。また便によっては他の環礁を経由するものもある。滑走路から海岸までの距離は最も短いところで約200mであり、十分なセットバックが取れている。標高は海拔1.2mである。



出典：JICA 調査団

図 2.4.3 Kadhdhoo 空港

## 2) 港湾

無人島を除く各島に小規模な港があり、主に漁船が係留されている。また Maandhoo 島には水産加工工場があり、同工場の専用漁港がある。波の穏やかなラグーン側に港湾を整備している島が多い。



出典：JICA 調査団

図 2.4.4 Maamendhoo 島の港（左） Gan 島南部の港（右）

## 3) 幹線道路

Fonadhoo 島、Kadhoo 島、Maandhoo 島、Gan 島は Causeway で結ばれている。Causeway を含めた幹線道路は片側 2 車線の全長約 15km であり、中国の支援により 2016 年に整備されている。Fonadhoo 島と Gan 島では幹線道路を横断する形でオーシャン側とラグーン側とを結ぶ道路があり、街区を形成している。Maamendhoo 島は 18.7 ha の小さな島ながらも人口密度が高いため、島のほぼ全域にわたり道路が格子状に形成されている。



出典：JICA 調査団

図 2.4.5 Fonadhoo 島の幹線道路（左） Maamendhoo 島の道路（右）

4) ユーティリティ（電力、上下水）

① 電力

Laamu 環礁の電力供給は FENAKA が行っており、全住民島においてディーゼル発電を行っている。Fonadhoo 島と Gan 島では 2019 年 8 月に新しい発電機に更新され、Fonadhoo 島では 1 MW、Gan 島では 800 kW の容量の発電機が導入された。



出典：JICA 調査団

図 2.4.6 FENAKA の発電施設建屋(Gan 島)

② 上下水

上水

多くの家庭・施設において、上水の水源となっているのは雨水である。屋根に降った雨水を大型のタンクに貯めている。



出典：JICA 調査団

図 2.4.7 Maabaidhoo 島の雨水貯留タンク

## 下水

下水は Gan 島では島内に3つの簡易処理場があり、そこからオーシャン側のリーフの末端までパイプを敷設し、海に放流している。Fonadhoo 島では1か所簡易処理場があり、同様にリーフの末端までパイプを敷設し、海に放流している。

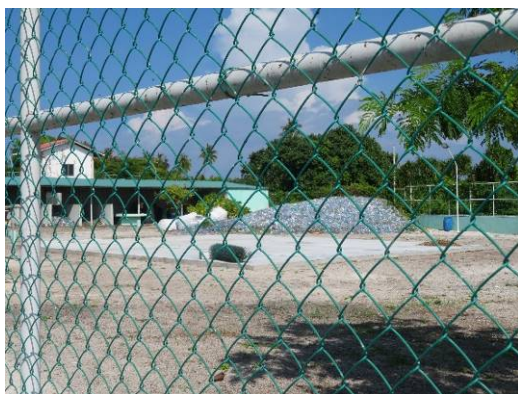


出典：JICA 調査団

図 2.4.8 Gan 島の下水処理施設（左）及び海への下水放流管（右）

## 5) 廃棄物管理施設

Fonadhoo 島にリサイクル施設があるが、殆どの島ではオーシャン側がオープンダンプと化しており、野焼きが行われている。今年より Fonadhoo 島においてはゴミの回集が始まったが、その他の島では住民がダンプサイトにゴミを持ち込んでいる。またダンプサイトはオーシャン側の海岸近くにあり、高潮や津波にはゴミの流出が懸念される。



出典：JICA 調査団

図 2.4.9 Fonadhoo 島のリサイクル施設（左）及びダンプサイト（右）

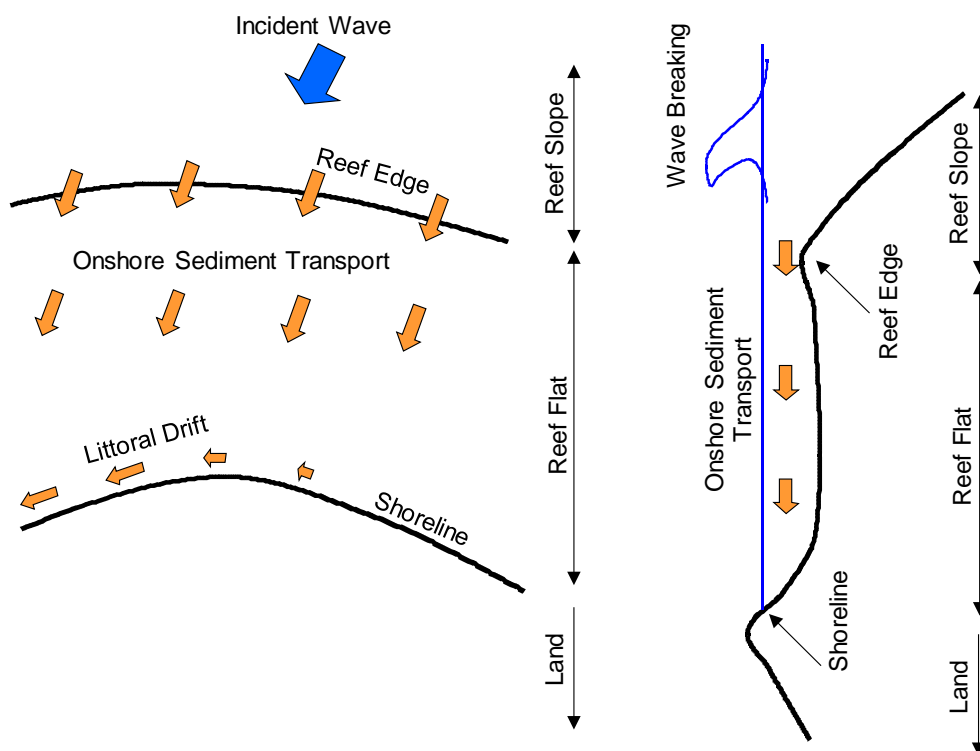
## 2.5 サンゴ礁海岸の土砂供給と土砂移動機構

### 2.5.1 砂浜海岸の種別と砂の供給源

砂浜海岸は大きく、通常の砂浜海岸とサンゴ礁海岸に分けられる。通常の砂浜海岸は、主に河川や海食崖から供給された土砂が、沿岸の波や流れによって運搬され、波の作用で打ち上げられて形成された海岸である。一方サンゴ礁海岸は、サンゴ礁上より供給されたサンゴ片や貝殻片、有孔虫殻などの海生物起源の土砂が、波や流れによって運搬され、波の作用で打ち上げられて形成された海岸である。

### 2.5.2 サンゴ礁海岸における土砂の移動機構

サンゴ砂礫は、主にリーフエッジ付近からリーフ内のサンゴやサンゴ礁を構成するサンゴ塊が、波により破碎・剥離され、リーフエッジでの砕波により生じる岸向きの流れにより、海岸に到達する。このように土砂移動としては、基本的にリーフエッジから岸側へ移動しつつ、波の入射方向やリーフの地形の違いに応じて、沿岸方向に移動する(図 2.5.1)。これらの物理的作用により生成されるサンゴ砂礫と合わせ、魚(主にブダイ)から吐き出されるサンゴ砂も、土砂供給源として寄与することが知られている。

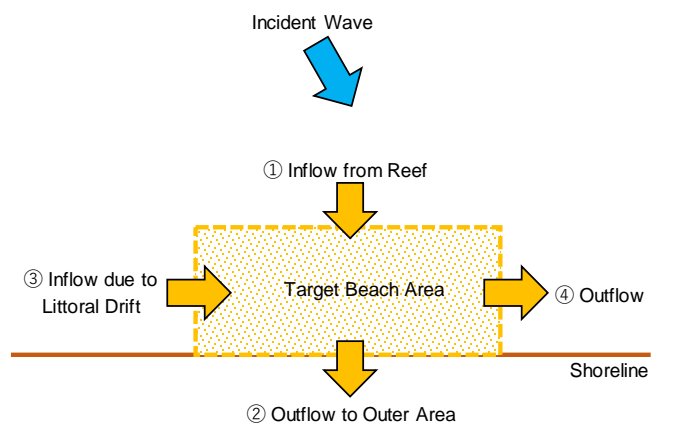


出典：JICA 調査団

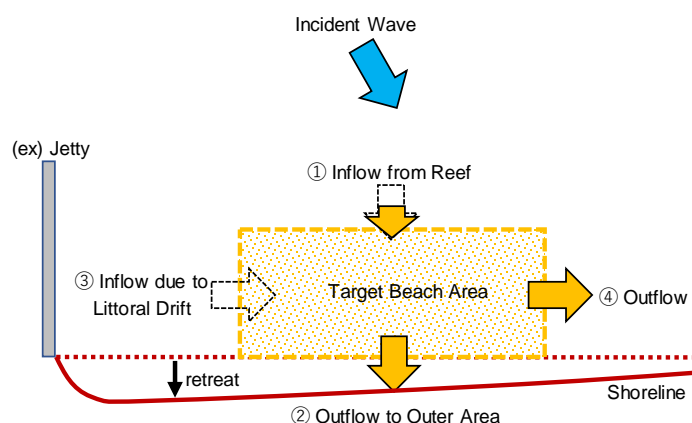
図 2.5.1 リーフ海岸における土砂移動

### 2.5.3 海岸侵食の根本要因

海岸は、基本的に供給される土砂量と流出する土砂量とのバランスの上で維持されている。安定状態にある海岸、すなわち汀線位置が変化していない海岸では、この供給される土砂量と流出する土砂量の平衡状態が保たれている。一方、たとえ砂供給があっても、供給量に比べて流出量が相対的に大きくなると、汀線後退、すなわち海岸侵食が生じることになる（図 2.5.2）。



(1) ① + ③ = ② + ④ → Balanced → Stable



(2) ① + ③ < ② + ④ → Unbalanced → Erosion

出典：JICA 調査団

図 2.5.2 海岸の土砂収支イメージ

「モ」国のようなサンゴ礁海岸における海岸侵食は、以下のような要因により生じると考えられる。

- サンゴ環境の悪化等による生物起源の土砂供給量の減少
- 海岸での港や突堤等の構造物建設による漂砂上手側からの土砂供給量の減少
- リーフ上の掘削穴の存在による岸向き土砂移動の阻止、それによる岸からの供給土砂の減少
- 気候変動による波や流れ等の外力増大による土砂流出量の増大

## 2.5.4 海岸侵食対策の基本的な考え

海岸侵食は、上記に示す機構で生じることから、その対策の考え方としては、以下の2つとなる。

- 土砂供給量の増大
- 土砂流出量の低減

前者の対策において、長期的にはサンゴ環境の改善等による生物起源の土砂供給量の回復等が考えられる。一方、短中期的には、土砂供給量の低減を招くリーフや海岸の人為的改変の阻止、養浜等による人為的な土砂投入、等が考えられる。

後者の対策においては、堤防や離岸堤、突堤、ヘッドランド等の構築による海岸対策が考えられる。しかしこのような構造物のみによる対策は、土砂流出量の低減と合わせ、土砂供給量の低下を招くことが一般的である。これより、海岸侵食に対する物理対策としては、土砂供給の改善と流出の低減化の両面を考えた対策を考えていく必要がある。

## 2.6 海岸侵食の現状

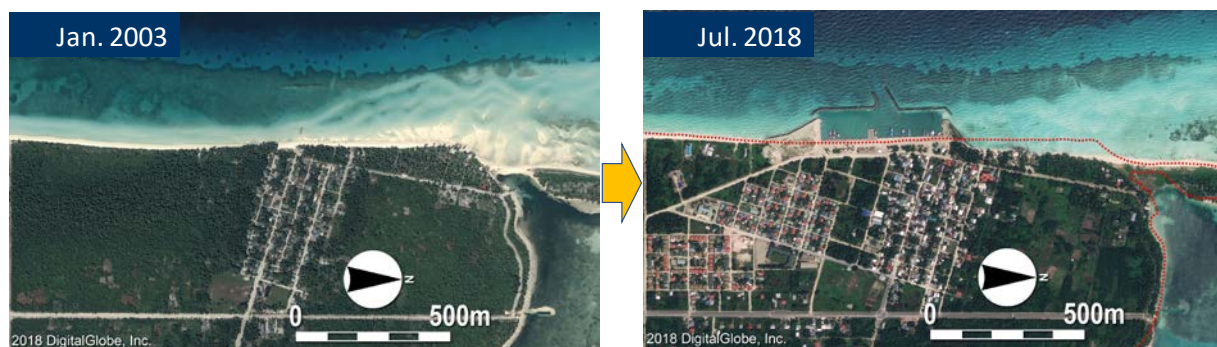
### 2.6.1 「モ」国の海岸侵食の概況

「モ」国では、1980年代より住民島を中心に海岸侵食が顕在化してきた。2014年時点において、約1,200の島の中の188の住民島のうち、海岸侵食が生じている島は116島のぼり、このうちの38%は深刻な海岸侵食状況にあることが報告されている<sup>16)</sup>。住民島で生じている海岸侵食は、沿岸域における港建設とそれに伴うリーフ上の航路掘削、埋め立て、リーフ内外及び海岸域からのサンゴ砂礫の採掘、不適切な海岸施設の構築、等、主には人為的改変や行為により生じている。

一方、「モ」国は国土の8割がMSL +1m以下の土地であるため、現在海岸侵食問題が生じていない海岸においても、今後の気候変動に伴う海面上昇や、海岸に到達する波の増大による海岸侵食が生じることが予想される。また既に海岸侵食が進行しつつある海岸においては、気候変動の影響による更なる海岸侵食の加速化が生じると考えられる。

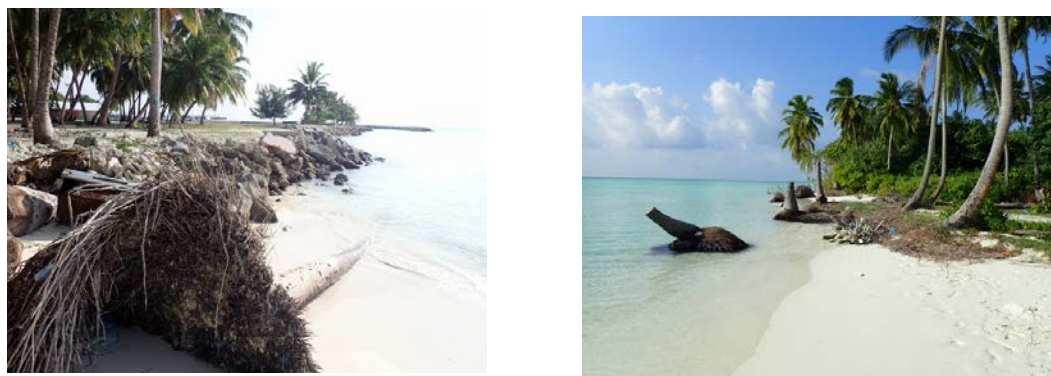
## 2.6.2 Addu 環礁及び Laamu 環礁で生じている海岸侵食の事例

### (1) 港の建設による沿岸漂砂遮断



出典：JICA で購入した 2003 年の QuickBird、2018 年の WorldView を用いて加工  
港建設前（2003 年 1 月） 港建設後（2018 年 7 月）

図 2.6.1 港建設に伴う漂砂下手側での海岸侵食（Laamu 環礁 Gan 島）



出典：JICA 調査団

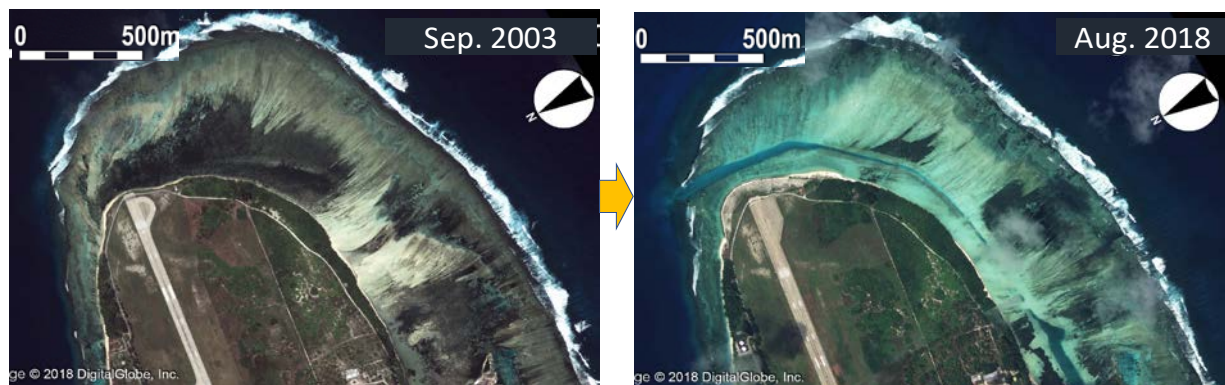
図 2.6.2 漂砂下手側での海岸状況（2019 年 2 月撮影）

図 2.6.2 は Laamu 環礁 Gan 島北部における港建設前後の衛星画像及び沿岸漂砂下手側における海岸状況を示したものである。港は 2005 年～2006 年にかけて建設された。当海岸は北向きの沿岸漂砂が卓越するため、港建設による沿岸漂砂遮断により、漂砂下手側の港の北側では建設後の 13 年間で 50 m 程度の汀線後退が生じている。

### (2) 航路掘削

「モ」国の各環礁に位置する住民島は、基本的にオーシャン及びバラグーンの 2 つの海域に面し、両海域には水深の浅いリーフが存在する。これより船舶のリーフ内外の出入りのためのリーフ上を掘削して航路を設けるケースが多い。航路へのリーフ上のサンゴ砂礫の落ち込みや、航路位置や法線方向によっては、リーフからのサンゴ砂礫の移動を妨げることによる海岸への土砂供給量の減少、それによる侵食の助長を生じることもある（図 2.6.3）。



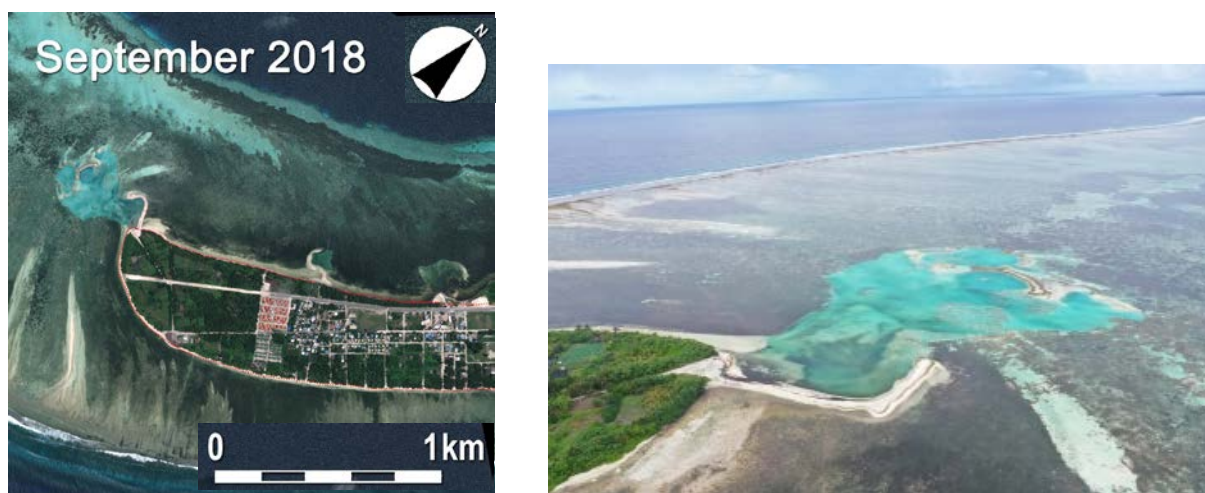


出典：JICAで購入した2003年のQuickBird、2018年のWorldViewを用いて加工  
港建設前（2003年1月） 港建設後（2018年7月）

図 2.6.3 港建設に伴う漂砂下手側での海岸侵食（Addu 環礁 Gan 島）

### (3) 建材取得のためのリーフ上での掘削穴（ボローピット）

「モ」国の住民島では、インフラ施設や住宅建設のための建材取得を目的とし、リーフ上のあるエリアからサンゴ砂礫の採掘（ボローピット）が行われてきた（図 2.6.4）。このような大規模なリーフ掘削は、掘削エリア近傍での波・流れの変化による海浜変形、リーフ砂礫の減少及び掘削穴に砂がトラップされることによる海岸へのサンゴ砂礫の供給量の減少、水質悪化等を招いている。



出典：左：JICAで購入した2018年のWorldViewを用いて加工、右：JICA調査団

図 2.6.4 陸域の開発のためのサンゴ砂礫の採掘穴（Laamu 環礁 Fonadhoo 島）

### (4) 海岸からのサンゴ砂礫の取得

「モ」国では数年前から海岸からのサンゴ砂礫の採取が法律で禁止されているが、実際は現在も個人や違法業者による海岸からのサンゴ砂礫の採取が行われている（図 2.6.5）。サンゴ礁からの砂供給量に関する調査事例は限られるが、「モ」国と同様のサンゴ礁で囲まれた他の島嶼国の事例より、年間のサンゴ砂礫の海岸への供給量として、 $0.5 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{year}$  という事例がある<sup>17)</sup>。このように、サンゴ砂

礫の供給量が限られる中で、長年にわたって継続的に海岸やリーフからサンゴ砂礫を取得することにより、海岸への砂の供給量の低下、これによる海岸侵食の助長を招いている。



出典：JICA 調査団

図 2.6.5 海岸からのサンゴ砂礫の採取 (Laamu 環礁 Gan 島)

#### (5) 不適切な海岸施設の建設

近年の海岸侵食の顕在化に伴い、海岸防護対策が中央政府または地方政府により実施されている。「モ」国の住民島における海岸防護対策のほとんどは、護岸や堤防等のハード構造物対策である。その中には護岸が浜域を潰して設置されているケースも見られ、これによる反射波の増大や洗掘の助長により、侵食を加速しているケースも見られる（図 2.6.6）。



出典：JICA 調査団

図 2.6.6 前浜上での護岸の設置 (Addu 環礁 Meedhoo 島)

#### (6) リーフ環境の変化

住民島では、人口増加や開発に伴うリーフ環境の変化が生じている。図 2.6.7 は、1969 年から現在までの過去約 50 年間における 3 時期の空中・衛星画像を示す。1969 年にはリーフ上での海草の繁殖は顕著ではなく、リーフからの豊富な砂供給が見られる。これが 2005 年、2018 年となるにつれて、リーフ上での海草の繁殖エリアが拡大している。海草の繁殖は、海水交換性の低下や富栄養化による影

響が要因として考えられる。海草の繁殖は、リーフ上での捕砂効果を高める一方で、リーフから海岸への砂供給量の減少を招く可能性がある。



出典：Land & Survey から入手した 1969 年の航空写真、JICA で購入した 2005 年の QuickBird、2018 年の WorldView を用いて加工

図 2.6.7 リーフ環境の変化（海草の繁茂）（Laamu 環礁 Fonadhoo 島）

## 2.7 海岸防護対策及び海岸管理の現状

### 2.7.1 「モ」国における海岸防護対策

「モ」国の住民島における海岸防護対策としては、護岸構築が一般的である。以前は図 2.7.1 に示すような、砂袋にサンゴ砂とセメントを混ぜて固めた不透過護岸が一般的であったが、既に波による損傷、崩壊を受けているものが多い。これに変わり、近年多用されているのが図 2.7.2 に示すような捨石傾斜型の透過護岸である。砂浜海岸の侵食対策として設置された護岸の中には、設置位置が変動域である前浜上に作られたものも多く、これによる更なる護岸前面での洗掘を生じている箇所も多い。



(1) Meedhoo(Addu 環礁)



(2) Gan (Laamu 環礁)

出典：JICA 調査団

図 2.7.1 砂袋セメントを用いた不透過護岸



(1) Meedhoo (Addu 環礁)



(2) Gan (Laamu 環礁)

出典：JICA 調査団

図 2.7.2 捨石傾斜型不透過護岸

更に最近では、海岸防護対策としてリーフ上での大規模埋め立てを実施する事例も見られる。図 2.7.3 は、Addu 環礁 Feydhoo 島において、2018 年に完了した大規模埋立事業である。これは約 1.3 百万 m<sup>3</sup> の砂をラグーン内の海底より取得後、リーフ上に投入し、周辺護岸を構築したものである。なお同様の埋立事業が、同じく Addu 環礁の Maradhoo 島のオーシャン側でも計画されている。一方、過去に実施されてきた埋め立て事業のほとんどは、港・航路建設に伴う浚渫土砂を再利用したものである。



(1) 埋立前 (2003 年 9 月)



(2) 埋立後 (2018 年 8 月)



(3) 埋立地の様子(2019 年 2 月)



(4) 埋立周辺護岸 (2019 年 2 月)

出典：(1),(2):JICA で購入した 2003 年の QuickBird、2018 年の WorldView を用いて加工  
(3),(4):JICA 調査団

図 2.7.3 Feydhoo 島における大規模埋立事業

## 2.7.2 海岸管理の現状

### (1) 海岸管理に関連する法規制

「モ」国で海岸管理・利用に特化した法制度は存在しないが、沿岸管理に関連する法規制として、(1) Land Use Planning、(2) Reclamation and Dredging Regulation (2014)が存在する。

Land Use Planning では、海岸域でのセットバック（バッファゾーンの確保）の概念が示されており、基本的には海岸植生域から 20m 確保することが推奨されている。しかし住民島では、既に海岸域に施設や住居が存在する場合もあり、明確なルール化は行われていない。例えば Addu 環礁の Hithadhoo 島や Maradhoo 島は、沿岸域含めての土地利用がなされており、現状ではバッファゾーンを確保できる箇所は限られる。一方、例えば Laamu 環礁の Gan 島や Fonadhoo 島のような土地開発途上にある島では、地方政府により作成された土地利用計画では、海岸域のバッファゾーンの確保を含めた計画が策定されており、オーシャン側で 50m、ラグーン側で 20m のセットバックラインが示されている。このように、セットバックについては各地方政府の判断に委ねられているが、明確化はされていないのが現状である。

### (2) 日常管理（海岸清掃）

代表的な日常の海岸管理として、海岸清掃が挙げられる。海岸清掃の取り組みは、各環礁、住民島で異なるが、住民のボランティア活動として実施している事例がほとんどであるが、NGO と連携して実施している島も見られる（例えば Addu 環礁 Meedhoo 島）。海岸清掃状況は、住民の海岸への関わりと関連していると考えられ、住民が利用していない海岸状況は概して悪い。住民による生活ゴミの不法投棄により、海岸には多くの生活ゴミが散乱している（図 2.7.4）。一方、図 2.7.5 は、住民による積極的な清掃活動が行われている海岸である。ここではほぼ毎日住民による海岸清掃活動が行われるとともに、住民の手作りによる海岸公園の整備も行われている。



出典：JICA 調査団

図 2.7.4 海岸域の生活ゴミの散乱 (Laamu 環礁 Gan 島)



出典：JICA 調査団

図 2.7.5 住民による海岸清掃および手作りの海岸公園 (Laamu 環礁 Fonadhoo 島)

### (3) 海岸からの住民による砂・礫の不法採取

日常的な海岸管理の問題の1つとして、住民による海岸からの砂・礫の不法採取が挙げられる(図2.7.6)。「モ」国では、海岸からの砂・礫の採取は既に禁止されているが、住民による不法採取が現在も続いている。住民による不法採取は、各個人・家庭での使用目的及び売買目的で行われている。



出典：JICA 調査団

図 2.7.6 住民による海岸からの砂・礫の不法採取 (Laamu 環礁 Gan 島)

## 2.8 災害情報の分析・伝達体制の現状と課題

高潮、高波、津波等の災害を対象として、行政機関等による災害情報の収集手段、予警報の発令状況、発信手段に関する調査を実施した。

### 2.8.1 災害情報の現状と課題

「モ」国の防災気象情報は Maldives Meteorological Service (MMS)から放送網等を活用した直接的な情報提供に加えて、National Disaster Management Authority (NDMA)等の様々な機関から発信され、情報伝達の多重化が図られている。情報の発信手段としては、従来型の情報配信である放送を利用するものに加え、一般に広く使われている SNS 等の無償のインターネットサービスを活用しており、情報伝達の多重化が図られている。一方、SNS はインターネットを活用した民間の無償サービスのため、住民の一斉利用による輻輳や、サービス利用の持続可能性が懸念される。このような災害情報伝達上の現状を「通信手段」「伝達体制」「情報コンテンツ」の項目に区分し整理するとともに、災害情報伝達に想定される課題を示す。

表 2.8.1 災害情報伝達の現状と課題

項目	現状	課題
通信手段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 環礁間、島間の通信は民間事業者回線を利用</li> <li>➢ 防災関係機関の通信は電話、FAX、メール、SMS、SNS を利用</li> <li>➢ 民間事業者回線が利用できない場合は国軍、警察、沿岸警備隊の無線を利用</li> <li>➢ 一般住民へはTV、ラジオ、WEB、SNS を利用</li> <li>➢ EWBS の導入が進められている</li> <li>➢ Laamu 環礁の Maamendhoo 島には Council オフィスにスピーカーが設置されている</li> <li>➢ モスクに設置しているスピーカーは防災目的には利用されていない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 情報伝達の冗長化を図るため民間事業者回線だけでなく、防災目的に利用可能な行政専用回線及びネットワークの整備が必要</li> <li>➢ 屋内、屋外を問わず情報伝達が可能なプッシュ型の通信手段の整備が必要</li> <li>➢ EWBS 対応の機器及び端末の整備が必要</li> </ul>
伝達体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 気象予警報は MMS が配信</li> <li>➢ MMS は Focal Point と呼ばれる学校や自治体 (Council) に対して SNS で情報を伝達する</li> <li>➢ NDMA は警報発令時の調整・助言機関として、関係機関に住民の行動を支援するための情報を伝達する</li> <li>➢ 基礎自治体 (Council) は Disaster Management Plan を策定し、災害時の役割分担や情報伝達方法を規定している</li> <li>➢ 避難等の体系的なプログラムは存在しない</li> <li>➢ 基礎自治体から住民に避難情報は伝達される</li> <li>➢ 災害時には NPO などの市民団体も活動する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ NDMA のスタッフは各環礁に配置されていない。各環礁への防災専門職の配置が課題。</li> <li>➢ SNS への入力や再配信に人間を介しているため、情報伝達の迅速性と確実性が担保できない。</li> <li>➢ 防災教育のプログラム作成を指導する要員が不足している。</li> </ul>
情報コンテンツ	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 平常時の気象予報は1日2回実施している。</li> <li>➢ カラーコードを導入しわかりやすい警報を発令している。</li> <li>➢ SNS を活用することでテキストと画像の両方を送信している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 各環礁のレベルでの予報となっており、空間精度が高い情報提供が求められる。</li> <li>➢ 携帯端末を持たない住民への情報提供が求められる。</li> <li>➢ 屋外、海上にいる住民への緊急的な情報提供が求められる。</li> </ul>

出典：JICA 調査団

## 2.9 他ドナーによる関連事業のレビュー

### 2.9.1 関連事業の概要及び本事業との関連

「モ」国ではこれまで様々な国際機関・他ドナーによる気候変動事業が実施されている。表 2.9.1 に示す関連プロジェクトと本事業との関連分野を分析した上で、次章以降の検討を進めるものとする。

表 2.9.1 他ドナーによる気候変動事業と本事業との関連

No.	プロジェクト	ドナー	本事業との関連分野
1	Climate Change Adaptation Project (CCAP) (2015)	World Bank	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coral reef monitoring</li> <li>• Building awareness and strengthening local government capacity to address climate change adaptation issues</li> </ul>
2	UNDP country program on enhancing national capacity for DRRM in Maldives Scaling up the National Capacity for Disaster Risk Reduction and Management in the Maldives (2016-2018) Enhance National Capacity for Disaster Risk Reduction and Management in Maldives (2011-2015)	UNDP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strengthening the early warning systems</li> <li>• Enhancement of community capacity for disaster response</li> </ul>
3	Supporting vulnerable communities in Maldives to manage climate change-induced water shortages, GCF (2016-2021)	GCF	Early warning system established on the basis of forecasted meteorological information
4	Integrating Climate Change Risks into Resilient Island Planning in the Maldives (2008-2010)	GEF	Enhanced capacity of national, provincial, atoll and island authorities and civil society leaders to integrate climate risk information into policy, planning and investment decisions
5	Enhancing National Development through Environmentally Resilient Islands (ENDhERI) (2018-2020)	GEF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrated coastal zone management (ICZM)</li> <li>• Marine management area (MMA)</li> </ul>
6	Present cost-effective, locally appropriate coastal management and drainage management options contributing to climate change resilience of communities in Fares-Maathoda (2010-2015)	Government of Denmark	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifying and developing locally appropriate adaptation options on coastal management</li> <li>• Implementation of locally appropriate adaptation options</li> </ul>
7	Coastal protection project of Fuvahmulah City (2017-2018)	Netherlands Enterprise Agency, Kuwait Fund	Coastal protection
8	IMPACT2C project (2012-2016)	IMPACT2C (Reserch project)	Sea level rise in Maldives for future coastal design
9	INtegrating SEA-level Projections in climate services for coastal adaptaTION (INSeaPTION) (2017-2020)	European Reserch Area for Climate Services (ERA4CS) (Reserch project)	Information with extreme wave condition and future climate change scenarios

出典：JICA 調査団



<参考文献>

- 1) Ministry of Environment and Energy Republic of Maldives (2016): State of Environment, 216p.
- 2) 日本地理学会災害対応委員会(2009), 温暖化と自然災害 世界の6つの現場から
- 3) UNDP (2007): Detailed Island Risk Assessment in Maldives, Vol.III Detailed Island Reports L. Gan-Part 1, 72p.
- 4) Zentech: [https://www.travel-zentech.jp/world/map/Outline\\_Map/Maldives\\_Outline\\_Map.htm](https://www.travel-zentech.jp/world/map/Outline_Map/Maldives_Outline_Map.htm)
- 5) Champion Traveler: <https://championtraveler.com/dates/best-time-to-visit-maldives/>
- 6) Maldives Meteorological Services (2017): Weather Report
- 7) National Bureau of Statistics (2018):  
<http://statisticsmaldives.gov.mv/yearbook/2019/http://statisticsmaldives.gov.mv/yearbook/2019/>
- 8) Ibrahim, N., Mohamed, M., Basheer, A., Ismail, H., Nistharan, F., Schmidt, A., Naeem, R., Abdulla, A., and Grimsditch, G (2017): Status of Coral Bleaching in the Maldives in 2016, Marine Research Centre
- 9) Zahir, H; N. Quinn and N. Cargilia (2010): Assessment of Maldivian Coral Reefs in 2009 after Natural Disasters. Marine Research Centre
- 10) CDE (2018-1), Environment Impact Assessment for the Proposed Harbour Redevelopment at Maradhoo Island, Addu City
- 11) CDE (2018-2), EIA for the proposed Harbour Redevelopment Project at Laamu Fonadhoo
- 12) Environmental Protection Agency: EIA Data Collection Guidelines
- 13) Kaoru Kubota, Yusuke Yokoyama, Tsuyoshi Ishikawa, Atsushi Suzuki, Masao Ishii (2017): Rapid decline in pH of coral calcification fluid due to incorporation of anthropogenic CO<sub>2</sub>.
- 14) Water Solutions (2018): Environmental Impact Assessment, The Flood Mitigation Project at Feydhoo, Addu City
- 15) National Bureau of Statistics (2014): Population & Housing Census 2014, 105p.
- 16) Ministry of Environment and Energy (2016): Second National Communication of Maldives, 142p.
- 17) Baird (2003): Study on Coastal Erosion in Mauritius, 462 p.

### 第3章 インド洋の気候変動概況と将来予測、自然ハザード

本章では、(1)インド洋における気候変動概況、(2)気候変動の将来予測、(3)「モ」国において、影響の高いと考えられる自然災害(Natural Hazard)について整理する。

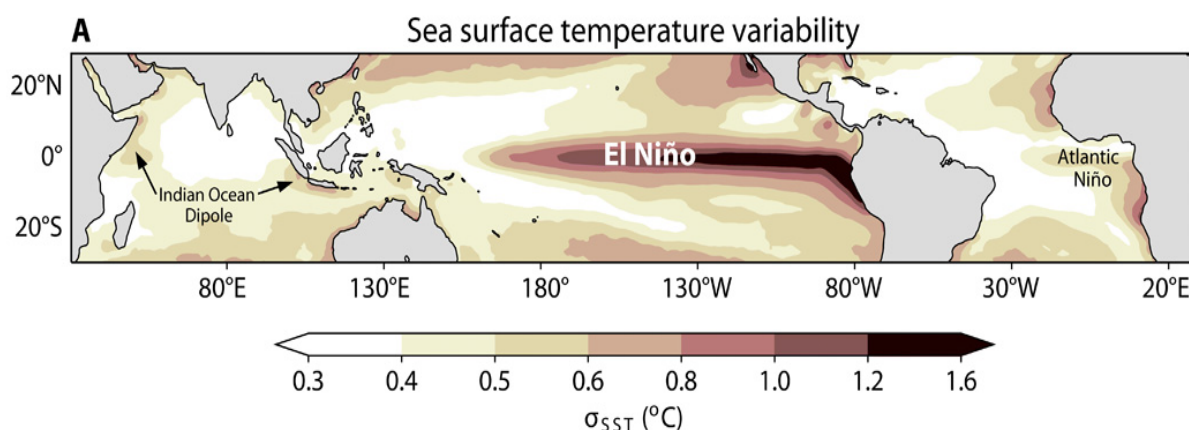
#### 3.1 インド洋における気候変動概況

インド洋における気候変動概要については、技術レポート”Emergence of an equatorial mode of climate variability in the Indian Ocean”<sup>1)</sup>を参考に概要を示す。

熱帯海洋上の海面水温(SST)変動のパターンと大きさの変化を予測することは、世界的な気候変動と異常気象を解明する上で重要である<sup>2)</sup>。過去の観測結果では、インド洋(IO)は、太平洋や大西洋と比べて気象変動が小さいと考えられてきた<sup>3)</sup>。

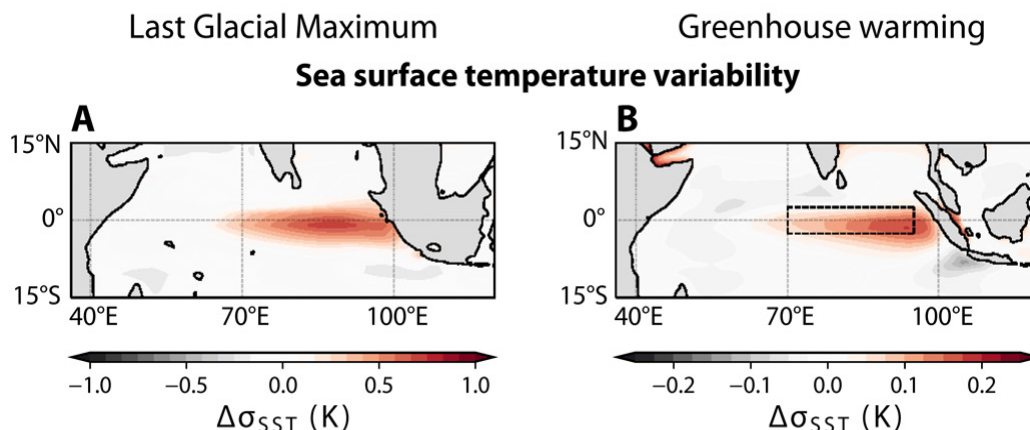
図 3.1.1 は、現在の熱帯海域における海水温の変動を示したものであるが、インド洋海域(IO)は、熱帯太平洋および大西洋よりもはるかに弱い SST の変動を示す。これは、太平洋におけるエルニーニョ南方振動(ENSO)現象と、大西洋における大西洋ニーニョ(Atlanti Ninos)が流域全体の顕著な SST を引き起こすこれらの海洋とは異なり、IO の変動は、流域の西側とスマトラ島の海岸に沿って制限されるためである<sup>4)</sup>。

### Modern climate of the tropical oceans



出典 : Emergence of an equatorial mode of climate variability in the Indian Ocean (2020)<sup>1)</sup>

図 3.1.1 海水温の変動



出典：Emergence of an equatorial mode of climate variability in the Indian Ocean (2020)<sup>1)</sup>

図 3.1.2 東部赤道 (EEIO) における温室効果 および 最終氷河期(LGM) 条件下における海水温の変化

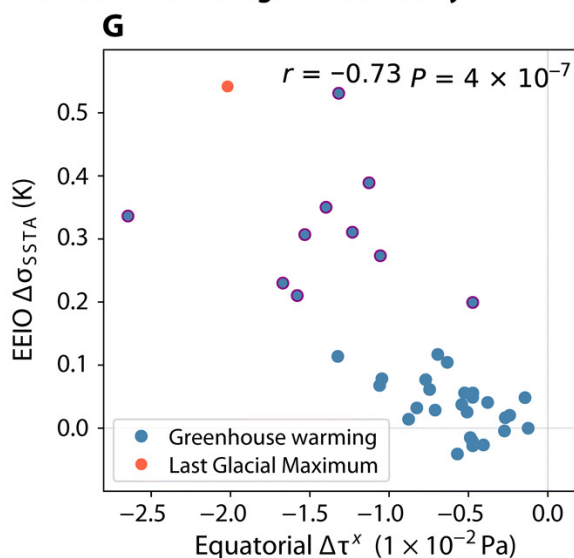
しかしながらシミュレーションによると、温室効果ガスによる継続的な温暖化によって、これらの現象が変化し、インド洋 (IO) が太平洋や大西洋と同様の状態に進展していく可能性があることが示される<sup>5), 6), 7)</sup>。

図 3.1.2, A および B は、温室効果と LGM(最終氷河期)条件下での CMIP5 によるシミュレーション結果である。CMIP5 モデルは、平均気候の変化と温室効果温暖化下での変動性の増加との間の直接的な関連を示すものであるが、IO が東部赤道 IO (EEIO) で SST 変動が増加する可能性があることを示す<sup>8)-11)</sup>。

SST 変動の増加の大きさは、赤道に沿った帯状風応力の変化と強く反相関する(図 3.1.3)。これは、東風の応力が大きいほど変動が大きくなることを示している。これらの季節変動は、ENSO モードと大西洋ニーニョモードを維持する現代の太平洋と大西洋で発生する変動と似ている。同様に、予測された IO 変化は、エルニーニョのような変動を引き起こす<sup>12)</sup>。

図 3.1.4 は、インド洋における気候変動の現在および将来のモードの降雨への影響を示す。観測されたダイポールモード (インド洋熱帯域において初夏から晩秋にかけて東部で海水温が低くなり、西部で海水温が高くなる大気海洋現象)、および温室効果下におけるシミュレートされた赤道モードの異常降雨を AB および CD にそれぞれ示す。どちらも、暖イベント (A, C) および寒冷イベント (B,

#### Link between changes in variability and mean state

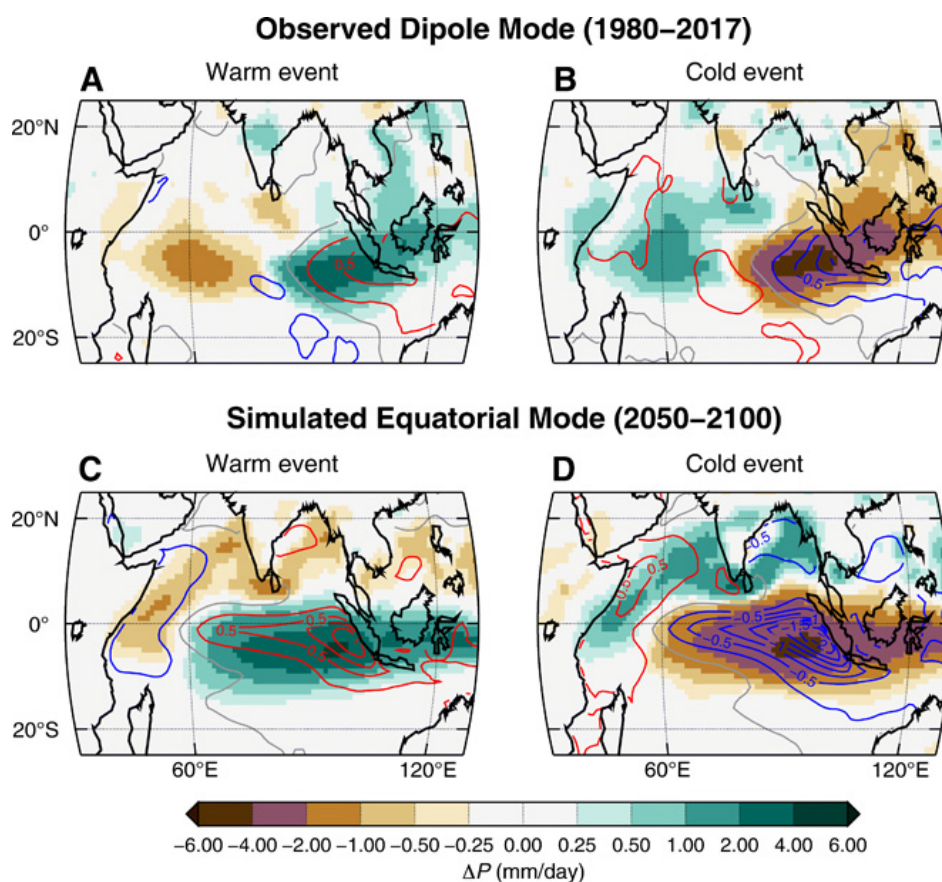


出典：Emergence of an equatorial mode of climate variability in the Indian Ocean (2020)<sup>1)</sup>

図 3.1.3 SST の標準偏差変化と EIO<sup>1)</sup>の風応力間の関係

D) 時は、それぞれインド洋東部での正または負の特異な SST (等高線で示す) によって特徴づけられる。

赤道モード (Equatorial Mode) の出現は、現在の気象状況と比較して、インド洋と周辺の陸域において、降雨パターンの変化と降雨の増加促進する可能性がある。赤道インド洋の大部分に広がる正の SSTA による暖季イベントは、インドネシアとオーストラリア北部での降雨量の増加、およびアフリカ先端とインド南部での降雨量の現象を引き起こす可能性がある (図 3.1.4C)。一方、赤道モードに関連する寒冷イベントは、暖イベントと同様の空間パターンと大きさで降雨異常を引き起こす可能性があるが、図 3.1.4 D に示すように、陸域降水量には微妙であるが重要な違いがある。



出典：Emergence of an equatorial mode of climate variability in the Indian Ocean (2020)<sup>1)</sup>

図 3.1.4 インド洋における気候変動影響による現在および将来の降雨量への影響

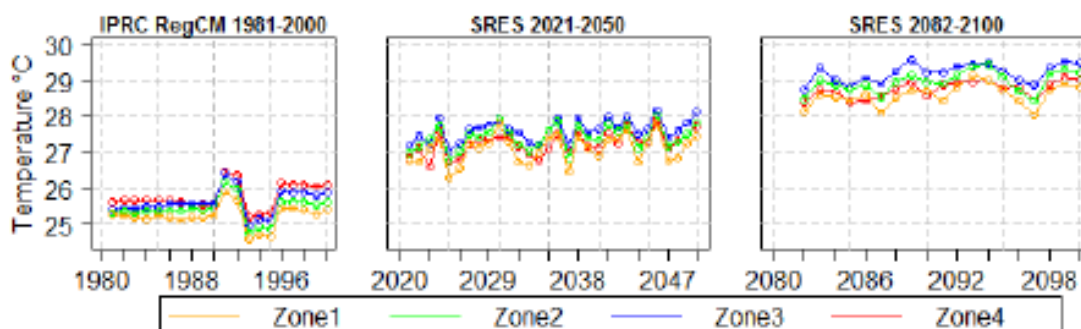
要約すると、インド洋海域では、21 世紀の後半に予測される気象の平均状態の変化の元で、赤道モードによる気候変動が生じることが実証されている。このモードは、中央と EEIO にまたがる大規模な SSTA を伴い、年々のイベントとして現れる。これらのイベント、特に暖イベントは、現在の変動からの顕著な逸脱を表しており、より弱く、より空間的に制限された暖かいインド洋ダイポール (IOD) イベントを特徴としている。流域が広く強力な SSTA であるため、将来の温暖なイベントにより、流域全体で前例のない極端な水文学的現象が発生する可能性がある。それらは、インドネシアの降雨量の増加に加えて、東アフリカとインド南部により頻繁な干ばつをもたらす可能性があり、これらの水文学的極端に対する温暖な気候の影響を悪化させる<sup>13)</sup>。しかし、温室温暖化の下での潜在的な活性化

は、記録的な SST と降雨量の変動につながる可能性があり、モードの出現が、より頻繁で壊滅的な山火事、洪水、干ばつなど、将来の気候リスクを決定する主要因になりうる。

## 3.2 気候変動の将来予測

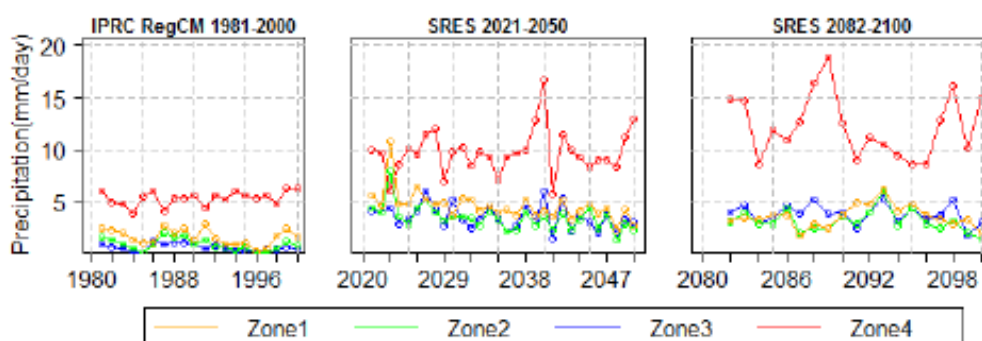
### 3.2.1 降雨量・気温

ハワイ大学国際太平洋研究センター（IPRC）の IPRC RegCM と呼ばれるダウンスケーリングモデルを用いて予測された「モ」国の降雨量及び気温のデータが公開されている。1981 年～2000 年、2021 年～2050 年、2082 年～2100 年の Zone1～4 の平均気温を示したものが図 3.2.1、日平均降雨量を示したものが図 3.2.2 である。なお、Zone1～4 の位置図は図 3.2.3 の左図に示す。これらの結果より、全ての Zone において増加傾向であることが分かる。図 3.2.3 は 2082 年は、IPCC の排出シナリオに関する特別報告書（Special Report on Emission Scenarios : SRES）で用いられたモジュールを利用して計算された雨季の気温と降雨量の将来予測結果である。2082 年～2100 年の降雨量は全体的に上昇傾向であり、Zone1～3 においては北から南にかけて降雨量の増加がみられる。



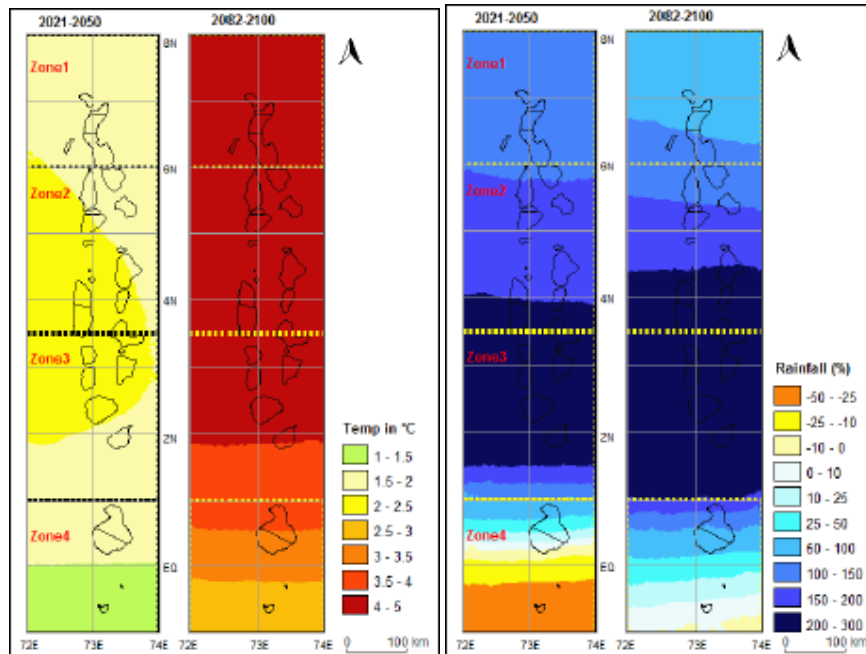
出典：Climate change scenarios and their interpretation for Maldives (2012)<sup>14)</sup>

図 3.2.1 IPRC RegCM による「モ」国の平均気温



出典：Climate change scenarios and their interpretation for Maldives (2012)<sup>14)</sup>

図 3.2.2 IPRC RegCM による「モ」国の平均降雨量

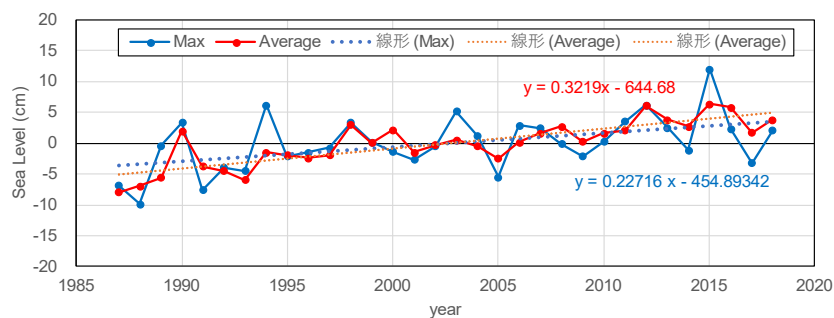


出典：Climate change scenarios and their interpretation for Maldives (2012)<sup>14)</sup>

図 3.2.3 「モ」国全体の気温及び降雨量の将来変化予測 (1980-2000 を基準とした変化量)

### 3.2.2 海水面の上昇

南部の Laamu 環礁 Gan 島における 1987 年～2019 年までの過去 33 年間における潮位の観測記録より、各年における平均潮位及び最大潮位の推移を示したものが図 3.2.4 である。これより、過去 33 年で平均潮位で 10.6 cm (3.2mm/年) 程度の海水位の上昇が観測されている。この値は、2013 年 IPCC 第 5 次報告書<sup>15)</sup>で示される過去 110 年間の世界平均の海面水位上昇量 (1.7 mm/年) と比較して、高い上昇量となっている。



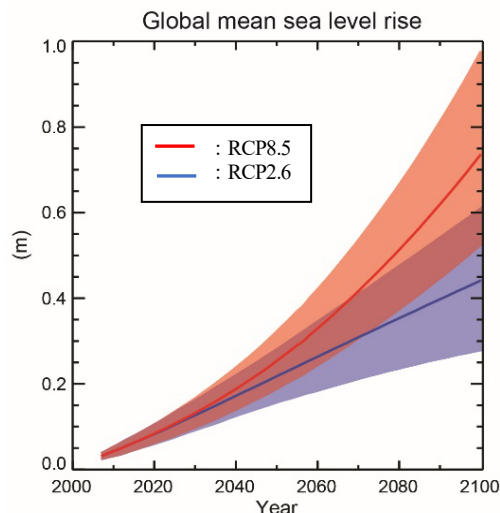
出典：MMS のデータを元に JICA 調査団で作成

図 3.2.4 Laamu 環礁 Gan 島での長期水位の観測データ

海面上昇は海に面した全ての沿岸域に影響を与える災害種であり、他の自然ハザードの影響を助長する効果も大きい。そのため低標高かつ狭隘な国土で長大な海岸線を持つ「モ」国においては、海面上昇は将来的に最も危険となりうる災害種であると考えられる(詳細は5章参照)。IPCC 第5次報告書(2013)では各シナリオの世界平均海面水位上昇の予測範囲が示されており、図 3.2.5 より 2100 年までの海面上昇量は RCP8.5 で 5.3 mm/年~9.7 mm/年、RCP2.6 で 2.8 mm/年~6.3 mm/年と予測されている<sup>15)</sup>。また、「モ」国の海面水位上昇に関して、2001~2100 年までの平均海面上昇量は 4.0 mm/年~4.8 mm/年であることが示されている<sup>15)</sup>。これらの値は、前述の「モ」国の過去 33 年における海面上昇量である 3.2 mm/年より高い値となっている。

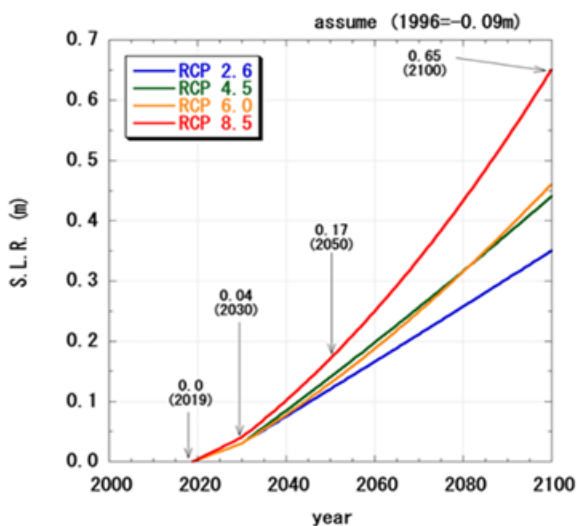
水位上昇は波高の増大に大きく影響するため、以下に両者の関係について説明する。「モ」国ではリーフ地形を有し、リーフには、波高を大幅に減衰させる消波機能があるため、リーフ内波高は一般に小さい。しかし、海面上昇はこのリーフ内波高を著しく増大させる効果があることが示されており、将来の海水位上昇の進行とともに海岸に到達する波高増大が懸念される。

本検討で用いる今後の水位上昇量については、IPCC 第5次報告書<sup>15)</sup>に示される RCP シナリオを用いる。ただし、RCP シナリオの基準として用いている 1986~2005 年から、現時点(2019 年)を基準年とするため、「モ」国で得られた水位観測データより、1986~2005 年から現時点(2019 年)までに生じた水位上昇量を 9mm とし、その分を差し引いている。現時点を基準とした RCP シナリオを 図 3.2.6 および 4B 表 3.2.1 に示す。ここで RCP シナリオの各数値は、予想される範囲の中央値を用いている。



出典：IPCC's fifth assessment report (2013)<sup>15)</sup>

図 3.2.5 RCP シナリオ別の海面上昇量の予測



出典：JICA 調査団

図 3.2.6 各 RCP シナリオに対する水位上昇量 (2019 基準)

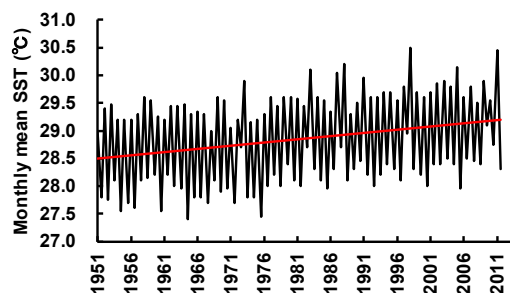
表 3.2.1 各 RCP シナリオに対する水位上昇量 (2019 年基準)

RCP Scenario	Sea Level Rise (Median)		
	2030	2050	2100
RCP2.6	0.03	0.12	0.35
RCP4.5	0.03	0.14	0.44
RCP6.0	0.03	0.13	0.46
RCP8.5	0.04	0.17	0.65

出典：JICA 調査団

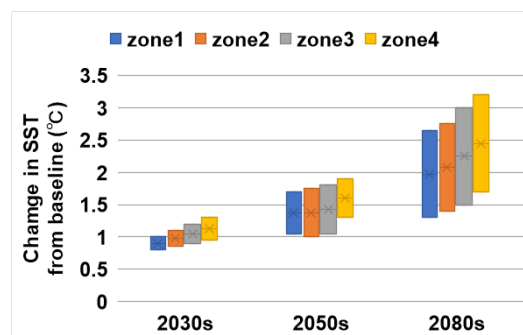
### 3.2.3 海水温の上昇

図 3.2.7 に、NOAA データから解析された 1951 年~2011 年の平均海水温を示す。過去年間で上昇傾向であり、上昇量は+0.11~0.15°C/10 年間である<sup>17)</sup>。さらに、同解析では、図 3.2.3 の zone1~4 のエリアにおける海水温の上昇予測も行っており、図 3.2.8 に、2030 年~2080 年のエリア毎の海水温上昇を示す。いずれのエリアにおいても上昇が予測されるが、北部ほど上昇量が大きいことが確認できる。



出典：Rayner et al. (2003)<sup>18)</sup>

図 3.2.7 海水温の推移(解析データ)



出典：Second National Communication of Maldives (2016)<sup>17)</sup>

図 3.2.8 海水温の上昇予測

## 3.3 自然災害の要因 (Natural Hazard)

本節では、「モ」国における自然ハザードを列挙し、その被害の甚大さ・頻度・地域性と各自然ハザードに対する影響度の高い気候変動ハザードについて述べる。

### 3.3.1 高潮

「モ」国近傍の海域でサイクロンが発生する事例は極めて少なく、図 3.3.1 に示すように、1877 年~2004 年の 117 年間で僅か 11 個のサイクロンが「モ」国の島間を通過したのみで上陸した事例はさらに少ない。高潮の影響範囲に関しては、南部は赤道付近に位置するため、サイクロン・熱帯低気圧が発生しづらいため、Laamu 環礁より北部で特に大きくなる傾向にある。表 3.3.1 に島別の最大水位を示すが、ここからも北部の方が影響の大きいことが推測できる。また、2012 年の Cyclone Nilam によって北部の約 28 の島において深刻な浸水被害が発生したことが報告されている<sup>19)</sup>。

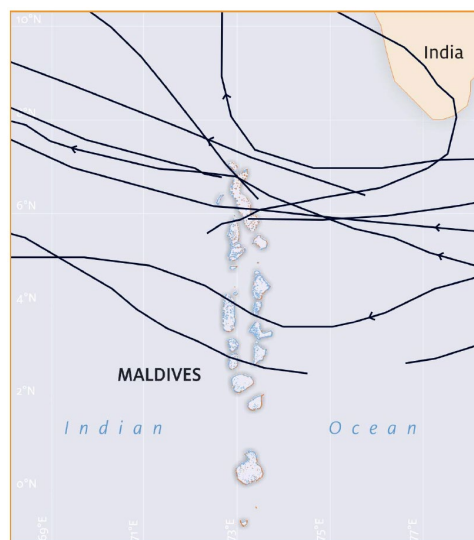
また、高潮への影響が大きい気候変動ハザードとして、海水温上昇が挙げられる。海水温が上昇するとサイクロン・熱帯低気圧が強大化し、高潮が増大すると考えられる。また、海面上昇により陸域地盤高が相対的に低下し、海岸に到達する高潮水位は高くなるが、高潮外力そのものは海面上昇による影響をほとんど受けない。



表 3.3.1 島別の最大水位(出典:DIRAM)

島(北から)	最大高潮水位(+M.S.L.)
H.Dh Kulhudhuffushi	+2.9m
Sh. Funadhoo	+2.9m
K. Thulusdhoo	+2.23m
Dh. Kudahuvadho	+2.23m
Th. Vilufushi	+2.23m
L. Gan	+2.23m
GA. Viligilli	0
G.dh Thinadhoo	0
S. Feydhoo	0
S. Hithadhoo	0

出典 : Detailed Island Risk Assessment in Maldives (2008)<sup>20)</sup>



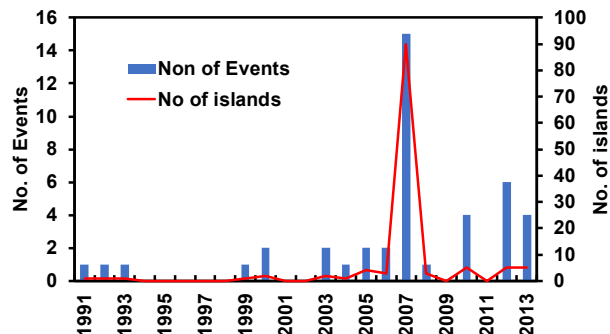
出典 : National Adaptation Plan of Action (NAPA) (2006)<sup>21)</sup>

図 3.3.1 サイクロン経路図 (1877-2004)

### 3.3.2 Swell wave (うねり)

「モ」国は、南西モンスーンの時期(5月～10月)、北東モンスーン時期(11月～4月)の2時期が存在し、特に南西モンスーン時期に高波浪となり、南側の島の方が直接的にその影響を受けやすい。

図 3.3.2 に示す高波による浸水被害の頻度と影響島数のグラフによると、突出している2007年を除けば、高波による浸水被害は年平均2～3回の頻度で発生していることが確認できる。2007年5月に発生した高波の事例については、「モ」国諸島南西約5,630 kmで発生した熱帯低気圧の影響で伝搬した高波により、18環礁の68島で浸水被害が発生したと報告されている<sup>22)</sup>。島によっては内陸600mに渡って高波による浸水が発生し、南部側のGaafu環礁、Dhaalu環礁、Thaa環礁およびLaamu環礁で特に被害が大きかった。



出典 : Second National Communication of Maldives (2016)<sup>17)</sup>

図 3.3.2 高波による浸水被害の頻度と影響島数

Swell wave への影響が大きい気候変動ハザードとして、海面上昇と海水温の上昇の2つが挙げられる。海面上昇に関して、リーフ外に比べリーフ内は水深が浅いため、海面上昇による相対的な水深の増加割合が大きい。波高の上限値は水深により規定されるため、海面上昇の影響により海岸へ到達する波浪が増大すると、Swell Wave の規模の増大が推測される。海水温上昇に関して、海水温が上昇すると、モンスーンの強大化による Swell Wave の規模の増大が推測される。

### 3.3.3 降雨

大雨による洪水の発生事例については、国でモニタリング体制が確立されていないため不明である。残存する降雨による洪水の記録では、床下浸水程度で、家屋やインフラに大きな影響を与えた洪水の報告は無いため、高潮・高波災害ほど顕著な被害が無いと推測できる。大雨による洪水被害は大きくないものの、モンスーンに起因するため頻度は比較的多いと考えられる。表 3.3.2 に示す島別の日最大降雨量によると、南部の方が北部より最大降雨量が多いことが確認でき、洪水被害も南部が多くなると考えられる。

大雨による洪水への影響が大きい気候変動ハザードとして、降雨量の増加が挙げられる。降雨量が増加すると、洪水の規模の増大が推測される。

表 3.3.2 島別の日最大降雨量

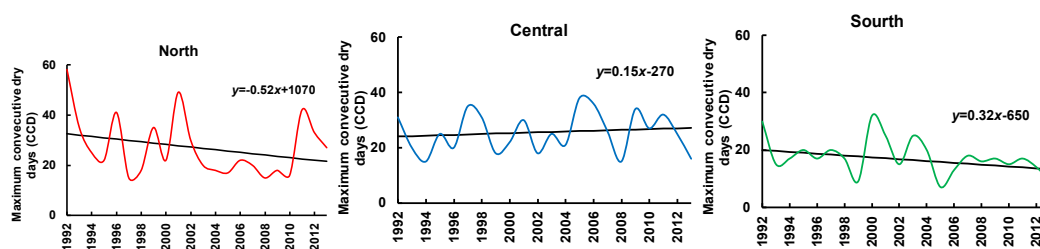
島(北から)	最大雨量(mm/24 hr)
H.Dh Kulhudhuffushi	176
Sh. Funadhoo	176
K. Thulusdhoo	176
Dh. Kudahuvadhoo	241
Th. Vilufushi	241
L. Gan	241
GA. Viligilli	248
G.dh Thinadhoo	248
S. Feydhoo	248
S. Hithadhoo	248

出典：Detailed Island Risk Assessment in Maldives (2008)<sup>20)</sup>

### 3.3.4 干ばつ

「モ」国では、降雨による洪水と同様、信頼性に足る記録は残っておらず、全国的に干ばつによる顕著な被害は報告されていない。降雨データからの解析によると、北部、中央部、南部の干ばつの継続日数を図 3.3.3 に示す。継続日数としては、南部より北部・中部の方が大きいことが確認できる。

また、干ばつに影響を与えるような主な気候変動ハザードは無いと考えられる。

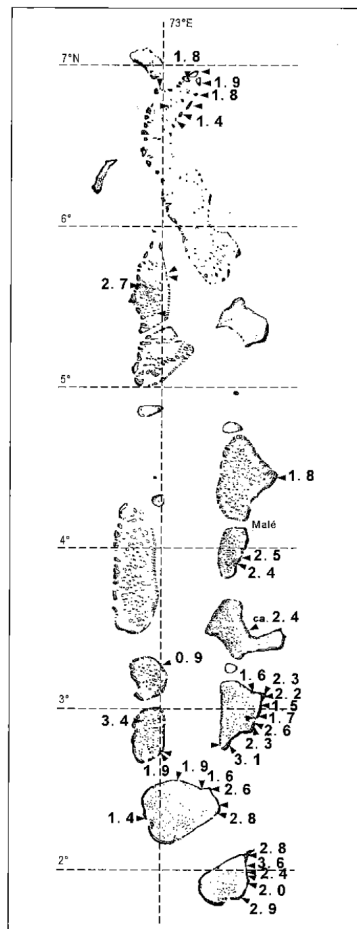


出典：Second National Communication of Maldives (2016)<sup>17)</sup>

図 3.3.3 地域別の干ばつ継続日数 (降雨データからの解析)

### 3.3.5 津波

1816 年以降、「モ」国周辺の断層帯を震源とする地震による津波は 80 回観測されているが、2004 年に発生したインド洋大津波を除いて、「モ」国における津波被害の記録は見られない。インド洋大津波では、82 名が死亡、26 名が行方不明となり 3,997 戸の住宅・建物被害が発生し、国民の約三分の一が深刻な影響を受けた。図 3.3.4 に津波遡上高の調査結果を示す。北部では低く、南部では高い傾向となっており、南部では最大 3.6m の遡上高が観測された。北部ではリッジ高、地盤高が南部に比べて高い。その結果、北側は南側に比べ被害は小さかったと推測される。津波への影響が大きい気候変動ハザードは無いと考えられる。海面上昇により陸域地盤高が相対的に低下し、津波遡上高は高くなるが、津波外力そのものは海面上昇による影響はほとんど受けない。



出典：Global Warming and Natural Disasters  
(2009)<sup>22)</sup>

図 3.3.4 津波遡上高の調査結果  
(2004 年スマトラ沖地震)

### 3.3.6 まとめ

以上で記載した、自然ハザード別の影響度とその地域傾向をそれぞれ表 3.3.3 および表 3.3.4 に整理する。総論については次頁(3)参照。

表 3.3.3 自然ハザード別の影響度、頻度、気候変動要因の影響度

	Natural Hazard				
	1) Storm surge	2) Swell wave	3) Floods	4) Drought	5) Tsunamis
Severity	High	High	Mod.	Mod.	Very High
Frequency	Low	High	High	High	Very Low
<b>Impact potential of Climate Change Hazards</b>					
1)Precipitation Increase	-	-	High	-	-
2)Sea Level Rise	-	High	-	-	-
3)Temperature Rise(SST)	High	High	-	-	-

出典：JICA 調査団

表 3.3.4 自然ハザード別の影響の地域差

	1) Storm surge	2) Swell wave	3) Floods	4) Drought	5) Tsunamis
Regional Trend	High	Mod.	Low	High	High
	↑ ↓ High ↓ Low	↑ ↓ High	↑ ↓ High	↑ ↓ Mod.	↑ ↓ High

出典：JICA 調査団

## 3.4 結論

表 3.3.3、表 3.3.4 から導き出された「モ」国における重要視すべき気候変動ハザード、自然ハザード、地域についてそれぞれ以下に示す。

### (1) 重要視すべき気候変動ハザード：SLR

雨量の増加、海面上昇、大気・海水温度の上昇などが主なハザードとして挙げられるが、長大な海岸線を持ちかつ狭小・低標高の国土を有する「モ」国においては特に海面上昇による影響が大きいことが懸念される。また、海面上昇は表 3.3.3 に整理した自然ハザード(特に Swell wave と Strom surge)の甚大化につながることから、同国においては特に重要視すべき気候変動ハザードと考えられる。

### (2) 重要視すべき自然ハザード：Swell wave

表 3.3.3 で整理した「モ」国の主要な自然ハザード 5 種のうち、既述のように災害の甚大さの観点で、3)Floods および 4)Drought は他種に比べて小さい。一方、5)Tsunami については、被害は甚大であるが、その発生頻度は非常に稀(200 年以上に 1 回程度)であり、気候変動による影響も小さい。1)Strom surge と 2)Swell wave は被害規模が大きく、また気候変動の影響をより受けやすいハザードと評価できる。特に 2)Swell wave はその発生頻度も他種に比べ高いため、同国においては特に重要視すべき自然ハザードであると考えられる。

### (3) 重要視すべき地域：南部の諸島

上述の Swell wave のハザードおよび気候変動ハザードに着目すると、表 3.3.4 に示したように「モ」国南部でその影響が大きくなる傾向にある。そのため、自然、気候変動の両ハザードの視点からは、南部の諸島が特に重要視すべき地域であると結論づけられる。

<参考文献>

- 1) P. N. DiNezio, M. Puy, K. Thirumalai, F.F. Jin, J. E. Tierney: Emergence of an equatorial mode of climate variability in the Indian Ocean: *Science Advances*, Vol. 6, no. 19, eaay7684 (2020)
- 2) J. H. Christensen, K. Krishna Kumar, E. Aldrian, S.-I. An, I. F. A. Cavalcanti, M. de Castro, W. Dong, P. Goswami, A. Hall, J. K. Kanyanga, A. Kitoh, J. Kossin, N.-C. Lau, J. Renwick, D. B. Stephenson, S.-P. Xie, T. Zhou, *Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change* (Cambridge Univ. Press, 2013), chap. 14, pp. 1217–1308.
- 3) J. M. Wallace, E. M. Rasmusson, T. P. Mitchell, V. E. Kousky, E. S. Sarachik, H. von Storch, On the structure and evolution of enso-related climate variability in the tropical pacific: Lessons from toga. *J. Geophys. Res. Oceans* 103, 14241–14259 (1998).
- 4) N. H. Saji, B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran, T. Yamagata, A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature* 401, 360–363 (1999).
- 5) M. K. Roxy, K. Ritika, P. Terray, S. Masson, The curious case of Indian ocean warming. *J. Clim.* 27, 8501–8509 (2014).
- 6) X.-T. Zheng, S.-P. Xie, G. A. Vecchi, Q. Liu, J. Hafner, Indian ocean dipole response to global warming: Analysis of ocean–atmospheric feedbacks in a coupled model. *J. Clim.* 23, 1240–1253 (2010).
- 7) W. Cai, X.-T. Zheng, E. Weller, M. Collins, T. Cowan, M. Lengaigne, W. Yu, T. Yamagata, Projected response of the Indian Ocean Dipole to greenhouse warming. *Nat. Geosci.* 6, 999–1007 (2013).
- 8) G. Alory, S. Wijffels, G. Meyers, Observed temperature trends in the Indian Ocean over 1960–1999 and associated mechanisms. *Geophys. Res. Lett.* 34, L02606 (2007).
- 9) H. Tokinaga, S. Xie, A. Timmermann, S. McGregor, T. Ogata, H. Kubota, Y. M. Okumura, Regional patterns of tropical indo-pacific climate change: Evidence of the walker circulation weakening. *J. Clim.* 25, 1689–1710 (2012).
- 10) M. K. Roxy, K. Ritika, P. Terray, S. Masson, The curious case of Indian ocean warming. *J. Clim.* 27, 8501–8509 (2014).
- 11) Y. Du, S.-P. Xie, Role of atmospheric adjustments in the tropical Indian Ocean warming during the 20th century in climate models. *Geophys. Res. Lett.* 35, L08712 (2008).
- 12) F.-F. Jin, Tropical ocean-atmosphere interaction, the pacific cold tongue, and the el niño-southern oscillation. *Science* 274, 76–78 (1996).
- 13) W. Cai, A. Santoso, G. Wang, E. Weller, L. Wu, K. Ashok, Y. Masumoto, T. Yamagata, Increased frequency of extreme Indian Ocean Dipole events due to greenhouse warming. *Nature* 510, 254–258 (2014).
- 14) RIMES, Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System for Africa and Asia (2012): Climate change scenarios and their interpretation for Maldives, 47p.
- 15) IPCC (2014): Climate Change 2014 Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change, 151p.
- 16) Ministry of Environment and Energy Republic of Maldives (2016): State of Environment, 216p.
- 17) Ministry of Environment and Energy (2016): Second National Communication of Maldives, 142p.
- 18) Rayner, N., Parker, D. E., Horton, E., Folland, C., Alexander, L., Rowell, D., Kent, E. and Kaplan, A. (2003): Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, p108.

- 19) Asian Disaster Reduction Center (2018): Republic of Maldives Country Report, 38p
- 20) UNDP (2008): Detailed Island Risk Assessment in Maldives, Natural Hazard and Physical Vulnerability Assessment Report, Vol.1, Executive Summary, 35p.
- 21) Ministry of Environment, Energy and Water, Republic of Maldives (2006): National adaptation plan for action – NAPA, 98p.
- 22) The Association of Japanese Geographers (2009): Global Warming and Natural Disasters.

## 第4章 気候変動ハザードに対する脆弱性

### 4.1 概要

「モ」国の National Adaptation Plan for Action<sup>1)</sup> に示される脆弱性アセスメントに従うと、気候変動による大きな脆弱性が生ずる項目として、以下の8つに分類されている。

1. Land, Beach and Human Settlement
2. Critical Infrastructure
3. Tourism
4. Fisheries
5. Human Health
6. Water Resources
7. Agriculture and Food Security
8. Coral Reef Biodiversity

気候変動に対する脆弱性として、上記の項目と合わせ、政策やガバナンス、国民性やジェンダー、地域性に関わる脆弱性も合わせて言及する。そこで、本章では以下の8項目に整理し、気候変動ハザードに対する脆弱性について述べる。

1. Land and Coastal Geology (Natural Vulnerability and Human-induced Vulnerability)
2. Human settlement and Critical Infrastructure
3. Economy (Tourism, Fisheries, Agriculture and Food Security)
4. Human Health
5. Water Resources
6. Coral Reef Biodiversity
7. Policy, Governance
8. Gender, Locality

なお、1.については、「モ」国固有の自然・地理的条件に基づく脆弱性(Natural Vulnerability)と、人為的要因に基づく脆弱性(Human-induced Vulnerability)が考えられるため、ここではその2つに分けて述べる。



## 4.2 海岸及び地形特性

### 4.2.1 自然・地理的条件に基づく脆弱性 (Natural vulnerability)

- Natural vulnerability は土地面積、標高、島の幅、海浜バーム高、等の地形特性に大きく影響する。「モ」国の国土面積は 298 km<sup>2</sup> であり、世界で 6 番目に面積の小さな国である。一方、狭小な国土面積に対して 644 km の海岸線を有し、国土面積に占める海岸線の割合は世界第 3 位である。1,192 のサンゴ州島から形成され、その 96% は 1 km<sup>2</sup> 以下の面積であり、2.5 km<sup>2</sup> を超える島はわずか 10 しか存在しない。また 188 ある住民島の平均的な幅は 500 m 程度である<sup>2)</sup> (図 4.2.1)。このような狭小かつ幅が狭い地形特性より、ほとんどの居住地や重要インフラは、海岸近くに位置するため、海岸ハザードに対する脆弱性が高い(後述参照)。
- サンゴ砂礫が堆積して形成された「モ」国の土地の標高は極端に低平であり、平均水位 (MSL) +1m 以下が全体の 80 % 以上を占める<sup>3)</sup>。また、南北に約 800 km の広域な範囲に点在する各島において、南部ほど平均標高が低いことがこれまでの調査で明らかとなっており<sup>4)</sup>、北部の住民島の平均標高が MSL +1.0 ~1.4 m であるのに対し、例えば南部エリアに属する Laamu 環礁の Gan 島では平均標高は MSL +0.9 m である。この低標高な土地により、今後の海面上昇と海岸侵食に対する脆弱性が南部ほど高いと考えられる。
- 「モ」国では海岸侵食問題が、現在「モ」国で抱える環境問題の中で最



出典：JICA 調査団

図 4.2.1 「モ」国の住民島の一例  
(Laamu 環礁 Fonadhoo 島)



(1) Addu 環礁 Meedhoo 島

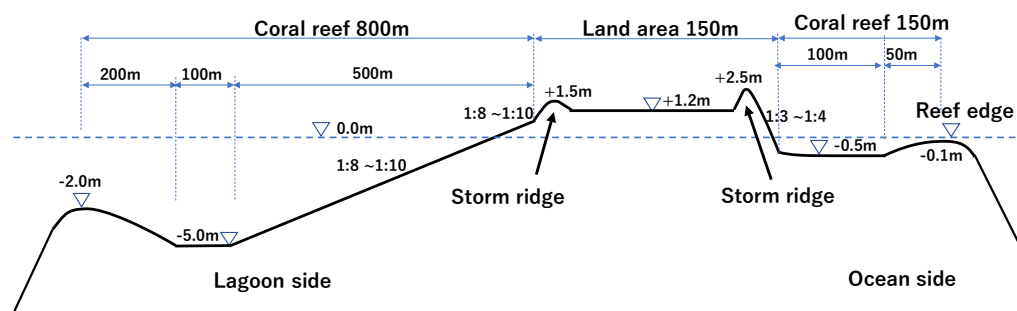


(2) Laamu 環礁 Fonadhoo 島

出典：JICA 調査団

図 4.2.2 「住民島における海岸侵食事例

も深刻であることが述べられている<sup>2)</sup>。特に住民島における海岸侵食問題が深刻化しており、2014年時点において、188の住民島のうち海岸侵食が生じている島は116島ののぼり、このうちの64%は深刻な海岸侵食状況にあることが報告されている<sup>3)</sup>(図4.2.2)。気候変動の影響により、海面上昇とともに、サンゴ礁の地形特性による海岸到達波の顕著な増大を引き起こすため、海岸侵食は加速される。その結果、①背後域への高波・浸水被害の助長、および②国土消失の加速化が生じる。特に国土面積に対する海岸線の割合が高く、狭小かつ低平な土地を持つ「モ」国では、今後の気候変動による海岸侵食の加速と国土の脆弱化が、他国に比べて極めて高くなる。



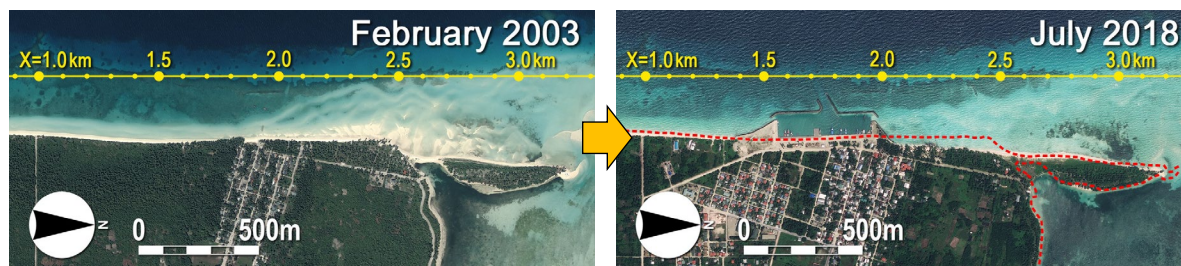
出典：JICA 調査団

図 4.2.3 住民島の横断地形の一例  
(Addu 環礁 Hankede Area)

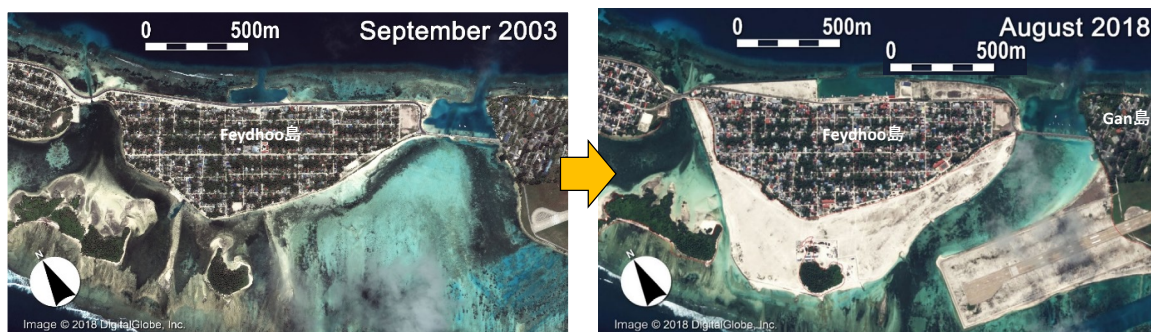
- 海浜リッジ(図4.2.3)は、波や海水位の陸域への進入に対する自然の防波機能を有するが、波の作用で形成されるものであり、一般的に波が高いと形成される海浜リッジ高も高くなる。これより各環礁において、外洋側とラグーン側を比較すると、ラグーン側のリッジ高がMSL+0.7~1.5m程度であるのに対し、外洋側のリッジ高はMSL+1.5~2.5m程度と高くなる<sup>4)</sup>。海面上昇や海岸侵食の進行、および後述する沿岸域における人為的改変による砂浜の消失は、これら自然の防波機能の低下を招く。
- 「モ」国の島々は南北約860kmの範囲に点在するため、各ハザードの脆弱性に対する地域特性が見られる。「モ」国北部では、サイクロンや異常波浪およびそれに伴う強風・高潮に対する脆弱性がある。一方 Swell wave は、南西モンスーン時に特に顕著となるため、その波に直接露出している南部ほど脆弱性が高い。津波ハザードに対しては、過去の津波は主に東側から襲来するため、これに直面する東側の島々で被害が大きく西側では小さい、といった、脆弱性に対する地域特性がある。

#### 4.2.2 人為的要因に基づく脆弱性 (Human-induced Vulnerability)

- 上記の Natural vulnerability と合わせ、人為的影響による物理的および生物的な変化が、更なる海岸災害に対する脆弱性の悪化を引き起こしている。最も深刻なのは、地形や海岸環境の改変や、不適切な土地利用による影響である。



(1) 港建設による海岸侵食の発生(Laamu 環礁 Gan 島)



(2) 埋立によるリーフの消失(Addu 環礁 Feydhoo 島)

出典：JICA で購入した 2003 年の QuickBird、2018 年の WorldView を用いて加工

図 4.2.4 人為的改変の事例

- 各島の地形は、元来それぞれのエリアにおける波などの外力条件に応じて形成され、それによる自然の防波機能や排水機能を有していた。しかしながらそれらの機能を考慮しない埋め立てや沿岸道路の建設含む人為的な地形改変が、これらの自然機能を低下させている。
- 港の建設や海岸対策、埋め立て等の開発による海岸環境の改変は、海浜形成過程の改変を招いている(図 4.2.4)。その結果、急激な海岸侵食の助長と海岸ハザードに対する自然の防護機能の低下を招いている。合わせて、変動域である砂浜での住居等の存在は、海岸植生域の消失や海浜リッジの改変を招いている(図 4.2.5)。また海岸植生域の消失は、強風等の他の自然ハザードに対する更なる暴露生の増大を招いている。
- 人々の居住エリアの拡大により、徐々に自然環境の悪化を招き、島の自然の強靱性の低下を招く。最も深刻なのは住民島におけるサンゴ環境の悪化である。



出典：JICA 調査団

図 4.2.5 砂浜上の住居の存在(Addu 環礁 Hithadhoo 島)

## 4.3 居住地及び重要インフラ施設

- 44%の居住地が、海岸から100m以内に位置するため、水位上昇による深刻な洪水被害に晒されている。狭小かつ低標高な土地により、過去6年間で90の住民島で浸水被害が生じ、37の島では少なくとも年1回以上の洪水被害が生じている<sup>5)</sup>。また住宅の材料や構造は洪水に対応しておらず、脆弱性の増大を招いている。限られた土地であることから建物のセットバックも限度がある。また人口の過密化も脆弱性増加を招く。既に34の住民島では住宅を新設するエリアが不足している<sup>5)</sup>。
- 2004年の報告では、97%以上の住民島で海岸侵食が生じ、このうち64%は深刻な海岸侵食であることが報告されている。この海岸侵食は住民島だけでなく、87のリゾート島の45%以上についても深刻な海岸侵食が報告されている。海面上昇や高潮による海岸侵食の加速は、土地、居住エリア、ツーリズムエリアの消失や重要施設への損傷を招く。
- 近年積極的なインフラ整備が行われているが、これらは海面上昇や高波に対する高い脆弱性を有している。例えば運輸インフラとして、3つの主要な港と128の島の港、2つの国際空港を含む5つの空港があるが、2つの国際空港は海岸から50m以内に位置する。
- 住民島の平均幅は566mで、80%の発電施設、75%の通信インフラ施設は海岸から100m以内に位置する。更に90%のごみ処理場は外洋側の海岸から100m以内に位置する<sup>5)</sup>。
- もし適切な適応策が講じられなければ、これらの重要インフラの浸水被害が頻繁に生じ、人々の安全安心な暮らしと経済への大きなダメージが生じる。過去の事例より、例えば1987年の洪水被害ではマレ空港だけで4.5 million US\$の損害、2004年の津波時には734.5 million US\$の通信・運輸施設の損害と4,200mの護岸、15,000mの港と堤防被害が生じた<sup>6)</sup>。

## 4.4 経済

### 4.4.1 観光

天然の美しいビーチと島々のリゾートの存在により、「モ」国では観光が主要経済セクターになっている。観光客は120あるリゾート島のうちのひとつを選んで訪問している。これらの島のリゾートはベッド数が14という小規模リゾートからベッド数900という大規模なリゾートまであり、多様性に富んでいる。

「モ」国への観光客のうちの約7割がビーチでの余暇を楽しむために訪問している。しかし、多くのビーチで砂浜の損失の恐れがあり、既に約45%のリゾートが程度の差こそあれ砂浜の侵食を報告している。<sup>7)</sup>

「モ」国はダイビング先としても「世界を主導するダイビング先」、「インド洋を主導するダイビング先」と言われるほど高い。<sup>8)</sup>「モ」国のサンゴ礁は狭い温度帯で生息し、温度変化にとても敏感である。現在予測されている海水温度の上昇やエルニーニョ現象の発生を考えると、サンゴの白化現象は急速にかつ大量に拡大していくことが予測されている。気候変動の「モ」国の観光セクターへの主な影響を表4.4.1に示す。<sup>9)</sup>

表 4.4.1 気候変動の「モ」国の観光セクターへの主な影響

気候変動	特定された影響
気温上昇	季節の変化と予測不可能性、冷却コストの増加、観光客の熱ストレス、感染症の増加
異常気象の頻発化、激甚化	保険費用の増加/保険の喪失、事業中断費用の増大
海面水位上昇	海岸侵食、海岸地域の喪失、海岸インフラの喪失、海岸の保護と維持のための費用の増大
海水温上昇	ダイビングスポットやシュノーケリングスポットでのサンゴの白化、海洋資源の減少、美観の低下
海洋生物多様性の変化	自然の海洋の魅力と種の喪失。

出典：Second National Communication of Maldives (2016)

### (1) 気温上昇

「海と砂と太陽 (Sea and Sand and Sun)」は、「モ」国が訪問者増大を促進するため主要な観光商品となっている。世界的な気温の上昇は、観光客が寒い気候からの暖かい気候を楽しむために旅行する機会を減少させることにつながり、「モ」国への観光客減少のリスクをもたらす。さらに、気温が上昇すると空調に係る費用が増加するため、観光セクターの運用コストが増加する。気温の上昇によってもたらされるもうひとつの脅威は、感染症の蔓延である。わずかな気温上昇は、感染症拡大に大きな影響を与える可能性がある。「モ」国のリゾート関係者と外国客船の関係者・乗客は、コミュニティでのデング熱などの媒介性疾患の発生源となり得ることに加え、ひいてはスタッフの離職率と観光客の充足にも影響を与える可能性があることを示している。

### (2) 異常気象の増加

嵐とそれに伴う降雨による洪水とうねりは、「モ」国でも異常気象となって表れている。気候変動による異常気象の頻度と強度の増加は、観光施設とサービスへの災害リスクを高める。「モ」国の観光セクターは、特定の季節の目的地からの年間を通じた目的地へとゆっくりと進化しているため、これらの異常気象の増加は観光活動により大きな影響を与える可能性がある。また、異常気象による輸送サービスの中断、資産の損失は、現在の気候の傾向/予測によってはさらに増加する可能性がある。<sup>10</sup>「モ」国のリゾートは標高が低く、海岸近くに整備されているインフラは、熱帯および熱帯外の地域で発生するうねりに対しても脆弱である。洪水に加えて、うねりは島の地下水を汚染し、リゾートの景観あるいは農業目的で植えられている植物に永続的な損傷を残す。気候変動により、「モ」国の保険費用も増大すると考えられる。

### (3) 海面水位上昇

「モ」国のリゾート島の最も重要な資産はビーチである。現在、ビーチの60%は、侵食に直面している。<sup>9</sup>海面上昇は侵食の問題を悪化させるだけでなく、帯水層への塩水侵入のリスクを高め、海面上昇や異常気象によるリスクを高める。天然のビーチの維持は、観光客をリゾートに引き付けるために最重要であるが、海岸侵食を制御および制限するように設計された人工構造物の建設は、景観面でも問題があり、整備費用かかる。

また、ベッド数が200床の近代的なリゾートの整備には、4,300万ドル以上の設備投資が必要である。これは、海面上昇によるリゾート島の経済的損失が住民島などに比べて高くなるリスクがあることを示している。島の面積が小さいため、リゾート島のインフラは海岸に近接して整備されている。さら

に、多くのリゾートでは、浅いラグーンの水上市場や水中でのインフラ整備も一般的に見られる。リゾート島でも、インフラの災害リスクが高いと考えられる。

#### (4) 海水温上昇

Westmacott&Rijsberman<sup>11)</sup>は、観光客の25%から35%がシュノーケリングとダイビングのために「モ」国を訪れると推定している。海面水温の上昇により、ダイビングスポットでのサンゴ礁の白化は、観光に依存する小さな島々においては、最も顕著な脅威であることが知られている。<sup>12)</sup> 実際に1997/1998年のエルニーニョは「モ」国で80%以上のサンゴの白化を引き起こした。<sup>13)</sup>

一方、Westmacott&Rijsbermanによる観光客への意識調査では、1998-99年に「モ」国を訪れた観光客の68%が、そのシーズンの「モ」国でのサンゴの白化現象に気付いていなかったことが示されている。<sup>11)</sup> その年の推定経済的損失は約300万米ドルであった。したがって、短い一時的な出来事によるサンゴの白化の直接の影響は、目立った規模で業界に影響を与えることはない。<sup>11)</sup>

ただし、海水温上昇によるサンゴの死滅率の増加は、サンゴ礁に依存する亀、サメ、エイなどの海洋動物により深刻な影響を与える可能性がある。Martin&Hakeem<sup>14)</sup>は、「モ」国のサメの鑑賞を目的としたダイビングで生まれる経済的価値を3,860万米ドルと評価している。Anderson et al.<sup>15)</sup>は、「モ」国でのマンタ鑑賞は、直接収入で年間約810万米ドルの価値があると推定している。気候変動による海水温の長期的な上昇は、このようなダイビングによる収入にも影響を与える可能性があると考えられる。

### 4.4.2 漁業

「モ」国の漁獲量の大半はマグロ関連種であり、マグロを含む海水漁業資源の動態は気候変動に関連している。「モ」国の漁業はサンゴ礁の生態系に依存しているため、これらの生態系への影響は漁業部門に直接影響を及ぼす。例えば、マグロの漁業は、サンゴ礁から捕獲された生き餌に依存している。さらに、多くのサンゴ礁の魚が輸出市場やリゾートに出される。漁業に影響を与える気候変動に関連する主な現象は、海面水温と海のpHの変化である。

マグロは「モ」国の家庭の食卓においてタンパク質の主要な供給源であり、不可欠なものであるため、マグロ漁業の衰退は「モ」国の食料安全保障にも直接影響を及ぼす。一方、サンゴ礁に生息する魚の減少は、観光や水産業に依存している住民に影響を及ぼす。また、海面水位上昇による沿岸災害と海岸侵食の加速は、沿岸地域にある漁業施設にも損害を与える可能性が高い。

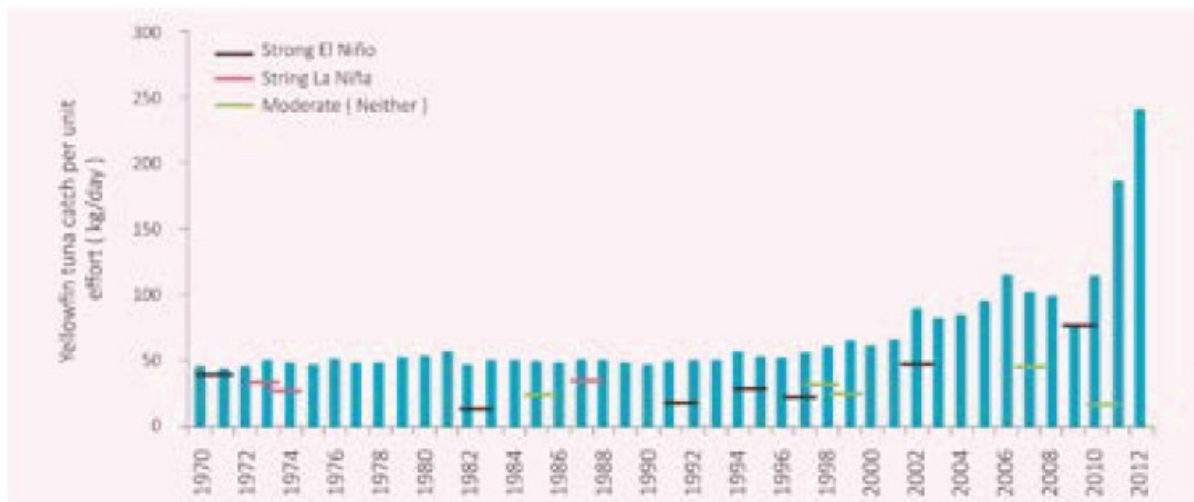
#### (1) 海水温上昇が漁業に与える影響

海面水温の変動によって現れる海洋性気候の変化は、マグロや他の遠海魚種の分布、移動パターンに影響を与える可能性がある。また海面水温は幼生の生存とその後の魚の産卵に影響を与える可能性がある。赤道太平洋におけるカツオの大規模な分布と移動は、エルニーニョ南方振動(ENSO)イベントと相関性が高いと言われている。<sup>16)</sup> 同様に、マグロ種の分布と漁獲率の変動も、インド洋の気候に影響を与える海面水温と海中水温の水域パターンを示すインド洋ダイポール(IOD)に関連して観察されている。しかし、マグロの個体数の変動とIODとの関連は、まだ解明されていない。<sup>17)</sup>

「モ」国のマグロ漁業は、群島の環礁の長い連鎖に沿った季節的なモンスーンやその他の海洋学的変動の影響を受けることが報告されている。Anderson<sup>19)</sup>は、マグロの漁獲量はエルニーニョ現象の影

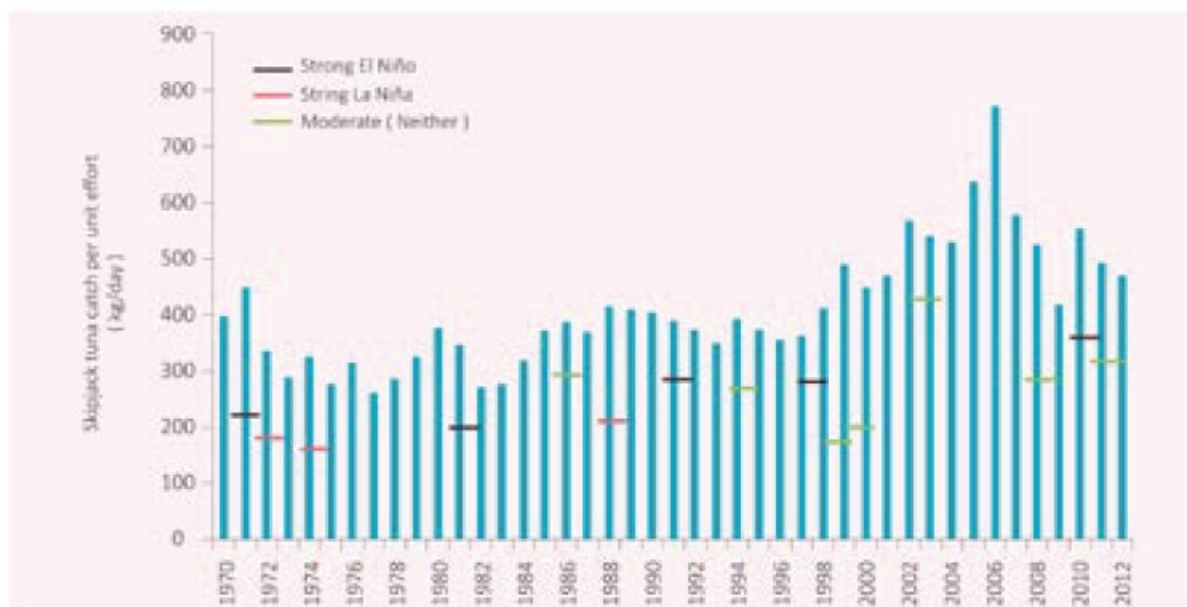
響を受けていると報告している。1972-73年、1976年、1982-83年、1987年、1992-94年のエルニーニョ年の間に、カツオの捕獲率は著しく減少し、キハダマグロや他のマグロ種は増加した。ラニーニャの年の間に、カツオの漁獲率は増加したが、他の主要なマグロ種の漁獲率は減少した。

1971年から2012年までの2つの主要な種、キハダマグロとカツオのマグロ漁獲量の分析を、それぞれ図4.4.1と図4.4.2に示す。



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.4.1 キハダマグロの漁獲量 (1971年～2012年)



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.4.2 カツオの漁獲量 (1971年～2012年)

## (2) 海洋の酸性化が漁業に与える影響

大気と海水との CO<sub>2</sub> 交換の結果<sup>21)</sup>、海水中の炭酸塩の pH と濃度が変化する。海水中の CO<sub>2</sub> 吸収は、気温の影響も受ける<sup>22)</sup>。また海水の CO<sub>2</sub> 高濃度化により、大気への負のフィードバックが促進さ

れる可能性がある<sup>23)</sup>。今後 50 年から 100 年で pH 値が 0.5 ポイント低下することが予測されている。これは、サンゴの発達やプランクトン、軟体動物、甲殻類、魚の物理的発達など、細胞内プロセスや生物の生理機能に影響を与える可能性があり、生物はすべて海洋酸性化のリスクにさらされている<sup>21)</sup>。これは、食物連鎖における食料生産と入手可能性に影響を及ぼす。

海洋化学の変化がマグロに与える影響に関する文献では、4 つの研究結果が紹介されている。これらには pH の変化に関する考察も含まれ、マグロの体液中の炭酸の変化が増加し、血液の pH が低下する可能性があることを指摘している。他には、pH の変化がマグロの耳の骨の成長と形成や聴力への影響することを指摘する研究もある<sup>24)</sup>。また、海水に溶存している炭酸カルシウムの減少はマグロを支える食物連鎖網の中でプランクトン種の生態を変える可能性があり、マグロの分布と個体数に間接的な影響を及ぼす可能性がある。

#### 4.4.3 農業と食糧安全保障

「モ」国にとって農業は、食料安全保障、栄養摂取、収入の観点から極めて重要であり、農業部門の生産は 2019 年の GDP の 1.2% を占めている。<sup>44)</sup> 多孔質の砂からなる小規模のサンゴ島では、農産物の生産が難しく、Shabau<sup>25)</sup> によると、「モ」国の国土面積のうち耕作可能な土地はわずか 30km<sup>2</sup> に過ぎない。小規模な島々では灌漑に利用できる淡水が限られているため、農業生産性はさらに悪化する。このように、「モ」国では農業生産は限られており、食料自給の課題がある。

気候変動による農業への影響は大きく、植物への熱ストレス、土壌の水分と温度の変化、降雨による土壌の表面侵食による肥沃土壌の喪失、作物の成長に必要な水の不足、地下水位の変化、塩害、海面上昇による土地喪失などを引き起こす可能性がある。これらの影響は、貧しい土壌、限られた土地面積、水不足からすでにストレスにさらされている「モ」国の農業の現在の状況をさらに悪化させると考えられる。

また、農業の生産と取引は、嵐に起因する暴風、豪雨、高潮などの異常気象による損害のリスクにも直面している。また、海のうねりによる洪水は地下水の塩水化をもたらし、その影響は長期化する。2007 年には、20 の環礁のうちの 12 の環礁において、強風によりパパイヤ、パンノキ、バナナ、ヤシなどの樹木が損害を受け、農業生産に大きく被害を及ぼした。

さらに、今後、気候変動により異常気象が「モ」国をより頻繁に襲う場合、人口の少ない小規模の島への食料の海上輸送にも影響を及ぼし、各島が直面する食料貯蔵問題を悪化させる。空港と港湾は、他の地域より食料を輸入するための主要な玄関口である。これらの施設も、気候変動の影響に対して非常に脆弱である。これらの施設の運用への損害は、食品輸入に影響を与える可能性が高い。気候変動による異常気象の増加は、「モ」国における食糧の供給と流通、ひいては食糧安全保障にさらに影響を及ぼす。これらの施設に加えて、荷積み港から輸送ルートまでのサプライチェーン全体も、気候変動や異常気象により直接的な影響にさらされる。

## 4.5 保健

気候変動は、身体的な病気を増加させるだけでなく、精神的および社会的幸福に影響を与える健康上の負担を生み出す可能性もある (Comrie, 2007 年)<sup>3)</sup>。また、「モ」国では島々が分散しており、気候



変動は医療施設にアクセスする際にも影響を及ぼす。各島には一次医療施設があるが、より高次の医療施設は首都と人口密集地の島に限定されている。

### (1) 直接的な健康への影響

「モ」国では、気候変動と健康への影響との関係に係る評価は行われていないが、「モ」国で健康に直接影響を与えると予想される気候要因は熱波と異常気象である。気候モデルのダウンスケーリングによる予測によれば、「モ」国では21世紀の終わりまでに1.67～3.72℃の気温上昇が予測されており、将来的には熱波の頻度と強度が上昇する可能性がある。<sup>3)</sup> IPCCは、気候変動への適応において脆弱性が高く、暴露人口が多い国では、熱に関連した死亡率の増加を結論付けている。<sup>26)</sup> 表4.5.1は、気候変動による健康関連の影響に関するアンケートにおいて、回答者が主要な懸念事項として強調した問題と、島が直面している新たな問題をまとめたものである。回答者は、気温の上昇による皮膚の炎症や脱水症などについて懸念を表明し、多くの回答者から強調されている。一部の回答者は、高齢者の死亡は高温によるものである可能性が高いと考えている。

表 4.5.1 健康関連の影響の要約結果

場所 (環礁/島)	主な懸念事項
HDh. Kulhudhuffushi	高温・熱波 脱水症状 皮膚への刺激 尿路感染症 目の炎症 呼吸器疾患 塵埃蓄積の増加
AA. Rasdhoo	皮膚病 (かゆみ、発疹) 高温・熱波
AA. Thoddo	呼吸器疾患 脱水症状
Addu City	高温・熱波 脱水症状 植生の喪失による乾燥化

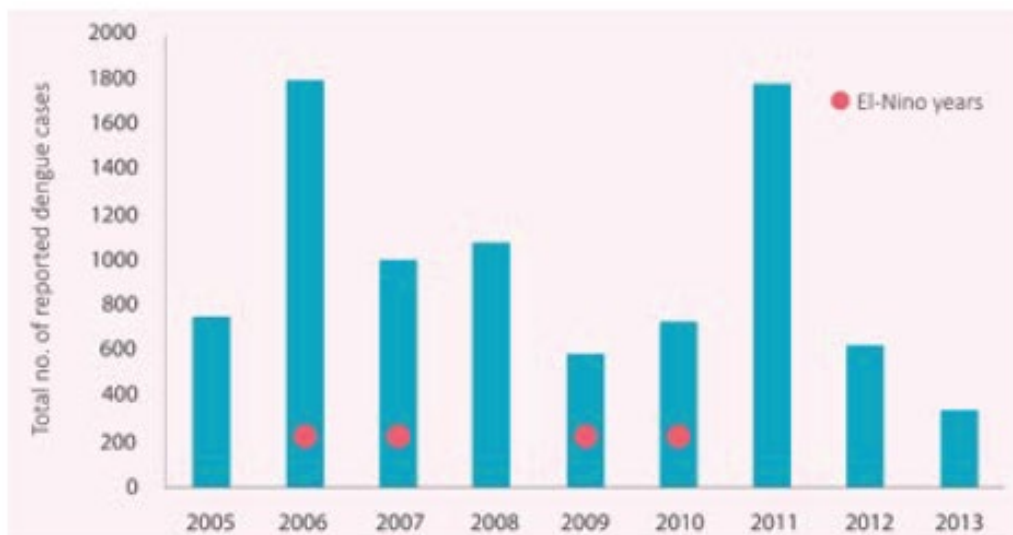
出典：Second National Communication of Maldives (2016)

前述の通り、「モ」国では異常気象が増えており、将来、異常気象の高頻度化と激甚化が進むと予測されている。「モ」国を対象とした異常気象による身体的傷害や死亡率などの健康への影響の関係について研究がまだないため、直接的な健康への影響に関する情報の欠如は対策の検討に支障を来している。定性的調査では、回答者は異常気象による移動への制約と医療施設へのアクセスの低下を懸念事項として強調している。

### (2) 間接的な影響

気候変動の間接的な健康への影響には、生態系や社会システムの変化によって引き起こされる二次的影響が含まれる。最も顕著な間接的な影響の1つは、ベクター媒介性疾患による影響である。「モ」国では、マラリアやフィラリアなどの媒介動物媒介性疾患が根絶されているため、デング熱、チクングニア熱、ツツガムシ病が主な媒介動物媒介性が懸念となる疾患である。

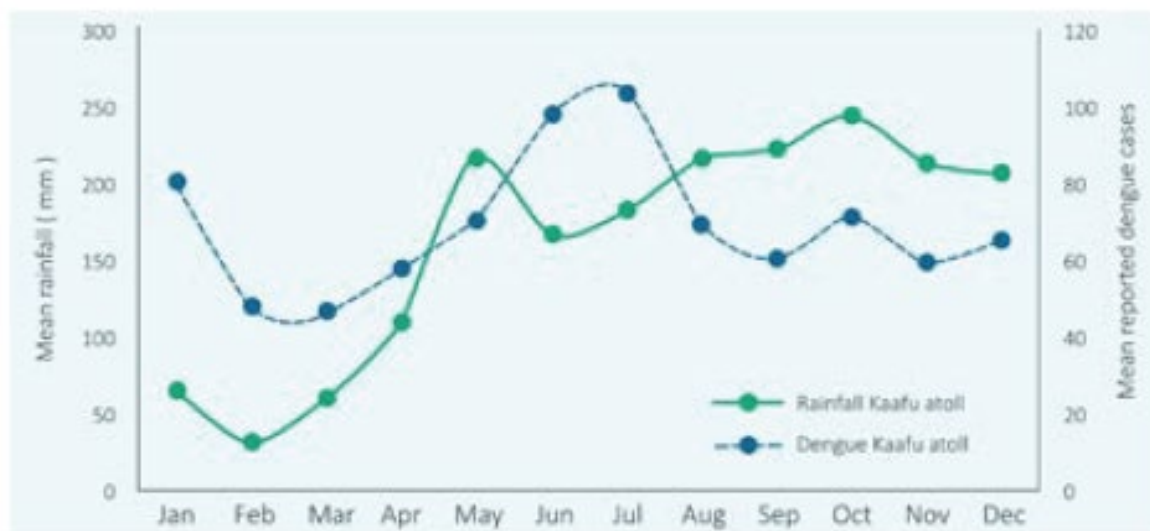
デング熱は1979年以來「モ」国で風土病になっている。発生状況についてはほぼ毎年記録されており、いくつかの年においては発生件数が多い。図4.5.1に示すように、過去の発生は1988年、1998年、1999年に記録され、最近では2006年、2007年、2011年、2015年に記録されている。デング熱の発生とエルニーニョとの関係性も高く、実エルニーニョ発生年からタイムラグを伴ってデング熱の発生件数が高くなると言われている<sup>27)</sup>。図4.5.1でもその傾向が見られ、「モ」国でのデング熱の発生とエルニーニョ現象の間に密接な関係があることを示している。



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.5.1 報告されたデング熱の発生件数

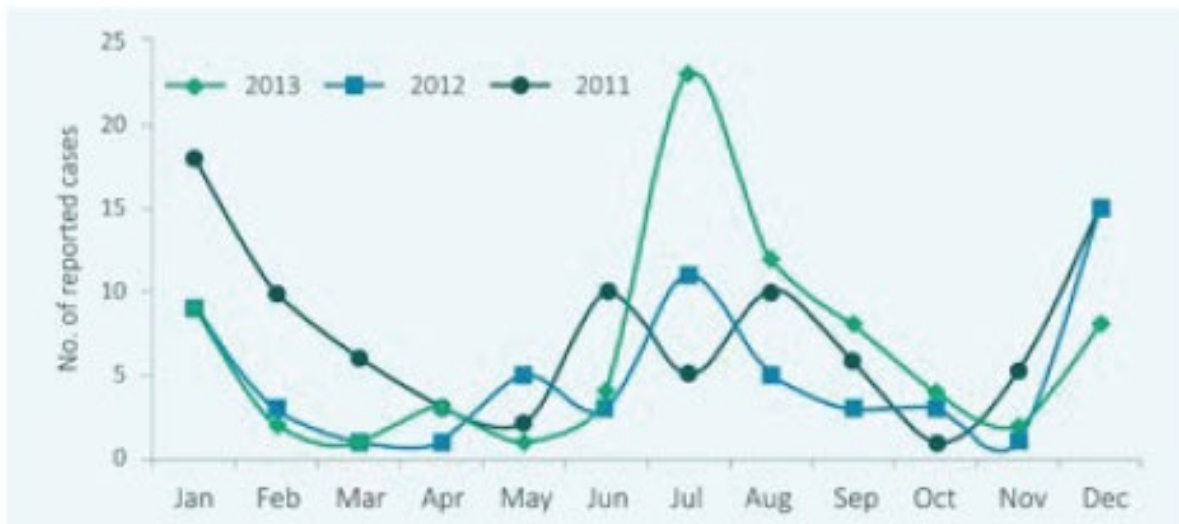
デング熱発症の季節変動については図4.5.2のような傾向が見られ、「モ」国中央部では、降雨とデング熱発生との間にラグのある相関関係が見られる。この結果は、デング熱の流行が気候変動の影響を受けることを示唆していると考えられる。



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

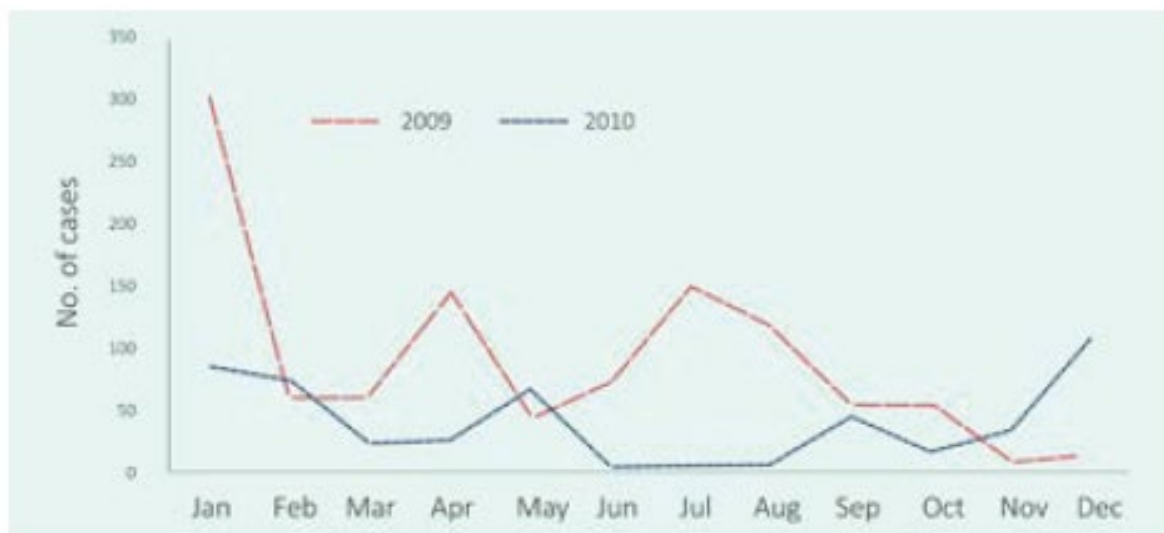
図 4.5.2 報告されたデング熱の症例と長期平均降雨量（2005-2013）

「モ」国での他の媒介動物媒介性疾患は、ツツガムシ病とチクングニア熱である。ツツガムシ病のデータ（図 4.5.3）は、モンスーンの間「モ」国で症例が増加することを示している。チクングニア熱は 2006 年に国内では最初に観察された疾患である。チクングニア熱の最新の発生は 2009 年と 2010 年に観察されているが、その後は図 4.5.4 に示すように 2010 年は 2009 年に比べると全体的に減少している。



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.5.3 2011 年から 2013 年まで毎月報告されたツツガムシ病の症例



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.5.4 報告されたチクングニア熱の症例

#### 1) 食物由来の感染症および水系感染症

「モ」国では、食物や水を媒介とする病気は一般的に見られないが、洪水を伴う大雨は糞便廃棄物の安全な処分がない場合に病原体の伝播を促進する。また、不十分な衛生システムと地下水の汚染のために、水系感染症が広がる可能性が高くなる。

急性胃腸炎は、「モ」国で報告されている主な食物と水を媒介とする病気である。これは、感染者の糞便や尿によって汚染された食べ物や飲み物の摂取によって伝染する細菌性疾患である。

## 2) 大気質

「モ」国における、最も包括的な大気質の評価には、2010年の世界疾病負荷プロジェクトの一環として実施された比較リスク評価がある。「モ」国の大気汚染の主な原因は、ほとんどの離島での移動式燃料の燃焼と廃棄物の野焼きである。首都マレでは、主に自動車の排出物と建設からのセメントダクトが原因となっている。この汚染は、混雑と高い人口密度によって増幅されます。大気質と急性呼吸器疾患 (ARI) は相関性が高く、「モ」国の小さくかつ密集した空間を考えると、大気汚染により呼吸器疾患にさらされる可能性が高くなる。

## 4.6 水資源

淡水資源は、予測される地球の気温、海面水位の上昇、および降雨量の減少の可能性によって直接影響を受ける。「モ」国のように淡水量が限られている小さな島々では、気候変動の影響が水資源に与える可能性は大きい。「モ」国のような小島嶼国においては、地下水の水質と雨水の利用可能性が、気候変動の影響に対するケーススタディにおいては、島々の脆弱性を評価するための主要な指標となっている。

### (1) 地下水

地下 1m から 1.5m の淡水レンズに堆積した地下水は、かつては人々の飲料水だったが、現在では約 9 割の人々が雨水を飲用や調理に利用している。淡水レンズからの過剰な揚水に加えて、乾季が長いことから、地下水が枯渇する可能性があり、雨水の利用にシフトしている。

淡水レンズへの塩水侵入は、海面上昇とうねり波によって引き起こされる洪水が原因で発生する可能性がある。塩水侵入は、土壌の状態、植生、陸域の生態系に影響を及ぼし、農業部門に深刻な損失をもたらす。

調査対象の島で採取されたサンプルは、4 つの島すべての地下水が糞便性大腸菌群で汚染されていることを示している (表 4.6.1)。調査によると、どの島にも適切な衛生システムが整っておらず、すべての家庭は浄化槽システムを介してオンサイトで下水と廃水処理を行っている。Falkland<sup>28)</sup> が実施した調査では、適切な衛生システムがないことと、「モ」国全域の井戸から地下水が制御不能なレベルで汲み上げられていることから、家庭排水により広範囲にわたり地下水汚染が確認されている。

表 4.6.1 調査島の地下水質の指標

水質パラメータ	環礁	B. Hithaadhoo	Hithadhoo, Addu city	Gn. Fuvahmulah	Ga. Dhekanbaa
pH		8.0	7.5	7.6	8.8
電気伝導率(μS/cm)		1108.3	824.7	687.8	1725.6
Salinity (‰)		0.9	0.5	0.3	12.6
糞便性大腸菌群で陽性のサンプルの割合(%)		100.0	60.0	100.0	100.0
糞便性大腸菌数(CFU/100ml)		97.0	59	54.0	45.5

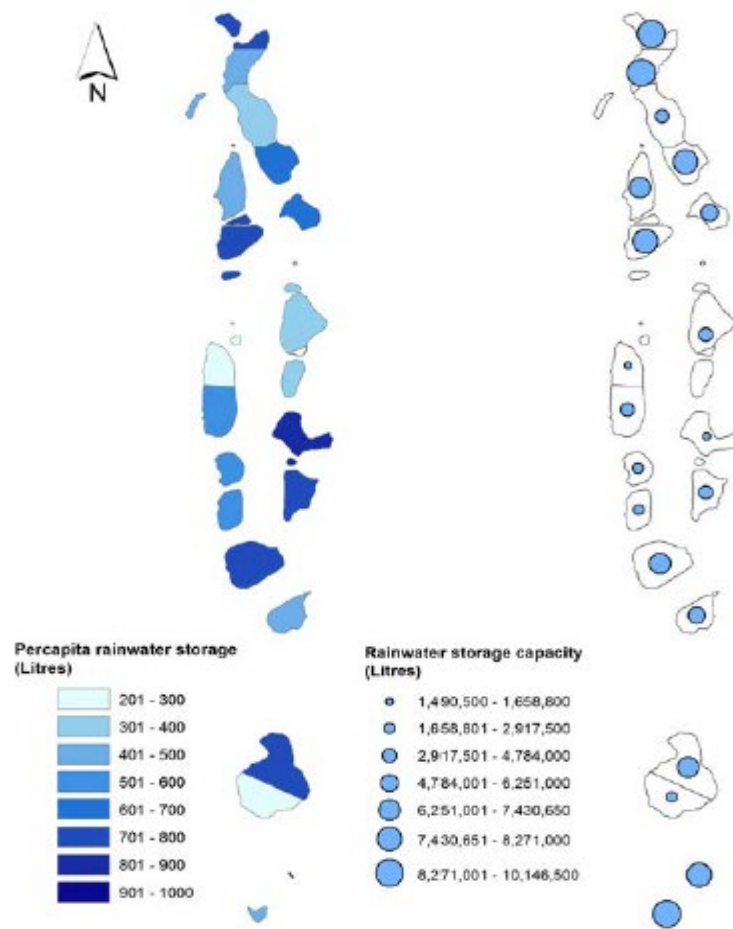
出典：Second National Communication of Maldives (2016)

## (1) 雨水

将来の地域の気候変動シナリオにおいて、「モ」国ではモンスーンによる豪雨を経験する可能性がある一方、降雨日数が減少する可能性が高いことが示されている。これは、コミュニティの雨水の利用可能性に影響を与えると考えられる。

雨水は、家屋や公共の建物を經由して屋上から取り込まれる。図 4.6.1 は、環礁の総雨水貯留容量と 1 人当たりの貯留量を示している。「モ」国中央部と比較して、「モ」国の北部と南部では総雨水貯留容量は高い。

乾季における分析では、連続した乾燥日数の最大数が、「モ」国の北、中央、南の環礁でそれぞれ 56、38、32 であることを示している。10 (リットル /人/日)<sup>29)</sup> の水消費量と最大連続乾燥日数を考慮して、乾季に対応するために必要な貯蔵量を現在利用可能な貯蔵量も比較している。図 4.6.2 が、その結果で、北部と中央部が乾燥期間の長期化に対してより脆弱であることを示している。これらの地域は、図 4.6.1 でも一人当たりの貯水量が少なく、図 4.6.3 では乾燥期間中に緊急事態として要請の出された回数が多い地域となっている。



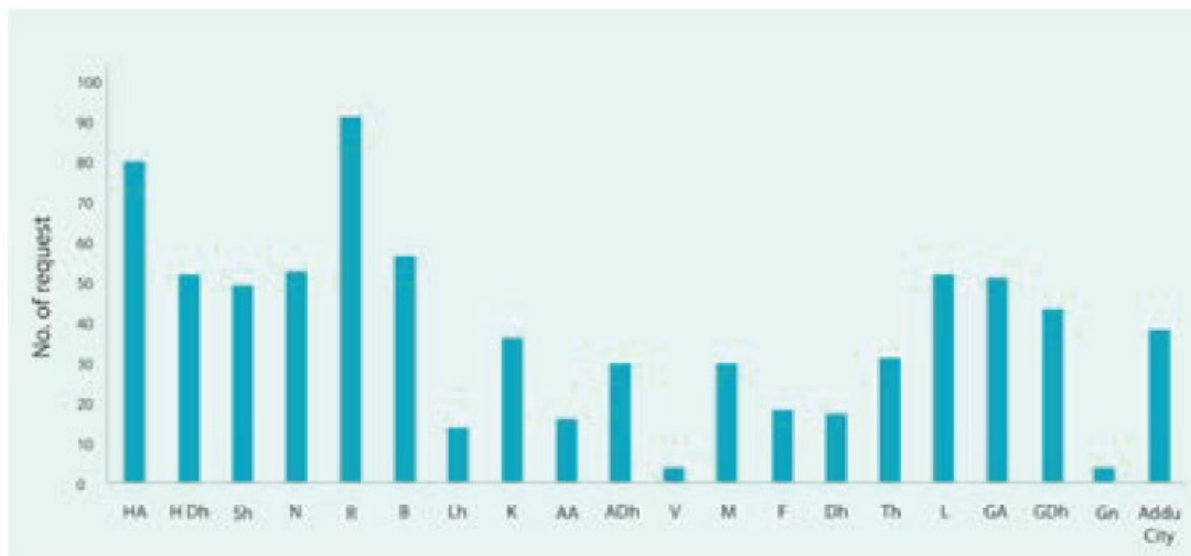
出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.6.1 各環礁における雨水貯留容量



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.6.2 現在の貯蔵容量に対する不足水貯蔵

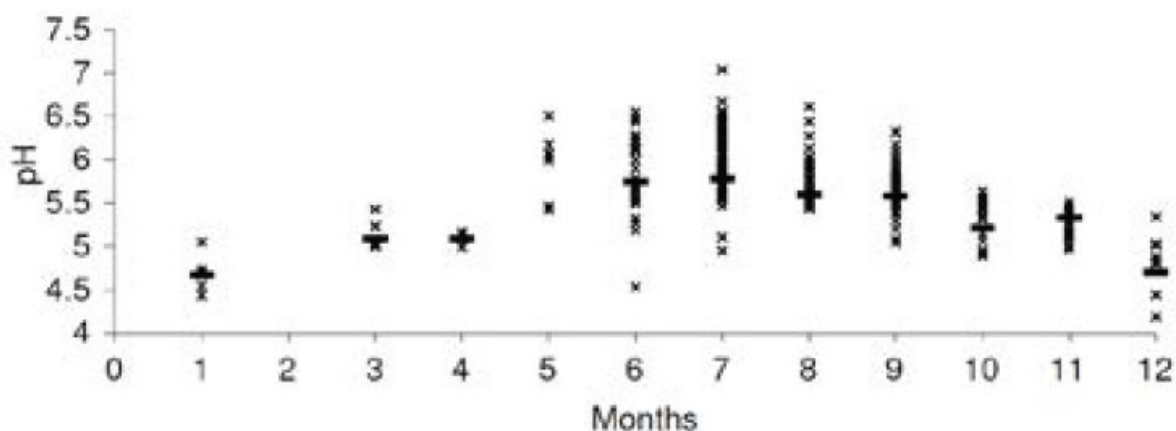


出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.6.3 2005 年から 2014 年の乾季における渇水による緊急事態に係る要請の回数

水資源の量的な問題に加え、水質も問題となっている。Hithadhoo と Fuvahmulah の各環礁で、それぞれ 10 つの井戸と 4 の井戸で糞便性大腸菌群の検査が実施された。テストされたすべてのサンプルは、Hithadhoo と Fuvahmulah の各環礁でそれぞれ 43 CFU / 100ml と 55CFU / 100ml の汚染レベルを示した。また、Laamu 環礁の Gan 島において、「モ」国水衛生局 (MWSA) が実施した研究では、テストしたサンプルの 45%が糞便性大腸菌群に陽性であることが分かっている。<sup>30)</sup> Addu 環礁で実施された同様の研究では、コミュニティタンクに集められた雨水がバクテリアで汚染されていることが分かっている。これは、地元の保健当局が衛生面で推奨していない貯留方法によるものと考えられている<sup>31)</sup>。

このような地域では、大気汚染物質による雨水汚染のさらなる懸念がある。インド亜大陸からのアジアブラウンクラウドとして知られる越境大気汚染は、「モ」国の雨水水質の懸念事項となっている。Das et al<sup>32)</sup> は、図 4.6.4 のように、Hanimaadhoo の気候観測所 (MCOH) での雨水中の汚染物質 (SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、およびアンモニウム) の増加と 12 月と 1 月の pH の全体的な低下を示している。



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.6.4 MCOH から測定された水質の pH の月別変化

## 4.7 サンゴ礁の生物多様性

「モ」国には多様なサンゴ生態系があり、世界で7番目に広いサンゴ礁があると言われている。また、9種のクジラ、7種のイルカ、15-20種のサメ、および5種のウミガメに加え、1,090種以上の魚類、36種のスポンジ動物、180種の造礁サンゴ、250種の非造礁サンゴが生息しているなど、生物多様性に富んでいる。

サンゴは海水の温度上昇に非常に敏感であり、海水の温度は、既にいくつかのサンゴ種においてのより良い成長に最適な閾値温度よりも高くなっている。海面水温（SST）の上昇は、サンゴの白化を引き起こす。サンゴ礁も海面水位の上昇の影響を受けやすく、「モ」国で見られるサンゴ礁はすでに海面水位の上限に達しており、サンゴの生育が成長する余地がない状況となっている。

### (1) 海面水温（SST）がサンゴ礁に与える影響

海面水温の上昇は、熱帯のサンゴ礁でサンゴや他の褐虫藻動物の死を引き起こす主要な要因の1つとして報告されている<sup>33)</sup>。「モ」国チャゴス諸島は、歴史的にインド洋で最も暖かい地域であり<sup>34)</sup>、「モ」国ではサンゴの白化が、1977年、1983年、1987年、1991年、1995年、1997年、1998年に観察されている。1998年のサンゴの白化は最も深刻で、サンゴ礁に前例のない損傷を引き起こし、サンゴの90%以上が全体的または部分的に白化した（Ali & Manik, 1989<sup>35)</sup>；MRC, 1998<sup>36)</sup>；Riyaz et al, 1998<sup>37)</sup>）。最近では、サンゴの白化を伴う現象が2005年と2010年に観察され、1998年と2010年の海面水温は長期（1951-2010）の海面水温の平均よりも高かった（図4.7.1）。2005年と2010年の海面水温の上昇は、1998年のサンゴの白化からの回復を阻害するものであった。



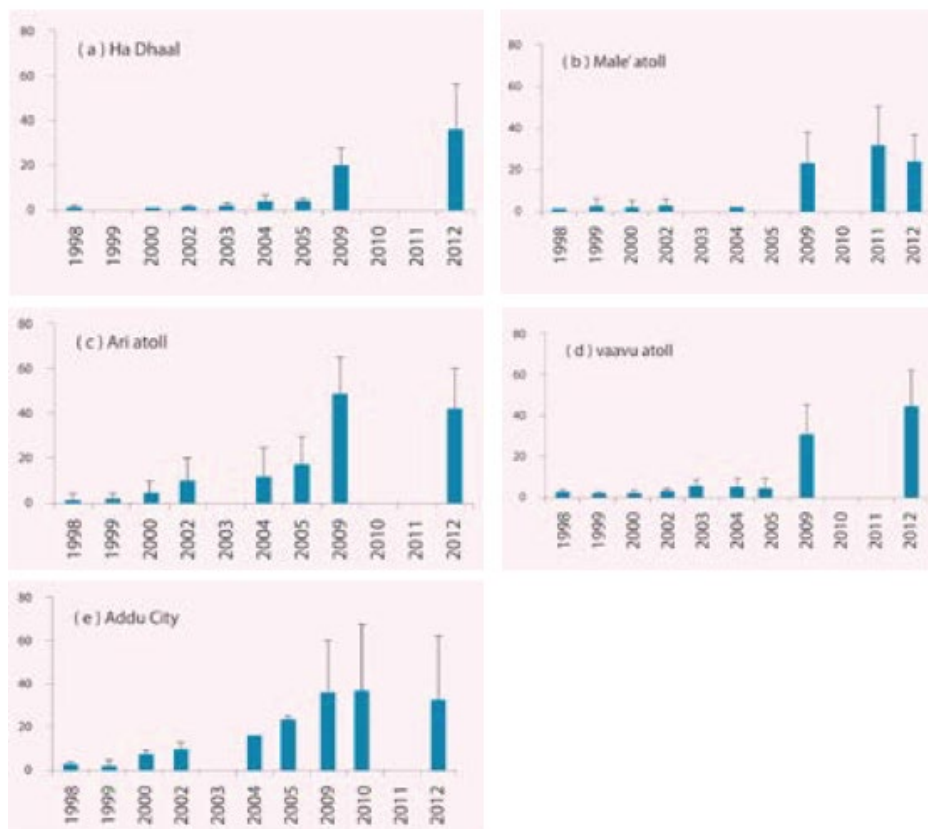
出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.7.1 「モ」国全体の海面水温の月別変動

1998年の海面水温上昇により、「モ」国の浅いサンゴ礁地域のサンゴ群集の大部分が死滅し、サンゴは激しく白化した。様々な情報源から入手可能なデータを比較すると、サンゴ礁の白化前の状態は、



サンゴ礁の健康状態の観点から 40～60%の生きたサンゴ礁であり、白化現象後は生きたサンゴ礁の割合は3%未満に急落した(38)。1998年のサンゴの白化を受け、「モ」国海洋研究センター(MRC)は、1998年に白化の影響を調査するために15のサンゴ礁を継続的に監視する全国的なサンゴ礁監視プログラムを開始した。1998年の白化現象以降は、サンゴの被覆の回復が見られ、北環礁の珊瑚礁は2000年の1%から2012年には36%以上に増加した。他の環礁でも同様の回復パターンが見られる。(図4.7.2)。



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.7.2 サンゴ礁の被覆割合の経年変化

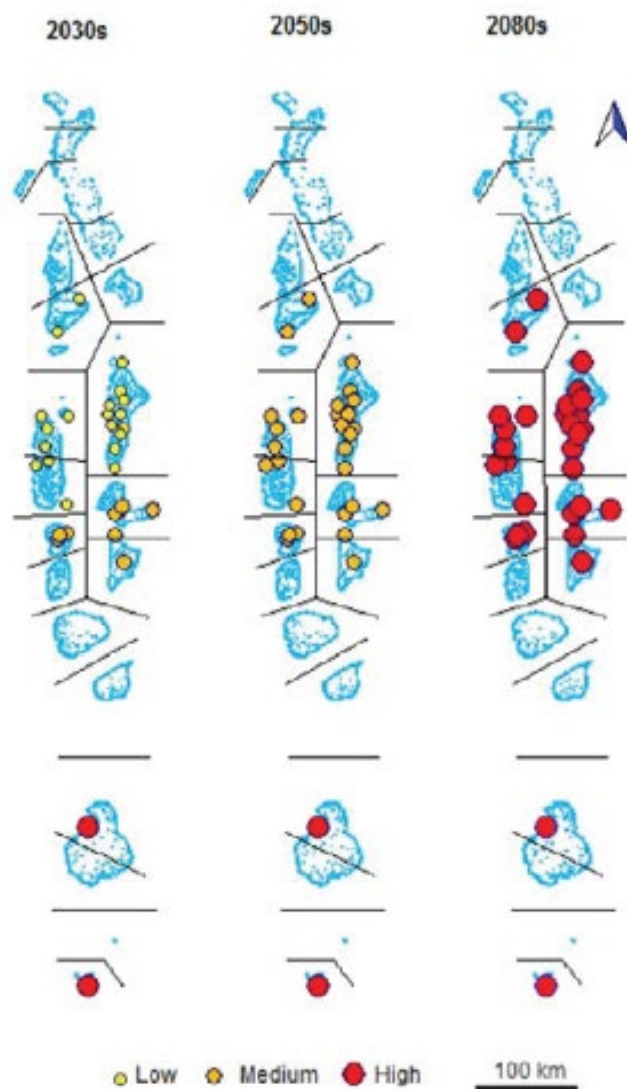
しかし、サンゴ礁の回復率は、より長い期間にわたって低レベルに留まっており、回復のスピードは遅い。1998年から2012年までの回復率は、環礁規模で年間2.1～3.5%、地域規模で2.4～2.8%の範囲でした(図4.7.2および表4.7.1)。サンゴ礁が以前の状態(生きているサンゴの被覆率の40～60%)に達するまでに10年以上またはおそらく数十年かかることを示している。サンゴ礁が回復傾向にはあるものの、サンゴ礁に対する他の自然現象または人為的圧力は回復を妨げるもので、海面水温の上昇は、白化の再発を招く可能性がある。

表 4.7.1 1998 年から 2012 年までのサンゴ礁の回復率

環礁・地域	回復率 (%/年)
Haa dhaal atoll	2.41
Kaafu atoll	2.14
Ari atoll	3.54
Vaavu atoll	3.18
Addu City	3.04
North region (6°-7° N; 73°-74° E)	2.41
Central region (3°-5° N; 73°-74° E)	2.86
South region (1° N-1° S; 73°-74° E)	2.78

出典：Second National Communication of Maldives (2016)

海面水温の将来の予測は、「モ」国のすべての地域で上昇する予測である。サンゴの白化について海面水温の過去の閾値が 33° C とすると、将来の海面水温の予測値より、図 4.7.3 (MEE, 2015a) に示すように、今後、気候の変化とともに白化の深刻度が高くなると考えられる。<sup>39)</sup>



出典：Second National Communication of Maldives (2016)

図 4.7.3 サンゴの白化の将来予想

## (2) サンゴ礁に対する海洋酸性化の影響

海洋は、人間の活動によって生成された過剰な CO<sub>2</sub> の少なくとも 30～40% を吸収している。<sup>22)</sup> <sup>40)</sup> また過去 250 年間で、海面の pH は約 8.25 から 8.14 に低下したと推定されている。<sup>41)</sup> この低下した pH は、他の海洋生物の変化と組み合わせると、海洋生態系の機能を損ない、海洋に関連する多くの経済活動を混乱させる可能性がある。炭酸塩の飽和状態が低下すると、造礁サンゴの成長が大幅に低下するため、数十万の海洋生物が生息するサンゴ礁の構造に影響を及ぼす。

グレートバリアリーフ (GBR) での、CO<sub>2</sub> レベルの上昇下での石灰化率のいくつかの実験により、CO<sub>2</sub> レベルの上昇とともに石灰化率が低下することが確認されている<sup>42)</sup>。これらの測定値は、21 世紀の終わりまでに大気中の CO<sub>2</sub> 濃度が倍増すると、石灰化率が最大 60% 低下する可能性があることを示唆している。これにより、サンゴ礁の構造が正味の侵食に陥り、沿岸の保護、生態系全体の一部を形成し、多様な生物の生息地を提供するサンゴ礁の枠組みの劣化に長期的な影響を与える可能性がある<sup>43)</sup>。「モ」国でも同様の状況に晒される可能性が高いと予想され、すでに海面水温の上昇にさらされている「モ」国のサンゴ礁にとって海洋酸性化は深刻な懸念事項である。

### <参考文献>

- 1) Ministry of Environment and Energy Republic of Maldives (2006): National adaptation plan for action – NAPA, 98p.
- 2) Ministry of Environment and Energy Republic of Maldives (2016): State of Environment, 216p.
- 3) Ministry of Environment and Energy Republic of Maldives (2016): Second National Communication of Maldives, 142p.
- 4) UNDP (2008): Detailed Island Risk Assessment in Maldives, Natural Hazard and Physical Vulnerability Assessment Report, Vol.1, Executive Summary, 35p.
- 5) Shaig, A. (2006): Climate change vulnerability and adaptation assessment of the land and beaches of Maldives, technical papers to Maldives national adaptation plan of action for climate change
- 6) World Bank (2005): National Recovery and Reconstruction Plan
- 7) MHAHE (Ministry of Home Affairs, Housing and Environment) (2002): First National Report of the Maldives to the Convention on Biological Diversity. Male', Maldives
- 8) World Travel Awards (2006)
- 9) National Bureau of Statistics (2016): Household Income & Expenditure Survey, 52p.

## 第5章 事業で着目する気候変動ハザードおよび候補地選定

### 5.1 対象とする気候変動ハザードと選定の考え

- 前述のように、低平かつ狭小な「モ」国特有の地理的特異性と、それにより多くの居住地と重要インフラが海岸域に位置することから、気候変動ハザードの特に海面上昇に対する脆弱性が、世界の中でも極めて高い国といえる。
- 海面上昇によるインパクトは、水位上昇といった直接的な物理現象にとどまらず、サンゴ礁海岸では海岸に到達する波の著しい増大と、それによる海岸侵食の助長を招き、これらの複合作用により、高波・浸水被害の甚大化・頻発化と国土消失の加速化を招く。
- このように、「モ」国では気候変動ハザードの中で、海面上昇に対するインパクトが他国以上に高く、最も注視すべき気候変動ハザードとして位置づけられる。
- 海面上昇による脆弱性が更に高まることが予想される中で、次世代以降にも引き継いでいける、国土保全と人々の安心・安全かつ快適な生活を維持していくための国土強靱化が求められている。
- そのために、自然インフラと気候変動対策の共存により、国土強靱化の持続性と、長年営まれてきた島の人々の生活や海岸との関わりの維持を目指した気候変動事業とすることを基本とする。すなわち、これまで数千年の自然作用で形成されてきた「モ」国本来の自然インフラとしての防護機能をできるだけ維持・有効活用しつつ、今後も経済インフラ開発が進む中で、気候変動に対して長期的に国土を保全・防護する上で、不十分または必要な対策を、気候変動事業として補っていく考えである。
- 例えば「モ」国の経済活動の中心の島であるマレ島は、限られた狭小な土地の島への急激かつ極度の人口集中化に対処するため、既にサンゴ礁を潰しての埋立てと強固な海岸構造物による防護対策が実施されている。このような状況の島では、自然との共存を図りながらの国土強靱化を図っていく考えは現実的ではなく、今後も引き続き、人工的な構造物での防護対策を継続し強靱化を図っていく考えが現実的である。
- 一方、「モ」国の188ある住民島においては、未だ多くの自然海浜やサンゴ礁が現存する島が多く存在し、これらと共存しながら人々の生活が長年営まれてきた中において、海岸侵食や高波・浸水被害と今後の気候変動リスクに晒されている。
- 多くの島が広域に点在する中で、本事業では、「モ」国の住民島における海岸や利用形態の現状を踏まえ、現状における沿岸災害に対する脆弱性と今後の気候変動のリスクによる影響や、事業成果の他島への有効な水平展開が図れること等を勘案し、対象の島および対象エリアを選定する。
- 対象 Atoll および対象島の選定における考慮点は、以下の通り、気候変動ハザードおよび脆弱性、事業の実施効果、多くの住民島における海岸状況と海岸問題に対する類似性とモデルケースとしての妥当性の3つである。項目1、2で対象 Atoll を絞り込み、項目3で対象 Atoll の島から対象島を選定した。
- 項目1：気候変動ハザードおよび脆弱性

予想される気候変動ハザードが大きい Atoll かどうか。すなわち既に高波浸水被害、海岸侵食による影響を受けており、また今後気候変動による海面上昇により、更に顕在化する可能性の高い Atoll かどうか。

- 項目 2：事業の実施効果

Atoll の位置づけ、経済性、発展性、地域性や住民意識、等の経済・社会環境面において、事業実施の高い効果が期待される Atoll であるかどうか。

- 項目 3：多くの住民島における海岸状況と海岸問題に対する類似性とモデルケースとしての妥当性

対象とする島は、「モ」国の多くの住民島に見られるような自然海岸やサンゴ礁が現存し、その中で高波・浸水被害や海岸侵食が問題となっているといった状況が反映されている島かどうか。また同様の問題を抱える他島への展開を図る上で、モデルケースとなりうる島であるかどうか。

以上の3つの項目で、対象とする島の選定経緯について述べる。

## 5.2 項目 1：気候変動インパクトおよび脆弱性

- 3、4 章より、「モ」国では気候変動による海面上昇により、海岸に到達する波の増大やこれによる海岸侵食の助長を招き、高波・浸水被害の甚大化・頻発化と国土消失の加速化を招くことが示された。
- 高波浸水被害や海岸侵食は、津波のように、1 回のインパクトは大きいが発生頻度の低い Extreme Event で生じているものではなく、高波浸水被害は年に数回程度、海岸侵食は波の作用が蓄積された結果として徐々に進行していくものであるため、通常の高波浪、すなわち Swell wave に大きく依存する。
- Swell wave は南西モンスーン時に高波浪が出現することが示されており、南北に長い「モ」国では南部エリアでその影響が大きくなる。波は沖からサンゴ礁を通過して海岸に作用するが、気候変動による海面上昇は、水深増加に応じたリーフ上の波高増大を招き、最終的に海岸に作用する波の顕著な増加が生じ、これにより、高波・浸水被害の甚大化・頻発化と海岸侵食の加速化を招くことになる。
- Swell wave の影響は、南部の方が高いといった地域特性が 3 章で示されており、気候変動による海面上昇により、その影響が大きくなる。一方、各島の地盤高は南部ほど低い傾向があるため、南部ほど今後の気候変動影響による高波・浸水被害や海岸侵食に対して脆弱であり、気候変動リスクが高くなることが予想される。
- これより、事業対象エリアとしては南部エリアに着目する。なお、海面上昇によるリーフ上の波高増大と高波浸水および海岸侵食におよぼす影響については、6 章で詳細を示す。
- 南部エリアに着目し、気候変動の脆弱性として、海岸侵食の報告件数、ジェンダー不平等指数、人間開発指数、複合人間脆弱性指数と言った指標を南部エリアの Atoll 毎に比較した。
- 海岸侵食の報告件数については、下記のようなデータがあり、Laamu 環礁での報告件数が最も多い。

表 5.2.1 各環礁の海岸侵食の報告件数

	Laamu	North Huvadhu	South Huvadhu	Fuvahmulah	Addu
2012-2018 の報告件数の総計	33	11	20	3	25

出典：JET processed based on Statistical Yearbook of Maldives 2019, National Bureau of Statistics<sup>1)</sup>

- ジェンダー不平等指数 (Gender Inequality Index (GII)) は、リプロダクティブ・ヘルス (性と生殖に関する健康)、エンパワーメント、労働市場への参加の 3 つの側面における達成度の女性と男性の間の不平等を映し出す指標である。Laamu 環礁を含む Region 5 は 0.741 と最も高く、ジェンダー間の不平等が最もみられる地域である。

表 5.2.2 各地域のジェンダー不平等指数(GII)

Locality	Gender Inequality Index (Value)
Region 5 (Th, L)	0.741
Region 6 (GA, GDh)	0.723
Region 7 (Gn, S)	0.696

出典：Maldives Human Development Report 2014 (UNDP 2014)<sup>2)</sup>

- 人間開発指数 (Human development index (HDI)) ならびに不平等調整済み人間開発指数 (Inequality adjusted Human Development Index (IHDI)) は、Laamu を含む Region 5 は 0.622、0.450 と低い値を示している。一方で、Addu 環礁を含む Region 7 は、0.647、0.482 と高い値を示す地域になる。

表 5.2.3 各地域の人間開発指数(HDI, IHDI)

Locality	Inequality adjusted Human Development Index (IHDI) (Value)	Human development index (HDI) (Value)	Loss due to inequality (%)	Gini coefficient
Region 5 (Th, L)	0.450	0.622	27.60	0.33
Region 6 (GA, GDh)	0.432	0.594	27.40	0.37
Region 7 (Gn, S)	0.482	0.647	25.60	0.34

出典：Maldives Human Development Report 2014 (UNDP 2014)<sup>2)</sup>

- 複合人間脆弱性指数 (Composite Human Vulnerability Index (HVI)) は、収入、電気網、交通、教育、環境、雇用など 12 の指標[1]の評価をもとに、各島・環礁の状況を総合的に評価をした数値であるが、「モ」国全土で評価が実施されている。Laamu 環礁は南部 5 環礁の中で最も高い値を示している。これは、Laamu 環礁は南部 5 環礁の中では、最も脆弱な環境にあることを意味する。

表 5.2.4 各環礁の複合人間脆弱性指数(HVI)

	Atoll name	Composite HVI 2004– Female Priorities		Composite HVI 2004– Male Priorities		Remarks
		(Value)	(Rank in all the atolls)	(Value)	(Rank in all the atolls)	
181	Laamu Atoll	3.4	3	3.4	3	
194	Gaafu Alifu Atoll (Northern Huvadhu Atoll)	3.2	9	3.2	8	
205	Gaafu Dhaalu Atoll (Southern Huvadhu Atoll)	2.6	18	2.6	18	
216	Gnaviyani Atoll (Fuvahmulah Atoll)	1.5	20	1.5	20	
218	Seenu Atoll (Addu City)	2.1	19	2.1	19	

出典：Vulnerability and Poverty Assessment 2004 (UNDP 2004)<sup>3)</sup>

Income Poverty Index、Electricity Index、Transport Index、Communication Index、Education Index、Health Index、Drinking Water Index、Consumer Goods Index、Housing Index、Environment Index、Food Security Index、Employment Index、Recreation Index の指標をもとに評価している。

- 海岸侵食の報告件数より見られる気候変動の脆弱性、ジェンダー不平等指数、人間開発指数、複合人間脆弱性指数より見られる社会面の脆弱性においても、Laamu 環礁の脆弱性が最も高いことが分かる。

## 5.3 項目2：事業の実施効果

Atoll の位置づけ、経済性、発展性、地域性や住民意識、等の経済・社会環境面において、事業実施の高い効果が期待される Atoll であるかどうかという観点から選定する。

- 社会・経済上の位置づけについて、National Spatial Plan における重要性、航空旅客の規模、将来の人口、観光の規模、農業の規模、漁業の規模の指標を比較した。
- National Spatial Plan における重要性
- National Spatial Plan では、マレ首都圏の Central Region、人口規模・経済的戦略性・将来の成長ポテンシャルから設定された圏域人口 50,000 人規模の Regional Center と圏域人口 25,000 人規模の Sub-Regional Center が特定されている。Laamu は South Huvadhu、Addu と同様に Regional Center として位置づけられている。

表 5.3.1 各環礁における National Spatial Plan の階層

	Laamu	North Huvadhu	South Huvadhu	Fuvahmulah	Addu
階層	Regional Center	Sub-Regional Center	Regional Center	Sub-Regional Center	Regional Center

出典：National Spatial Plan<sup>4)</sup>

表 5.3.2 各環礁の年間航空旅客数

	Laamu (Kadhoo)	North Huvadhu (Koodoo)	South Huvadhu (Kaadedhoo)	Fuvahmulah	Addu (Gan)
Arrivals	74,660	42,546	35,462	20,244	19,076 (58,882)
Departures	75,166	42,625	35,534	20,569	18,975 (59,164)

Note: ( ) shows international passengers

出典：Statistical Pocketbook of Maldives 2019<sup>5)</sup>

- 現在人口・将来人口  
2014 年のセンサスデータによれば、Laamu 環礁の人口は Addu に次いで 2 番目に高い。将来も順位は変わらないが、他の環礁が軒並み大きく減る中、Laamu 環礁の人口は微少に留まり、Addu との差は縮まる。将来人口予測に関しては、マレ首都圏および Regional Center (Laamu 環礁、Addu 環礁など) への人口移動が進むシナリオを想定しており、Laamu 環礁に関してはマレ首都圏への移動が少ない予測となっている。

表 5.3.3 各環礁の現在人口及び将来の想定人口

	Laamu	North Huvadhu	South Huvadhu	Fuvahmulah	Addu
2014	11,795	8,334	11,587	7,984	19,329
2054	11,279	2,722	3,313	8,604	13,339

出典：Maldives Population Projections 2014-2054, National Bureau of Statistics<sup>1)</sup>



● 農業の規模

Laamu 環礁の農業生産高は他の環礁を圧倒しており 2 位の South Huvadhu 環礁の約 1.7 倍、3 位の Addu 環礁の約 27 倍の規模である。

表 5.3.4 各環礁の農業生産高

	Laamu	North Huvadhu	South Huvadhu	Fuvahmulah	Addu
農業生産高 2018 (MVR)	4,336,156	56,260	2,651,855	0	161,490

出典：Statistical Yearbook of Maldives 2019, National Bureau of Statistics<sup>1)</sup>

● 漁業の規模

最も規模の大きいのは North Huvadhu 環礁で、South Huvadhu 環礁が続く。Laamu 環礁は 3 番目に大きい。

表 5.3.5 各環礁の漁獲量

	Laamu	North Huvadhu	South Huvadhu	Fuvahmulah	Addu
漁獲量 (千 ton)	11.6	25.1	14.6	4.8	9.4

出典：Statistical Yearbook of Maldives 2019, National Bureau of Statistics<sup>1)</sup>

● 観光の規模

Addu 環礁が最も規模が大きく、North Huvadhu 環礁、South Huvadhu 環礁が続く。Laamu 環礁は他の環礁に比べると規模が小さい。

表 5.3.6 各環礁のリゾート島のベッド数

	Laamu	North Huvadhu	South Huvadhu	Fuvahmulah	Addu
リゾート島のベッド数 (2018)	194	616	550	0	826

出典：Statistical Yearbook of Maldives 2019, National Bureau of Statistics<sup>1)</sup>

● 各指標の順位を整理すると、下表の通りである。

Laamu は観光業については他の環礁に比べると規模は小さいものの、農業、漁業の規模は他の環礁に比べると大きい。また旅客数の実績は他の環礁よりも多く、将来の人口も 2 番目に大きく、1 番目の Addu 環礁と遜色がない。また National Spatial Plan においては Regional Hub に位置づけられている。そのため、社会経済面の重要性に関しては、現在の Laamu 環礁のそれは「モ」国の第 2 の都市 Addu 環礁に比べると低い、将来的には重要性は高まると予想され、最も発展性が高いと考えられる。

表 5.3.7 各指標の順位

	Laamu	North Huvadhu	South Huvadhu	Fuvahmulah	Addu
National Spatial Plan における重要性	1	4	1	4	1
年間航空旅客数	2	3	4	5	1
現在人口	2	4	3	5	1
将来人口	2	5	4	3	1
農業の規模	1	4	2	5	3
漁業の規模	3	1	2	5	4
観光の規模	4	2	3	5	1
平均順位	2.14	3.28	2.71	4.57	1.71

出典：Processed based on National Spatial Plan<sup>4)</sup>; Statistical Yearbook of Maldives 2019, National Bureau of Statistics<sup>1)</sup>

## 5.4 項目3：多くの住民島における海岸状況と海岸問題に対する類似性とモデルケースとしての妥当性

前述のように、188 の住民島の多くはサンゴ礁や自然海浜が現存する中で、高波・浸水被害や海岸侵食の問題が顕在化している。対象とする島は、同様の状況を抱える「モ」国の他の多くの住民島における海岸やサンゴ礁等の地形的類似性、現在、高波・浸水被害や海岸侵食の問題を抱えている島であることが求められる。また事業効果と事業成果の他島への水平展開を図っていく上で、「モ」国内での主要な環礁内に位置する島であること、またモデルケースとして、異なる諸条件を持つ各島を代表する島を選定することが望ましい。

上述の項目1，2より、事業候補地として、「モ」国南部の代表的な環礁である Laamu 環礁および Addu 環礁が抽出された。そこで、ここではこれら2環礁の主要な住民島において、1)脆弱性、2)海岸・リーフの現状と海岸対策に対する住民要望、3)島の重要度（経済面）・発展性の3つの観点より、事業対象とする島の抽出を行う。なお、ここでは「モ」国中央政府、Atoll 政府、および島政府より、特に調査要望なかった島や、人口または人口密度が低く、モデルケースとしては適さないと判断された島については、予め検討対象外としている。これより比較検討を行う島として、Laamu 環礁においては Gan 島、Fonadhoo 島、Maamendhoo 島 Isdhoo、島の4島、Addu 環礁においては、Hithadhoo 島、Maradhoo 島/Maradhoo-feydhoo 島、Feydhoo 島および Meedhoo 島/Hulhudhoo 島の4島で比較する。以下に各島の特性を示す。

### 5.4.1 Gan 島 (Laamu 環礁)

Gan 島は、約 663ha (平均標高 MSL+0.9m) の「モ」国で最も大きな島面積を有する住民島であり、3,080 人の住民が暮らす。広大な島面積を有するため、人口密度は 4.6 人/ha と Laamu 環礁で最も低い。陸域の平均標高は MSL+0.9m と低いが、多くの未開発エリアが存在するため、沿岸災害に対する暴露は他の高人口密集島に比べて低く、高波・洪水被害は限定的である。近年の港建設やコーズウェイ建設に伴う島間の水域の遮断によると考えられる海岸侵食が顕在化している。Gan 島は住民島の中でも自然の海岸や

サンゴ礁が良好な状態で維持されていることから、観光開発に力を入れており、今後も積極的な観光開発を進めていく計画である。また外洋側の海岸近くには歴史的な重要文化財が存在し、その防護対策としての護岸が以前設置されたが、既に崩壊している。島政府は海岸侵食や海岸・リーフ環境悪化に対する高い懸念を持つとともに、海岸やサンゴ礁の海岸環境保全に対する意識が高い。

表 5.4.1 Laamu 環礁および Addu 環礁の主要な住民島の面積、人口、人口密度

Atoll	No.	Island	Area (ha)	persons	density (person/ha)
Laamu	1	Gan	663	3,080	4.6
	2	Fonadhoo	163	2,266	13.9
	3	Maamendhoo	19	896	47.9
	4	Isdhoo	146	958	6.6
Addu	5	Hithadhoo	498	11,129	22.4
	6	Maradhoo/ Maradhoo-feydhoo	91	3,602	39.6
	7	Feydhoo	74	3,431	46.6
	8	Meedhoo/Hulhudhoo	315	3,113	9.9

出典：Population & Housing Census 2014<sup>9)</sup>

### 5.4.2 Fonadhoo 島 (Laamu 環礁)

Fonadhoo 島は、平均標高 MSL +0.9 m の約 163 ha の島面積であり、Laamu 環礁で Gan 島に次ぐ大きさである。Atoll Capital の島であることから人口は約 2,266 人であり、これより人口密度は 13.9 人/ha と、Laamu 環礁の中で 3 番目に高い。また就業機会や社会インフラの統合を目的とした周辺住民島 (Gaadhoo 島) からの住民移転による人口増加や住居建設等の沿岸域での積極的な土地利用整備が進められている。外洋側の海岸では、居住地が海岸近くまで広がるエリアが存在し、高波進入による浸水被害が度々生じていることが現地調査結果より明らかとなっている。ラグーン側の海岸およびサンゴ礁上では、港建設や砂採取跡等の人為的改変が見られる一方、外洋側の海岸は、ほぼ自然の海岸やサンゴ礁が現存する。Fonadhoo 島では外洋側での海岸侵食が深刻化していることが、島政府および住民からのヒアリング結果より得られているが、これまでのところ、居住地エリアの盛土以外の海岸防護対策は特に行われていない。居住地近くの海岸は、住民の憩いの場として利用されていることもあり、地域レベルでの海岸清掃活動が 2019 年より実施されるなど、環境保全に対する意識は高いと判断される。Fonadhoo 島は、Atoll Capital の島として今後も他島からの人口流入が続くことが予想され、今後も積極的な宅地化が計画されている。

### 5.4.3 Maamendhoo 島 (Laamu 環礁)

Maamendhoo 島は、19 ha と Laamu 環礁で最も島面積が小さい中で、896 名の住民が暮らすため、人口密度は 47.9 人/ha と Laamu 環礁で最も高い。Maamendhoo 島は、Laamu 環礁の海峡部に位置し、環

礁間の物流拠点として重要であるとともに、近隣に「モ」国を代表するリゾート島（Six Senses）への人と物資供給の役割を担っている。このため、多くの居住地やインフラ施設が海岸から数 m 以内と、他島と比べて沿岸ハザードに対する暴露が著しく高い。また平均標高は MSL+0.7~0.8m と、「モ」国の他の住民島と比べて相対的に低く、狭小な土地と合わせて「モ」国の住民島の中でも脆弱性が極めて高い島であるといえる。Maamendhoo では 1999 年以降、年 0.6m 程度の海岸侵食が生じていることが報告されており、海岸侵食の進行による島の消失および高波・浸水被害の頻発化が大きな問題となっている<sup>7)</sup>。このため、島政府は海岸侵食や海岸災害に対する高い危機感を持っており、海岸対策に対する強い要望を挙げている。限られた島面積の中で、海岸は人々の暮らしの中で、憩い場やスポーツの場として密接に関わっており、人々の海岸環境保全意識は他島と比べても高い。

#### 5.4.4 Isdhoo 島（Laamu 環礁）

Isdhoo 島は、146ha の島面積で人口は 958 名であり、人口密度は 6.6 人/ha と Laamu 環礁で 3 番目に低い。居住地は、島内の 2 つの港背後に広がり、また島内道路は比較的内陸を通っているため、沿岸ハザードに対する暴露は他島と比べて高くはない。一方、島は Laamu 環礁の北端部に位置し、外洋の波浪が直接入射する北端部で海岸侵食が報告されている。この海岸背後には歴史的な重要文化財があるため、その保全を求める強い要望が島政府から上がっている。

#### 5.4.5 Hithadhoo 島（Addu 環礁）

Addu 環礁北西部に位置する Hithadhoo 島は、Addu 環礁の Atoll Capital の島として、同環礁の行政・経済の中心的な島である。島面積は 498 ha（平均標高 MSL+1.0 m）と、Laamu 環礁 Gan 島に次ぐ「モ」国の住民島の中で二番目に大きな面積を持つ。島人口は 11,129 人であり、これより人口密度は 22.4 人/ha と、「モ」国の住民島の中でも高人口密度の島である。Male に次ぐ「モ」国第二の経済圏を持つ島であり、島内は住宅地とともに、大規模港湾、沿岸道路、通信インフラ、コンベンションセンター等のインフラ施設が充実している。なお沿岸道路は Hithadhoo 島から南の Maradhoo 島、Feydhoo 島および空港島の Gan 島を連続でつないでいる。ラグーン側は大規模港湾や埋め立て等のインフラ開発がすでに行われており、更なる埋立も計画中である。外洋側はリーフ幅が 100 m から 200m 程度と比較的狭く、南西モンスーンの高波浪を受けるため、居住地は一部エリアを除いて海岸から数十 m のバッファゾーンを取った内陸側に位置する。Hithadhoo 島では、このオーシャン側での海岸侵食が懸念されており、海岸に面している一部の住宅の防護対策が行われている。

#### 5.4.6 Maradhoo / Maradhoo-Feydhoo 島（Addu 環礁）

Hithadhoo 島南に位置する Maradhoo/Maradhoo-Feydhoo 島は、島面積 91 ha（平均標高 MSL+1.0 m）で、人口 3,602 人であり、人口密度は 39.6 人/ha と高い。Hithadhoo 島から続く一連の経済圏として、島内には居住地や港湾施設、商業施設、その他各種インフラ施設が密集する。ラグーン側の海岸は、4 島を縦断する沿岸道路建設と合わせて護岸で覆われており、自然海浜は存在しない。一方外洋側は、幅 400~700m 程度のリーフが存在し、Hithadhoo 島に比べて波が小さく、現地調査結果からも、海岸侵食や高波被害に対する報告・対策の要望はなかった。一方狭小かつ高密度の島事情の改善を図るため、外洋側の海岸前面のリーフ上での大規模埋立が計画中である。

#### 5.4.7 Feydhoo 島 (Addu 環礁)

Maradhoo 島の南に位置する Feydhoo 島は、島面積 74 ha (平均標高 MSL +1.0 m) で人口 3,431 人であり、人口密度は 46.4 人/ha と、Addu 環礁の住民島で最も高い。この高密度化を解消するため、2018 年に合計 50 ha (島面積の 80 %に相当) に及ぶ埋め立てが、外洋側およびラグーン側のリーフ上で実施された。これにより、Feydhoo 島は完全に護岸と埋め立てで囲われた島となり、ラグーン側・外洋側とも自然海浜は消失した。

#### 5.4.8 Meedhoo/Hulhdhoo 島 (Addu 環礁)

Maradhoo/Hulhdhoo 島は、上記の Addu 環礁の北西に位置する連続した 4 島から、Addu 環礁北東部の離れた位置にある。面積 315 ha、人口 3,113 人であり、人口密度は 9.9 人/ha と高くはない。居住エリアはラグーン側に広がり、外洋の波が直接作用する外洋側には自然の砂浜海岸が存在し、数カ所の公共海岸公園が地域レベルで整備され、市民の憩いの場として利用されている。Meedhoo/Hulhdhoo 島では積極的な観光開発が進められており、現在島の北西部での新たなリゾート開発が行われている。外洋側の北部および東部海岸での海岸侵食が深刻化していることが報告されている。北側海岸域近くでの居住地はないが、歴史的な重要文化財の「モ」国最古の墓地があるとともに、海岸近くの淡水域を利用しての農園が存在する。海岸侵食による汀線後退や海水流入を防ぐための護岸が作られているが、多くの箇所では損傷が見られる。東部海岸では 2018 年に約 1.1 km におよぶ捨石護岸による新規防護対策が実施されたが、これによる砂浜の減少や海岸利用上の支障を来していることから、また構造物による防護対策ではなく、自然の砂浜海岸を維持してほしいとの住民要望が、現地ヒアリング結果より示された。住民の海岸保全意識は高く、また NGO と連携しての海岸維持活動にも積極的である。

これらの各島の状況を踏まえ、3つの項目についてまとめた評価表を表 5.4.2 に示す。またこれらの評価結果を定量的に示すため、表 5.4.3 に示す採点表を用いることにより点数付けを行い、各評価項目のスコア付けから最終的な事業の優先度を示したものが表 5.4.4 である。

表 5.4.2 Laamu および Addu 環礁の主要島の評価結果のまとめ

評価種別	評価項目	Addu Atoll				Laamu Atoll			
		Hithadhoo	Maradhoo	Feydhoo	Meedhoo	Gan	Fonadhoo	Isdhoo	Maamendhoo
脆弱性	地形特性(標高)	高 (面積小)	高 (面積小)	高 (面積小)	中 (面積中)	低 (面積大)	中 (面積中)	中 (面積中)	極高 (面積極小)
	地形特性(面積)	高	極高	中(埋立後)	低	低	高	低	極高
	居住地および主要インフラの暴露性 (海岸からの距離)	高	高	中(埋立後)	低	低	高	低	極高
	その他の暴露性(文化施設、移籍、生態系等):	中	低	低	高	高	中	高	中
	海岸侵食の深刻度(後退量)	高	中	-	高	中	高	中	高
	高波・洪水被害の頻度	中	低	低	高	中	高	中	極高
	住民意識、ジェンダー問題	中	中	中	高	高	高	高	高
島政府の認識、取り組み	中	中	中	高	高	高	高	高	
沿岸開発、海岸防護の要求 度	海岸・リーフの人工化、沿岸開発(海岸人工化)計画 <sup>9)</sup>	高	高	高	低	中	中	低	低
	海岸保全に対する島の要望	高	中	低	高	高	高	高	高
経済や開発計画を踏まえた 島の重要度	将来的な経済性	高	高	高	中	高	高	中	高
	将来的な開発計画	高	中	中	高	高	高	中	中

出典：JICA 調査団

表 5.4.3 各評価に用いた採点表

評価種別	評価項目	極高	高	中	低	備考
脆弱性	地形特性(標高): E	E < 0.8 m	0.8 < E < 1.0 m	1.0 < E < 1.2 m	E > 1.2 m	
	地形特性(面積): A	A < 50 ha	50 < A < 100 ha	100 < A < 500 ha	A > 500 ha	
	人口密集度: D	D > 40 人/ha	40 > D > 15 人/ha	15 > D > 10 人/ha	D < 10 人/ha	
	居住地および主要インフラの暴露性 (海岸からの距離): L	L (Av.) < 5 ~ 10 m	L (Av.) < 10 ~ 15 m	L (Av.) < 15 ~ 20 m	L (Av.) > 20 m	
	その他の暴露性(文化施設、移籍、生態系等):	重要施設が海岸域に存在	施設が海岸域に存在	存在	存在しない	
	海岸侵食の深刻度(後退量): R	R > 20 m	10 < R < 20 m	5 < R < 10 m	R < 5 m	
	高波・洪水被害の頻度(回/年): F	F > 2	F > 1	F > 0	なし	ヒアリング結果より
	住民意識、ジェンダー問題 島政府の認識、取り組み	極高	高	中	低	ヒアリング結果より
沿岸開発、海岸防護の要求 度	海岸の人工化(自然海岸の割合): N	N > 80 %	50 < N < 80 %	20 < N < 50 %	N < 20 %	
	海岸保全に対する島の要望	極高	高	中	低	ヒアリング結果より
経済や開発計画を踏まえた島の重要度	将来的な経済性					
	将来的な開発計画					

出典：JICA 調査団

表 5.4.4 各評価項目のスコア付けから得られた事業の優先度の結果

評価種別	評価項目	Addu Atoll				Laamu Atoll			
		Hithadhoo	Maradhoo	Feydhoo	Meedhoo	Gan	Fonadhoo	Isdhoo	Maamendhoo
脆弱性	地形特性(標高)	3	3	3	2	1	2	2	4
	地形特性(面積)	3	4	2	1	1	3	1	4
	居住地および主要インフラの暴露性 (海岸からの距離)	3	3	2	1	1	3	1	4
	その他の暴露性(文化施設、移籍、生態系等):	2	1	1	3	3	2	3	2
	海岸侵食の深刻度(後退量)	3	2	0	3	2	3	2	3
	高波・洪水被害の頻度	2	1	1	3	2	3	2	4
	住民意識、ジェンダー問題	2	2	2	3	3	3	3	3
	島政府の認識、取り組み	2	2	2	3	3	3	3	3
沿岸開発、海岸防護の要求度	海岸・リーフの人工化、沿岸開発(海岸人工化)計画 <sup>*)</sup>	1	1	1	3	2	2	3	3
	海岸保全に対する島の要望	3	2	1	3	3	3	3	3
経済や開発計画を踏まえた島の重要度	将来的な経済性	3	3	3	2	3	3	2	3
	将来的な開発計画	3	2	2	3	3	3	2	2
総合評価	スコア	2.5	2.2	1.7	2.5	2.3	2.8	2.3	3.2
	優先度	3	7	8	3	5	2	5	1

\*)スコアは基本的に低→1、中→2、高→3、極高→4とする。但し\*)の項目についてはこの逆とする  
以上より、気候変動適応策事業として、優先度の高い Maamendhoo 島、Fonadhoo 島の 2 島を選定した。

出典：JICA 調査団

これより Laamu 環礁の Maamendhoo 島および Fonadhoo 島が最も高い優先度となり、GCF 資金による海岸適応策の候補地として選定された。

## 5.5 結論

- 3 章および 4 章で見てきた通り、「モ」国では気候変動ハザードの中で、海面上昇に対するリスクが他国以上に高く、最も対処すべき気候変動ハザードとして位置づけられる。また海面上昇による脆弱性が更に高まることが予想される。
- 海面上昇によるインパクトは、水位上昇といった直接的な物理現象にとどまらず、サンゴ礁海岸では海岸に到達する波の著しい増大と、それによる海岸侵食の助長を招き、これらの複合作用により、高波・浸水被害の甚大化・頻発化と国土消失の加速化を招く。
- そのような中で、次世代以降にも引き継いでいける、国土保全と人々の安心・安全かつ快適な生活を維持していくための国土強靱化が求められている
- そのためには、「モ」国が本来有するリーフや海岸の自然インフラとしての防護機能をできるだけ維持・有効活用し、その上で気候変動に対する長期的な国土保全・防護を図る上で必要な対策を気候変動事業として実施していく考えが、妥当かつ現実的である。
- 「モ」国の 188 ある住民島においては、未だ多くの自然海浜やサンゴ礁が現存する島が多く存在し、これらと共存しながら人々の生活が長年営まれてきた中において、海岸侵食や高波・浸水被害と今後の気候変動リスクに晒されている。

- 多くの島が広域に点在する中で、本事業では、「モ」国の住民島における海岸や利用形態の現状を踏まえ、現状における沿岸災害に対する脆弱性と今後の気候変動のリスクによる影響や、事業成果の他島への有効な水平展開が図れること等を勘案し、対象の Atoll および島を選定する。
- 対象 Atoll、対象島の選定における考慮点は、項目 1：気候変動インパクトおよび脆弱性、項目 2：事業の実施効果、項目 3：多くの住民島における海岸状況と海岸問題に対する類似性とモデルケースとしての妥当性、の 3 つである。
- 各項目の検討結果は以下の通り。
  - 項目 1：南部エリアは「モ」国において気候変動インパクトおよび脆弱が他エリアに比して高いこと、また海岸侵食の報告件数、ジェンダー不平等指数、人間開発指数、複合人間脆弱性指数の各指標を見ると、Laamu 環礁は南部エリアの環礁の中で気候変動および社会面の両方において最も脆弱性が高い。
  - 項目 2：社会・経済上の位置づけについて、National Spatial Plan における重要性、航空旅客の規模、将来の人口、観光の規模、農業の規模、漁業の規模の指標を比較した。南部エリアにおいては Addu 環礁の重要性が最も高く、Laamu 環礁が続く。
  - 項目 3：項目 1、2 の結果、Laamu 環礁および Addu 環礁が南部エリアの中で気候変動インパクトおよび脆弱性が高く、事業実施効果も期待できることを確認した。これら 2 環礁のうち、先方政府の調査要請がないなどの理由によって検討対象外とした島を除く主要な住民島を対象に、1)脆弱性、2) 沿岸開発状況、海岸対策要望、3) 島の重要度（経済面および発展性）の 3 つの観点より比較し、事業対象とする島の抽出を行った。比較対象となった住民島は、Laamu 環礁の Gan 島、Fonadhoo 島、Maamendhoo 島および Isdhoo 島、Addu 環礁の Hithadhoo 島、Maradhoo/Maradhoo-feydhoo 島、Feydhoo 島および Meedhoo/Hulhudhoo 島の計 8 島で比較し、点数化を行い、優先度を評価した。その結果、Laamu 環礁の Maamendhoo 島の点数が最も高く、Fonadhoo 島が続く。
- 項目 1、2、3 の検討の結果、経済・行政の中心となる Atoll Capital として今後の人口増加とそれに伴う宅地化の進展が見込まれる島のモデルとなる Laamu 環礁の Fonadhoo 島、および Atoll Capital から離れた面積の小さな孤島でありながら既に人口過密な状態にある島のモデルとなる Laamu 環礁の Maamendhoo 島を対象島として選定する。以降の章において、これらの島を対象に、SLR に伴う侵食と高波浸水の脆弱性、暴露の具体評価を行い、気候変動リスクへの対応策を検討する。

<参考文献>

- 1) Julia Borgudd (2014): Reducing risk for erosion in Maldives comparative case study of local people's and resort's adaptive capacity in Laamu atoll, 66p
- 2) UNDP (2014): Maldives Human Development Report 2014, 125p.
- 3) MPND (2004): Vulnerability and Poverty Assessment
- 4) MNPI (2019):National Spatial Plan
- 5) National Bureau of Statistics (2019): Stistical Pocketbook of Maldives 2019
- 6) National Bureau of Statistics (2014): Population & Housing Census 2014, 105p.
- 7) Bodil Englund (2014): Reducing risk of beach erosion in Maldives Comparative case study of authority's adaptive capacity in Laamu atoll, 64p.



## 第6章 優先海岸における気候変動に伴うリスク評価

### 6.1 概要

第3章 気候変動および自然ハザードの抽出において、「モ」国において最も重要視すべき気候変動ハザードとして、海面上昇（SLR）であることが示された。また、第4章 気候変動ハザードに対する脆弱性検討より、「モ」国のようなサンゴ礁海岸では、海岸に到達する波は水位の影響を大きく受けるため、SLRにより到達波高が大きく影響を受けることが示された。そこで6.2節では、SLRの今後の推移とそれによる海岸到達波高および海岸遡上高への影響を検討するとともに、対象2島における地形特性、脆弱性を示す。これらの検討より、対象2島において本事業で対策をおこなう優先海岸域を特定するとともに、当該域における海岸侵食および高波による浸水による影響を評価する（Impact Assessment）。

6.3節においては、将来の気候変動による災害リスクを定量的に評価する目的で、侵食および浸水により発生しうる被害種類の特定および被害額の算出をおこなう（Risk Assessment）。さらに、対象域において後述の第9章で示す海岸保全対策を実施した場合の被害額も算出し、対策による被害の軽減効果を評価した。

### 6.2 気候変動ハザードに対する影響検討

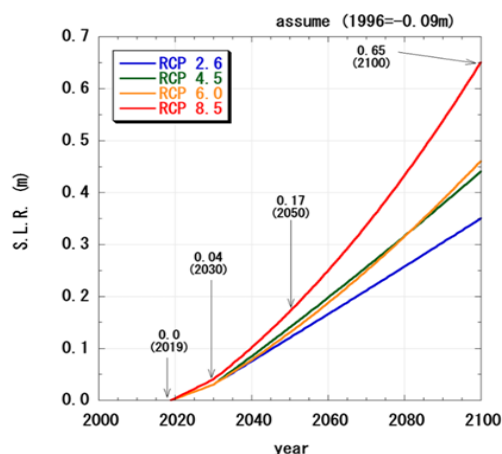
#### 6.2.1 SLR および海岸到達波今後の推移

##### (1) SLRの今後の推移

本検討で用いる今後の水位上昇量については、IPCC第5次報告書<sup>1)</sup>に示されるRCPシナリオを用いる。ただし、RCPシナリオの基準として用いている1986～2005年から、現時点（2019年）を基準年とするため、「モ」国で得られた水位観測データより、1986～2005年から現時点（2019年）までに生じた水位上昇量を9mmとし、その分を差し引いている。現時点を基準としたRCPシナリオを図6.2.1および表6.2.1に示す。ここでRCPシナリオの各数値は、予想される範囲の中央値を用いている。

##### (2) 潮位偏差との関係

図6.2.2は気候変動による水位上昇について、モルディブの30年間の潮位観測データより推定された潮位偏差との関係を示したものである。これより、RCP8.5では2040年後半より、またRCP4.5では2050年代前半より10年に1回程度生じる潮位偏差による水位と同程度の水位が、常時生じることになる。



出典：JICA 調査団

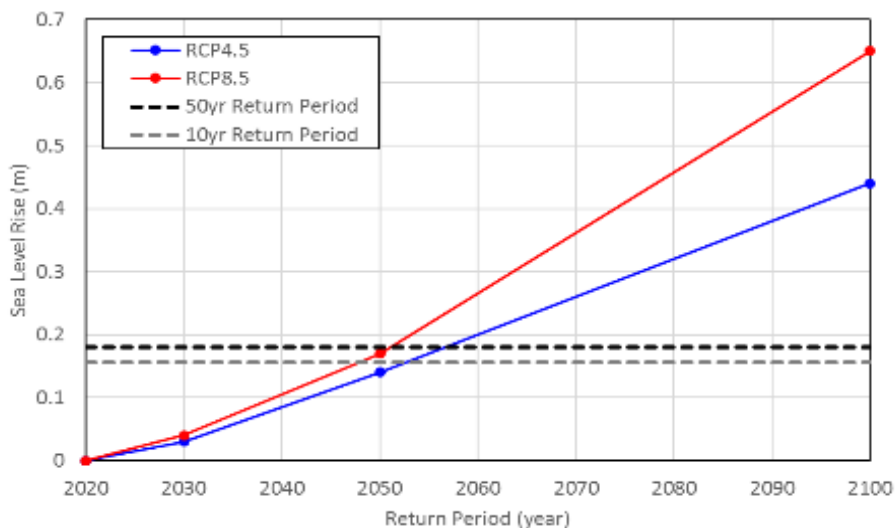
図 6.2.1 各 RCP シナリオに対する水位上昇量 (2019 基準の中央値)

表 6.2.1 各 RCP シナリオに対する水位上昇量 (2019 年基準の中央値)

RCP Scenario	Sea Level Rise (Median)		
	2030	2050	2100
RCP2.6	0.03	0.12	0.35
RCP4.5	0.03	0.14	0.44
RCP6.0	0.03	0.13	0.46
RCP8.5	0.04	0.17	0.65

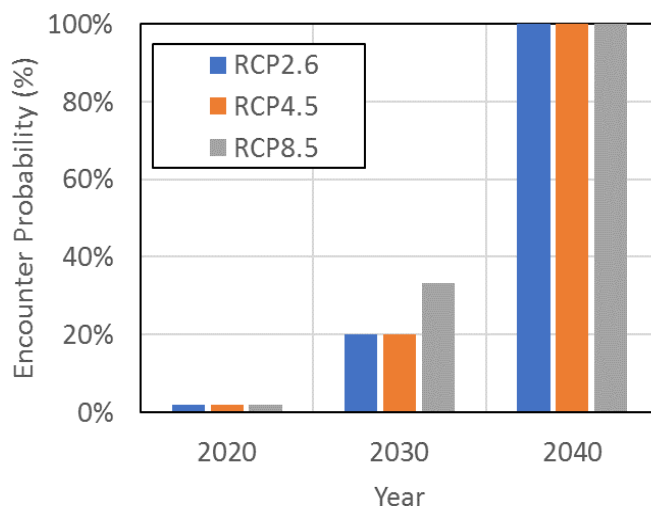
出典：JICA 調査団

この事象のリスクを、より定量的かつ分かりやすく示すために、ある確率年を超える水位が、想定する期間内に遭遇する確率を示す。図 6.2.3 は、現時点で推定される 50 年に 1 回程度生ずる高潮位が、今後の気候変動による海面上昇により、それぞれの対象年の 1 年間の中で、どの程度の遭遇頻度で生じるかを示したものである。これより、今後の海面上昇により、同程度の高潮位の生ずる確率は著しく増大することが示される。



出典：JICA 調査団

図 6.2.2 気候変動による水位上昇量と気象潮位（偏差分）との関係

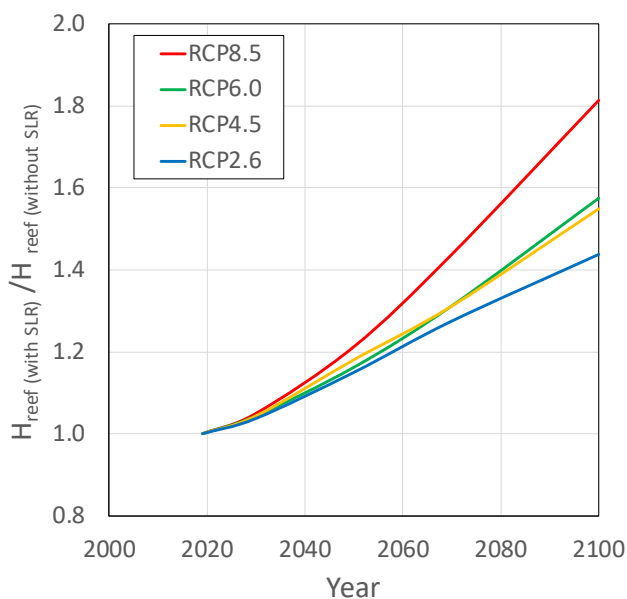


出典：JICA 調査団

図 6.2.3 各 RCP シナリオに対する 50 年確率潮位の遭遇頻度

### (3) リーフ上波高への影響

サンゴ礁海岸では、海岸に到達する波は、リーフ縁で一度砕波した後リーフ上を伝搬した波であり、通常の砂浜海岸に比べて元来小さい波高となる。このような波が長年作用した結果として、サンゴ礁海岸の砂浜は形成されてきた。リーフ上の波高は、リーフ上の水深ではほぼ規定される ( $H = \gamma h$ ,  $H$ : リーフ上波高,  $h$ : リーフ上水深,  $\gamma$ : 定数) ことから、気候変動による水位上昇は、リーフ上波高の顕著な増大を招く可能性がある。これまでの研究により、 $\gamma = 0.35 \sim 0.4$  となることが知られている<sup>2)</sup>。そこで本検討では  $\gamma = 0.4$  を用い、気候変動による水位上昇がリーフ上波高に及ぼす影響を示す。図 6.2.4 は、代表的なリーフ地形として Laamu 環礁 Fonadhoo 島オーシャン側を想定した場合 (リーフ上水深  $h = \text{MSL} - 0.2 \text{ m}$ ) における、各 RCP シナリオに対する想定されるリーフ上波高の増大率を示したものである。これより、SLR により、リーフ上の波高は著しく増大することが示され、2100 年には RCP 2.6 で現在(2019 年)時点の 1.4 倍程度、RCP 8.5 では 1.8 倍程度まで増大する。すなわち、リーフ海岸では、元来リーフの存在による自然の波浪低減効果により、海岸に到達する波高が小さかったものが、気候変動による水位上昇により、一般の砂浜海岸に比べて著しく増大することが示された。

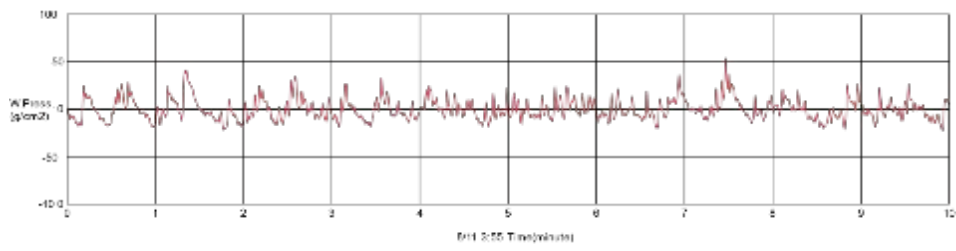


出典：JICA 調査団

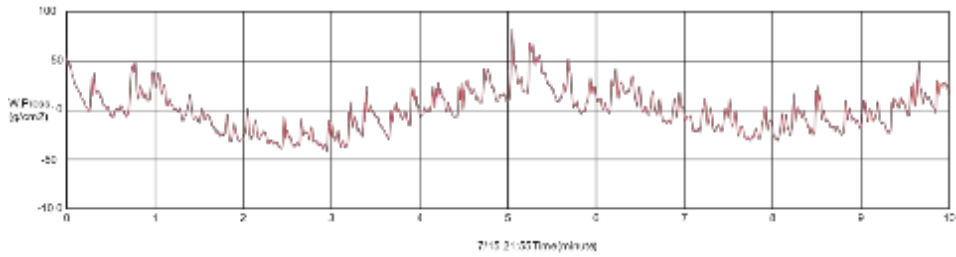
図 6.2.4 各 RCP シナリオに対するリーフ上波高の増大率

### (4) 海浜遡上高への影響

高波浸水被害を引き起こす要因としては、海岸に到達する波と水位である。すなわち、海岸に到達する波高が高く、かつ水位が高い場合に、顕著な高波浸水が生じる。前述のように、長期的な SLR は、単に水位上昇だけでなく、海岸到達波高の増大を引き起こすが、これと合わせて、入射波浪中に含まれる長周期成分 (サーフビート) がリーフ内での反射や共振により増幅することにより、海水位が時間的に変動することが、高波浸水被害に大きく影響する。



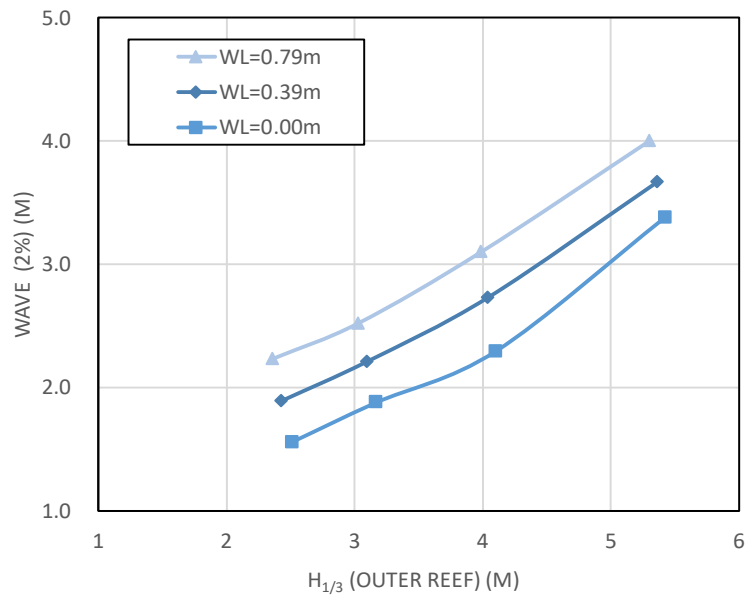
a) 通常時 (リーフ外での  $H_{1/3}$ :1.06 m)



b) 高波浪時 (リーフ外での  $H_{1/3}$ :2.25 m)

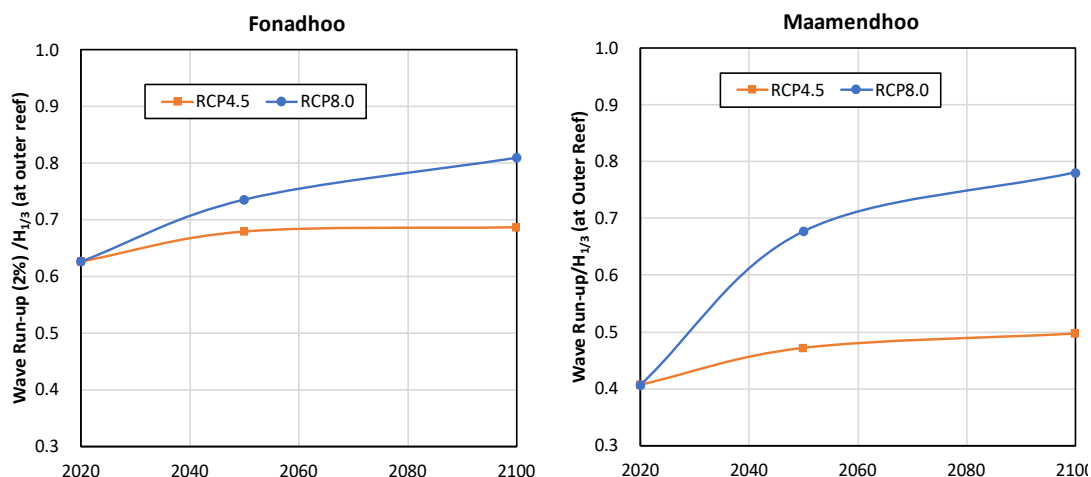
出典：JICA 調査団

図 6.2.5 リーフ内で観測されたサーフビートの一例



出典：JICA 調査団

図 6.2.6 リーフ外入射波高と海浜遡上高との関係



出典：JICA 調査団

図 6.2.7 SLR と海浜遡上高との関係

図 6.2.5 は、現地調査で得られた通常時と高波浪時のリーフ内水位変動の一例を示すが、通常時には見られない数分程度の顕著な水位変動（サーフビート）が高波浪時には生じている。つまり、このような変動により水位が増大と高波が重なった時に、海浜遡上高、越波量の増大が生じ、高波浸水被害を引き起こすと考えられる。また図 6.2.6 は、非線形モデル（ブシネスク方程式）を用いた数値計算結果より得られた波の遡上高とリーフ外入射波高との関係について、異なる 3 つの水位条件で示した一例であるが、波高の増大とともに、波の遡上高が増加していく様子が分かる。

図 6.2.7 は、同様の数値モデルを用いて、対象 2 島における今後の SLR による波の遡上高の変化について、RCP4.5 および 8.5 の 2 ケースで示すものである。SLR の増加に伴い、海浜遡上高が増加していく様子が分かる。なお、Maamendhoo 島と Fonadhoo 島で、その増加傾向が異なるのは、主にリーフ上水深の違いといったリーフ地形の違いに起因するものである。

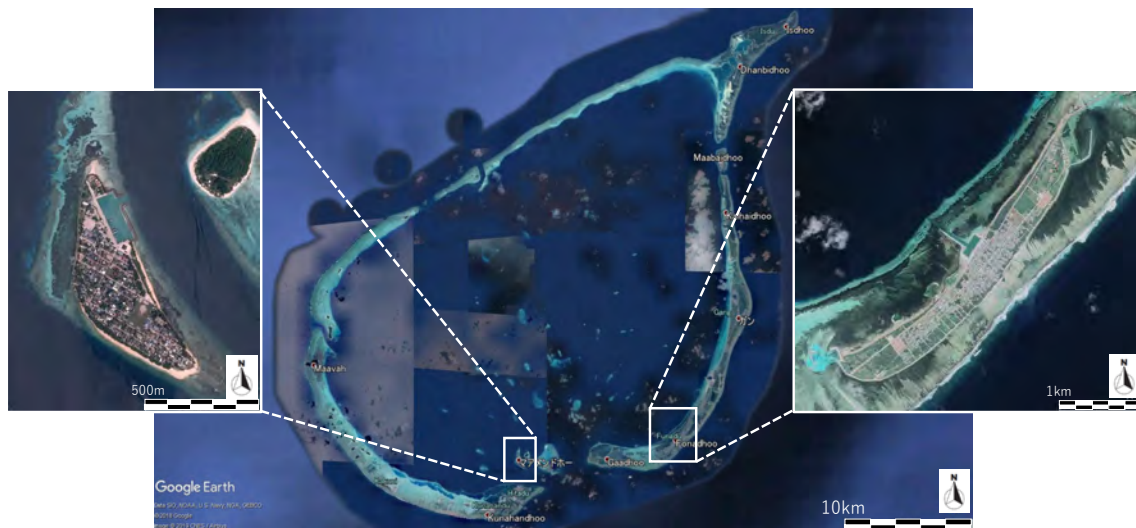
以上のように、今後、SLR による水位増加と波高増大と合わせ、特に高波浪時には、サーフビートによる水位変動と高波が加わり、陸域への高波侵入の頻度がさらに高まり、海岸侵食や洪水被害がより深刻化していくと予想される。

## 6.2.2 対象 2 島における地形特性と脆弱性の評価および事業対象エリアの特定

### (1) Laamu 環礁内における対象 2 島の位置

事業対象の Laamu 環礁の Maamendhoo 島および Fonadhoo 島の位置関係を示したものが図 6.2.8 である。

- Maamendhoo 島は、Laamu 環礁のほぼ南端部に位置する。ここは、Laamu 環礁で最も大きな海峡部近くに位置するため、外海からのうねり成分は島の南東部から入射する。島の西側海岸約 500 m 間には幅 200 m 程度のリーフが発達し、リーフ上水深は MSL-2 m 程度であり、干潮時も干出することなく、表層は海藻で覆われている。それ以外の海岸ではそれほど顕著な発達は見られず、島の南西部の海岸域ではリーフは存在しない。
- Fonadhoo 島は、Laamu 環礁の南東部に位置する。これより、島の西側が外海側となり、東側がラグーン側となる。外海側の西側海岸では幅 300~500 m 程度のリーフが発達し、干潮時には感出する。またラグーン側の東側海岸では幅 400~700 m 程度のリーフが発達している。リーフ上水深は外海側に比べて 0.5 m 程度低く、その大部分のエリアは、現在海藻に覆われている。



出典：Google Earth を JICA 調査団で加工

図 6.2.8 事業対象島の位置 (左: Maamendhoo、右: Fonadhoo)

### (2) Maamendhoo 島

#### 1) 概況

図 6.2.9 に 1969 年からの島の変遷を示すが、1969 年以降に陸域の開発が顕著となり、現在未開発地はほとんどない状態である。

島の面積は 18.7 ha、外周 2.3 km で、Laamu 環礁の中では最も小さな住民島である。2014 年国勢調査<sup>3)</sup>によると、登録人口は 1,335 人、住民数は 896 人で、Laamu 環礁の 12 の住民島の中では 5 番目に人口が多い。一方、島の面積が小さいため、人口密度は 48 人/ha と Laamu 環礁の中で最も高くなっており、これは「モ」国の島々の中で 4 番目に高い。本島は Laamu 環礁の海峡近くに位置するため、環礁内外の物流の要所であるとともに、近隣に著名なリゾート島（Six Senses）を有し、その労働力や物資の拠点として、一人当たりの生産高は他島と比べて高い。

本島では 2007 年～2008 年にかけて、島の北東部に港が建設され、航路・泊地浚渫土が港の北側及び南側に埋立土として投入された。

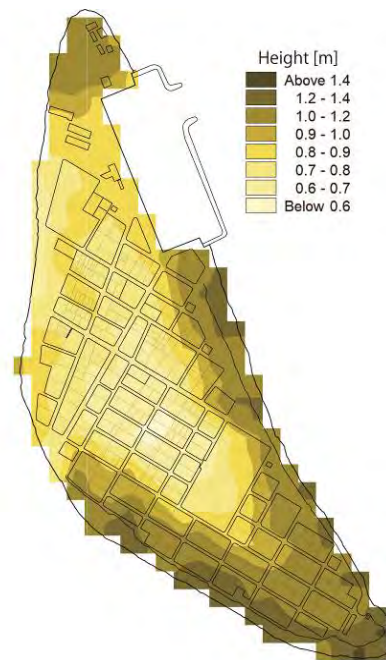


出典：Land & Survey から入手した 1969 年の航空写真、1999 年の衛星画像および JICA 調査団で購入した 2019 年の WorldView を用いて加工

図 6.2.9 Laamu 環礁 Maamendhoo 島の概況および変遷

## 2) 地形特性

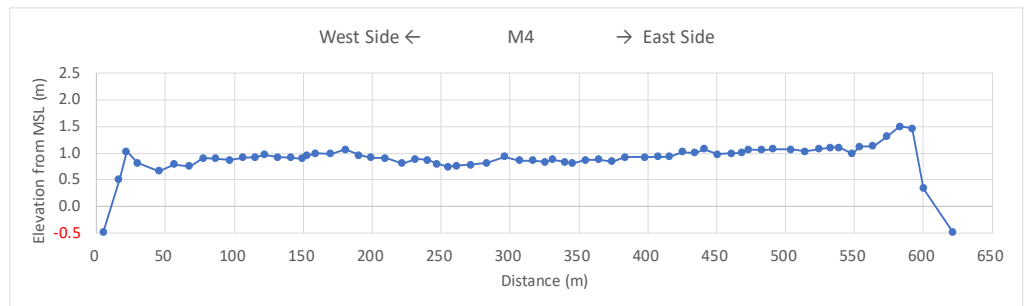
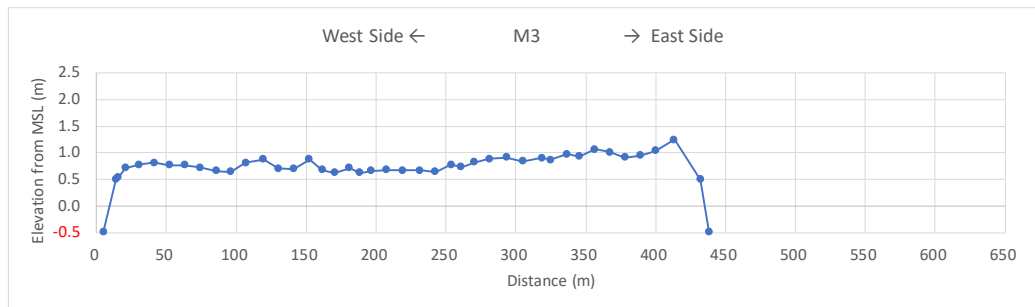
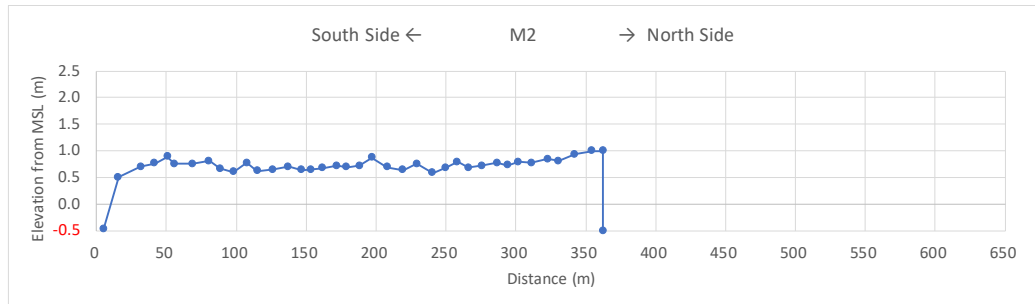
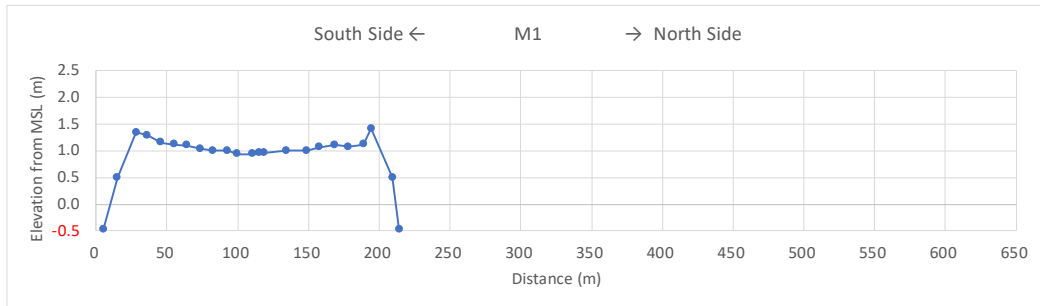
過去の調査で実施された測量結果<sup>4)</sup>より得られた、島の標高分布図を図 6.2.10 に、また代表 4 ラインにおける地盤高を示したものが図 6.2.11 である。島の主要エリアの平均標高は MSL+0.7~0.8 m 程度と、「モ」国の他島の平均標高 (MSL+1 m 程度) と比べて低い。ただし、島の南側の海岸近くでは、標高は MSL+1.2~1.4 m 程度と高くなっている。これは、外海から直接波が侵入する南側では相対的に高い波が襲来し、その波に対応した Beach Ridge の形成によるものと考えられる。



典: LeCred 調査<sup>4)</sup>のデータ<sup>1)</sup>を JICA 調査団で加工

図 6.2.10 Maamendhoo 島の標高分布





出典：衛星画像は Google Earth、グラフは LeCred のデータ<sup>4)</sup>を JICA 調査団で加工

図 6.2.11 代表 4 側線における地盤高

### 3) 海岸および海岸侵食・高波浸水状況

Maamendhoo 島のような小島は、波の季節変動に伴う海浜変形が特に顕著である。図 6.2.12 は、地点における 2019 年 2 月及び 9 月の同地点の海岸状況を示す。ここで(1)は、図 6.2.9 下図 (Feb. 2019) に示す①地点、(2)は②、(3)は③地点における海岸状況を示す。上段の 2019 年 2 月は北東モンスーン季に属するため、全体的に南向き漂砂が卓越すると考えられる。一方下段の 2019 年 9 月は南西モンスーン季に属し、風向きが違いにより、北向き漂砂が卓越すると考えられる。このような季節変動により、①エリアでは北東モンスーン時の侵食傾向から南西モンスーン時の堆積傾向へ、また西側の②、③エリアでは、南西モンスーン時には②から③への北向きの漂砂移動が見られる。このような季節変動を繰り返しながら、長期的に地形が変化していくものと考えられる。

住民からのヒアリング結果及び現地踏査結果より、現在顕著な海岸侵食及び高波浸水被害が生じている場所としては、図 6.2.9 下図に示す港の南東側の約 300 m 間、及び西側の約 600 m 間である。これら 2 地点での海岸侵食状況を示したものが図 6.2.13、また高波浸水状況を図 6.2.14 に示す。なお、本島では近年、海岸域からのサンゴ砂礫の採取は一切行われていないとのことである。



出典：JICA 調査団

図 6.2.12 Maamendhoo 島の 2019 年 2 月（北東モンスーン季）と 9 月（南西モンスーン季）の海岸変化



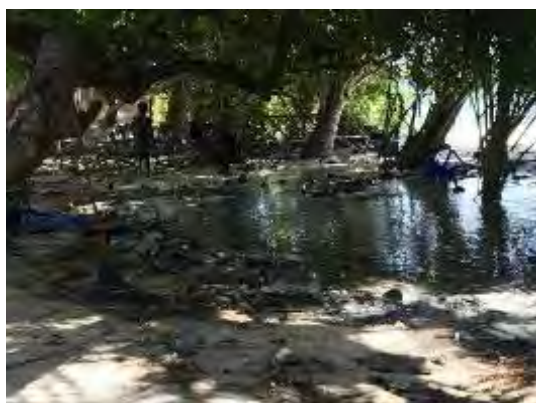
(1) 島の西側の海岸状況



(2) 島の南東側の海岸状況

出典：JICA 調査団

図 6.2.13 島内の海岸侵食状況(2019年3月)



(1) 海岸付近



(2) 背後の居住地

出典：Maamendhoo Island Council 撮影

図 6.2.14 島内への高波浸水時の状況（2019年）

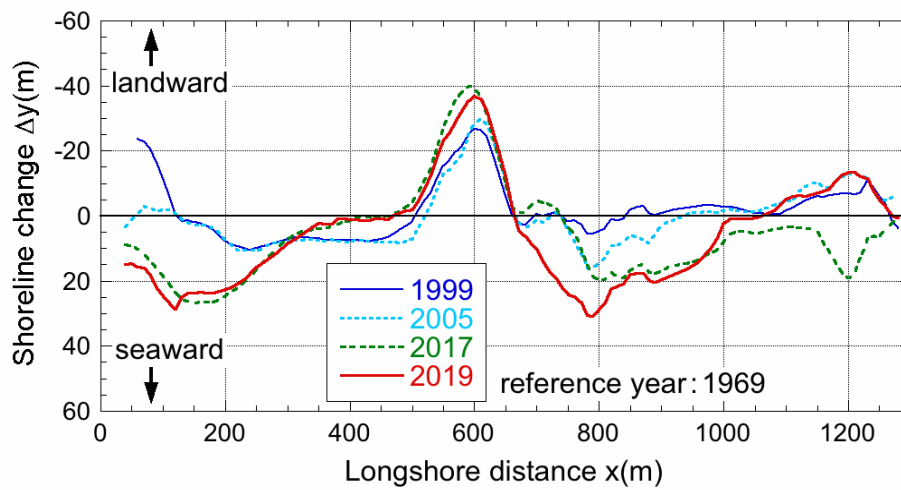
#### 4) 長期的な海浜変化

長期的な海岸線変化は、1969年からの過去5時期（1969年、1999年、2005年、2017年及2019年）の空中写真及び衛星画像解析より検討した。図 6.2.15 に示す島の西側 1300 m および東側 500 m 間における海岸線変化を示したものが図 6.2.16 および図 6.2.17 である。

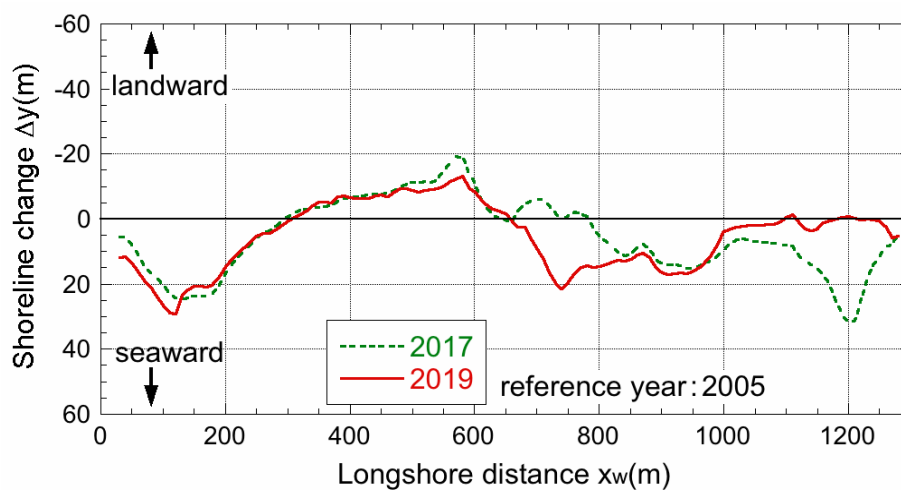


出典：JICA 調査団で購入した 2019 年の worldView を用いて加工

図 6.2.15 海岸線変化に用いた座標



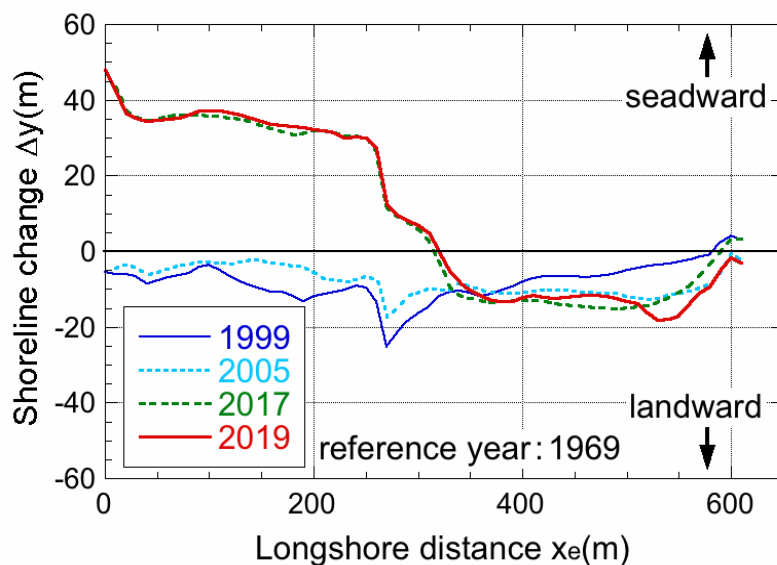
(1) 1969 年基準



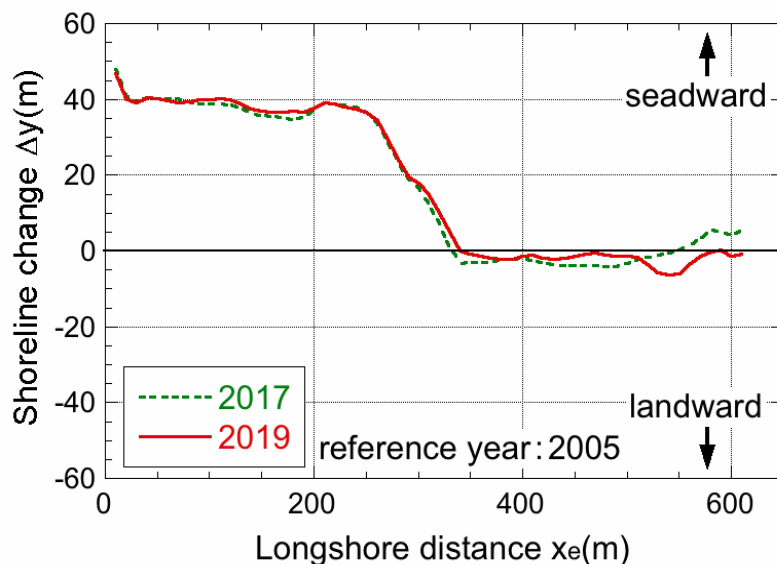
(2) 2005 年基準

出典：JICA 調査団

図 6.2.16 西側海岸（1300 m 間）における海岸線変化



(1) 1969年基準



(2) 2005年基準

出典：JICA 調査団

図 6.2.17 東側海岸(600m間)における海岸線変化

ここで海岸線変化の基準としては、(1)で示す1969年と合わせ、2007年から2008年にかけて実施された港建設の影響を見るために、港建設直前の2005年を基準とした海岸線変化も(2)で合わせて示す。それぞれ縦軸の+が汀線の前進、-が後退を示す。西側海岸では長期的には凸型部が後退し、その周辺が全体的に前進する傾向が見られる。一方2005年基準の海岸線変化より、現地でのヒアリング結果と同様、西側海岸(X=300~650m)で、5~15mの汀線後退が見られる。一方南東側では、1969年から港建設前までの2005年までは、全体的に侵食傾向が見られ、10~15m程度の汀線後退が生じていたが、その後2007年から2008年の港建設時に実施された埋め立てにより、X=0~300m付近で35m程度汀線が前進した。この区間は、その後の2017年から2019年間でも顕著な汀線の変化は見られない。一方埋め立てを実施していないX=300~600mでは、1969年以降、現在まで15~20m程度の汀線後退が見られる。これらの結果より、平均的な侵食

速度は、2005 年を基準とすると、南東海岸側で 0.4 m/年程度、西側海岸では 0.7 m/年程度と見積もられた。

5) 自然条件・海岸状況のまとめと事業候補地の特定

- Maamendhoo 島では 1969 年以降に陸域の開発が顕著となり、現在未開発の土地はほとんど存在しない状態である。その結果、「モ」国の住民島の中でも 4 番目に人口密度の高い島となっている。また平均標高が MSL +0.7~0.8 m 程度と、他の住民島の平均的な標高に比べて低い。
- 海岸は、小さい島でよく見られる季節的な砂移動に伴う変化を繰り返しながら、長期的には全体的に侵食傾向が見られる。特に、島南東側の約 300 m 区間および西側の約 600 m 間で、顕著な海岸侵食および高波浸水被害が頻繁に発生している。平均的な侵食速度は、2005 年を基準とすると、南東海岸側で 0.4 m/年程度、西側海岸では 0.7 m/年程度である。
- 平均標高が低いこと、および高い人口過密島であり、有休地がほとんど存在しないことから、今後の SLR や、それと異常時の高波浪やそれに伴うサーフビートによるリーフ上の水位上昇が複合した場合に、深刻な高波浸水被害が生じることが懸念され、災害時の避難エリアの確保を含めた対策が求められる。
- 以上より、Maamendhoo 島においては、現在海岸侵食および高波浸水被害が生じている島南東側の約 300 m 区間および西側の約 600 m 間での海岸保全対策と、他島に比べて標高が低いにも関わらず、高い土地の密集度により、異常時には全く逃げ場がない状況を鑑み、住民が一時的に避難できる場所を確保する対策を合わせて行う方針とする(対策の詳細については第 9 章参照)。

### (3) Fonadhoo 島

#### 1) 概況

Fonadhoo 島の概要を図 6.2.18 に示す。Laamu 環礁東側に位置する Fonadhoo 島は、2,266 名の人口を有し<sup>3)</sup>、Laamu 環礁の 12 ある住民島の中で、Gan 島に次いで 2 番目に人口の高い島である。一方、島面積は Gan 島の 663 ha に対して 162.6 ha であり、人口密度は約 14 人/ha と、Laamu 環礁の中で 4 番目に高い。海岸域は、ラグーン側及びオーシャン側に分けられ、それぞれ約 4.0 km 及び 4.5 km の海岸線が存在する。Fonadhoo 島のラグーン側では、幅 350~700 m (平均約 600 m)、オーシャン側では 250~500 m (平均約 300 m) のリーフが存在する。外洋からの波が直接入射しないラグーン側は年間を通じて静穏であり、高波浪が発生することは稀である。一方外洋側では、特に南西モンスーン季に高波浪が発生し、居住エリアへの浸水被害が度々生じている。市街地は、島中央部のラグーン側に位置する Fonadhoo 港背後に広がり、外海側の海岸近くまで居住地が広がっている。なお同環礁に存在する Gaadhoo 島では、2018 年までに全島民の Fonadhoo 島への移住が行われたが、その受け入れのための新規居住지가、既存居住エリアの南北 2 カ所に整備されている。

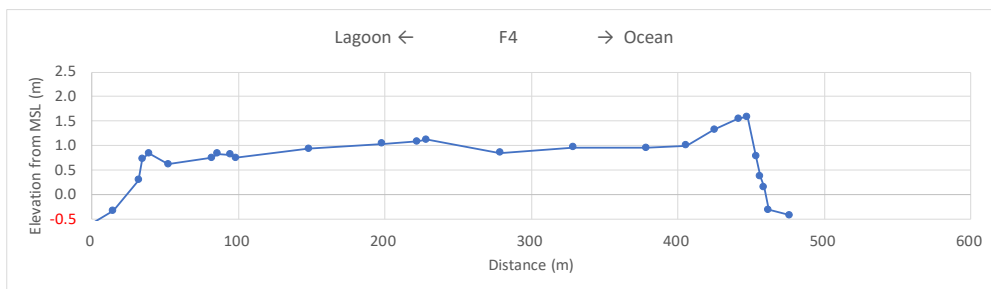
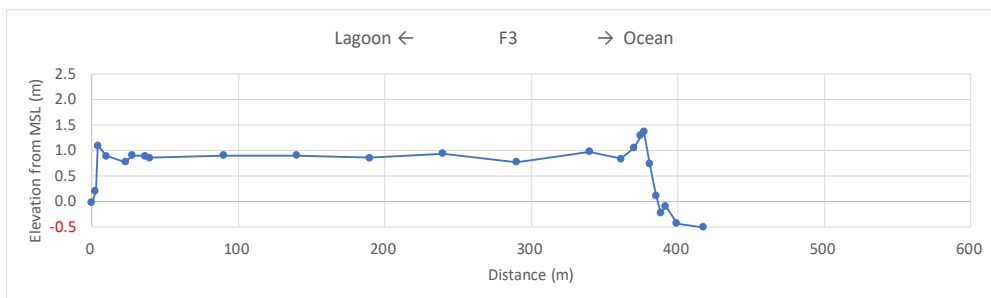
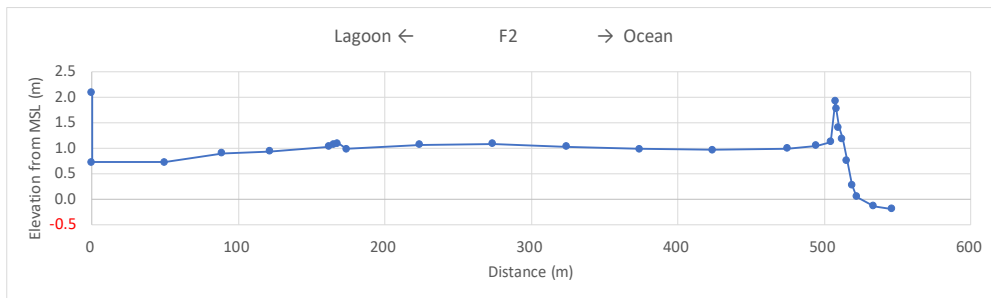
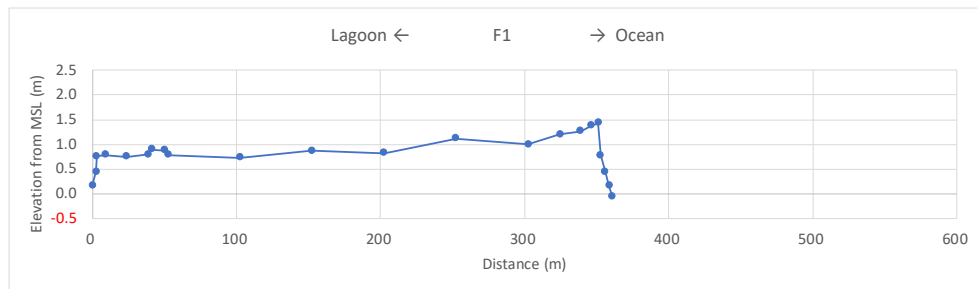


出典：JICA 調査団で購入した 2018 年の worldView を用いて加工

図 6.2.18 Laamu 環礁 Fonadhoo 島の概要

#### 2) 地形特性

Fonadhoo 島の断面図を図 6.2.19 に示す。平均標高は MSL +1.0 m 程度と、Maamendhoo の平均標高 (MSL+0.7~0.8 m) に比べると若干高く、ほぼ「モ」国の住民島の平均的な標高と同程度である。なお、外海側の海浜部は、Maamendhoo 島同様、波の作用による Beach ridge の形成により、その頂部 (バーム高) は MSL+1.5 m 程度と高くなっている。なお、ライン F2 の頂部のバーム高は MSL+2.0 m と、他のラインに比べて 0.5 m ほど高くなっているのは、後述する居住地エリアへの高波の進入を防ぐために、Island Council により人為的に砂を盛っているためである。



出典：衛星画像は Google Earth、グラフは LeCred のデータ<sup>4)</sup>を JICA 調査団で加工

図 6.2.19 Fonadhoo 島の断面図



### 3) 海岸および海岸侵食・高波浸水状況

ラグーン側の海岸では、1993年～1995年にかけて Fonadhoo 港が整備され、2008年に一部拡張された。この港の建設や、その後の島内の Link Road 建設時の砂礫取得のために、ラグーン内の海岸には3カ所の掘削痕が存在する。このうち、最も大きな南端部の掘削穴からは、現在も土砂が取得されているが、関係者からのヒアリング結果からは、今後は行わない予定であるとのことであった。これらの人為的影響により、ラグーン内では海岸侵食が生じている。しかしながら、島内を縦断する Link Road がラグーン側に位置し、道路より海岸側はグリーンベルトとして開発は行われておらず、これにより現在 30～100 m 程度のバッファゾーンが確保されている（図 6.2.18）。

オーシャン側の海岸では、高潮時の荒天時における外洋からの高波浪による越波・越流により、これまで度々浸水被害が生じている。また 2004 年のインド洋大津波時には 2～3 m の津波がオーシャン側海岸を襲った。特に島の中央部に存在する居住地はオーシャン側の海岸近くまで存在するため、この居住地エリアでの沿岸災害による被害が問題となっている。また近年、海岸侵食も健在化しており（図 6.2.20）、これが高波浸水被害の更なる助長を招いている。これに対処するため、この居住地エリアの海岸域には、図 6.2.21 に示すような Island Council による砂を用いた簡易的な砂堤が設けられている。

Island Council により最近作成された土地利用計画によると、今後島全域での更なる開発が計画される中で、海岸域には海岸侵食や高波被害から陸域を防護するため、約 30 m のバッファゾーンを確保する計画となっている。しかしながらこの居住地エリアでは、海岸から 30 m 以内に存在する住居も多く見られ（図 6.2.22）、度々浸水被害が生じている。

オーシャン側の海岸では、現在も違法なサンゴ砂礫の採取が一部の住民により行われており、採取されたサンゴ砂礫が海岸に仮置きされている（図 6.2.23）。



出典：JICA 調査団

図 6.2.20 居住エリアにおける海岸侵食



出典：JICA 調査団

図 6.2.21 砂による簡易築堤



出典：JICA 調査団

図 6.2.22 海岸直背後に存在する居住地

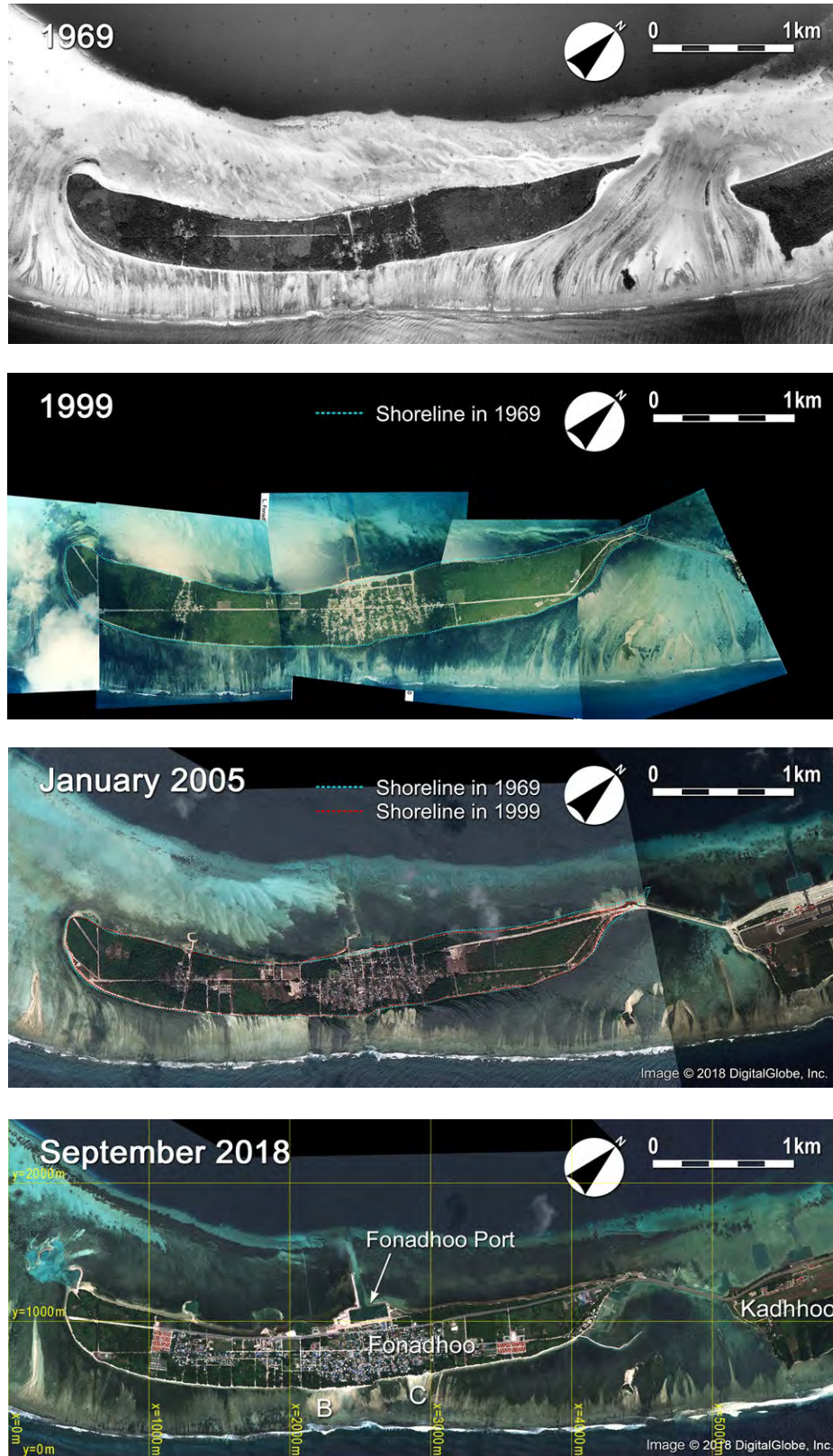


出典：JICA 調査団

図 6.2.23 海岸から採取された砂礫

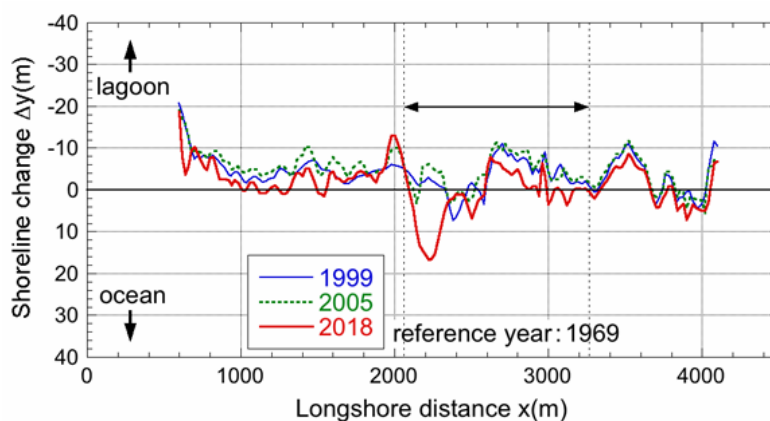
#### 4) 長期的な海浜変化

図 6.2.24 に示す、1969 年と 1999 年の空中写真、及び 2005 年と 2018 年の衛星画像より長期的な海岸線変化について述べる。図中の 2018 年の画像に示すオーシャン側及びラグーン側の X 座標位置における海岸線の変化を比較したものが図 6.2.25 である。ここで上図がオーシャン側、下図がラグーン側の 1969 年の海岸線位置を基準とした場合の変化を示し、縦軸の+が汀線の前進、-が後退を示す。オーシャン側では 1969 年から 1999 年間で全体的に侵食傾向が見られ、この 30 年間で 5~10 m 程度の汀線後退が生じた。その後 2005 年までは顕著な変化が見られず、2005 年から 2018 年にかけては若干の前進傾向となっている。一方ラグーン側では、港の北側で、1969 年から 1999 年間で約 20 m 程度の顕著な汀線後退が生じた。これは 1993 年~1995 年にかけて実施された港建設により、北向き沿岸漂砂が遮断されたことによると考えられる。

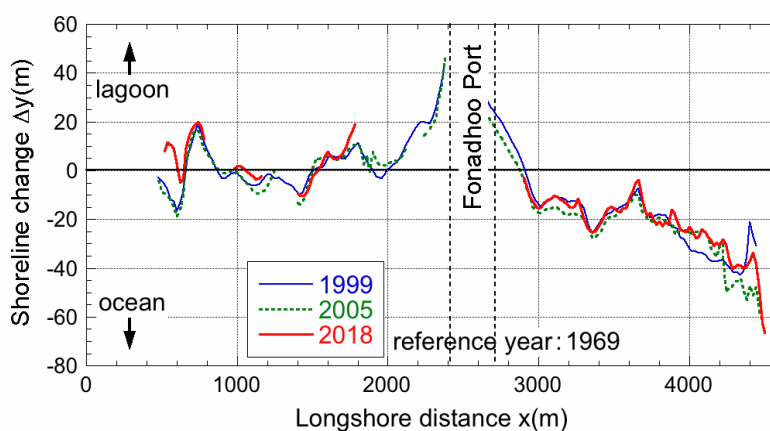


出典：Land & Survey から入手した 1969 年の航空写真、1999 年の衛星画像および JICA 調査団で購入した 2005 年の QuickBird、2018 年の worldView を用いて加工

図 6.2.24 Fonadhoo 島の長期的な変化状況



(1) オーシャン側

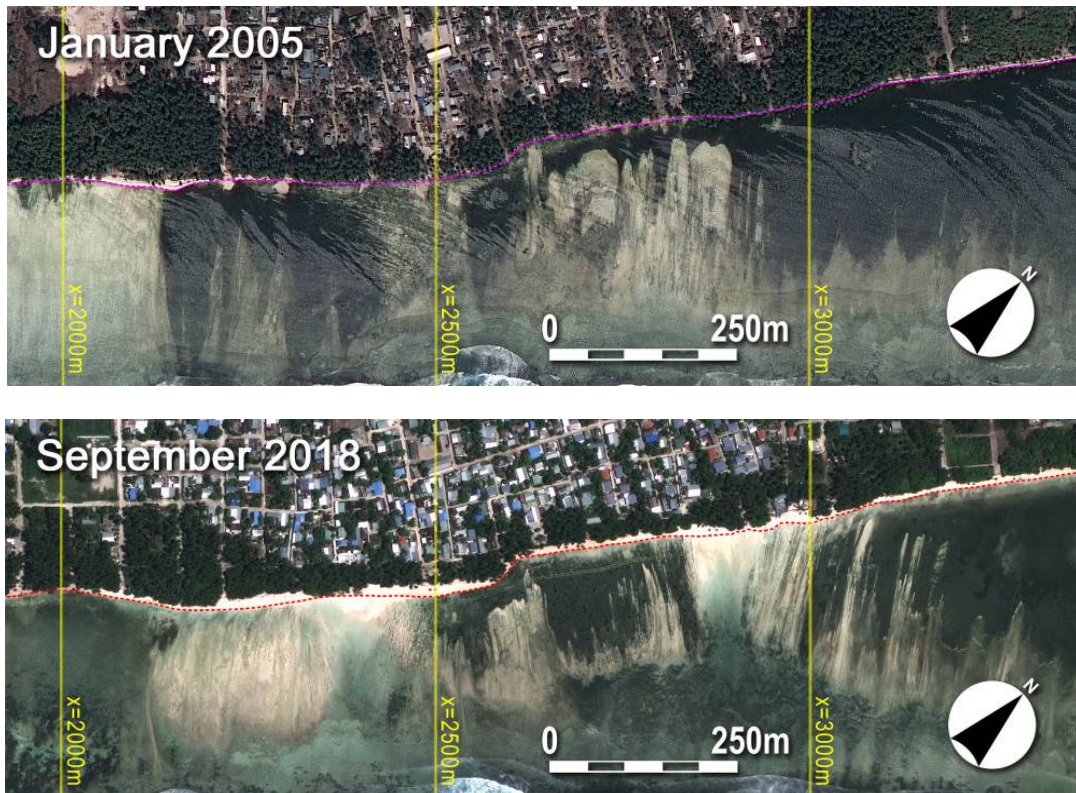


(2) ラグーン側

出典：JICA 調査団

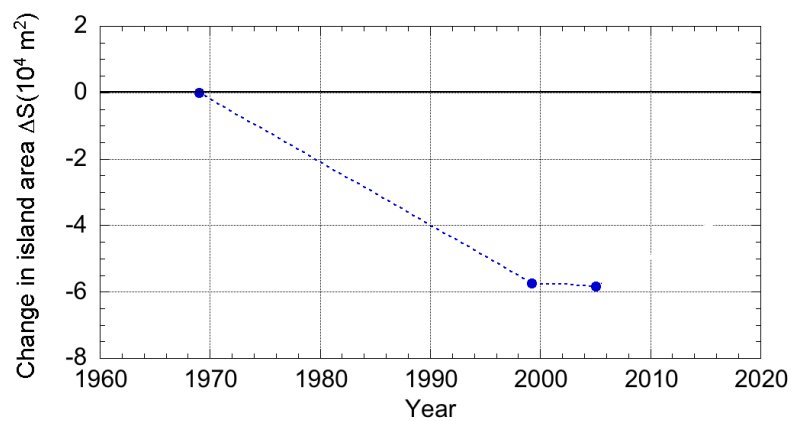
図 6.2.25 1969 年を基準とした場合の海岸線変化

外海側居住地エリア (X=2060~3260 m) では、これまで度々高波浸水被害が生じてきたことが、現地ヒアリング結果より得られており、高波侵入対策のための砂による築堤が Island Council により作られている (前述の図 6.2.21)。一方、図 6.2.24 に示した画像からトレースされた海岸線変化図からは、2005 年から 2018 年にかけてはむしろ汀線の前進傾向となっている。そこで当海岸エリアに着目し、2005 年および 2018 年の衛星画像を示したものが図 6.2.26 である。X=2100~2300 m 付近での 2018 年のリーフ上には、2005 年当時では見られなかったリーフ上での砂の堆積エリアが存在し、その一部は海岸まで到達しているように見える。このため、衛星画像からの判読では汀線位置を正確に読み取ることが困難であり、誤差が生じた可能性がある。図 6.2.25 の汀線変化図から分かるように、当海岸エリアで判読された汀線位置は、場所的な変動が大きく、平均的な海岸線変化が分かりにくい。そこで、平均的な海岸変化を知るために、X = 2060~3260 m 間における面積変化を示したものが図 6.2.27 である。なお、ここでは汀線判読が困難な 2018 年のデータは用いず、1969 年から 2005 年までの変化を示す。これより 1969 年から 1999 年までの 30 年間で、約 6,000 m<sup>2</sup> の面積の減少が生じており、その後 2005 年まではほぼ横ばいとなっている。これより、平均的な汀線後退量は、1969 年から 1999 年までの 30 年間で 5 m 程度 (0.17 m/年) と算定された。



出典：JICA 調査団で購入した 2005 年の QuickBird, 2018 年の worldView を用いて加工

図 6.2.26 2005 年と 2018 年のリーフ上の砂堆積域の変化



出典：JICA 調査団

図 6.2.27 オーシャン側中央部居住地エリアにおける面積変化

実際に、現在リーフからの土砂供給が生じているのか、また生じている場合に、それが海岸に寄与しているかについては、今後継続的な海岸モニタリングを実施することにより、明らかになるものと考えられる。

## 5) 自然条件・海岸状況のまとめと事業候補地の特定

- Fonadhoo 島は、長さ 4.5 km、幅 500 m 程度の、周囲をサンゴ礁に囲まれている細長い島である。人口は 2000 人を超えており、Laamu 環礁の島々の中でも中心的な島の一つである。高波が生じる外海側は、未だ未開発のエリアも多く存在するが、島の中央部に位置する居住地エリアでは、外海側の海岸線の直背後まで住宅が密集する。このため、これまでも度々居住エリアへの高波浸水被害が発生している。その対策として、Island Council により、海岸砂による盛土対策が行われている。
- この外海側居住地付近の約 1.2 km 間においては、2005 年までの画像解析より、全体的に侵食傾向が見られ、汀線後退量としては 30 年間で 5 m 程度（平均 0.17 m/年）と推定された。一方 2018 年にはリーフ上での砂の堆積域が見られ、その一部が海岸線までかかっているため、汀線変化の判読が困難であった。
- Fonadhoo 島では、今後も外海側での Swell wave による高波浸水被害が生じることが予想され、更に今後の SLR や、それに伴うリーフ上波高の増大およびサーフビートによる水位上昇により、より深刻化していくと予想される。特に既に外海側の海岸近くまで住居地が密集する島中央部の海岸エリアにおいては、更なる海岸侵食の阻止と、高波浸水から背後の居住域を防護するための対策が求められる。
- Fonadhoo 島の中央エリア以外では、現在は未開発の土地が多く存在するが、今後更なる居住エリアの拡張等の土地利用整備が計画されている。このようなエリアでは、今後の気候変動影響に対して、海岸域でのバッファゾーンの確実な確保等、沿岸域の土地利用計画上での国土強靱化を図っていくことを、第一に考えていく必要がある。
- これより、Fonadhoo 島においては、現在既に海岸侵食と高波浸水被害が生じている外海側中央部の、既に居住地エリアが海岸近くまで広がっている 850 m 間において、今後の SLR による更なる問題の深刻化に対処するための海岸適応策を実施するものとする。

## 6.2.3 海岸侵食および高波による浸水に対する影響評価

### (1) 概要

本節では、対象 2 島の優先海岸域において、海岸災害の二大要因である、「海岸侵食」および「高波による浸水」について、前述の気候変動ハザード（SLR とそれに伴う海岸到達波高や遡上高の増大）による影響検討を個別でおこなう。

留意すべき事項として、海岸侵食と高波浸水は異なる事象ではあるが、実態として両者は相互に干渉しあう。すなわち、海岸侵食が進行することにより、単に土地の消失や住居やインフラ施設の倒壊を招くだけでなく、気候変動ハザードに対する脆弱性が高まることによる高波浸水被害の助長化を招く。以上を踏まえて、本節で検討した個別の影響検討に基づき、次節の 6.3 節では侵食と浸水の被害が連動したケースを想定し、影響検討および被害額の算定をおこなった。

### (2) 海岸侵食による影響評価

#### 1) 検討方法

海面上昇に対する汀線後退量の推定手法としては、砂浜海岸を対象とした Brunn 則<sup>5)</sup>がある。これは、汀線付近の底質粒径と波浪条件から定まる二次元平衡断面地形を仮定した簡易的な推定法である。しかしながら、リーフの発達したサンゴ礁海岸における海浜地形変化は、Brunn 則で仮定する平衡断面地形とは異なるし、また顕著な地形変化は、主にリーフフラット岸側の海浜部で生じており、Brunn 則の前提条件とは大きく異なる。

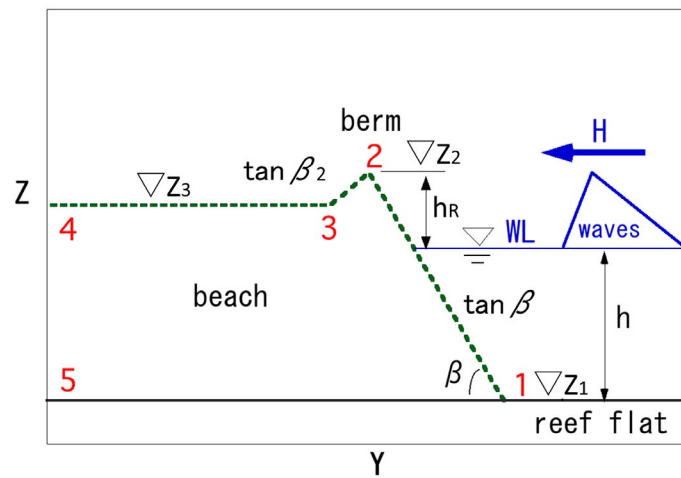
そこで、サンゴ礁海岸における気候変動による海面上昇に対する汀線後退量を推定するために、現地で得られる海浜断面に関する基本諸元のみより簡易的に推定する手法を提案した<sup>6)</sup>。本手法に用いた各諸元の定義を図 6.2.28 に、また考え方を示したものが、図 6.2.29 である。ここでは、以下の(a)、(b)の前提条件と、(c)の仮定を用いた。

- (a) 波による地形変化はリーフフラット岸端の海浜部でのみで生ずる<sup>7)</sup>。
- (b) 海浜部の地形変化は、粒径でほぼ規定される前浜勾配を維持しつつ、波高が増加した場合にはバーム高( $h_R$ )が増大する<sup>8)</sup>。
- (c) 前浜勾配 ( $\tan \beta$ ) と後浜の逆勾配( $\tan \beta_2$ )の比率は、水位上昇による波の変化に関わらず、ほぼ一定値を保持するものと仮定する。なお、「モ」国での数海岸における現地調査結果によれば、この比率はほぼ 1/3 で与えられた。

これらの条件とともに、既往研究で得られている以下の関係式を用いた。

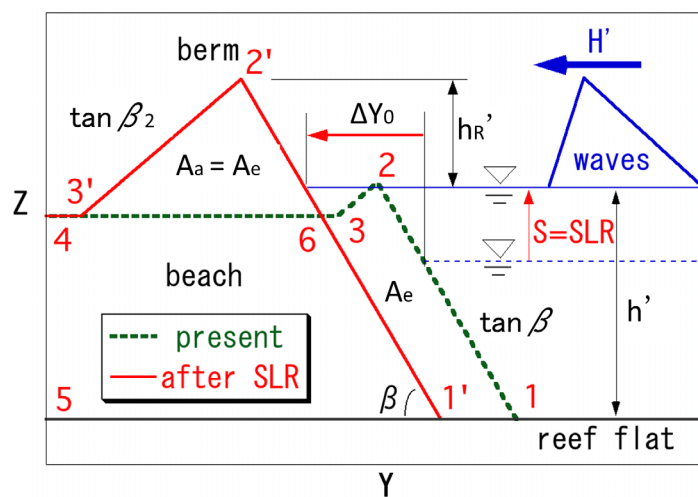
- (a) リーフ上の波高( $H$ )はリーフ上水深( $h$ )で規定され、その比率(??)は??  $=H/h \doteq 0.4$  で与えられるとする<sup>2)</sup>。
- (b) バーム高は波のうちあげ高に相当し、海岸の到達波高にほぼ等しいとする<sup>9)</sup>。すなわち、

$$\alpha = h_R/H = h'_R/H' \quad (\alpha \approx 1.0)$$



出典：JICA 調査団

図 6.2.28 本検討で用いる各種諸元の定義

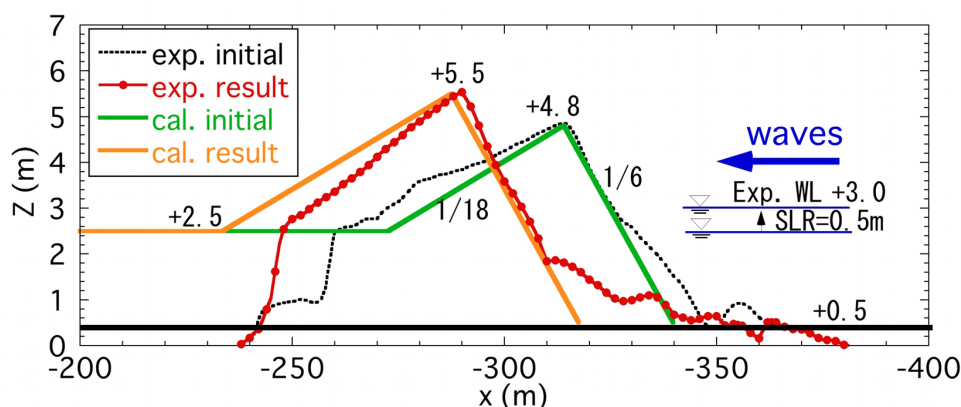


出典：JICA 調査団

図 6.2.29 リーフ海岸における汀線後退量の簡易算定式の考え方

これらの条件を用いることにより、海面上昇後の汀線後退量 $\Delta Y_0$ は、海面上昇時にも海浜土砂量が保存されるとして、堆積面積が侵食面積に等しいという関係（すなわち $A_a = A_e$ ）から求められる（図 6.2.29）。





出典：JICA 調査団

図 6.2.30 実験<sup>7)</sup>と簡易式<sup>8)</sup>による計算結果との比較

図 6.2.30 は、提案された簡易式<sup>8)</sup>から得られた算定結果と、既往研究の実験結果<sup>7)</sup>と比較したものである。海面上昇後の海浜地形は、実験結果を良好な一致を示し、本算定式の妥当性が確認された。これより本算定式を用いて、前述の図 6.2.1 に示す各 RCP シナリオの SLR に対する汀線後退量、および島面積消失に対する影響度を検討する。

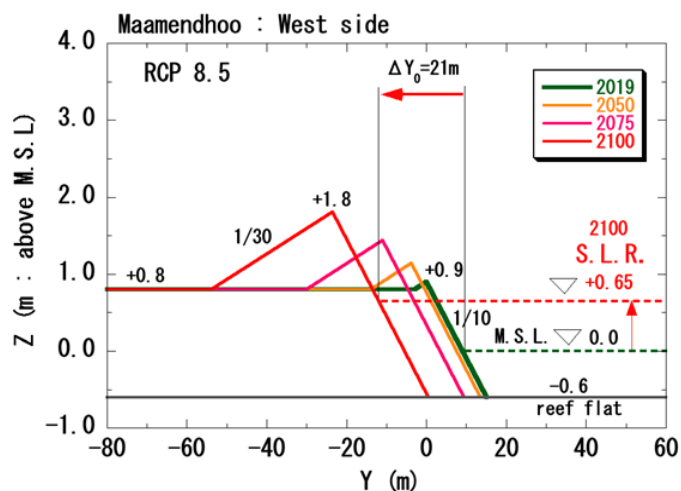
本算定式は、SLR の影響に対する汀線後退量を推定するものであるが、これに加えて港建設や護岸建設等の人為的作用によって生じる海岸侵食による汀線後退も複合して生じる場合も多い。そこで以下の検討においては、まずは SLR による汀線後退量の検討を行い、その後、SLR に人為的作用による汀線後退が加わった場合について検討を行うものとする。

## 2) SLR による汀線後退量および島面積消失の割合の推定

本算定式を用いて推定された断面変化及び汀線後退の計算結果を、Maamendhoo 島における RCP8.5 のシナリオを事例として示したものが図 6.2.31 である。水位の上昇に対応して、海浜断面が変化しながら汀線が後退していく様子が示されている。本ケースでは、2100 年時には SLR により 21 m の汀線後退が生じる結果となった。

図 6.2.32 および図 6.2.33 は、RCP4.5 及び 8.5 シナリオに対する Fonadhoo および Maamendhoo の各リーフの地形条件を用いて計算した、今後推定される汀線後退量を示す。なお図中には参考までに、海浜断面変化を考慮せずに、単純に SLR の水位のみ変えた場合の汀線後退量を  $\Delta Y_s$  として示す。これより、SLR により生じる海浜断面変化を考慮することにより、顕著な海岸線の後退が生じることがわかる。

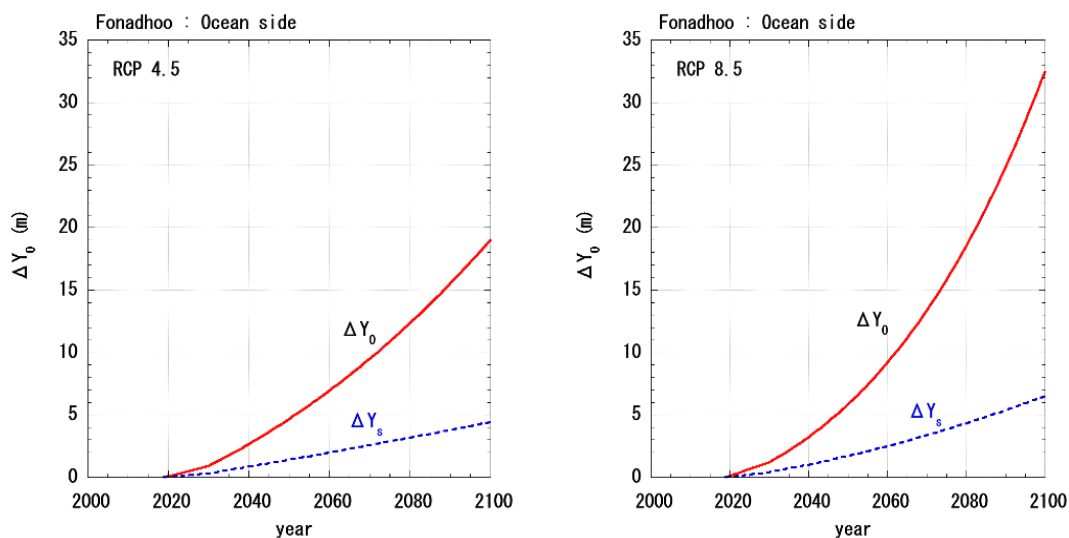
つぎに、計算された SLR による汀線後退量と、各島の面積より、海岸侵食が島面積の消失におよぼす影響を示す。図 6.2.34 は、Laamu 環礁の異なる面積を持つ 3 つの住民島 (Gan、Fonadhoo、Maamendhoo) に対する島面積消失の割合を示す。ここで Gan 島は面積が 663 ha と、「モ」国で最も大きな面積を持つ住民島であり、Fonadhoo 島は 163 ha、Maamendhoo は 19 ha である。面積が小さい島ほど海岸侵食による島消失への影響が大きいことが示され、最も小さい Maamendhoo 島においては、RCP8.5 のケースで 2100 年までに島全体の 26% の面積が消失する結果となった。



出典：JICA 調査団

図 6.2.31 計算結果の一例（Maamendhoo を想定、RCP 8.5 シナリオ）

本検討結果より、SLR による海岸侵食の加速により、小さい島ほど島の消失に及ぼす影響が甚大になることが示された。これより気候変動適応策として、高波浸水と海岸侵食の両面に対応できる対策であることが求められる。

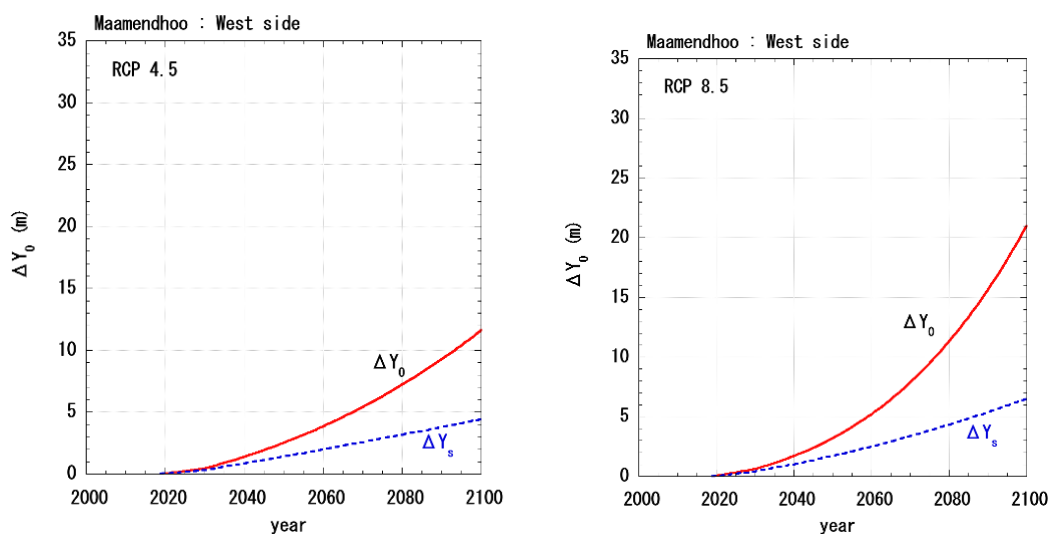


(1) RCP4.5 のケース

(2) RCP8.5 のケース

出典：JICA 調査団

図 6.2.32 推定された汀線後退量（Fonadhoo、RCP 4.5 および 8.5）

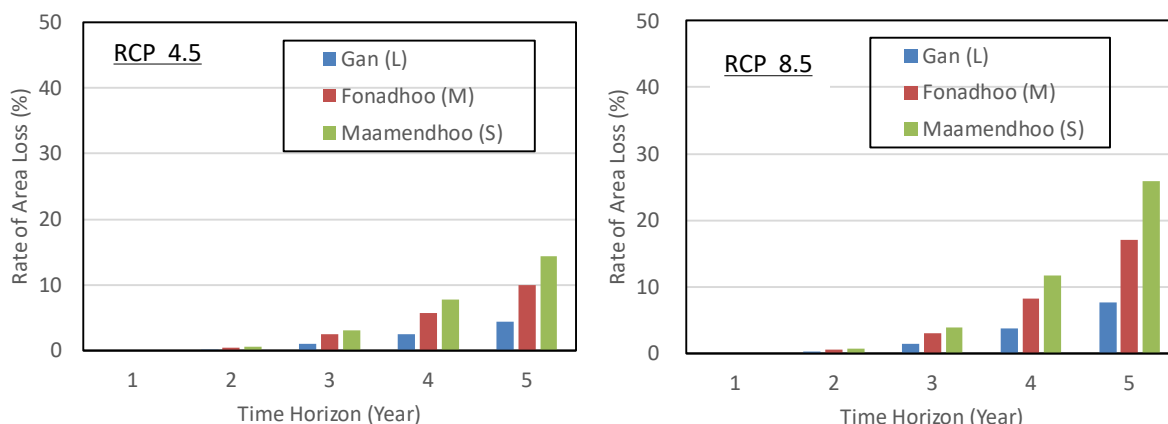


(1) RCP4.5 のケース

(2) RCP8.5 のケース

出典：JICA 調査団

図 6.2.33 推定された汀線後退量 (Maamendhoo、RCP 4.5 および 8.5)



(1) RCP 4.5 のケース

(2) RCP 8.5 のケース

出典：JICA 調査団

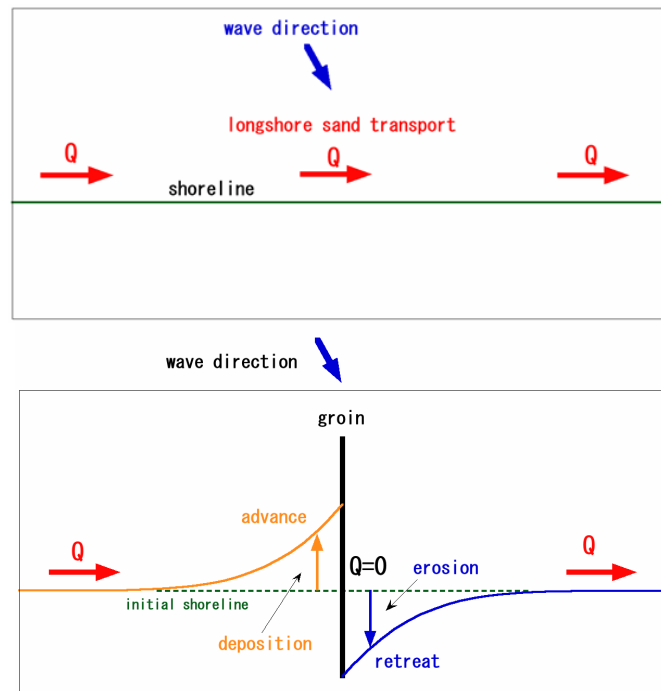
図 6.2.34 各 RCP シナリオに対する代表 3 島の島面積の消失率

### 3) 構造物による沿岸漂砂阻止による海岸侵食への海面上昇の影響

前節では、気候変動による SLR の影響のみによる海岸侵食への影響度を検討したものである。一方「モ」国の住民島では、既に多くの海岸で海岸侵食問題が健在化している。そこでつぎに、これまで生じている海岸侵食に、気候変動による影響が加味された場合についての影響度を検討する。

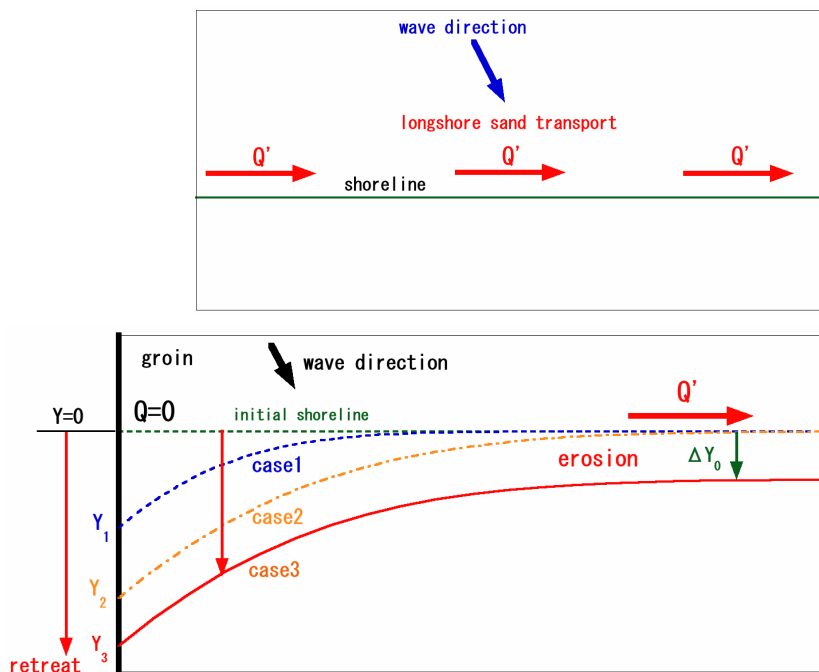
図 6.2.35 に示すように、沿岸漂砂(Q)が卓越する海岸に突堤を設置すると、沿岸漂砂が阻止され、突堤の上手の海岸では砂の堆積と汀線前進が進む一方、下手の海岸では侵食と汀線後退が進む。このような状況下において、気候変動によるリーフ上での水位上昇と、それに伴う波高増大が生じると、図 6.2.36 に示すように、これによる沿岸漂砂の増大 (Q') が生じる。これにより、

突堤下手側の汀線は、突堤の影響による汀線後退（図中 Case 1）に加えて、気候変動による沿岸漂砂増大により、更に後退する（Case2）。これに、前述の SLR による海浜断面地形変化による汀線後退も同時に生じるため汀線は更に後退し、最終的な汀線位置は Case 1 から Case 3 になる。



出典：JICA 調査団

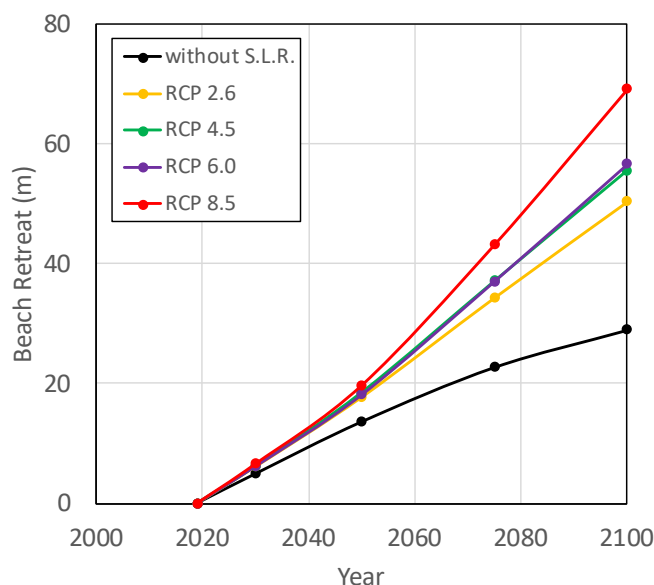
図 6.2.35 突堤設置による沿岸漂砂阻止による海浜変形



出典：JICA 調査団

図 6.2.36 気候変動の影響による漂砂下手側の汀線後退の拡大

図 6.2.37 は、Addu 環礁の住民島において、港の突堤建設に伴う漂砂下手側海岸において、突堤建設による沿岸漂砂阻止による人為的作用で生じている海岸侵食に、SLR の影響が加味された場合の汀線後退量を示すものである。突堤の影響による汀線後退に SLR による影響が加味されることにより、汀線は大きく後退することが示される。例えば RCP8.5 のケースにおいて、2050 年および2100年のそれぞれの汀線後退量は、気候変動の影響を考慮しない場合にはそれぞれ 14 m、29 m であったものが、これを考慮することにより、20 m 及び 69 m と、大幅に増大する。このように、既に人為的影響による海岸侵食が生じているところでは、SLR の影響が加わることにより、更に侵食が加速される。



出典：JICA 調査団

図 6.2.37 沿岸漂砂遮断および SLR による突堤下手側の汀線後退量  
(Addu 環礁 Hankede エリア)

#### 4) 対象 2 島における今後の汀線後退について

前節 6.2.2 より、過去の汀線変化より得られた平均的な侵食速度は、Maamendhoo 島では 2005 年を基準とすると、南東海岸側で 0.4 m/年程度、西側海岸では 0.7m/年程度であった。また Fonadhoo 島の外海側中央部の 1.2km の住宅エリアでは、1969 年～2005 年の 36 年間で、平均 0.1 m/年程度であった。仮に、これまで生じている汀線後退を人為的要因によるものと考えた場合、前述 b) で推定された SLR による汀線後退量に加え、既に生じている人為的要因による汀線後退量を加味する必要がある。

一方で、Maamendhoo 島は、前述のように季節変化に伴う沿岸漂砂の変動があり、明らかな一方向沿岸漂砂が卓越する海岸特性ではないこと、また Fonadhoo 島の外海側の対象海岸では、近隣での港建設等の人為的改変が行われていないこと、等から、これまで生じている海岸侵食が、前述 c) で示した、沿岸漂砂遮断による人為的要因により生じているものかどうかについては、現時点では定かではない。一方、これまで生じている汀線後退が、人為的影響によるものではなく、気候変動の影響である、ということもできず、これについては更なる詳細検討が必要と考えられる。

### (3) 高波に伴う浸水による影響評価

#### 1) 検討波浪(確率沖波波高)の設定

浸水検討にあたっては、まずその海岸域に入射する沖波の波高・周期を設定する必要がある。設定方法について、対象海岸別に以下に示す。

##### <Maamendhoo 島>

Maamendhoo 島は Laamu 環礁の内側に位置するため、外洋からの直接的な波高の影響よりも、季節風などのよって生じる風波による影響が卓越していると考えられる。そのため、風速およびその風域距離から発生する波高を推定できる SMB 法を用いて検討波浪を設定した。その手順は以下に示す通りである。

##### Maamendhoo の沖波波高の設定手順の概要

- (1) 「モ」国気象庁による風速の観測記録を補正したのち、1992 年～2017 年の間の年ごとの最大風速を抽出
  - ・ 観測記録は Laamu 環礁 Kadhdhoo 島での観測記録を使用。観測記録は陸上風であり、海上風への補正が必要なことから約 1.2 倍に補正。
- (2) 極値統計解析により再現期間 1～100 年確率の確率風速を算定
- (3) ラグーン内での最大の吹送距離を取り、SMB 法により確率波高を算定
  - ・ 吹送距離は環礁北部の Isdhoo 島付近から Maamendhoo 島までの 32 km と設定した。
  - ・ 海岸に到達する波の入射角については外力の危険側を考慮し、直角入射と想定した(海底地形の影響による波の屈折・回折は未考慮)。風速の極値統計結果と確率波高を下記に示す。ただし、1 年確率波と 50 年確率波などの再現期間の両端部はデータ数が限られていることから極値統計解析の性質上誤差が大きくなる傾向にある。本検討では、データの分布傾向を考慮のうえ、これら確率波高については解析結果よりやや大きい値を設定した。

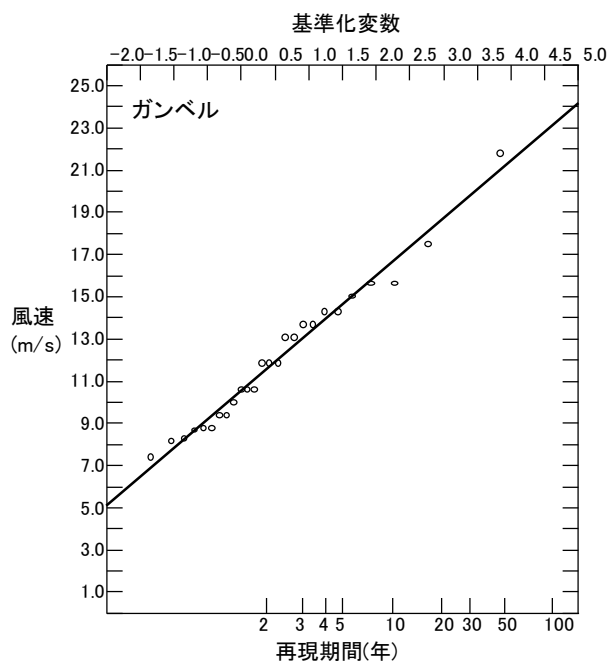
再現期間 (年)	確率風速 (m/s)	確率波高 (m)
100	23.09	2.76
50	21.18	2.50
30	19.77	2.31
20	18.64	2.16
10	16.68	1.90
5	14.64	1.63
4	13.94	1.53
3	13.01	1.41
2	11.55	1.22
1	5.12	0.41

→上記の結果より  $H_{1:1}=1.0$  m

$H_{1:10}=2.0$  m

$H_{1:50}=3.0$  m と設定。

※周期は Laamu 環礁でのラグーン側の波浪観測の結果より 10 秒を採用した。



出典：JICA 調査団

図 6.2.38 Maamendhoo 島における沖波の設定と風速の極値統計

### <Fonadhoo 島>

Fonadhoo 島での確率沖波波高は、対象海岸域が外洋に面していることから Maamendhoo 島と異なり外洋の波をもとに設定する必要がある。そのため本調査では ECMWF (ヨーロッパ中期予報センター) が作成した全球気候モデルである ERA5 から、Laamu 環礁近傍の点の波高の再解析結果を取得し、これを用いて極値統計解析により確率沖波波高を求めた。

#### Fonadhoo の沖波波高の設定手順の概要

- (1) ERA5 より抽出した波高の再解析結果を取得し、1979 年～2009 年の間の年ごとの最大有義波高を抽出
- (2) 極値統計解析により再現期間 1～100 年の確率波高を算定
  - ・ 波高の極値統計結果を下記に示す。ただし、再現期間における 1 年確率波周辺はデータ数が少ないため、極値統計解析の性質上誤差が大きくなる傾向にある。本検討ではデータ分布を確認の上、解析値よりやや大きめの値を採用した。

再現期間 (年)	確率波高 (m)
100	5.24
50	4.84
30	4.57
20	4.38
10	4.08
5	3.81
2	3.48
1	2.16

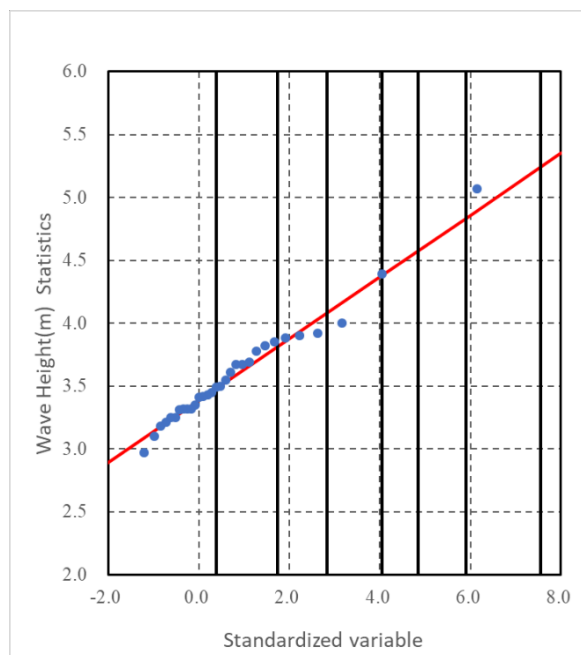
→上記の結果より

$H_{1:1}=3.0$  m

$H_{1:10}=4.0$  m

$H_{1:50}=4.8$  m と設定。

※周期 T は Addu 環礁での外洋側の波浪観測結果を参考に 16 秒を採用した。



出典：JICA 調査団

図 6.2.39 Fonadhoo における沖波の極値統計

## 2) 浸水評価

上記で設定した沖波諸元を用いて、将来の気候変動による高波・浸水の影響を評価するために、確率波高及び想定年次別の浸水評価を行った。その検討方法および結果概要について、対象海岸別に以下に示す。

### <Maamendhoo 島>

浸水評価は以下に示す手順によって実施した。

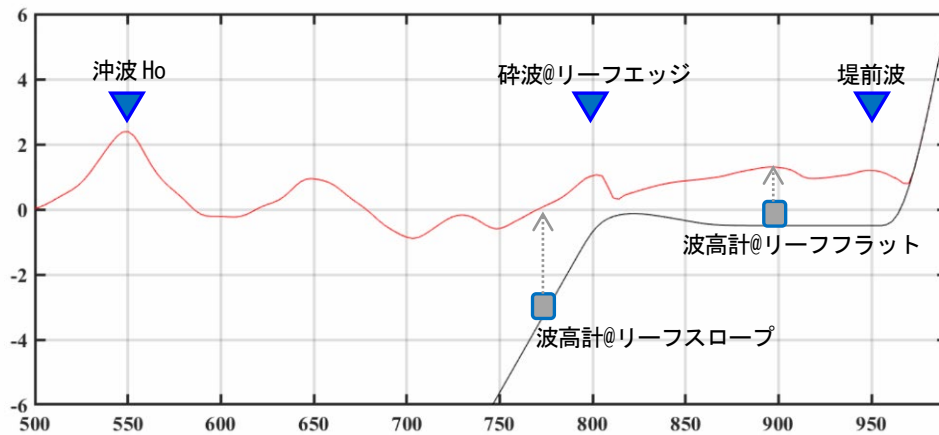
#### 浸水評価の計算手順の概要

- (1) 対象域はリーフ地形を有し、外洋からの波浪はリーフエッジで砕波したのちリーフラット部を伝搬し、海岸に到達する。また、リーフ内の水位は砕波によるセットアップの影響で上昇し、これが波高増大を招く。このような複雑な波浪・水位変化を考慮するために、本検討ではビジネスモデルを用いた断面一次元の波浪伝搬計算を行った。
- (2) 同モデルによる波浪伝搬計算結果と、リーフ内外に設置した波高計による波浪観測結果の比較し、現地の波浪特性の再現性を高めるようモデルの諸係数の校正をおこなう。
- (3) 校正後のモデルを用いて、海岸線における越波量： $q$ ( $m^3/s/m$ )を求める(閾値の考え方については9.2.4節参照)。

・  $q \geq 0.02$  ( $m^3/s/m$ ) → 顕著な越波が発生すると判定し、(4)へ進む

・  $q < 0.02$  ( $m^3/s/m$ ) → 顕著な越波が発生しないと判定し、浸水計算は行わない





出典：JICA 調査団

図 6.2.40 ブシネスクモデルを用いた断面一次元の波浪伝搬計算の一例

(4) 波量と背後の地盤高との関係性から、背後地における浸水深を求める。

- ・ 過大評価を避けるため、浸水範囲は排水機能をもつ主要道路までとすることが一般的である。ただし、Maamendhoo 島においては島内の殆どの道路が未舗装で排水機能を有していないと判断され、また平坦な地形を持つ事から、全域を浸水範囲と設定した。対象地の地盤高は既述の図 6.2.10 に、想定浸水範囲は図 6.2.41 に示す。また、下図には参考として 9.2 節で示す事業対象範囲も示してある。
- ・ 浸水深はあくまでそのリスクの高さを表す指標であり、実際に生じる現象を示すものではないことに留意。



\*1 Counted from residential map

出典：Google Earth を用いて JICA 調査団で加工

図 6.2.41 想定浸水範囲と事業の実施予定範囲

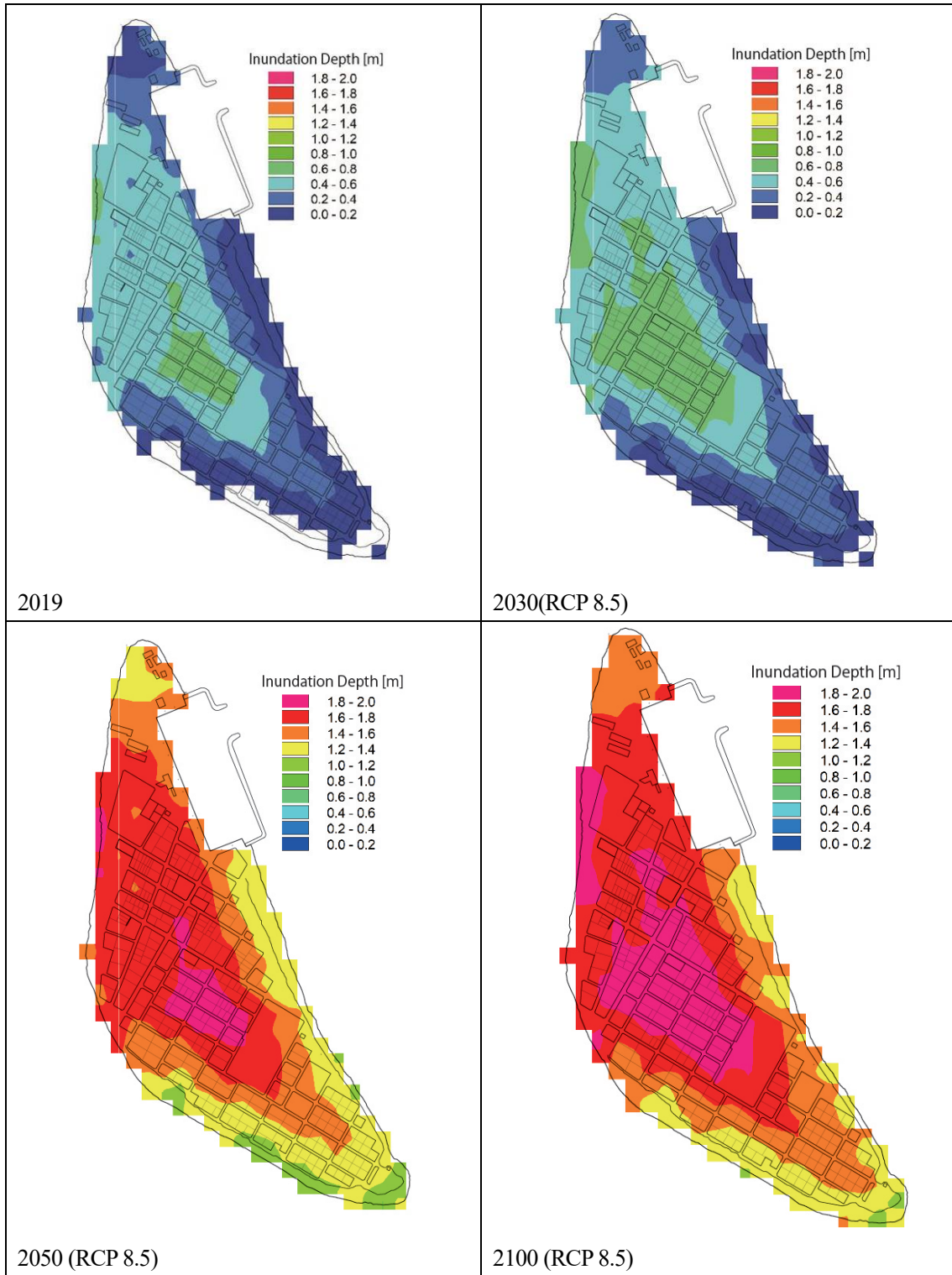
以上の計算手順を用いて浸水評価をおこなった結果を以下に示す。浸水評価を実施した検討ケースは表 6.2.2 に示す通りであり、現在(2019年)における評価は、1年、10年、50年確率波について実施し、将来の海面上昇シナリオ(RCP)に対する検討は、極端な過大評価を避けるため10年確率波を用いて検討をおこなった。表中の赤丸(●)に該当する浸水図を図 6.2.42 に示す。

浸水計算結果より、現時点(2019年)においても、高潮位(H.W.L.)時に異常時波浪(10年確率波)が発生すると、標高の低い土地では50cm前後の浸水が発生する可能性が示された。さらに海面上昇が進行すると、海水面に対する島の標高の相対的な低下およびリーフの水深増加に伴う波高の増大により、浸水深が大幅に増加する。海水面が現在より約67cm上昇する想定(2100年)においては、全体的に1m以上の浸水が発生する可能性があることが示された。

表 6.2.2 浸水評価の検討ケース

水位 沖波波高	現在(HWL)	RCP 4.5			RCP 8.5		
	2019	2030	2050	2100	2030	2050	2100
H <sub>1:1</sub> =1.0m	●	—	—	—	—	—	—
H <sub>1:10</sub> =2.0m	●	●	●	●	●	●	●
H <sub>1:50</sub> =3.0m	●	—	—	—	—	—	—

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6.2.42 Maamendhoo 島の浸水評価結果（侵食影響は未考慮）

### <Fonadhoo 島>

浸水評価を実施した検討ケースは表 6.2.3 に示す通りであり、現在(2019年)における評価は、1年、10年、50年確率波について実施し、将来の海面上昇シナリオ(RCP)に対する検討は、極端な過大評価を避けるため10年確率波を用いて検討をおこなった。

浸水評価の検討手順の概要については、前述の Maamendhoo 島のケースと同様である。対象範囲の想定浸水範囲を図 6.2.43 に示し、表 6.2.3 中の赤丸(●)に該当する浸水図を図 6.2.44 に示す。

浸水計算結果より、現時点(2019年)においても、高潮位(H.W.L.)時に異常時波浪(10年確率波)が発生すると、標高の低い土地では50cm前後の浸水が発生する可能性が示された。さらに海面上昇が進行すると、海水面に対する島の標高の相対的な低下およびリーフの水深増加に伴う波高の増大により、浸水深が大幅に増加する。さらに、対象範囲は外洋からの高波浪が入射しやすい特徴がある。海水面が現在より約67cm上昇する想定(2100年)においては、全体的に1.5m以上の浸水が発生する可能性があることが示された。

表 6.2.3 浸水評価の検討ケース

水位 沖波波高	現在(HWL)	RCP 4.5			RCP 8.5		
	2019	2030	2050	2100	2030	2050	2100
H <sub>1:1</sub> =3.0m	●	—	—	—	—	—	—
H <sub>1:10</sub> =4.0m	●	●	●	●	●	●	●
H <sub>1:50</sub> =4.8m	●	—	—	—	—	—	—

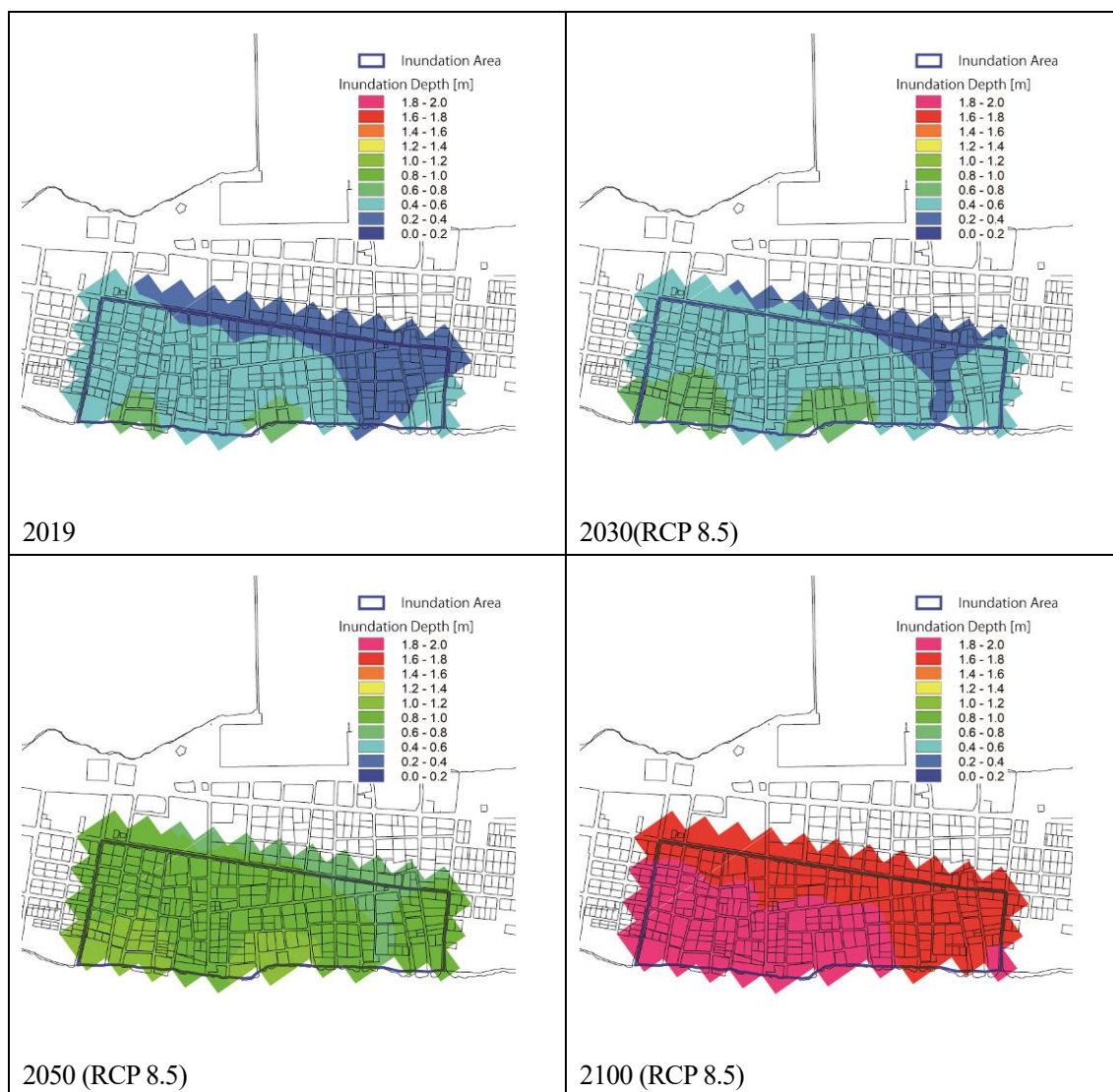


\*1 Counted from residential map

\*2 Calculated by multiplying No. of houses by No. of people per house (5 people/house)

出典：Google Earth を用いて JICA 調査団で加工

図 6.2.43 事業対象範囲とその影響範囲(想定浸水範囲)



出典：JICA 調査団

図 6.2.44 Fonadhoo 島の浸水評価結果（侵食影響は未考慮）

### 6.3 海岸侵食と浸水の連動被害に対するリスク評価

前節の 6.3.2 節では、気候変動に伴う海岸侵食と高波に伴う浸水の影響をそれぞれ独立した影響として評価した。しかし、これらの沿岸災害は実際には密接に関係しており、特に海岸侵食の進行は、その海岸がもつ本来の波の防護機能を弱体化させ、結果として背後域への越波・浸水量の増加につながる。

本節では、このような侵食・浸水の連動被害に対してリスク評価をおこない、本影響による被害の種類とその被害額を定量的に検討する。

### 6.3.1 侵食・浸水の連動被害の概要

海岸侵食および高波に伴う浸水の連動被害の発生状況のイメージ図とその被害内容を表 6.3.1 に示す。侵食と浸水が連動することで主に以下のような影響が挙げられ、その被害がより甚大になることが想定される。

高波浪が作用することで砂浜にはストームリッジと呼ばれる自然の高盛土が形成され、それにより波浪に対する防護機能が維持・強化される。しかし、海岸侵食によってストームリッジが消失するため、砂浜が本来持つ波に対する防護機能が弱まる。

海岸侵食が進行すると、海岸の形状は一般に急勾配化し、浜崖などが形成されるようになる。自然の良好な砂浜は、その緩やかな勾配の断面形状により一定の消波機能を有しているが、これが侵食により急勾配化することで消波機能が弱まることになる。

上記に関連し、侵食後の海岸に作用する波が強まるため、海岸侵食が更に助長される

表 6.3.1 侵食・浸水の連動被害のイメージ

被害イメージ	被害内容
<p>●海岸侵食のみ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸域から徐々に土地が侵食される。</li> <li>家屋が存在する場合は基礎の侵食等により家屋としての機能が消失する。</li> </ul>
<p>●浸水のみ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸域からの越波・越流により、背後域の家屋等の資産に対して浸水被害が生じる。</li> </ul>
<p>●侵食・浸水連動</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>侵食によりストームリッジが消失することおよび海岸が急勾配化することで、海岸が本来持つ波に対する防護効果が弱まり、背後域への越波量が増大し、浸水深が増加する</li> <li>上記に関連し、海岸に作用する波が強まるため、海岸侵食も助長される</li> </ul>

出典：JICA 調査団

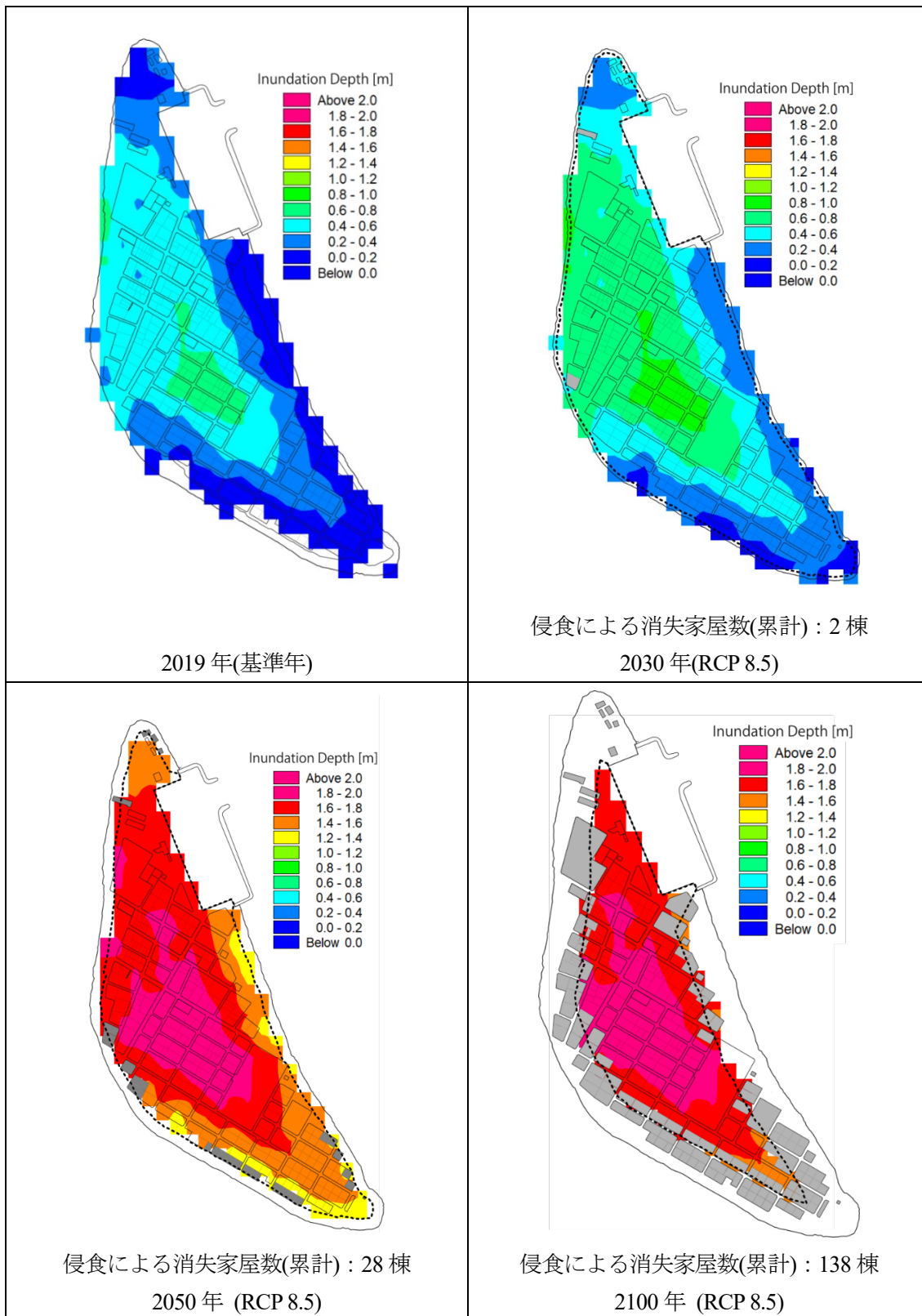
以上を考慮した、侵食・浸水の連動被害の想定図を、Maamendhoo 島、Fonadhoo 島の対象海岸それぞれについて示す。設定条件は表 6.3.2 以下のとおりである。

侵食速度については 6.2.2 節で検討した過去の汀線変化より判読した最大側の年平均侵食速度に、6.2.3 節で検討した S.L.R による侵食の進行度を加味して設定した。なお、一般に将来の侵食速度の設定については、対象海岸全域での侵食量の平均値を採用する方法と、対象域で特に侵食が大きいエリアの侵食量(最大側の侵食量)で代表させる方法がある。本検討ではでリスク評価としてより危険側で評価することを目的として、後者の最大側の侵食量で評価した。

表 6.3.2 S.L.R.に伴う侵食・浸水の複合被害の算定条件

		2019	2030	2050	2100
潮位：H.W.L.		+0.64m			
海面上昇：S.L.R(RCP8.5)		-(基準)	0.04m	0.17m	0.65m
沖波	Maamendhoo	H <sub>1:10</sub> =2.0m, T=10s			
	Fonadhoo	H <sub>1:10</sub> =3.0m, T=16s			
侵食速度	Maamendhoo	0.55m/年	0.55m/年	0.60m/年	0.84m/年
	Fonadhoo	0.47m/年	0.47m/年	0.67m/年	0.92m/年

出典：JICA 調査団

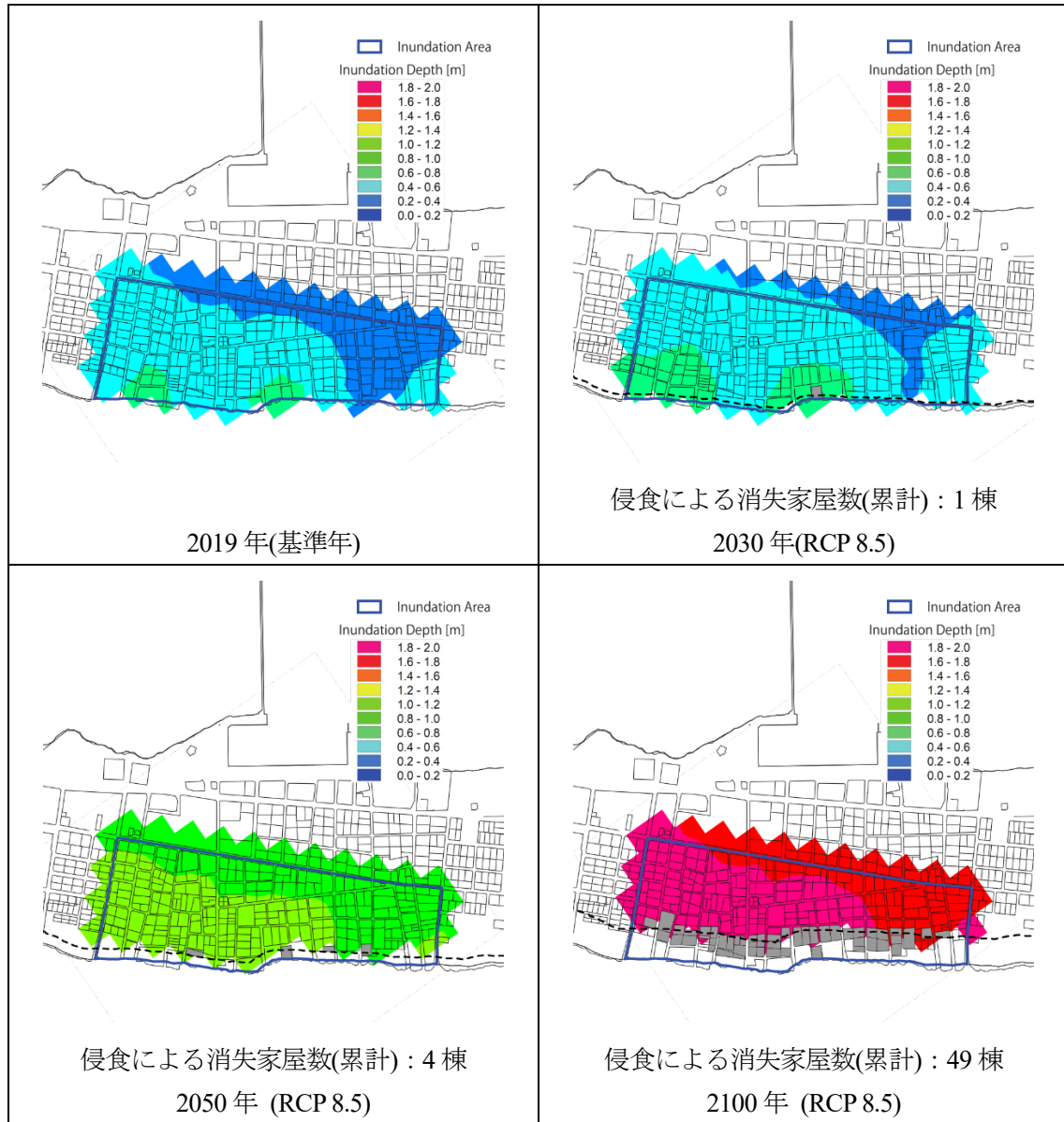


※黒点線は侵食後の海岸線、灰色四角は流出家屋を示す。

出典：JICA 調査団

図 6.3.1 Maamendhoo 島の浸水評価結果（侵食・浸水連動）





※黒点線は侵食後の海岸線、灰色四角は流出家屋を示す。

出典：JICA 調査団

図 6.3.2 Fonadhoo 島の浸水評価結果（侵食・浸水連動）

## 6.3.2 想定される被害の種類と被害額の算定

### (1) 想定される被害の種類

本章は、前章(6.1 章)で評価された各島の対象域における災害影響について定量的な評価を行うことを目的に、被害人数、被害資産数、被害額を算定するものである。

海岸災害による被害種は大きく分けて表 6.3.3 に示す 4 種類に分類される。

これら被害について、対象域で発生しうる被害内容および本業務での定量評価の有無を表 6.3.3 に示す。表中に「-」で示したものは、定量評価のための各種原単位の設定が困難で、貨幣換算が難しいため、定量評価の対象外とした。

表 6.3.3 対象域で発生するリスク一覧と定量評価の対象

被害分類	対象域で発生しうる主な被害	定量評価
1) 物的被害 (Physical damage)	資産(家屋等)の浸水被害	○
	資産(家屋等)の侵食(消失)被害	○
	侵食による土地消失	○
2) 生活面の被害 (Risk on people's damage)	住民移転の発生(過度の侵食によって発生)	○
	海岸利用上の支障	-
3) 経済面の被害 (Economic damage)	労働機会の逸失(営業停止等)の産業への影響	○
	島の機能への影響(物流拠点など)	-
4) 環境面の被害 (Environmental damage)	生物環境等への影響	-

○：本案件での算定対象

-：算定の対象外

出典：JICA 調査団

### (2) 想定被害額の算定

#### 1) 物的リスク(Physical risk)

物的リスクとしては、上表に示したように、資産の浸水被害および侵食被害(資産の侵食、土地の侵食)に分けられる。

##### a) 浸水被害の状況想定・算定概要

**状況想定**：高波に伴う越波の影響で背後地が浸水し、それに伴い背後資産(家屋や家屋内の家庭用品など)が浸水被害を受けると想定した。

**算定概要**：浸水被害額については、前述の図 6.3.1 および 6.3.2 で算出された浸水範囲と浸水深をもとに、表 6.3.4 に示した 3 項目を考慮し、想定被害額を算出した。

表 6.3.4 浸水被害を算出するための検討項目

検討項目	概要/設定方法
想定浸水範囲内における家屋の評価額	家屋の評価資産額の統計が無いことから、現地でのヒアリングによる家屋の建設コストの平均額を評価額に設定し、これを元に被害額を算定。 → 30,000 USD/house
浸水深別の資産の被害率	「海岸事業の費用便益分析指針」より(表 6.3.5 参照)
想定外力の年平均発生確率	「海岸事業の費用便益分析指針」より(表 6.3.6 参照)

出典：JICA 調査団

表 6.3.5 浸水被害の各資産被害率一覧表

資産種類等	浸水深等の規模	床下浸水	床上浸水				
			50cm未満	50～99cm	100～199cm	200～299cm	300cm以上
家屋		0.045	0.151	0.229	0.480	1.000	1.000
家庭用品		0.021	0.189	0.489	0.889	1.000	1.000
事業所	償却資産	0.101	0.278	0.589	1.000	1.000	1.000
	在庫資産	0.056	0.166	0.401	1.000	1.000	1.000
農漁家	償却資産	0.000	0.187	0.308	0.416	1.000	1.000
	在庫資産	0.000	0.259	0.555	0.859	1.000	1.000

出典：海岸事業の費用便益分析指針(H16.6 農林水産省・国土交通省)<sup>10)</sup>

表 6.3.6 年平均生起確率の考え方

湛水流量規模	年平均超過確率	湛水流量に対応する想定被害額	$Q_n \sim Q_{n-10}$ の年平均生起確率	$Q_n \sim Q_{n-10}$ の同左平均被害額	生起確率×平均被害額
$Q_1$	$N_1 = 1$	$L_1 (=0)$	$N_1 - N_{10}$ ( $=1 - 1/10$ )	$\frac{L_1 + L_{10}}{2}$	$\frac{(N_1 - N_{10}) \times (L_1 + L_{10})}{2}$
$Q_{10}$	$N_{10} = 1/10$	$L_{10}$	$N_{10} - N_{20}$ ( $=1/10 - 1/20$ )	$\frac{L_{10} + L_{20}}{2}$	$\frac{(N_{10} - N_{20}) \times (L_{10} + L_{20})}{2}$

出典：海岸事業の費用便益分析指針(H16.6 農林水産省・国土交通省)<sup>10)</sup>

b) 侵食被害の状況想定・算定概要

① 資産の侵食(消失被害)

**状況想定：**海岸侵食が大幅に進行し、家屋の基礎の範囲まで及んだ場合、その家屋は安全性の観点から居住機能が失われると想定し、全壊(消失)として評価した。なお、一度消失した家屋はその後も消失したままと想定した(その後の被害想定(の検討対象外)。

**算定概要：**侵食により後退する汀線が家屋域に干渉した時点で、これを消失家屋として考慮した。家屋の消失による被害額は、前述の評価額状況想定：高波に伴う越波の影響で背後地が浸水し、それに伴い背後資産(家屋や家屋内の家庭用品など)が浸水被害を受けると想定した。

**算定概要：**浸水被害額については、前述の図 6.3.1 および 6.3.2 で算出された浸水範囲と浸水深をもとに、表 6.3.4 に示した 3 項目を考慮し、想定被害額を算出した。

## ② 土地の侵食(消失被害)

**状況想定**：海岸侵食が進行し、現況汀線よりも陸側の土地が侵食される場合、これは現存の国土が消失されることになるため、土地の消失被害として評価した。上記の資産の消失被害同様、侵食により消失した土地はその後も消失したままと想定した(その後の被害想定 of 検討対象外)

**算定概要**：下式により算定した。なお、土地の評価額については、「モ」国では土地の取引実績の入手が困難であることから、我が国の参考単価を用いた(5 USD/m<sup>2</sup>)。

<算定式>

$$\text{土地の消失被害(USD/year)} = \text{年平均侵食速度(m/year)} \times \text{海岸線延長(m)} \times \text{海岸域の土地の評価額(USD/m}^2\text{)}$$

### c) 侵食・浸水被害の算定結果

被害想定 of 算定結果について、優先海岸ごとに表 6.3.7 (Maamendoo 島)、表 6.3.8 (Fonadhoo 島)に示す。なお、想定被害額は年平均で示すこと一般的であるが、侵食被害については累積被害額も参考として示してある。

海岸侵食の年間被害額は浸水に比べて大幅に小さい。しかし、海岸侵食が徐々に進行する不可逆的な災害であることを考慮し、図 6.3.3 に示すように被害を蓄積額で評価した場合、将来的には浸水被害に比べても無視できないほどの規模となることが分かる。そのため、リスクアセスメントの観点からも、侵食防止対策を実施しておくことの必要性は高いことが示唆される。

なお、2050 年から浸水による年平均被害額が減少しているが、これは 2050 年から 2100 年にかけて侵食により大幅に家屋が消失する想定により、浸水対象となる家屋数が減少するためである。一方で、消失する家屋の被害は侵食被害として計上するため、2050 年以降の侵食被害額は増加している。

表 6.3.7 想定被害額の算定結果 【Maamendoo 島 RCP8.5, H1/10】

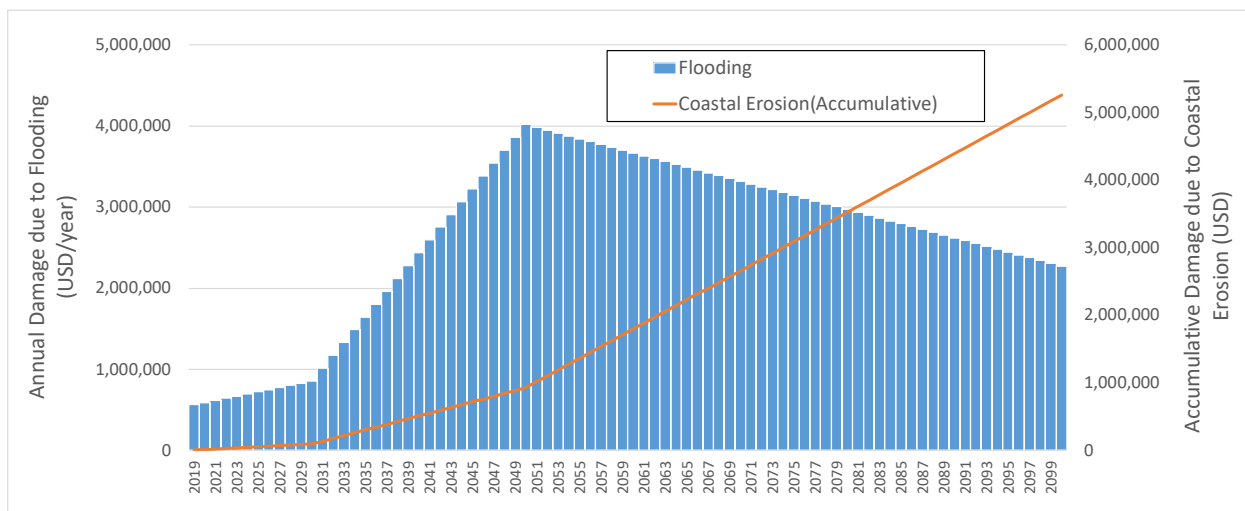
	単位	2019 年	2030 年	2050 年	2100 年
浸水被害	年平均:USD/year	564,084	855,900	4,017,074	2,273,225
侵食被害	年平均:USD/year	7,909	7,909	41,700	69,794
	(参考)累積:USD	7,909	94,909	928,909	4,418,615

出典：JICA 調査団

表 6.3.8 想定被害額の算定結果 【Fonadhoo 島 RCP8.5, H1/10】

	単位	2019 年	2030 年	2050 年	2100 年
浸水被害	年平均:USD/year	555,498	664,686	1,568,133	2,753,744
侵食被害	年平均:USD/year	4,736	4,736	7,348	31,550

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6.3.3 Maamendhoo 島を事例とした年平均被害額の推移(浸水と侵食(累積)の比較)

2) 生活面のリスク(Risk on people's lives)

**状況想定**：宅地が侵食により消失すると、当該域において家屋の再建が困難となり、背後域においても代替スペースが無いため、島外などへの移転が必要となる。

**算定概要**：侵食により消失する家屋について、その評価額を移転費用(再建費用)として、下記式により算出する。実際には移転に係る諸経費(家財運搬費、移動費など)も発生すると考えられるが、これら原単位の入手が困難であるため、本項では評価の対象外とする。

<算定式>

$$B=A \times C$$

B: 年平均被害額

A: 年平均の影響家屋数(棟/年)

C: 家屋評価額(アンケート調査の平均、25,000USD/戸)

表 6.3.9 被害額の試算結果 【RCP8.5, H1/10】

対象海岸	単位	2019年	2030年	2050年	2100年
Maamendhoo	年平均:USD/year	5,455	5,455	39,000	66,000
Fonadhoo	年平均:USD/year	2,727	2,727	4,500	27,600

出典：JICA 調査団

3) 経済面のリスク(Economic risk)

**状況想定**：家屋に浸水被害が生じる場合、住民にとっては自身の生活基盤が被害を受けることになる。これに伴い、通常の労働環境に戻るために一定期間が必要になることが想定される。この間の労働機会の逸失を、産業における損失という経済面のリスクとして評価する。

**算定概要**：下記式により算出する。なお、本項目の労働機会の逸失は個人の年収の減少を原単位として用いている。そのため、本評価は彼らが従事している各産業(水産業や観光業など)における影響を内在していると考えられる。

<算定式>

$$B=A \times C \times D \times R \times P$$

B: 年平均被害額(USD/年)

A: 平均年収(Income per capita, 10,626USD/人(National Accounts (Maldives) - Analysis of Main Aggregates, United Nations, 2019))

C: 影響人口(浸水範囲内の人口)

D: 労働機会の逸失期間(浸水深別、最大で6ヶ月と想定)

R: 浸水深別の資産被害率(海岸事業の費用便益分析指針(H16.6 農林水産省・国土交通省))

P: 浸水被害の年平均発生確率(沖波の再現確率に対応)

表 6.3.10 被害額の試算結果 【RCP8.5, H1/10】

対象海岸	単位	2019年	2030年	2050年	2100年
Maamendhoo	年平均:USD/year	254,936	363,834	1,170,850	723,207
Fonadhoo	年平均:USD/year	234,748	273,776	422,446	858,411

出典：JICA 調査団

### (3) 想定被害額のまとめと対策を実施した場合の被害軽減効果

表 6.3.11 および表 6.3.12 にそれぞれ Maamendhoo および Fonadhoo における被害想定額を示す。想定被害額は海面上昇の進行に伴い増大し、2050年から2100年における年想定被害額は3百万ドルから5百万ドルにも及ぶ。

表 6.3.11 Maamendhoo における年想定被害額(USD/年)

被害の種類	検討項目	2019年	2030年	2050年	2100年
物的被害	浸水被害	564,084	855,900	4,017,074	2,273,225
	侵食被害 (家屋+土地消失)	7,909	7,909	41,700	69,794
生活面の被害	住民移転の発生	5,455	5,455	39,000	66,000
経済面の被害	労働機会の逸失	254,936	363,834	1,170,850	723,207
合計		832,384	1,233,098	5,268,624	3,132,226

出典：JICA 調査団

表 6.3.12 Fonadhoo における年想定被害額(USD/年)

被害の種類	検討項目	2019年	2030年	2050年	2100年
物的被害	浸水被害	555,498	664,686	1,568,133	2,753,744
	侵食被害 (家屋＋土地消失)	4,736	4,736	7,348	31,550
生活面の被害	住民移転の発生	2,727	2,727	4,500	27,600
経済面の被害	労働機会の逸失	234,748	273,776	422,446	858,411
合計		797,709	945,925	2,002,427	3,671,305

出典: JICA 調査団

表 6.3.13 および表 6.3.14 に各島で海岸保全対策を実施した場合の想定被害額を示す。

海岸侵食については、次の2点を踏まえ少なくとも現汀線より内陸への侵食は発生しないと想定し、対策後の被害をゼロとした。1)H.W.L 以上の養浜幅として 30m を確保する、2)ストック砂を用いた順応管理手法が技術移転される。

2019年(現在)と2030年について被害額がゼロとなり、被害を十分防護できる想定となった。2050年以降は一定の被害が想定されるものの、対策により大幅な被害の軽減効果があることが想定される。

表 6.3.13 対策後の Maamendhoo における年想定被害額(USD/年)

被害の種類	検討項目	2019年	2030年	2050年	2100年
物的被害	浸水被害	0	0	338,364	1,652,157
	侵食被害 (家屋＋土地消失)	0	0	0	0
生活面の被害	住民移転の発生	0	0	0	0
経済面の被害	労働機会の逸失	0	0	170,106	560,644
合計		0	0	508,470	2,212,801

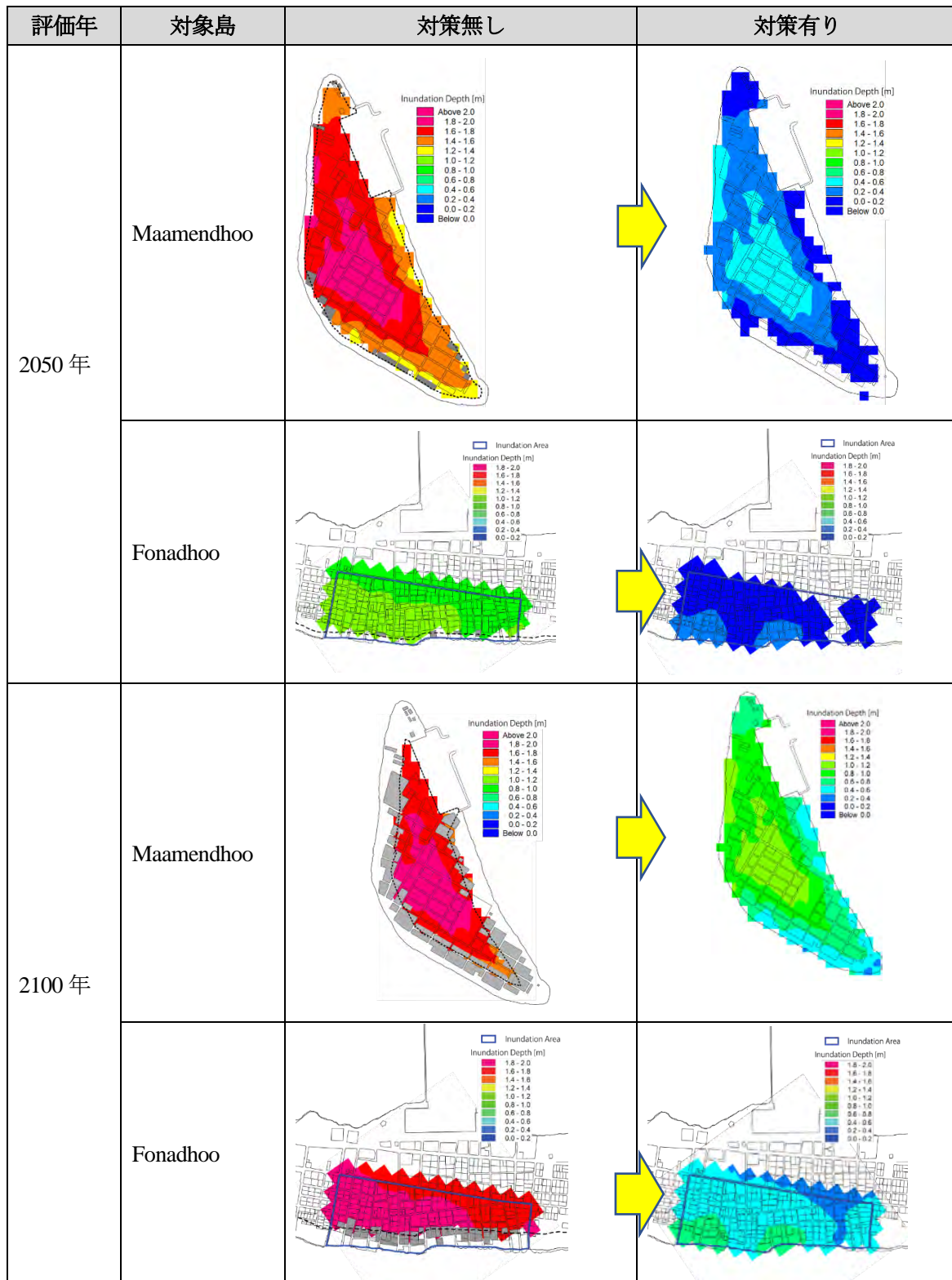
出典: JICA 調査団

表 6.3.14 対策後の Fonadhoo における年想定被害額(USD/年)

被害の種類	検討項目	2019年	2030年	2050年	2100年
物的被害	浸水被害	0	0	146,124	670,167
	侵食被害 (家屋＋土地消失)	0	0	0	0
生活面の被害	住民移転の発生	0	0	0	0
経済面の被害	労働機会の逸失	0	0	87,577	273,776
合計		0	0	233,701	943,943

出典: JICA 調査団

表 6.3.15 対策の有無による想定浸水深の比較(RCP8.5による2050年、2100年)



出典：JICA 調査団



表 3.2.16(Maamendhoo 島)および 3.2.17(Fonadhoo 島)は対策による被害軽減額を示す。Maamendhoo 島については表 3.2.11 と表 3.2.13 の差分、Fonadhoo 島については表 3.2.12 と表 3.2.14 の差分である。これらの被害軽減額は対策により得られる便益(効果)として、経済分析に用いた。なお、Maamendhoo 島においては、過大評価を避けるため、全海岸線延長における対策の実施延長の割合(72%, 1,440m/2,000m)を本便益額に乘じ、経済分析を実施した。

表 6.3.16 対策による被害軽減額(Maamendhoo 島)

被害の種類	検討項目	2019 年	2030 年	2050 年	2100 年
物的被害	浸水被害	564,084	855,900	3,678,710	621,068
	侵食被害 (家屋+土地消失)	7,909	7,909	41,700	69,794
生活面の被害	住民移転の発生	5,455	5,455	39,000	66,000
経済面の被害	労働機会の逸失	254,936	363,834	1,000,743	162,563
(1) 合計		832,384	1,233,098	4,760,153	919,425
(2) 合計 (経済分析に使用)					
(1) X 72%		599,316	887,831	3,427,310	661,986

出典：JICA 調査団

表 6.3.17 対策による被害軽減額(Fonadhoo 島)

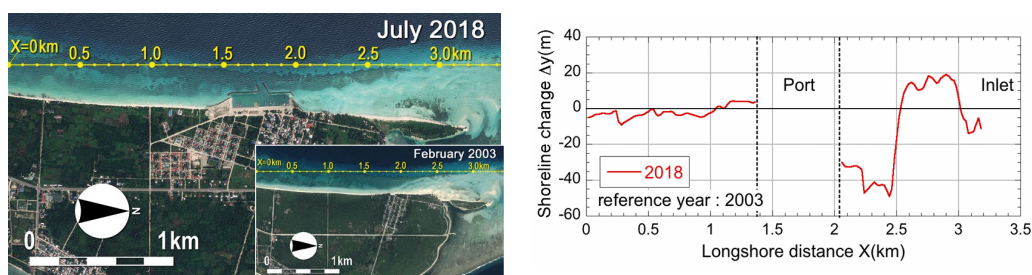
被害の種類	検討項目	2019 年	2030 年	2050 年	2100 年
物的被害	浸水被害	555,498	664,686	1,422,009	2,083,577
	侵食被害 (家屋+土地消失)	4,736	4,736	7,348	31,550
生活面の被害	住民移転の発生	2,727	2,727	4,500	27,600
経済面の被害	労働機会の逸失	234,748	273,776	334,870	584,635
合計		797,709	945,925	1,768,727	2,727,362

出典：JICA 調査団

## 6.4 事業対象海岸における過去の海岸侵食に対する気候変動影響検討

### 6.4.1 概要

「モ」国の住民島では、ここ数十年海岸侵食が深刻化している。これまで生じてきた海岸侵食は、気候変動影響と人為的影響の2つの要因が重複して生じたと考えられる。例えば図 6.4.1 に示す港の漂砂下手側で生じている海岸侵食は、港建設という人為的影響によるものといえる。一方、Laamu 環礁の Maamendhoo 島および Fonadhoo 島の本事業対象海岸においては、このような明確な人為的影響が見られないことから、これまで生じてきた気候変動による海面上昇 (SLR) や海岸に到達する波の増加といった要因が可能性として考えられる。第 2 章で述べたように、陸上の地盤高が非常に低いため、特に SLR が気候変動による影響の中でも最も支配的であると考えられる。これより、第 6 章 6.2.3 で述べた SRL による汀線後退量への影響を評価する新たな手法を用い、対象海岸における気候変動影響について検討を行う。



出典：JICA 調査団

図 6.4.1 港建設に伴う漂砂下手側における海岸侵食事例 (Laamu 環礁 Gan 島北側)

### 6.4.2 解析

#### (1) 対象海岸における侵食状況

##### 1) Maamendhoo

1969 年からの衛星画像を用いた汀線変化解析結果より、図 6.4.2 に示す、西側海岸の約 600m 間 ( $x_w=0$  から 600 m 間)、東側海岸の約 300m 間 ( $x_e=300$  m から 600 m 間) および候補エリアを設定した。海岸幅の変化が海岸侵食の指標として最も妥当であると考えられる。図 6.4.3 は 1969 年から 2019 年までの 50 年間における汀線変化量を示したものである。これより、西側海岸では  $X=0$  ~250 m 間では約 20m、 $X=250$  ~500 m 間では 5~10 m 程度の汀線後退量が生じた。一方東側海岸では  $X=350$  m ~600 m 間で 10~15 m 程度の後退が生じた。

##### 2) Fonadhoo

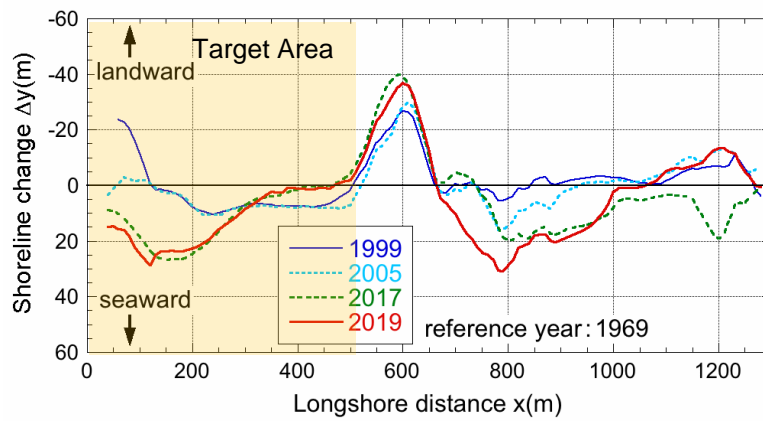
候補エリアは、図 6.4.4 に示すオーシャン側の海岸における約 1000m 間 ( $X=2000$  ~3000 m 間) である。

図 6.4.5 に示す 1969 年から 2019 年までの 50 年間における  $X=2000$  ~3000 m 間における汀線後退量は、5~10 m 程度である。

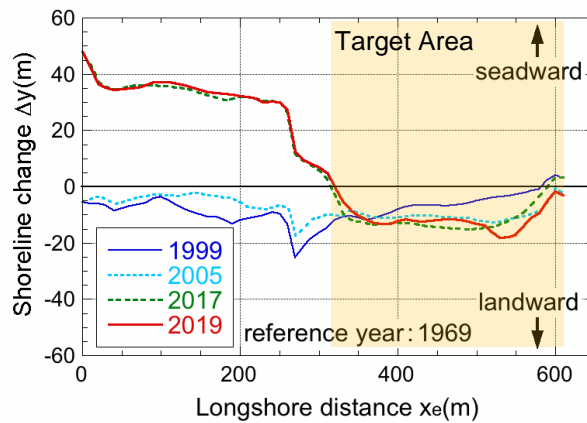


出典：JICA 調査団

図 6.4.2 Maamendhoo 島の候補地



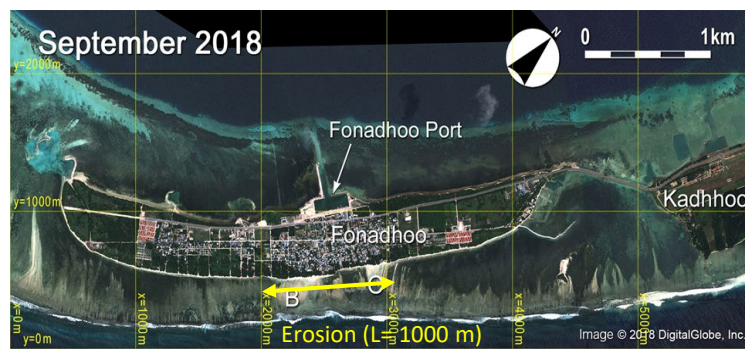
(1) 西側海岸



(2) 東側海岸

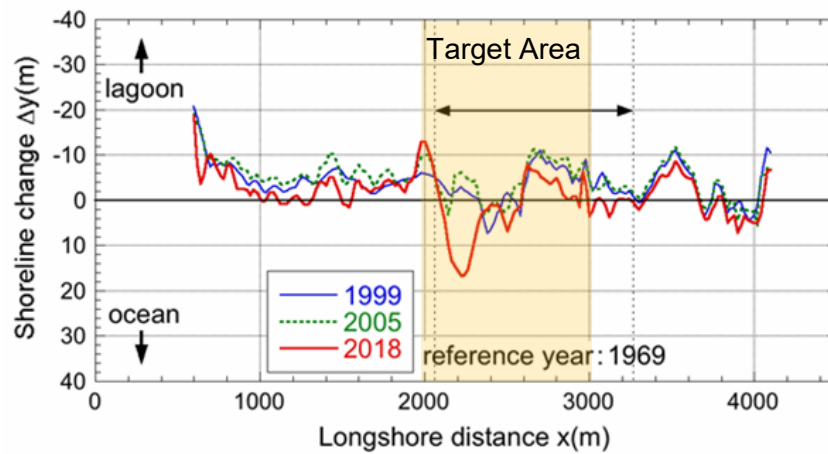
出典：JICA 調査団

図 6.4.3 Maamendhoo 島の 1969 年以降の長期汀線変化



出典：JICA 調査団

図 6.4.4 Fonadhoo 島の候補地



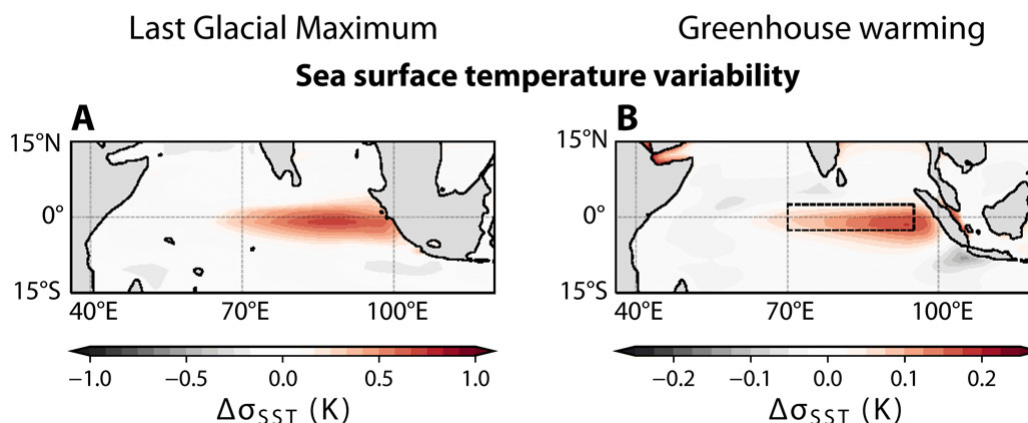
出典：JICA 調査団

図 6.4.5 Fonadhoo 島の 1969 年以降の長期汀線変化

## (2) 海象および海洋環境への気候変動の影響

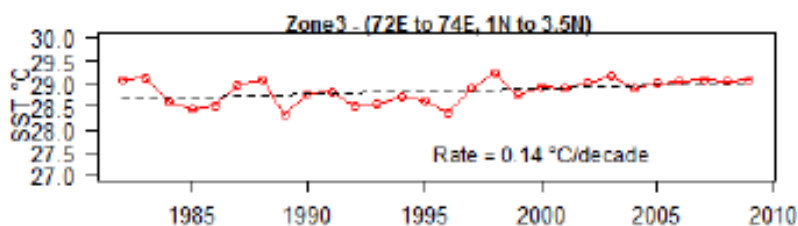
インド洋における気候変動概要については、3章 3.1 節に示しているが、ここではその概要について再度示す。

熱帯海洋上の海面水温 (SST) 変動のパターンと大きさの変化を予測することは、世界的な気候変動と異常気象を解明する上で重要である。過去の観測結果では、インド洋 (IO) は、太平洋や大西洋と比べて気象変動が小さいと考えられてきた。しかしながら、シミュレーション (CMIP5、Coupled Model Inter-comparison Project 5) によると、温室効果ガスによる継続的な温暖化によって、これらの現象が変化し、インド洋 (IO) が太平洋や大西洋と同様の状態に進展していく可能性があることが示されている。この CMIP5 モデルは、平均気候の変化と温室効果温暖化下での変動性の増加との間の直接的な関連を示すものであるが、IO が東部赤道 IO (EEIO) で SST 変動が増加する可能性があることを示す (図 6.4.6)。



出典：Emergence of an equatorial mode of climate variability in the Indian Ocean (2020)

図 6.4.6 東部赤道 (EEIO) における温室効果 および 最終氷河期 (LGM) 条件下における海水温の変化



Source: Climate change scenarios and their interpretation for Maldives (2012)<sup>9)</sup>

図 6.4.7 「モ」国のゾーン3における年平均海水温の推移 (1982年～2009年)

インド洋海域では、21世紀の後半に予測される気象の平均状態の変化の中で、赤道モードによる気候変動が生じることが実証されている。このモードは、中央と EEIO にまたがる大規模な SSTA を伴い、年々のイベントとして現れる。これらのイベント、特に暖イベントは、現在の変動からの顕著な逸脱を表しており、より弱く、より空間的に制限された暖かいインド洋ダイポール (IOD) イベントを特徴としている。流域が広く強力な SSTA であるため、将来の温暖なイベントにより、流域全体で前例のない極端な水文学的現象が発生する可能性がある。それらは、インドネシアの降雨量の増加に加えて、東アフリカとインド南部により頻繁な干ばつをもたらす可能性があり、これらの水文学的極端

に対する温暖な気候の影響を悪化させる。しかし、温室温暖化の下での潜在的な活性化は、記録的な SST と降雨量の変動につながる可能性があり、モードの出現が、より頻繁で壊滅的な山火事、洪水、干ばつなど、将来の気候リスクを決定する主な要因になりうる。

温暖化に伴う気候の変動性の増加による海象事象への影響として、波のエネルギーの増加、海面水位の変動増加に伴うピーク値の増加等が考えられる。更に海水温 (SST) の上昇は、海水面の平均的な上昇、サイクロンや熱帯的気圧の勢力・頻度の増加および経路変化、高潮の助長、等を招くと予想される。さらに、海水温の上昇は、サンゴの白化・死滅の助長を招き、それが海岸の主要な土砂供給源である「モ」国では、海岸に供給される砂の減少を招く。

### (3) 1982 年以降の海水温の上昇

第 2 章の 2.1 節で示したように、1982 年～2010 年までの海水温の変化は“NOAA Global Optimum Interpolation (OI) Sea Surface Temperature (SST) Analysis”の情報を参照する。図 6.4.7 は、Laamu 環礁の属するゾーン 3 における年平均海水温の経年変化を示す。海水温は気温と同じように増加傾向を示し、28.2℃から 29.3℃に変化し、年平均の増加は 0.14℃である。

### (4) 1969 年以降の海面上昇 (SLR)

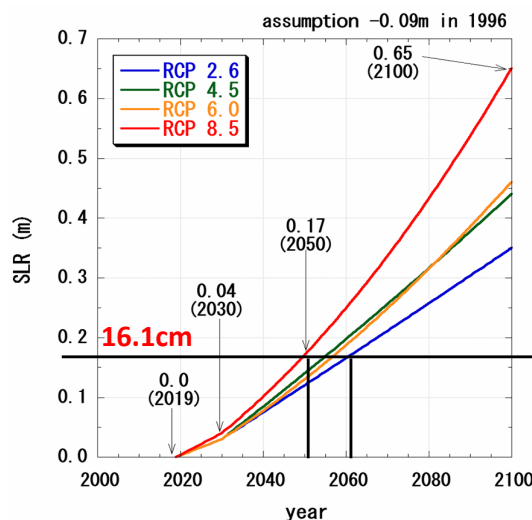
長期間の潮位観測が Hanimaadhoo (ゾーン 1)、Male (ゾーン 2) および Gan (Addu 環礁) (Zone 3) で行われている。図 6.4.8 は、Addu 環礁の Gan 島での観測結果を示す。この観測結果を元に、1969 年から 2018 年までの 50 年間に於ける SLR に外挿した結果を表 6.4.1 に示す。これより 1969 年から 2018 年までの 50 年間の SLR として、16.1cm と算定された。

### (5) 過去 50 年間に於ける SLR に生じた汀線後退量の推定

過去 50 年間に SLR で生じた汀線後退量は、第 6 章に示す、新たに提案されたサンゴ礁海岸における SLR による汀線後退量の算定式を用いて推定する。

図 6.4.9 に示す各 RCP シナリオにおける SLR 値を用い、過去 50 年間に生じた 16.1cm に到達する相当年を算出すると、RCP2.6 の場合で 2060 年、RCP8.6 の場合で 2050 年と算定された。

汀線後退幅は、サンゴ礁の各地形特性で異なる。図 6.4.10 は、SLR の各 RCP シナリオにおける Fonadhoo 島および Maaamendhoo 島東海岸のサンゴ礁地形に相当する結果を示し、図 6.4.11 は Maamendhoo 島西海岸の地形に相当する結果を示す。これより、SLR に生じた汀線後退量として、Fonadhoo 島および Maaamendhoo 島東海岸では 5.8m、Maamendhoo 島西海岸では 3.2m と推定された。



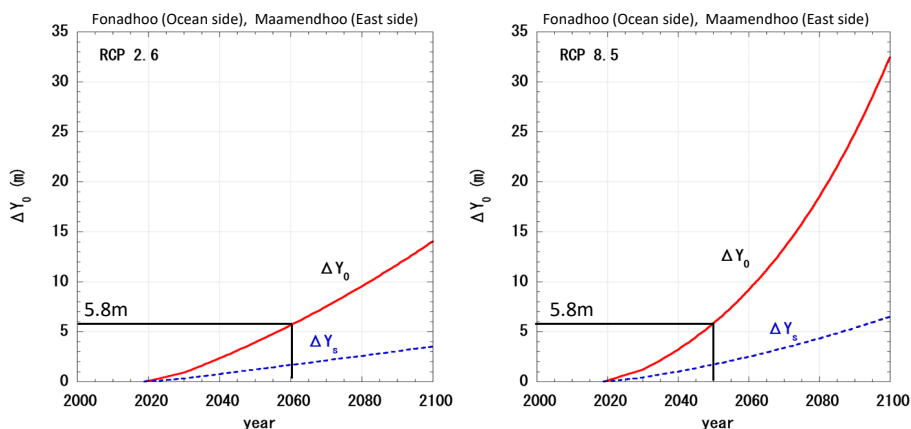
出典：JICA 調査団

図 6.4.8 各 RCP シナリオに対する SLR  
(2019 年基準とした時の平均値を表示)

表 6.4.1 推定された 1969 以降の過去 50 年間で生じた SLR

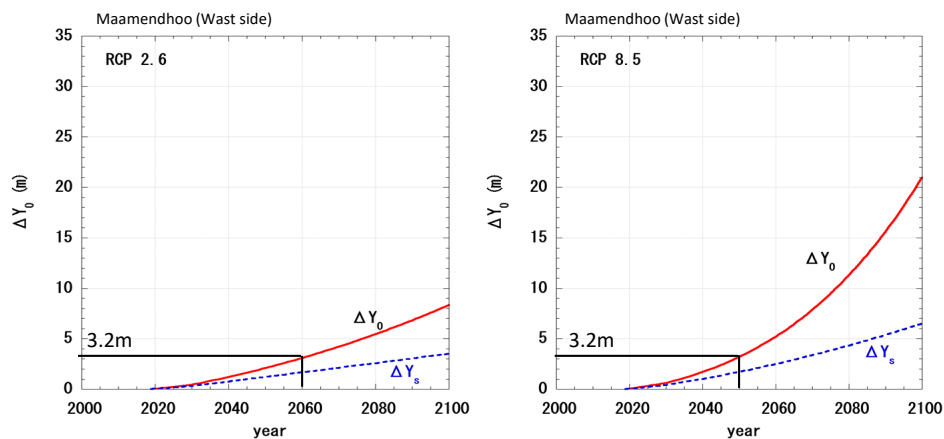
Period	Duration (year)	SLR(Av.) (cm)	Remark
1986-2018	33	10.6	observed data in Gan, Laamu
1969-2018	50	16.1	extrapolation from observed data

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6.4.9 Fonadhoo および Maaamendhoo 東海岸における推定された汀線後退量



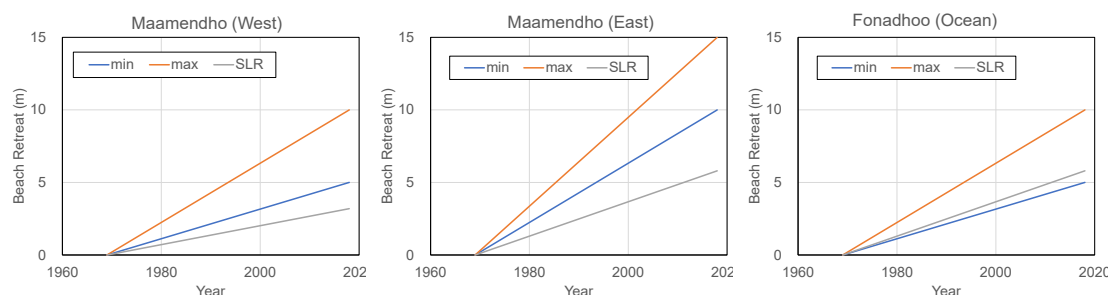
出典：JICA 調査団

図 6.4.10 Maaamendhoo 島西海岸における推定された汀線後退量

表 6.4.2 推定された SLR による汀線後退量と実測値との比較

Island	Area	Period	Duration (year)	Retreat (m)		Portion
				Observed	Estimated	
Mamendhoo	West side	1969-2018	50	5~10	3.2	30~60%
	East side			10~15	5.8	40~60%
Fonadhoo	Ocean side			5~10	5.8	60~100%

出典：JICA 調査団

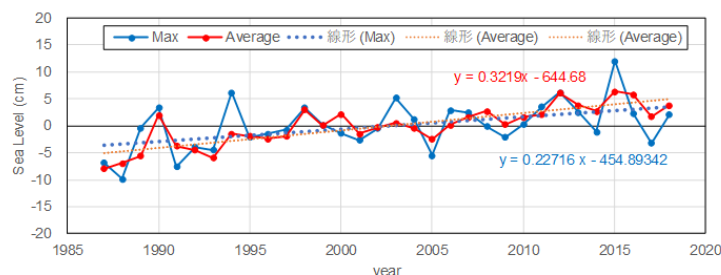


出典：JICA 調査団

図 6.4.11 1969 年から 2018 年における実際および推定された汀線後退量

(6) 推定されたこれまでの SLR による汀線後退量と実測値との比較

表 6.4.2 は、推定されたこれまで生じた SLR による汀線後退量と、衛星画像から判読された汀線後退量を比較したものである。また図 6.4.12 は、これをグラフで示したもので、横軸に 1969 年～2018 年を取り、赤線、青線が衛星画像から判読された実際の汀線後退量のそれぞれ最大、最小値を、灰色の線が、推定された SLR による汀線後退量を示す。SLR による汀線後退量は、Maamendhoo 島西側海岸ではこれまで生じた汀線後退量の 30～60%を、東側海岸では 40～60%を、Fonadhoo 島では 60～100%を占める。



Source: MMS のデータを元に JICA 調査団で作成

図 6.4.12 Addu 環礁 Gan 島で観測された 33 年間における海水位変化

(7) 結論

過去の SLR による汀線後退量の推定結果より、結論として以下にまとめる。

- Fonadhoo 島および Maamendhoo 島とも、過去 50 年間の SLR による顕著な汀線後退が生じたと推定された。



- 汀線後退を生じた SLR 以外の要因としては、たとえ対象海岸が港建設の漂砂の下手側位置に相当していないとしても、そのような海岸域の人為的改ざんの影響によることが考えられる。また海水温上昇に伴うサンゴ環境の悪化（白化・死滅）による砂供給源の減少も挙げられる。

<参考文献>

- 1) IPCC (2014): Climate Change 2014 Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change, 151pp.
- 2) Dean, R. G. and Dalrymple R. A. (2004): Coastal Processes with Engineering Applications, Cambridge University Press, 488p.
- 3) National Bureau of Statistics (2014): Population and Housing Census., 2014, 105p.
- 4) Land and Marine Environmental Resource Group Pvt Ltd, Maldives (2018): LeCred Survey Report.
- 5) Bruun, P. (1962): Sea-level rise as a cause of shore erosion, J. Waterways and Harbors Div., ASCE, 88 (WW1), pp.117-130.
- 6) Onaka S., M. Serizawa, T. Uda, et.al (2020): A method to predict shoreline recession due to sea level rise on coral reef beaches and its impact in small island country, Proceeding of Coastal Engineering B2, Vol.76, No.2, JSCE, (in press).
- 7) Masselink, G., Beetham, E. and Kench, P. (2019): Modeling Response of Coral Reef Islands to Sea-Level Rise, Coastal Sediments '19, pp.930-944.
- 8) Uda T., S. Kosuge, et.al (1992): Study on formation and dissipation of coral reef island, Proceeding of Coastal Engineering, Vol.39, pp. 376-380.
- 9) JSCE (2004): Design Manual for Coastal Facilities, 577p.
- 10) 農林水産省・国土交通省 (2004): 海岸事業の費用便益分析指針

## 第7章 事業対象島における海岸問題とその解決方針及び必要な活動

### 7.1 対象エリアにおける海岸問題のまとめ

気候変動ハザードと脆弱性の特性を踏まえて選定された「モ」国対象エリアにおける海岸問題を、以下に示す6つの問題にまとめた。

- 1) 気候変動の海面上昇による外力増大と海岸侵食の助長、高波浸水被害の頻発化・甚大化と国土消失の加速化
- 2) 沿岸域の更なる開発と集中化による居住地、重要インフラの暴露性の増大
- 3) 経済発展に伴う沿岸開発や不適切な海岸対策による海岸の改変・人工化、それによる砂浜やサンゴ礁の持つ自然防護機能の低下と海岸侵食問題の顕在化
- 4) 気候変動影響およびその対応を検討する上で必要な基礎情報・データ不足および関係者間での共有不足による「モ」国一体となった気候変動への取り組みの遅れ、またはミスリードとなる危険性
- 5) 地域住民の海岸および海岸保全への関心低下による海岸環境の悪化、それによる住民レベルでの海岸維持活動への取り組み不足
- 6) 島民への災害に対する情報入手・伝達、避難手段の不備、および独立した個々の島であるといった避難事情の特異性による災害リスクの増大

以上の6つの問題を、開発に伴う問題、および気候変動問題に分類する。

### 7.2 分類化

#### 7.2.1 開発に伴う問題

はじめに開発に伴う問題として、以下の2つが挙げられる。

- 1) 沿岸域の更なる開発と集中化による居住地、重要インフラの暴露性の増大

国土が狭小な「モ」国は、元来居住地や重要インフラが海岸近く立地し、暴露性が他国に比べて高い。本事業の対象島である Fonadhoo 島は、Laamu 環礁における経済の中心的な島として、今後も島内開発が計画されており、それに伴い、沿岸域への居住地、重要インフラの更なる立地が見込まれる。これにより、海岸災害に対する暴露性は今後更に増加する可能性がある。

- 2) 経済発展に伴う沿岸開発や不適切な海岸対策による海岸の改変・人工化、それによる砂浜やサンゴ礁の持つ自然防護機能の低下と海岸侵食問題の顕在化

港構築や埋め立て、海岸道路等の沿岸開発、およびこれまで実施されてきた護岸や堤防構築等の海岸対策による海岸の改変・人工化は、自然海浜やサンゴ礁の消失の加速化を招き、これらのもつ自然の防護機能の低下、これによる海岸災害に対する脆弱性を高めていることが指摘されている。また沿岸域の波や流れ、それによる漂砂機構への十分な理解がない中での海岸の改変・人工化が、現在住民島での深刻な海岸侵食問題を引き起こしている。

## 7.2.2 気候変動問題

つぎに、気候変動問題として、以下の4つの問題が挙げられる。

- 1) 気候変動の海面上昇による外力増大と海岸侵食の助長、高波浸水被害の頻発化・甚大化と国土消失の加速化

第5章のインパクトアセスで示したように、気候変動による海面上昇は、水位上昇の物理現象と合わせ、海岸に到達する波の増大により、海岸侵食の助長と高波浸水被害の頻発化・甚大化、および海岸侵食による国土消失の加速化を招く。これはまさしく気候変動問題であるといえる。国土消失の影響は、島面積が小さいほど大きく、本事業対象島である Laamu 環礁 Maamendhoo 島は、狭小な土地かつ高い人口密度であるため、海面上昇による多大な影響を受けることが予想されている。

- 2) 気候変動影響およびその対応を検討する上で必要な基礎情報・データ不足および関係者間での共有不足による、「モ」国一体となった気候変動への取り組みの遅れ、またはミスリードとなる危険性

気候変動ハザードの今後の予測には不確定性を伴うため、水位や波などの今後の推移を、実際のデータをもって正しく評価していくことが、今後の「モ」国における気候変動施策を検討・実施していく上で、極めて重要となる。しかし「モ」国では、波に関する長期的かつ継続的な基礎データの取得がこれまで行われておらず、現象の理解が不十分である。また政府関連機関間における十分な情報やデータ共有が行われておらず、これら情報やデータの有効活用ができていない。今後「モ」国での気候変動施策を検討・実施して行く上で、正しい情報・データの入手および関係機関内での情報共有の必要性は高まる。

- 3) 地域住民の海岸および海岸保全への関心低下による海岸環境の悪化、それによる住民レベルでの海岸維持活動への取り組み不足

海岸の人工化や住民の流出の進行に伴い、海岸および海岸保全に対する地域住民の関心低下が近年生じており、これが海岸へのゴミ投棄や、海岸やリーフからの違法なサンゴ砂礫の取得等にもつながっていると考えられる。これまでの海岸災害レベルにおいては、地域住民による積極的な海岸維持活動を行わずしても、それが災害を助長するような問題となることは少なかった。一方、海面上昇による高波・高潮の頻発化・甚大化、海岸侵食の加速化が予想される状況においては、良好な海岸状態が維持されているかどうかにより、被害程度は影響を受けるものと考えられ、日々の暮らしの中で、最も海岸との関わりのある地域住民による海岸維持への取り組みが、より重要かつ必要となる。対象島である Fonadhoo 島の対象居住地エリアは、地域住民の日々の海岸への関わりが高く、昨年より地域住民による海岸清掃活動や、手作りの海岸公園の整備の取り組みが行われており、これらの取り組みのポテンシャルは高いと考えられる。

- 4) 島民への災害に対する情報入手・伝達、避難手段の不備、および独立した個々の島であるといった避難事情の特異性による災害リスクの増大

海面上昇により海岸近くの居住域への高波浸水の頻発化、甚大化が予想される。避難が必要となる海岸災害として津波が挙げられるが、極めて頻度が低く、また生じた場合に基本的に打つ手

がないのに対し、高波浸水災害は、今後の気候変動影響により、徐々に頻発化・甚大化していくものであるため、災害情報の入手・伝達や、避難手段の有無により、被害程度は大きく左右されると考えられ、気候変動影響により、その整備の必要性・重要性は高まると考えられる。「モ」国の住民島では、災害時の情報入手・伝達システムの整備が遅れている。また対象島の Maamendhoo 島は、限られた狭小な島面積に多くの住民が住む高過密の島であるため、異常な災害の発生に対する避難場所となるエリアがない。

## 7.3 問題解決の方針

上述の海岸問題は、ハザード、脆弱性、暴露の大きさに依存しており、問題解決の方法は、ハザードそのものを低減して解決する考え方と、脆弱性の克服および暴露の低減によって解決する考え方に分類することができる。以下では、その二通りの考え方に基づいて実現性および妥当性を検討し、「モ」国において最も適切と考えられる問題解決の方針を示す。

### 7.3.1 ハザードそのものの低減

- 1) 第2章で説明したように、「モ」国で重視すべきハザードは海面上昇および Swell Wave（うねり）だが、気候変動適応策である本事業では、ハザードという外力そのものをコントロールすることは基本的にはできない。
- 2) 海岸に直接作用するこれらの外力を低減、または作用させない対策を考えた場合、例えば礁縁（リーフエッジ）での防波堤建設や、島をすべて覆うリーフ上の埋め立て（+周辺護岸の建設）が考えられる。この対策の基本的考えは、長い年月かけて形成されてきた「モ」国固有の自然の防護機能を活かすことなく、人工的かつ力づくで島を守る考えであり、少なくとも自然環境との共存や、人の海岸やサンゴ礁との関わりを完全に断絶するものである。また大規模工事となり、莫大な建設費も掛かることから、本事業における提案からは除外するものとする。

### 7.3.2 脆弱性の克服および暴露の低減

- (1) 土地利用に係る行政機能を高めて脆弱性を克服し暴露を低減する方法として、①沿岸域に整備された居住地や重要インフラの内陸側への撤退、②高波の影響を受けない高さまでの島全体の嵩上げ、③住民の他島への移住、④そもそも沿岸域に居住地や重要インフラを整備しないよう、沿岸域における土地利用計画の整備・運用、⑤沿岸域への物理的な防護対策の実施が考えられる。
  - ① 居住地および重要インフラの内陸側への撤退：本事業の対象島を含む多くの住民島では島面積が限られており、また十分な空き地がないため、「モ」国ではほとんど不可能である。
  - ② 島全体の嵩上げ：住民の立ち退きが必要な工事となるが立ち退き場所の確保も困難で、また莫大な工事費がかかるため、現実的ではない。
  - ③ 他島への移住：通常、過疎の島から Atoll 内の主要島への移住はあり得るが、本事業で対象とする島はその逆であり、あり得ない。
  - ④ 沿岸域の土地利用計画の整備・運用：従来、海岸災害に対する土地利用計画の整備・運用がなされておらず、一部の島やエリアでは、沿岸域への居住地やインフラ施設の侵入（encroachment）が進んでいる。島全土で、今後の気候変動影響を含めた海岸災害に対する

沿岸域の土地利用計画が整備・運用されれば、島全体の持続的な強靱性を維持していく上で有効と考えられる。

- ⑤ a) 護岸等による構造物による防護対策:陸側の防護のみを考える場合はあり得るが、一方で、数千年かけて形成・維持されてきた砂浜の消失と、それによる人と海岸の関わりの断絶、海岸利用（漁業、レクリエーション等）や景観の低下を招く。また、不確実性を有する気候変動リスクに対して、現時点で想定する対策が将来的には過度な対策となる可能性と、逆に防護機能として不十分な対策となる可能性の両面が考えられるため、妥当性が不明瞭である。
- b) リーフや砂浜のもつ自然の防護機能を利用した防護対策:リーフや砂浜を持続的に維持していくことができれば、通常荒天時のイベントに対する防護機能はほぼ満たされる。海岸侵食や人為的な海岸の改変、リーフ環境の悪化で、維持そのものが近年難しくなっていることが第一の問題であるが、その点さえクリアできれば、徐々に増大していくと考えられる気候変動に伴う外力変化に応じて、それに追従して海浜が変形するといった **flexibility** を有する自然海浜は、不確実性を有する気候変動リスクに対して有効と考えられる。

- (2) これらは海岸問題による災害リスクを低減するために考えられる方法であるが、リスクを完全にコントロールすることは不可能である。「モ」国に適した対策を講じた上で、なおその想定を超える災害が発生した場合には、避難等の対策による被災リスクの低減を図っていく必要がある（災害発生時の被害の低減）。

以上の考察から、「モ」国の地形特性の特殊性の中では、住民島における人と海岸の関わりを維持しながらの防護を図っていくことが求められるとともに、不確実性を有する気候変動リスクに対して順応的に対処していける **flexibility** を有する対策が求められる。また頻度や大きさの異なる高波浸水被害に対しては、一義的な対策のみで対応するのではなく、イベントの大小に応じての段階的なリスク低減策を検討し準備することが、日々の人々の暮らしの維持と防護との両面の両立を図る上で妥当であると考えられる。

これにより、事業方針として以下を掲げる。

「人々の海岸との関わりを維持しつつ島の経済発展を進めるため、自然海浜やサンゴ礁の持つ自然防護機能の維持と、ハード・ソフト両面での必要な対策およびその適切な管理の実施により、気候変動に対する長期的かつ持続的な国土強靱化を図っていく」

## 7.4 問題解決を阻む障壁

7.2 で説明した海岸問題に関し、「モ」国ではこれまで気候変動の影響は海岸侵食等の現象として認識されてはいたものの、その現象が起きている背景や原因については分析されず、十分に理解されてこなかった。そのため、気候変動の影響への対応に必要な事業を計画し策定するための知見を持った人材がいなかった（知見不足）。国内にそのような知見がなかったことから、気候変動の影響を踏まえた開発と海岸保全の共存・共栄を図るような制度も整備されておらず（法制度の不備）、そのような事業計画の策定・実施を支援し促進するような政策・施策も示されてこなかった（執行力不足）。これらは海岸問題を解決するための障壁であり、7.3 に掲げた方針の下で事業を行う際にもその実現を阻むも

のである。これらの障壁は、民間セクターよりも公共セクターにおいて顕著な問題となっている。民間セクターがどのようにこれらの障壁をクリアしてきたか、また、公共セクターで活用可能な民間セクターの経験については別添資料内の Supporting document of Annex2 に述べる。

#### 7.4.1 法制度の不備 (Lack of regulatory system)

##### 気候変動の影響を踏まえた、開発と海岸保全の共存・共栄を図る制度の不備

- 1) 「モ」国の土地利用計画については、Regulation for Preparation of Land Use Plan において海岸域でのバッファゾーン確保の概念が示されている。しかし、海岸管理・利用の規定等を含む実際の計画策定は各地方政府の判断に任されており、適切な計画が策定されていないケースも見られる。上述のように、計画を考案・作成する人材の不足が障害となっている一方で、地域個別の状況を踏まえた計画を検討する際の参考となる、事例に基づいた基準や指針となる考え方等が示されていないことも一因と考えられる。沿岸開発事業や従来の海岸対策が先行する中で、気候変動の影響を踏まえた適切な海岸保全/防護対策を共存させるために留意すべき事項と一定の基準等を示した制度の整備が求められる。(対応する海岸問題：2,3)

#### 7.4.2 知見不足 (Insufficient technical expertise and experience)

##### 気候変動の影響への対応に必要な事業を計画し策定する知見の不足

- 1) 「モ」国では住民島の多くが海岸侵食の影響を受けており、これまでは限られた予算の中で実施可能な対策を早急に進めるため、護岸構築等、主に物理対策（ハード対策）による防護が図られてきた。気候変動の影響で海岸侵食の助長が予想される中、長期的かつ持続的な国土維持と強靱化を図っていくためには、現状と現象の十分な理解を踏まえた上での、様々な物理対策（ハード対策）の中からのベストミックス化や、土地利用や海岸維持等のソフト的視点も含めた対策が不可欠である。しかし、長期的かつ多角的視点でそのような事業を計画し策定する知見のある人材が十分ではない。(対応する海岸問題：1,2,3,5)
- 2) また、国土が狭小な「モ」国では、沿岸災害リスクの高い海岸エリアを含めて経済発展に伴う開発が行われてきており、居住地や重要インフラの暴露性が高い。海岸域の波や流れ、漂砂機構の影響を考慮しない不適切な海岸対策によって、自然防護機能の低下や海岸侵食を引き起こしているケースも見られる。海岸及び土砂管理・利用の規定等を含む土地利用計画の策定は各地方政府に任されているが、現状への適用が困難なケースや計画未策定の地域もある。地域個別の状況を踏まえ、居住地や重要インフラの暴露性を抑えると共に自然防護機能の維持を考慮した沿岸管理計画の策定が必要だが、そのような計画を考案し作成する知見のある人材が十分ではない。(対応する海岸問題：2,3)

### 7.4.3 執行力不足 (Insufficient skill to implement a solution)

#### 気候変動の影響に対応する事業計画の策定・実施の支援・促進に係る政策・施策の不足

- 1) 気候変動の影響で海岸侵食の助長、高波浸水被害の頻発化・甚大化と国土消失の加速化が問題とされる中、気候変動対策に取り組む方針が掲げられている。一方で、これまで、沿岸域での開発と気候変動の影響を踏まえた適切な海岸保全/防護対策を共存させるための施策は示されておらず、実現に向けた具体的な検討が不足している（対応する海岸問題：1, 2, 3）。
- 2) 海岸災害に対しては、現状、過去の災害記録を踏まえて資産防護の観点から沿岸域での物理的な防護対策のみで対応する考えが取られている。しかし、気候変動の影響による高波浸水被害の頻発化・甚大化を踏まえれば、今後は島民への災害に対する情報入手・伝達システムや避難手段などの整備を含めた計画が策定されていく必要がある（対応する海岸問題：1, 6）。
- 3) また、近年の港や護岸構築等による海岸の人工化により、日常的に利用してきた海岸が人々の日々の暮らしの中から遠ざかり、住民の海岸および海岸保全に対する関心が薄れてきている。徐々に進行する海岸環境の悪化や海岸侵食は、早期に異変に気付くことが重要であり、そのためには、海岸の近くに住み、伝統的にその重要性を認識してきた地域住民による日常的なモニタリングが最も現実的で有効と考えられる。人々の海岸に対する関心が低下している状況では地方政府による住民への積極的な働きかけが必要だが、住民レベルでの海岸維持管理の方針や概要は示されていない。（対応する海岸問題：5）
- 4) さらに、気候変動に対する長期的かつ持続的な強靱化対策を検討し「モ」国一体となって取り組んでいくためには、海岸侵食や海岸環境の悪化といった現象の詳細な実態・経緯、要因を把握し、政府関連機関間で共通理解を持つ必要がある。しかし、それに欠かせない基礎情報・データを継続的に取得する仕組みや情報共有の仕組みは整備されていない。（対応する海岸問題：4）

## 7.5 本事業で達成したい状態 (Goal Statement)、期待される成果 (Outcome) および事業結果 (Result)

本事業で達成したい状態 (Goal Statement) を以下のとおり設定する。

統合的沿岸管理計画 (ICZM: Integrated Coastal Zone Management) および適切な海岸保全/防護が実施され、災害早期警報/情報が住民に発出されれば、自然海浜やサンゴ礁の持つ自然の防護機能が維持され、災害発生における住民の身を守る行動が強化されるため、国土消失が軽減され、特に人口密度の高い島での住民の安全・安心な暮らしが維持される。

図 7.6.1 の成果 (Outcome) 1 は、事業結果 1「ICZM の実施と実現のための制度的能力開発と政策支援」および結果 4「長期的な波、海面、海岸線、サンゴ礁および土地利用の観測とモニタリングの改善」の結果として、「気候に対応する ICZM のための、規制および制度的枠組の強化」である。

図 7.6.1 の成果 (Outcome) 2 は、事業結果 1「ICZM の実施と実現のための制度的能力開発と政策支援」および事業結果 2「海面上昇による海岸侵食に暴露された沿岸コミュニティとインフラ防護」の結果として、「沿岸コミュニティとインフラの、海岸侵食への暴露の減少」である。

図 7.6.1 の成果 (Outcome) 3 は、事業結果 3「多様な災害に対する早期警報システムサービスの強化」および事業結果 4「長期的な波、海面、海岸線、サンゴ礁および土地利用の観測とモニタリング

の改善」の結果として、「即時通知により住民の迅速な避難と身を守る行動を促進する、気候情報と早期警報システムの統合」である。

本事業では、海岸地域および海浜での（自然に基づく）ソフト対策の適切な実施および長期的に持続可能な管理に係る知見の移転によって、十分な気候情報を踏まえ対策による影響の十分な検討も行わずに自然海浜の人工的な改変という物理対策（ハード）を実施するといった「モ」国の現在の海岸防護に係る一般的な認識および対策から、ICZM の実現によって「モ」国の島々が元来有し不確実な気候影響への適応可能性が期待される砂浜やサンゴ礁による自然の強靱性を維持し、災害早期警報/情報の提供と共に人口密度の高い地域での海岸保全対策の実施という方向へのパラダイムシフトを図り、国土消失の軽減と安心・安全な暮らしの維持を目指す。このアプローチは、「モ」国における不適応事例の経験を最大限に軽減するはずである。

「モ」国では、過去に実施した海岸地域へのソフト対策の効果が発現しなかったという苦い経験があり、本アプローチは現段階では大きな期待を寄せられているわけではない。ソフト対策が過去に不適応となった要因は上述の障壁による効果的な実施の難しさに関係しており、現地の地形、水文、気候等の環境条件に大きく影響されることに起因する。ソフト対策には求められる知見に加え、長期的且つ高頻度のコミットメントとその効果を維持するための資金が必要とされる。

JICA では同じ地域の国々で同様の海岸保全対策（ソフト）を成功裏に実施した実績があり、「モ」国政府に対し、持続的且つ費用対効果の高いソフト対策による海岸管理について、技術関連知識の移転と海岸地域エンジニアへの OJT による支援が可能である。

## 7.6 問題解決に必要な活動

7.3 に掲げた事業方針を踏まえ、事業の実現を阻む 3 つの障壁を取り除いて問題解決を図るためには、以下に示すような 4 つの活動が必要である。

コンポーネント 1：統合的沿岸管理計画の構築

- 1) 気候変動の影響により、今後、居住地及び重要インフラの暴露性の増大、砂浜やサンゴ礁の自然防護機能の低下、海岸侵食の助長、高波浸水被害の頻発化・甚大化が予想される。
- 2) 本活動では、「モ」国政府が人々の安全・安心な生活と自然海浜やサンゴ礁の持つ自然防護機能を将来にわたって維持し、沿岸域での開発と保全・防御の両立を図るため（アウトカム）、非物理対策（ソフト対策）として、沿岸域および背後地の土地利用と、沿岸域の土砂管理を含めた統合的沿岸管理計画（ICZM）を構築し、その運用を担う政府職員の能力向上を支援する（アウトプット）。
- 3) 具体的な活動は以下のとおり。
  - 活動 1.1：沿岸域およびサンゴ礁の現状及びリスクの調査・分析
  - 活動 1.2：国家レベルでの統合的沿岸管理の基本計画の作成
  - 活動 1.3：ケーススタディとして代表的な住民島における具体的な統合的沿岸管理計画を作成
  - 活動 1.4：政府職員の能力向上と関係機関への情報共有により統合的沿岸管理計画の確立を目指す



## コンポーネント 2：海岸保全/防護対策の実施

- 1) 気候変動の影響により、今後、海岸侵食の助長や高波浸水被害の頻発化・甚大化、国土消失の加速化が予想される。
- 2) 本活動では、「モ」国政府が人々の安全・安心な暮らしと自然海浜やサンゴ礁の持つ自然防護機能を将来にわたって維持し、沿岸域での開発と保全・防御の両立を図るため（アウトカム）、既に海岸災害のリスクに晒され、気候変動の影響による今後のリスク増大が予想される海岸に対し、物理対策(ハード対策)として、長期的かつ持続的な国土強靱化を図る海岸保全/防護対策を実施し、その維持管理を担う政府職員の能力向上を支援する（アウトプット）。
- 3) 具体的な活動は以下のとおり。  
活動 2.1：海岸保全/防護対策のための詳細調設計および関係機関の能力向上  
活動 2.2：関係機関の海岸保全/防護対策工事の実施  
活動 2.3：工事後の海岸維持管理体制の構築、維持管理、維持管理の主体となる政府職員および住民の能力向上

## コンポーネント 3：災害時の情報伝達システムの整備

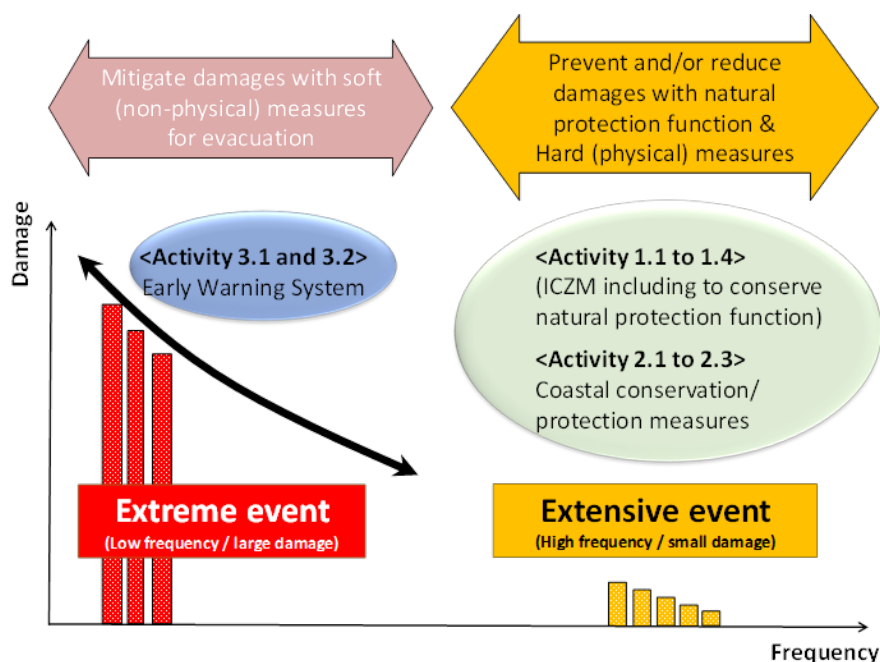
- 1) 気候変動の影響により高波浸水被害の頻発化・甚大化が予想される。
- 2) 本活動では、前述の人々の海岸との関わりを維持しつつ島の経済発展を進めるための物理対策および非物理対策では防護できない、通常の荒天を超えるレベルの異常災害に対し、住民自身の適切な避難行動によって住民の生命の防護を図るため（アウトカム）、災害時に住民を広くカバーする情報伝達システムを整備し、その運用を担う政府職員の能力向上を支援する（アウトプット）。
- 3) 具体的な活動は以下のとおり。  
活動 3.1：対象住民に行き届く地上デジタル放送システムの整備  
活動 3.2：災害早期警戒/情報放送システムの整備

## コンポーネント 4：気候変動の影響に係る基礎情報・データの収集および共有システムの整備

- 1) 前述の気候変動対策（物理対策、非物理対策、避難対策）は、計画および実施の前提となる気候変動の影響評価が、各対策同士の整合性に影響し、事業の有効性を左右すると考えられる。
- 2) 本活動では、様々な気候変動対策の検討・実施を担う政府関係機関の、気候変動の実態やその影響に係る十分な理解と認識の共通化、それによる最も適切な対策の実施を図るために（アウトカム）、気候変動の影響に係る基礎情報・データの収集および共有システムを整備し、システムの運用に関わる政府職員への技術移転を行い、能力向上を支援する（アウトプット）。
- 3) 具体的な活動は以下のとおり。  
活動 4.1：波浪観測システムの導入  
活動 4.2：海岸、サンゴ礁および土地利用モニタリングシステムの構築  
活動 4.1 および 4.2 は活動 3.1 および 3.2 の早期警戒システムへの入力情報として活用される。また、ICZM 計画の構築、海岸保全対策の計画および設計のための活動 1.1 から 1.4 および活動 2.1 から 2.3 は、今後「モ」国政府にて検討される。

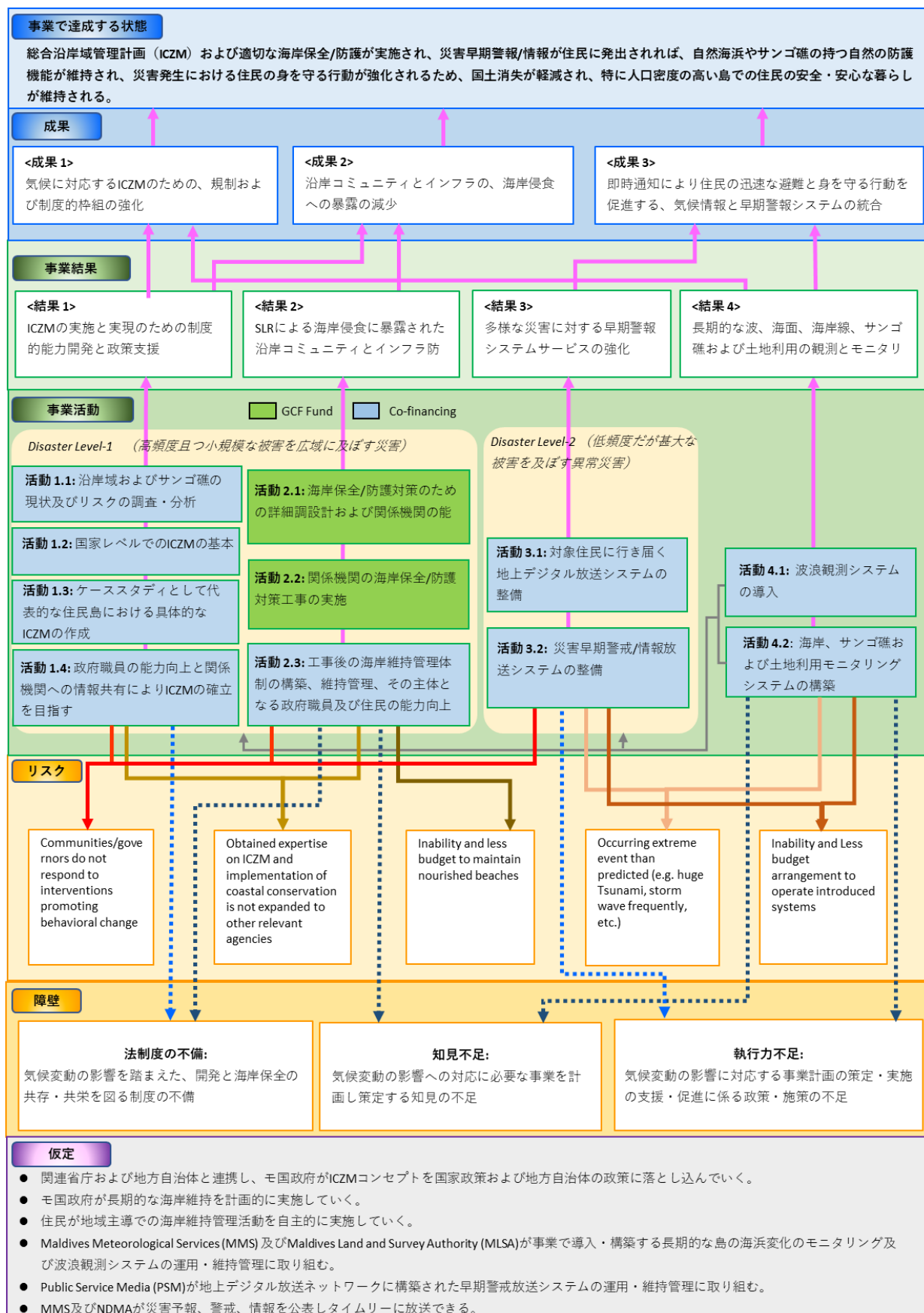
図 7.6.1 は海岸災害に対する防護対策のイメージについて、活動 1.1 から 1.4、活動 2.1 から 2.3 および活動 3.1 から 3.2 の関係性を示したものである。自然防護機能を利用した物理対策と、必要な

海岸保全/防護対策（活動 1.1 から 1.4 および活動 2.1 から 2.3）は、発生頻度が高く、回復・復旧に常に公共支出が求められるような、低～中程度の強さの海岸災害をコントロールすることが期待される。遠方の津波等、発生頻度は低いが強度の高い災害はこれらの対策の設計規模を超える可能性があるが、異常な災害に耐え得るレベルの物理対策への投資は、「モ」国のような財政規模の小さな国には経済的に実行可能ではない。これらの希少ではあるが異常な災害リスクに対応するには、早期警戒（活動 3.1 および 3.2）を含む住民による適切な避難が、被害最小化のため不可欠である。



出典：JICA 調査団

図 7.6.1 海岸災害に対する活動 1～3 の関係性



出典：JICA 調査団

図 7.6.2 セオリーオブチェンジ

## 第8章 事業コンポーネントの検討

### 8.1 コンポーネントの概要

「モ」国では気候変動の影響による海岸侵食の加速化とそれによる国土消失・沿岸災害リスクが増大している。また、海岸域の人為的改変による海岸侵食の助長、海岸ハード対策による弊害、人々と海岸のつながりの低下による海岸・リーフ環境の悪化、海岸やリーフ環境のデータに基づく現象理解・分析・今後の影響評価の不足と関係者間での情報共有不足といった要因により、気候変動の影響による海岸災害を加速させている。そこで、本事業は「人々の海岸との関わりを維持しつつ島の経済発展を進めるための、気候変動に対する長期的かつ持続的な国土強靱化」を目指し、自然海浜やサンゴ礁の持つ自然防護機能の維持を基本として、沿岸域での物理対策（ハード）及び非物理対策（ソフト）、そしてサンゴ礁～海岸域～陸域における適切な管理を組み合わせた事業コンポーネントを検討する。

提案する事業コンポーネントとその活動内容を下表にまとめる。

表 8.1.1 提案する事業コンポーネントと活動内容

コンポーネント1：統合的沿岸管理計画（ICZM）の構築（JICA コファイ事業）	
活動 1.1:	海岸現状・リスク把握のためのインベントリー調査の実施
	活動 1.1.1: インベントリー調査の実施 活動 1.1.2: 課題の抽出 活動 1.1.3: 成果の取りまとめ
活動 1.2:	ICZM の策定
	活動 1.2.1: 海岸・リーフ保全、土砂管理および海岸域土地利用基本計画の策定 活動 1.2.2: 海岸管理基本方針の検討 活動 1.2.3: ICZM に係る規制や法制度の検討 活動 1.2.4: 成果のとりまとめ
活動 1.3:	ケーススタディの実施（Gan 島・Fonadhoo 島対象）
	活動 1.3.1: 島の特性や将来計画を踏まえた海岸・リーフ保全計画の策定およびその実施 活動 1.3.2: 島の土砂移動機構を踏まえた土砂取得・管理計画の策定およびその実施 活動 1.3.3: 土地利用計画上の強靱化対策の検討 活動 1.3.4: 住民島での海岸管理の取り組みの検討 活動 1.3.5: 上記施策の実施に必要な島レベルの諸制度・条例の検討 活動 1.3.6: 成果のとりまとめ
活動 1.4:	ICZM 構築・実施に係わる関係機関の能力向上及び情報共有化
	活動 1.4.1: 国および地方関連機関の実務者に対する能力向上 活動 1.4.2: ICZM に関するセミナー、ワークショップ等の定期的な開催 活動 1.4.3: 海岸事業や海岸管理に携わる若手実務者の、外部への研修・留学の創出
コンポーネント2：海岸保全/防護対策の実施（GCF 事業、一部「モ」国および JICA コファイ事業）	
活動 2.1:	海岸保全/防護対策に関する詳細設計および関係機関の計画・設計能力向上
	活動 2.1.1: 海岸保全/防護対策の実施のための詳細設計 活動 2.1.2: 関係実務者の海岸事業の調査・計画・設計に関する能力向上
活動 2.2:	海岸保全/防護対策の実施
	活動 2.2.1: Laamu 環礁 Maamendhoo 島の海岸保全対策および避難エリアの創出(GCF 資金) 活動 2.2.2: Laamu 環礁 Fonadhoo 島外洋側海岸における海岸保全対策（GCF 資金） 活動 2.2.3: Addu 環礁 Meedhoo 島北部海岸における海岸保全対策（「モ」国コファイ事業） 活動 2.2.4: Laamu 環礁 Gan 島外洋側海岸における局所海岸防護対策（「モ」国コファイ事業） 活動 2.2.5: Laamu 環礁 Isdhoo 島北部海岸における局所海岸防護対策（「モ」国コファイ事業）

活動 2.3: 海岸維持管理の実施および管理体制の構築、それに関わる能力向上
活動 2.3.1: 砂浜維持のための順応的管理の実施および管理体制の確立
活動 2.3.2: 良好な海岸利用と海岸環境維持のための日常維持管理の実施
活動 2.3.3: 実施に係る住民教育、啓発・広報活動の実施および関係者の能力向上
<b>コンポーネント 3: 災害時の情報伝達システムの整備 (JICA コファイ事業)</b>
活動 3.1: 地上デジタル放送システムの設置
活動 3.1.1: 早期警戒予報システムの標準化
活動 3.1.2: 早期警戒予報システムに係る意識啓発
活動 3.2: 早期警戒予報システムの構築
活動 3.2.1: 災害時警戒情報伝達に係る運用システムの検討
活動 3.2.2: 地上デジタルテレビ放送による災害警戒情報体制の構築
<b>コンポーネント 4: 気候変動に係る基礎情報・データの収集および共有システムの整備 (JICA コファイ事業)</b>
活動 4.1: 波浪モニタリングシステムの整備
活動 4.1.1: 波浪観測システムの構築 (代表 3 エリア程度)
活動 4.1.2: データ取得 (現地作業)・解析・活用に関する技術移転・能力向上
活動 4.2: 海岸・リーフ及び土地利用モニタリングシステムの整備
活動 4.2.1: 衛星画像と GIS を活用した広域モニタリングシステムの構築と運用に関する能力向上
活動 4.2.2: UAV 技術を活用した特定エリアでのモニタリングと運用に関する技術移転・能力向上

出典: JICA 調査団

## 8.2 コンポーネント 1

### 8.2.1 概要

「モ」国では、住民島における沿岸域での開発において、開発に伴う海岸環境への影響や、海岸環境と共存した開発のあり方に関する認識が不足している。また長年維持されてきたリーフや海岸の防護機能を持続的に維持していくために必要な沿岸域管理や制度面の整備に係る方針や、沿岸災害に対する強靱化を図っていくための背後域の基本整備方針の内容が不十分である。気候変動に対する島の強靱化を図っていくためには、沿岸域での強靱化とともに、開発や人為的作用による沿岸域や島の持つ自然の防護機能の低下を防ぎ、防護機能の長期的な維持・促進を図っていく必要がある。そのためには、中央及び地方政府関係者が海岸状況の現状と今後の気候変動リスクを把握し、それらをリーフ、海岸域及び背後域を含めた統合的沿岸管理(ICZM)の策定と、その ICZM 計画に基づいた具体的実施に結びつけていく必要がある。本コンポーネントは、アウトプットの「海岸域および背後地の土地利用と、沿岸域の土砂管理を含めた統合的沿岸管理計画の構築と、その運用を担う政府職員の能力向上」をソフトコンポーネントとして実施し、成果の「モ国政府が沿岸域での開発と保全・防御の両立」を実現するために、以下の4つの活動から構成される。なお、本コンポーネントは JICA のコファイナンス事業として実施する。

活動 1.1: 海岸現状・リスク把握のためのインベントリー調査の実施

活動 1.2: ICZM の策定

活動 1.3: ケーススタディの実施 (Gan・Fonadhoo 島対象)

活動 1.4: ICZM 構築・実施に係わる関係機関の能力向上及び情報共有化

それぞれの活動の活動内容を以下に示す。

## 8.2.2 活動 1.1： 海岸現状・リスク把握のためのインベントリー調査

活動 1.1 では、海岸現状・リスク把握のためのインベントリー調査を実施する。具体的な活動内容を以下に示す。

### (1) 活動 1.1.1： インベントリー調査の実施

200 程度存在する住民島すべてを、気候変動リスクに対して同様に強靱化していく考えは非現実的である。そこで、200 程度の住民島より、異なる地形特性、ハザード特性、社会経済特性、生活環境を持つ島の類型化を行い、各類型化した島の中からいくつかの島を選定し、現地調査を行い、分類化された異なるタイプの島における現状の問題・課題、および気候変動リスクを整理する。これにより、ICZM を策定する上で必要な沿岸域の現状および気候変動に対する沿岸災害リスク等の基本条件の把握を行う。具体的な手順は以下の通りである

#### 1) 既往資料・情報からの類型化

- はじめに既存資料および衛星画像等より、すべての住民島の基本情報を収集し、地形特性、ハザード特性、社会経済特性、生活環境面、等の現状把握を行う。
- 収集した情報より、島の基本的な類型化を行う。現段階では以下の観点での類型化を想定するが、実施段階で再度検討するものとする。
  - ・ 海岸状況の違いによる分類化（人工化が進んだ島、自然海岸と人工化が混在する島、自然海岸が維持されている島）
  - ・ 暴露（Exposure）の違いによる分類化（人口過密度、島の大きさ、沿岸域の利用状況等の違い）
  - ・ 社会経済面からの島の需要度の違いによる分類化

#### 2) 現地調査による実態把握

類型化した各パターンよりいくつかの島を抽出し、実態把握のための現地調査を行う。現地調査は各類型化の中で、2～3 島程度を抽出して実施するものとする。主な調査項目は、海岸の現状と海岸リスク（主に現地踏査および簡易的な地形測量の実施より）、および海岸利用状況と海岸管理に対する地域や行政の取り組み状況（主にヒアリング調査より）等である。

### (2) 活動 1.1.2： 課題の抽出

既往資料、衛星画像および現地調査結果より、類型化した島について、島の特性、気候変動に対する沿岸災害リスク、強靱化に向けた現状と課題について整理する。

### (3) 活動 1.1.3： 成果の取りまとめ

これらの成果は、「インベントリー調査報告書」として纏める。

## 8.2.3 活動 1.2 : ICZM の策定

活動 1.2 では、類型化した住民島に対する国レベルでの ICZM を策定する。具体的な活動内容を以下に示す。

### (1) 活動 1.2.1 : 海岸・リーフ保全、土砂管理および海岸域土地利用基本計画の策定

統合的沿岸管理計画の基本となる、海岸・リーフ保全、土砂管理および沿岸域土地利用に関する国レベルでの基本計画を、活動 1.1.1 のインベントリー調査結果より得られた島の特性や気候変動リスク等の情報を元に、主に技術的観点より策定する。

#### 1) 海岸・リーフ保全基本計画

海岸保全基本計画では、長期的な海浜変化とともに、波や漂砂の動向や季節的変動特性と合わせ、現状の海岸状況や島の位置づけ、今後の開発計画等を踏まえ、気候変動リスクに対する対応と、人々の海岸との関わりの持続的な維持を目指した基本計画を策定する。またリーフ保全基本計画では、リーフの現状の健全度を踏まえ、リーフ環境保全と利用の両立を目指した基本保全計画を策定する。

#### 2) 土砂管理基本計画

既に海岸侵食が深刻化している多くの住民島が存在する現状と、今後海面上昇により、更なる顕在化が予想される状況においては、海岸侵食の根本因子である土砂供給量の長期的な維持・改善を図っていくことが求められる。一方で、適切な土砂管理なしでの人為的な土砂取得は、海岸侵食の更なる問題化を招くことになる。これより、中長期的な土砂管理計画に基づくサンゴ砂礫の適切な利用を行っていくことが、海岸侵食問題の改善・解決に向けては不可欠である。策定する土砂管理計画は、海岸への土砂供給およびその移動メカニズムを十分把握し、中長期的な島の開発計画および海岸維持に必要な土砂量を踏まえ、海岸侵食をはじめとする新たな海岸環境問題を引き起こさないような土砂取得計画を策定するものである。

#### 3) 海岸域土地利用計画

上記の2つの基本計画と合わせ、海岸域での土地利用面での改善を行っていくことが、沿岸災害リスクに対する総合的な強靱化を図る上で重要かつ有効となる。その根幹をなすものが、バッファゾーンの確保とその機能の増進である。一方、各住民島の地形的および社会経済的事情により、十分なバッファゾーンが取れない島や海岸域があるため、バッファゾーンの設定については、防護に対する有効性ととも、それぞれの島の事情を踏まえて検討していくことが、実現性を高める上で必要である。合わせて、より防護機能を高めるための工夫等（例えば植生帯の設置等）も合わせて検討する。

#### 4) 具体的な検討の進め方

上記計画に基づく現実化を図っていくためには、「モ」国関連機関間での情報共有と共通理解が不可欠である。そのためにも、計画策定段階からの、関係機関の参画、協議の場を定期的に設けていくことが求められる。関連機関としては、本事業の実施機関である Ministry of Environment (ME)、および Ministry of National Planning and Infrastructure (MNPI)、

Local Government Authority (LGA)、National Disaster Management Authority (NDMA)、Maldives Meteorological Service (MMS)を想定する。また策定された基本計画の認定を図る上で、「モ」国の国家基本施策等への反映化を促す。

## (2) 活動 1.2.2： 海岸管理基本方針の策定

活動 1.2.1 で策定される各基本計画に基づく海岸施策の実現化に向けて必要な、「モ」国政府の海岸行政に関するガバナンス強化に向けた取り組み、および各住民島での海岸管理の基本方針を策定する。

### 1) 「モ」国政府の海岸管理に関するガバナンス強化

気候変動に対する海岸域の脆弱化の改善に向け、港湾や海岸道路、埋め立て等のインフラ整備による海岸域の人為的改変による海岸への影響を理解した上で、極力これを低減化していく取り組みを、気候変動対策と合わせて実施していくことが求められる。そのためには、インフラ開発等の事業者側と、海岸保全・防護を担う海岸事業および管理主体間での情報共有と基本理解の促進が不可欠である。現状では、沿岸インフラ開発と海岸事業は個別の事業として扱われ、唯一、環境影響評価（EIA）により、開発事業の是非が手続き上判断されるのみである。開発事業者側においては、事業計画段階から気候変動影響を踏まえた周辺海岸への影響に対する理解と関心を持つことが、問題の改善を図っていくための第一歩と考えられる。そのような連携を促進していくための取り組み、海岸管理体制の支援を行う。具体的には、開発事業および海岸事業を担う MNPI と、気候変動対策事業を担う ME、および事業実施対象の島政府が、事業計画策定段階から、事業計画やその影響等について、情報共有と理解促進を図っていく新たな協議の場を創出するとともに、深刻な影響が想定される事業については、ある程度の強制力を持って事業計画の見直しが可能となるような仕組み・体制を検討する。また事業実施後も、事業者側も含めた海岸状況の継続的なモニタリングの実施とそれによる影響把握、必要に応じての順応的管理の実施や、他事業への反映を図っていくための仕組み、体制を検討する。

### 2) 住民島における海岸事業計画・海岸管理の情報共有の促進および役割の明確化

「モ」国では 2019 年の政権交代後、地方自治の権限を高めていく方針が掲げられ、今後、地方（島）による各事業計画の立案やその実施・管理機会が高まっていくと考えられる。一方、海岸域での事業実施に際しては、海岸に及ぼす影響を十分理解した上での計画策定や海岸管理が求められるため、島政府と「モ」国政府側との間での情報共有と共通理解の上で進めていくことが求められる。このような、住民島における「モ」国政府側と島政府側との情報共有化・共通理解を促進する仕組み・体制を検討する。

## (3) 活動 1.2.3： ICZM に係る規制や法制度の検討

上記の 3 つの基本計画に基づく海岸管理を実現化していく上で必要となる規制や法制度の検討を行うとともに、その施行化に向けた支援を行う。なお、3 つの基本計画の関連分野は多岐にわたるため、既存の法規制に対する十分なレビューを行い、新たな条項が必要と判断された場合に、関連機関と協議の上、追記を検討していく。



#### (4) 活動 1.2.4： 成果のとりまとめ

これらの検討成果は「ICZM ガイドライン（計画編）」として纏めるとともに、幅広い理解促進を図るためのマップを作成する。

### 8.2.4 活動 1.3： ケーススタディの実施（Gan・Fonadhoo 島対象）

ICZM については、他国でもこれまで様々な検討が行われてきたが、その考えに沿った具体的な取り組みを行った事例は少なく、概念レベルで終わっている事例が多い。多くの住民島が点在する「モ」国の現状において、今後の経済・観光開発が進む中での沿岸災害に対する長期的な強靱化を図っていく上では、島毎に個別の防護対策を考えていくのではなく、統一した ICZM の基本方針の元で、各島の事情を考慮しての沿岸開発と海岸保全の両立化を図っていくことが望まれる。そのような具体的な取り組みを促す上で、これらの要素を持つ代表的な住民島として、Laamu 環礁の Gan 島および Fonadhoo 島を取り上げ、国レベルの ICZM の考えに基づく島レベルでの具体的な ICZM の取り組みについて、ケーススタディとして実施するものである。具体的な活動内容を以下に示す。

#### (1) 活動 1.3.1： 島の特性や将来計画を踏まえた海岸・リーフ保全計画の策定

Gan 島および Fonadhoo 島における外力特性、地形特性、現状の海岸およびリーフ状況や島の位置づけ、今後の開発計画等を踏まえ、気候変動リスクに対する対応と、人々の海岸やリーフとの関わりの持続的な維持を目指した海岸保全およびリーフ環境保全基本計画を策定する。「モ」国では、各環礁の主要島を海岸道路で連結する事業が積極的に進められており、その多くはコーズウェイによるものである。一方、コーズウェイ建設に伴う元来の島間の開口部の閉塞、さらには大規模港湾等による漂砂の連続性の遮断等の複合作用による海浜変化や水質への影響が生じている（2章参照）。策定する海岸保全・リーフ環境保全計画では、このような人為的改変の影響も含めた検討を行い、今後の沿岸開発と保全との両立に資する検討を行う。

#### (2) 活動 1.3.2： 島の土砂移動機構を踏まえた土砂取得・管理計画の策定およびその実施

Gan 島および Fonadhoo 島では、近年のインフラ開発や宅地開発に対する建材取得を目的としたリーフからの大量の土砂取得が行われ、その総量は数十年の海岸への土砂供給量に匹敵するものである（2章参照）。一方で、今後も開発に必要な土砂を確保していくことが求められるとともに、海岸侵食対策および海岸維持のための土砂の安定供給化を図っていく必要がある。これより、本活動では、島の土砂移動機構を把握した上で、今後の開発や海岸保全に必要な土砂を、海岸環境に影響を及ぼすことなく取得するための具体的な土砂取得計画を、技術的検討を踏まえて策定する。なお、土砂移動機構を把握する上で、必要に応じて現地での波や砂移動に関する現地調査を実施することも考える。

#### (3) 活動 1.3.3： 土地利用計画上の強靱化対策の検討

Gan 島および Fonadhoo 島における将来整備計画には、EPZ（Environment Protected Zone）としての海岸域におけるバッファゾーンエリアが示されているが、今後の気候変動リスクを踏まえた技術的根拠を踏まえて決められているものではない。また整備計画上には考慮されてい

ても、このバッファゾーンを遵守されていない箇所も見受けられ、その実効性や運用上の問題がある。本検討では、今後の予測に基づく技術的観点からの EPZ の見直しを行うとともに、その実施・運用に向けた改善の方策を検討する。また EPZ と合わせ、リスクレベルに応じた段階的な防護を図っていくための、陸域における土地利用上の強靱化対策を検討する。

#### (4) 活動 1.3.4： 住民島での海岸管理の取り組みの検討

住民島における海岸を良好な状態で維持していくためには、管理主体となる島行政府(Island Council)側と、海岸利用者である地域・住民との情報共有と共通理解の下で、連携した海岸管理の取り組みが必要である。そこで本活動では、島行政府の海岸管理の取り組みとその体制、および海岸維持管理活動への住民や NGO の参加・連携に関する基本方針を Gan 島および Fonadhoo 島で Case Study として検討する。特に養浜対策は、事業実施後の適切な海岸維持管理の実施が、長期的かつ持続的な海岸維持を図って行く上で不可欠である。そこで策定された基本方針を踏まえた具体的な島における海岸維持管理活動については、コンポーネント 2 活動 2.3 で実施する 3 島 (Fonadhoo 島、Meemndhoo 島および Meedhoo 島) における養浜海岸で実施していく。

#### (5) 活動 1.3.5： 上記施策の実施に必要な島レベルの諸制度・条例の検討

これらの取り組みを実施していく上で必要な島レベルの諸制度・条例の検討を実施し、その施行化に向けた支援を島政府と連携し実施する。

#### (6) 活動 1.3.6： 成果のとりまとめ

これらの成果は、「ICZM ガイドライン (実践編)」として纏めるとともに、幅広い理解促進を図るためのマップを作成する。また同様の問題を抱える他の住民島への水平展開を図るため、本実施期間中に、他島の関係機関との情報共有を図るべく、ワークショップ・現地視察を定期的に実施する。

### 8.2.5 活動 1.4： ICZM 構築・実施に係わる能力向上及び情報共有化

活動 1.1～1.3 の取り組みには、関連する中央及び地方の行政機関間での情報共有と、基本的な共通理解の下で進めていくこと、また島レベルの海岸管理には、島行政府側と日常的に海岸と関わる地域住民の連携による取り組みの実現化が不可欠である。これらの取り組みに必要な、主な関係機関側の実務者に対する能力向上、教育、周知に関する取り組みを実施する。具体的な活動としては以下を実施する。

#### (1) 活動 1.4.1： 業務を通じての、主に OJT による国および地方関係機関の能力向上

活動 1.1 のインベントリー調査、1.2 の ICZM 策定、1.3 のケーススタディの各検討を、関係機関を巻き込んだ OJT として実施することで、ICZM の考えと実施に対する能力向上を図る。それぞれの活動の主要な OJT 対象機関として、以下を想定する。

表 8.2.1 主要な OJT 対象機関

活動	想定する主要な対象機関
1.1 インベントリー調査	ME
1.2 ICZM 策定	ME および MNPI
1.3 ケーススタディ	Island Council および ME

出典：JICA 調査団

## (2) 活動 1.4.2： ICZM に関するセミナー、ワークショップ等の定期的な開催

ICZM 策定に関わる関係機関との意見交換を促進するためのワークショップ（WS）、および策定した国レベルおよび島レベルの ICZM の「モ」国内の水平展開を図るため、幅広い情報共有と基本理解を促進するためのセミナー（SE）を定期的に行う。想定するワークショップ、セミナーの目的、対象および頻度は以下の通りである。

表 8.2.2 ワークショップの目的及び対象機関

名称	主な目的	想定する対象者
WS-A	国レベルの ICZM 策定に関わる意見交換	ME, MNPI, LGA, NDMA, MMS
WS-B	島レベルの ICZM 策定に関わる意見交換	Island Council, NGO, Community
SE-A	策定した ICZM の中央行政側への情報共有と基本理解の促進	ME, MNPI, LGA, NDMA, MMS
SE-B	策定した ICZM の島行政側への情報共有と基本理解の促進	Island Council, NGO, Community

出典：JICA 調査団

## (3) 活動 1.4.3： 海岸事業や海岸管理に携わる若手実務者の、外部への研修・留学の創出

海岸事業策定や海岸管理に関わる国および地方の関係機関の若手実務者に対し、外部研修・セミナー等への参加支援を行い、実施に必要な海岸工学および海岸事業に関わる基礎知識の習得、発表や協議を通じての同類の問題を抱える他国技術者との情報共有、交流機会の創出を図る。また、奨学金制度を利用した留学機会創出の支援を行う。なお、外部研修の一例としては、JICA が実施中の本分野に関わる課題別研修への参加が想定される。

## 8.3 コンポーネント 2： 海岸保全/防護対策の実施

### 8.3.1 概要

「モ」国では、海岸エリアを含めて経済発展に伴う開発が行われてきており、居住地や重要インフラの暴露が高い。また、住民島の多くで顕著な海岸侵食に対しては、主に護岸構築等による防護が図られてきた。不適切な海岸対策によって、自然防護機能の低下や海岸侵食を引き起こしているケースも見られる。気候変動の影響で海岸侵食の助長が予想される中、長期的かつ持続的な国土維持と強靱化を図っていくためには、現状と現象の十分な理解を踏まえた上での、様々な物理対策（ハード対策）の中からのベストミックス化が不可欠である。そのためには、島の形成と元来の浜の持つ自然の防護機能を活用するとともに、従来のハード対策による教訓を踏まえ、人と環境に優しい海岸保全/防護対策の適用可能性が検討された上で、その計画・設計・管理の考え方や手法が「モ」国政府関係者に教授される必要がある。本コンポーネ

ントでは、既に沿岸災害のリスクに晒され、今後の気候変動の影響による更なるリスク増大が見込まれ、かつ背後域での強靱化対策が困難な5海岸において、沿岸域での海岸保全/防護対策（環境社会影響アセスメント（ESIA）を含む）を実施する。本コンポーネントは、アウトプットの「長期的かつ持続的な国土強靱化を図る海岸保全/防護対策と、その維持管理を担う政府職員の能力向上」をハードおよびソフト対策の混合コンポーネントとして実施するとともに、成果の「モ国政府が沿岸域での開発と保全・防御の両立」を実現するために、以下の3つの活動から構成される。なお、本コンポーネントの一部はJICAおよび「モ」国のコファイナンス事業として実施する。

- 活動 2.1： 海岸保全/防護対策に関する詳細調査・設計の実施および関係機関の計画・設計能力向上
- 活動 2.2： 海岸保全/防護対策の実施
- 活動 2.3： 海岸維持管理の実施および管理体制の構築、それに関わる能力向上

### 8.3.2 活動 2.1： 海岸保全/防護対策に関する詳細調査・設計の実施および関係機関の計画・設計能力向上

活動 2.1 の具体的な活動内容を以下に示す。

#### (1) 活動 2.1.1： 海岸保全/防護対策の実施のための詳細設計

活動 2.2 で実施する海岸保全/防護対策の実施のための詳細設計を行う。本検討は、GCF 資金で実施する Laamu 環礁の Maamendhoo 島および Fonadhoo 島の対象 2 島における海岸保全対策とともに、「モ」国政府のコファイ事業として実施する Addu 環礁の Meedhoo 島における海岸保全対策、および Laamu 環礁の Gan 島および Isdhoo 島における局所海岸防護対策の詳細設計も含まれる。また前章で指摘したように、今後の気候変動リスクに対し、「モ」国の特性や特異性を踏まえた適切な海岸適応策を自立的に検討していく上で必要な海岸工学知識や計画・設計能力に対する能力向上を、本活動を通じた OJT により図っていく。本活動の具体的な検討項目は下記の通りである。

- 1) 詳細調査の実施
- 2) 詳細設計（施工計画、積算含む）の実施
- 3) ESIA 支援
- 4) 入札図書作成および入札支援

#### 1) 詳細調査の実施

9 章に示すように、海岸保全対策事業の対象 3 海岸では養浜を用いた保全対策を計画する。養浜の適切な配置計画・設計および養浜後の海浜変化を検討する上で、外力および漂砂特性を把握することが重要であり、そのための現地調査を行う。主な調査項目としては、外力（波浪）調査や海岸・リーフ調査（海浜測量含む）が挙げられるが、季節変動による外力や地形変化がある中での限られた期間内のみでの調査では、現象の十分な理解が図れないと考えられる。これより、JICA で実施した事前調査時から継続的に実施している波浪

観測データや海岸モニタリングデータや、先行して実施予定の JICA コファイによるコンポーネント 1 より得られるデータや情報を活用する。

## 2) 詳細設計（施工計画、積算含む）の実施

詳細調査や衛星画像解析より得られた結果を踏まえ、平面配置計画の検討および断面諸元に対する詳細設計を行う。合わせて、施工計画および積算を行い、工事のパッケージングの最終化を図る。

## 3) ESIA 支援

「モ」国側が実施するコンポーネント 2 の事業に対する ESIA に関連する資料のレビューを行うとともにその手続きについて確認し、AE である JICA のガイドラインに即したものであるか確認するとともに、適宜、更新を支援する。

## 4) 入札図書作成および入札支援

1)~4)の検討結果を踏まえ、各パッケージの工事業者に対する入札図書作成および入札支援を、国際調達ガイドライン（FIDIC）および「モ」国の調達方法を踏まえて行う。

### (2) 活動 2.1.1： 関係実務者の海岸事業の調査・計画・設計に関する能力向上

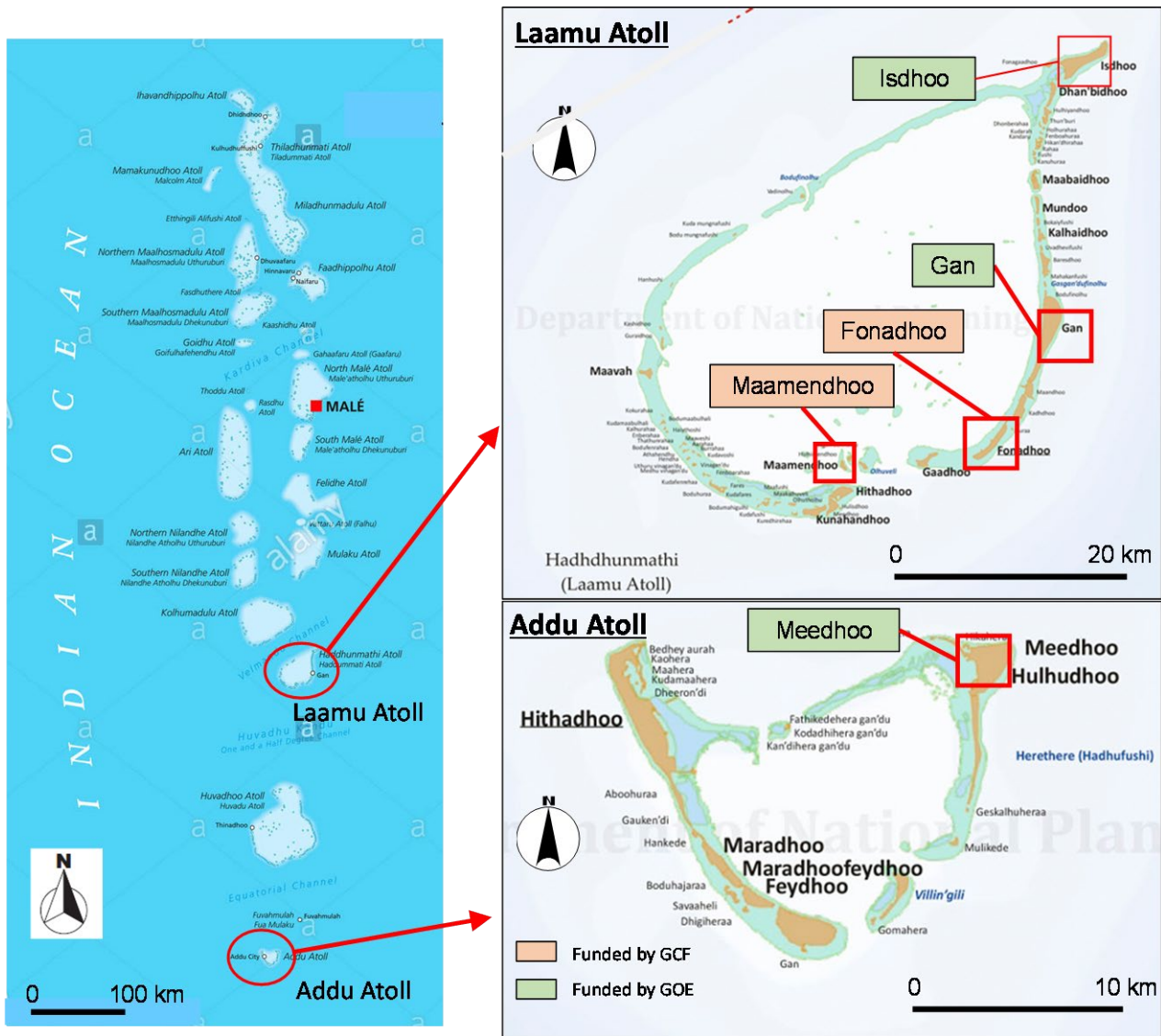
上記に示す各検討作業は、国際調達により選定された国際コンサルタントチームが担っていくが、今後の「モ」国の海岸事業に関わる実務者が、このような検討プロセスに関与し、一緒に進めていくことが、海岸工学知識や海岸対策の計画設計能力に対する能力向上を図っていく上で最も効果的である。このような OJT による能力向上を図っていくために、コンサルタントチームに今後「モ」国の海岸実務を担う技術者を配置する。

本活動を通じて期待される能力向上項目は下記の通りである。

- 波や漂砂等の海浜特性および海浜機構に対する理解の向上
- 上記を検討するために必要な各現地調査方法および解析に関する知見の向上
- 海岸保全および防護工法の計画・設計および施工計画に関する技術の習得
- 国際調達ルールや手順に関する知見の向上

### 8.3.3 活動 2.2： 海岸保全/防護対策の実施

GCF 資金による Laamu 環礁の Maamendhoo 島および Fonadhoo 島の対象 2 島における海岸保全対策、および「モ」国政府のコファイナンス事業として実施する Addu 環礁の Meedhoo 島における海岸保全対策と、Laamu 環礁の Gan 島および Isdhoo 島の 2 島における局所海岸防護対策を実施する（図 8.3.1 および表 8.3.1）。なお、GCF 資金による Maamendhoo 島および Fonadhoo 島における海岸保全対策の基本設計、施工計画および概算事業費については 9 章に示す。



出典: JICA 調査団

図 8.3.1 提案する事業の位置図

表 8.3.1 提案する事業、背景、理由等

事業サイト	海岸線	目的	海岸地形	背後地の利用	計画上の考慮点	提案する適応策
Maamendhoo	900 m	- 気候変動影響に対する居住地防護 - 海岸利用および環境上における人々の生活と文化の継承	サンゴ礁 砂浜海岸	居住地	防護利用環境	突堤と合わせた養浜 (砂流出の低減)
Fonadhoo	850 m			居住地および農地		
Meedhoo	1400 m					
Gan	270 m	- 歴史遺産の防護	サンゴ塊、礫 僅かな砂浜	国有地 (未利用)	防護	捨石傾斜堤
Isdhoo	270 m					

出典: JICA 調査団

## 本事業で気候変動適応策として養浜を提案する理由

「モ」国の3候補地で、海岸侵食に対する気候変動適応策として養浜を提案する理由は以下の通りである。

### 1) 基本的に海岸侵食を解決する唯一の方法

海岸侵食対策として主に、護岸や堤防、突堤、離岸堤等の建設による“構造物対策”と、養浜の“ソフト対策”の2つに分けられる。海岸侵食は、基本的に土砂供給量の減少（枯渇）または従来の平衡状態の砂移動の変化により生じる。すなわち、前者の構造物対策は、単に背後を防護するものであり、海岸侵食の根本要因である前述の砂供給の減少を改善するものではない。これより、海岸侵食問題の解決には、砂供給の復元・改善することが唯一の方法であるといえる。

### 2) 砂浜の多機能性

砂浜の機能として、『防護』とともに、『海岸利用』および『環境』の機能が挙げられる。構造物またはソフト対策（養浜）を選択するのには、1)元来存在していた、また現在存続している海岸はどうであったのか、2)背後域の利用面、3)長期間の海岸維持の実現性、の3つのポイントで検討する必要がある。1)に対しては、元々砂浜海岸であったか、またそれが存続しているか、2)については、居住地であり海岸利用や海岸環境に対する配慮が必要かどうか、3)については、顕著な砂流出の可能性がないか、が養浜選択のポイントになると考えられる。自然の砂浜海岸は、過去何千年もかけて形成されてきた。一度これを構造物対策による人工化を図ると、未来永遠、人工化された海岸として維持していくことになり、自然海岸に戻ることは基本的には困難である。

### 3) 砂浜形成過程との類似性、柔軟性、適応性

気候変動の影響は年々徐々に生じていくものであり、津波のように一度に壊滅的な被害をもたらすような現象とは異なる。サンゴ礁やサンゴ礁海岸は、これまでの数千年におよび長い年月をかけて形成されてきたとともに、その時々の変化する波の作用を受けながら柔軟的に形成されてきた（例えば砂浜高は、作用する波によりそれに応じた高さに変化する）。このような柔軟性は、未確定要素の多い気候変動に対する対応策においては大きな利点の1つであると言える。更に今後50年先、100年先の適応対策として、その時々の実際の状況に応じて対応していくことのできる順応性を有している。

### 4) サンゴ礁海岸における適応性

サンゴ礁海岸における漂砂の大きさは、サンゴ礁の存在により、外洋に直接面している通常の砂浜海岸に比べて格段に小さい。このことは、養浜後の砂移動、それによる砂流出のリスクが通常砂浜海岸に比べて小さいことを意味し、養浜後の維持管理コストや手間も少なくなることが期待できる。

## 5) 開発途上国における海岸対策の考え方の変化が期待

これまで多くの開発途上国における海岸防護対策として主流であった構造物対策のこれまでの教訓を踏まえ、今後の途上国における海岸保全対策の主流の1つとなる可能性を秘めている。

## 6) JICA でこれまで実施してきた類似事業の経験

これまで JICA は、小規模なパイロットスケールから大規模スケールの類似養浜事業を実施してきた経験を有する。大規模表浜事業として、インドネシアバリ島で実施した養浜事業が挙げられる。この事業においては、既に養浜実施から 20 年程度経過しているが、基本的に維持管理としての定期的な追加養浜を行うことなく、砂浜が維持されている。またモーリシャスで実施した技術協力事業は、技術協力事業で実施したパイロットスケールでの養浜を、その後モーリシャス政府により水平展開され、コミュニティーと連携して維持管理されている。これらは、相手国事業後に自主的に実施している成功例の1つである。

### 類似事業および本事業との関連性

提案する事業に類似する事例として、JICA の円借款事業として実施した、『インドネシア国バリ島海岸保全事業』(図 8.3.2)を示す。本事業は養浜から 20 年経過した現在まで、基本的に追加養浜は行われていない。

#### 1) 概要

- バリ島の3海岸 (Sanur, Nusa Dua, Kuta) において、侵食したサンゴ礁砂浜海岸の復元を図るために、突堤、ヘッドランド、離岸堤を併用した養浜を実施した。更に歴史的遺産物である外洋に面した寺院の防護を目的とした海岸防護対策を1海岸で実施した。
- 養浜量は、Sanur では約 30 万 m<sup>3</sup>、Nusa Dua で 34 万 m<sup>3</sup>、Kuta で 53 万 m<sup>3</sup>である。また事業後の維持管理用として、15 万 m<sup>3</sup>の砂をストックエリアに確保した。
- Sanur および Nusa Dua は、養浜から 20 年が経過、Kuta は 14 年経過した。
- 養浜後の砂流出量を、養浜効果を評価する指標の1つとして用いた。計画設計時においては、年 20%の流出量以下に抑えることを目標とした(予想外の特異な高波浪の襲来時を除く)。

#### 2) 実際の状況

- Sanur、Nusa Dua では養浜から 20 年経過しているが、追加養浜することなく砂浜が維持されている。これより、適切な計画・設計により、養浜した砂を良好にコントロールすることができることを示している。
- 一方で、養浜後の海岸で不適切な海岸管理上の問題が見られる(例えば養浜下砂浜上での建築物の設置、その後の個人による個々の突堤等の設置、等)。現在フェーズ2としての海岸保全事業が今年(2021年)から開始されており、その中では適切な海岸管理の実現化に向けた取り組みを行っていくコンポーネントが含まれている。

#### 3) 本事業との類似性、成果の参照

上記のバリ海岸保全事業と、提案する本事業との類似性は以下の通りである。



- バリ海岸保全事業は、公共海岸に海岸保全対策として養浜を適用した JICA として初めての事業であり、民間セクターによる観光目的による養浜事業ではない。
- インドネシア政府も各コミュニティも、初めての養浜事業であったため、当初は養浜後の砂流出の可能性を非常に懸念していた。
- 養浜手法として、大きく『動的養浜工法』と『静的養浜工法』に分けられる。動的養浜工法は、砂のみを投入し、突堤等の付帯施設は用いないもので、欧米諸国ではこれが主流である。一方静的安定化工法は、養浜後の砂流出を低減させるために、養浜と合わせて突堤やヘッドランド等の付帯施設も合わせて設置するものである。バリ海岸保全事業は、この後者の静的安定化工法を採用したものであり、「モ」国で提案する本事業も同様である。



出典：JICA 調査団

図 8.3.2 事業実施後の長期海岸変化（バリ島海岸保全事業）  
(Bali Beach Conservation Project)

- 養浜は、元来の自然の砂浜海岸を模した砂浜を復元するものであるため、養浜後のある程度の砂流出は避けられず、海岸を持続的に良好な状態を保つためには、基本的に定期的に維持管理としての追加の砂投入を行うことが求められる。もし追加の砂投入の度に、新たに砂を調達しようとする、初期養浜時と同様のコストがかかってしまう。これより、初期養浜時に、その後の維持管理に必要な分も見越して、予めその分の砂を確保しておくことが、コスト削減の上でも推奨される。バリ海岸保全事業では、約 15 万 m<sup>3</sup> の維持管理用の砂を確保した。同じ考えを、本事業においても提案している。

- 20年間のモニタリング結果からは、養浜を行った大凡のエリアで良好な海岸が維持されていることが確認できている。これまで、政府により1-2回程度、部分的な砂投入を行うために、ストックした砂を用いている。これより、適切な計画・設計を実施することにより、維持管理労力とコストを低減できるといえる。そのためには、計画・設計時において、十分な現象の把握・解明をベースとした計画・設計検討が重要である。
- 養浜事業実施後に、政府関係者や海岸利用者、コミュニティは、養浜による効果として、単に防護効果だけ無く、利用・環境面が大きく改善したことを実感した（養浜した海岸は、現在、観光、地域住民の憩いの場や祭事の場として、高い海岸利用がなされている）。
- 政府関係者、コミュニティ、他の関係者を含めた適切な海岸管理の実現化に向けて、引き続きの技術支援が求められており、それを現在実施中のフェーズ2事業の中で実施していく予定である。
- 政府関係者、コミュニティ、他の関係者を含めた適切な海岸管理の実現化に向けて、引き続きの技術支援が求められており、それを現在実施中のフェーズ2事業の中で実施していく予定である。

### 既存文献に示される「モ」国の住民島における養浜に対する認識

Second National Communication (SNC) Maldives（2018年改訂版）には次に示すような記述がある。

“海岸防護対策としてソフト対策は、各地域の地形、海象、気象等の自然特性の違いより、有効的に実施することが難しい。さらにソフト対策は、有効に維持するための長期的かつ高頻度の維持管理の必要性がある。これより、「モ」国の住民島での適用は一般的でなく、リゾート島において、綺麗な広い砂浜を維持するために好まれている”。

表 8.3.2 各分類に含まれる具体的対策方法

構造物対策	ソフト対策
-堤防（コンクリート）	-養浜
-護岸（コンクリート、コンクリートブロック、捨石）	a)動的安定化工法（砂投入のみ）
-突堤（コンクリート、コンクリートブロック、捨石）	b)静的安定化工法（砂投入+突堤やヘッドランド併用）
-離岸堤（コンクリート、コンクリートブロック、捨石）	-人工砂丘（養浜と同等）
-潜堤（人工リーフ）（コンクリートブロック、捨石）	-サンドエンジン、サンドモーター（養浜と同等）
	-サンゴ復元（サンゴ移植）
	-マングローブ植林
	-土地規制（セットバック、バッファゾーン確保）
	-避難システム、EWS等

出典: JICA 調査団

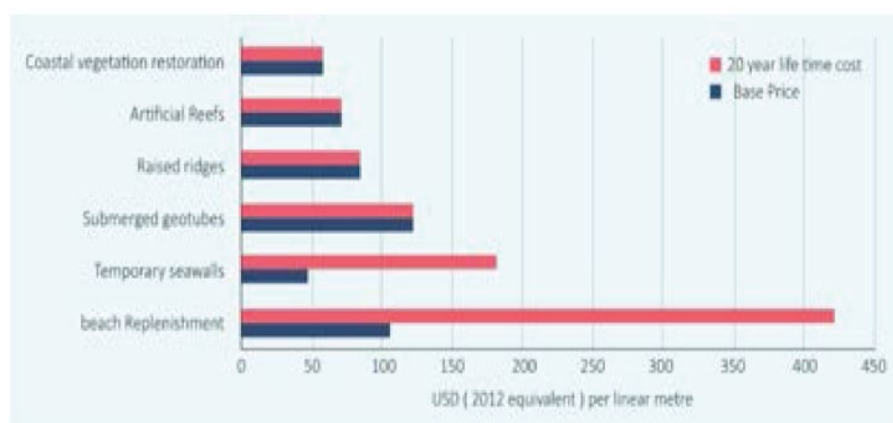
またこの文献には海岸防護対策として、『構造物対策』と『ソフト対策』の2つに分類されている。なお具体的には、表 8.3.2 に示すような対策がそれぞれの分類に属する対策として挙げられる。

ここで、構造物対策とソフト対策の分類化の考えについては、いくつかの異なる分類化が見られる。ここで海岸施設対策に関するものに注目すると、『構造物対策』とは、海岸防護を構造物のみで行うものと定義され、堤防、護岸、突堤、離岸堤、潜堤、等の構築による対策がこれに

属し、それ以外の対策が『ソフト対策』として分類化される。また『ソフト対策』は、自然の防護機能を高める対策を示すとも言え、養浜（突堤等の施設を併用したものも含まれる）、人工砂丘、サンドエンジン（サンドモーター）、サンゴ復元（サンゴ移植）、マングローブ植林等の自然再生対策、また沿岸域の脆弱性を低減するための施策である沿岸土地利用規制（セットバックやバッファゾーン確保）、避難システム、早期警戒システム、等も含まれる。上記に示す文献（SNC）に示される具体的対策の一部は、表 8.3.2 に示す分類化と異なる（例えば、仮設的な堤防護岸、潜堤がソフト対策に含まれている）。

養浜については、表中に示すように、『動的安定化工法』と『静的安定化工法』の2つに分けられる。前者は付加的な海岸施設の構築なしで、単に砂を投入するものであり、欧米諸国や豪州で一般的に用いられている。一方後者は、養浜と合わせて突堤やヘッドランド等の付帯施設を併用することにより、養浜後の砂流出を低減させる工法である。「モ」国だけでなく他の国でも、民間セクターによる養浜の多くは、養浜後の維持管理費の低減（追加砂投入の低減化）を図るために、この静的安定化工法を用いることが多い。一方、「モ」国の住民島で、これまで養浜を用いたことは稀であった。住民島でこれまで行われてきた多くの養浜（養浜というものか定かではないが）は、例えば港や航路建設の副産物として生じた土砂を、周辺海岸に投入する、といったものであり、上記の分類からすると、単に砂を投入するだけという観点からは、動的安定化工法に近いものであると言える。

さらに SNC の中では、養浜工法について、初期費用は安い、維持管理費（ここでは 20 年間としている）が極めて高く、初期養浜コストの約 4 倍となっている（図 8.3.3）。このことは、初期養浜量と同じ量の砂が 5 年毎にすべてなくなり、初期養浜と同じ工事を 5 年間毎に実施する、という意味合いとなる。この算定的前提条件が不明であるが、少なくとも本事業で実施する養浜は、適切な計画・設計と、将来の維持管理用の砂を事業の中でストックすることにより、図 8.3.3 に示される維持管理費用に比べて格段に抑えることを目指している。



出典: JICA 調査団

図 8.3.3 Second National Communication (SNC) Maldives (2018 年改訂版) に示されるソフト対策の費用

養浜砂の取得については、本事業では自航式トレーラーサクシオン浚渫船（TSHD）を用いるものとし、砂取得による海岸への影響を及ぼさないよう、ある水深以上の沖の海底から砂を取得する計画としている。TSHD のコストに係わる主項目として、1)TSHD の回航に係る費用、2)

砂の浚渫に係る費用の2つがある。十分なポンプ能力を有する TSHD を保有する浚渫会社は欧州の数社に限られ、これにより TSHD の調達も限られる。これより 1)の費用は著しく高く、現時点では3（百万ドル）程度を見込んでいる。また 2)においては、浚渫作業期間中の TSHD 損料が含まれる。これらを考慮して養浜砂取得の浚渫単価が決まるため、砂の総量の違い（スケール効果）により、浚渫単価は大きく左右される。これより基本的な考えとして、本事業で必要な砂は島の違いや初期養浜砂、ストックする砂の違いにかかわらず、ある期間内で一度に取得する計画としている。

砂取得に係わる海洋環境上の影響、特に海岸への影響については、影響がないよう、海岸から数キロ以上離れた水深 20m 以上の海底から取得するものとしている。これを可能とするため、費用が掛かっても、十分なポンプ容量を有する特殊な TSHD を調達するものである。

砂のストックについては、もしこれを事業の中で考慮しないとすると、「モ」国政府が数年後に同様規模の TSHD を自国で調達し、再度砂を取得する必要がある、長期的かつ持続的な砂浜維持を考える上で、非効率かつ現実的ではない。これより、25～30 年程度の維持管理に必要な砂をストックすることを提案している。

持続的かつ長期的な砂浜維持を妨げるもう1つの大きな要因として、人々（政府関係者含めた）海岸保全・環境保全に対する理解不足も挙げられる。このような理解不足は、不法なサンゴ砂の取得や、海岸環境の悪化を招く恐れがある。

現時点で想定する維持管理用の砂のストックエリアとして、Fonadoo 島および Meedhoo 島では 1.5～2 ha 程度のエリアに 1.5～2m 程度の高さでストックすることを想定する。一方 Maamendhoo 島では島の土地が非常に限られ、休遊地がまったく存在しないため、避難場所確保のための一部埋め立てを行い、その新たな避難エリアに 1m 程度高くして砂をストックすることを想定する。なお、ストックエリアは政府所有の土地として、このための新たな費用（土地取得費）は発生しない計画である（バリ海岸保全事業と同じ考え）。

### **既存文献（SNC）で“養浜工が適切ではない”と述べられている理由**

#### 1) 住民島での養浜適用事例の不足から生じる養浜工に対する誤解

これまで説明したように、養浜にはいくつかの異なる思想、やり方があり、それにより、費用や持続性も大きく左右される。一方 SNC で示されるものは、ある1つのパターンを想定したものであると考えられ、住民島においては過去に行われてきたような港や航路建設に伴う副産物として生じた砂を投入するようなイメージで記載されている可能性がある。各地域の自然特性を十分踏まえた上での適切な養浜計画・設計により、本文献で懸念される費用高、維持管理への懸念は大きく変わり、より現実的かつ容易な方法を見いだせる可能性があると考えられる。

#### 2) 維持管理方法や費用に関する検討不足

維持管理の方法や費用低減化に対する考慮がされていない（例えば初期養浜時でのストック砂の確保、等）

### 3) 海浜形成過程、漂砂機構等の海岸工学の知見不足、養浜実施に対する経験不足

適切な養浜の計画・設計を行う上で、現地における海岸形成過程、漂砂特性に対する深い理解と、養浜事業の経験を通じたノウハウの活用が強く求められる。しかしその両方とも、政府関係者および関連ステークホルダーに不足している。

#### 政府の実施する養浜と民間セクターの実施する養浜との違い

- ▶ 政府の実施する養浜事業と、民間セクターが実施する養浜事業とは、目的において大きな違いがある。政府が実施する養浜事業の目的は、あくまでも国土保全、居住地防護、住民の資産と生活の維持、文化の継承、等である。一方、民間セクターは、商用目的により、自身の土地、海岸を防護・維持することを目的とするものであり、政府事業における海岸保全的視点が一般的に欠如していると言える。これにより、島全体としての影響、周辺海岸への影響、国土保全、等、海岸保全上の視点が不足している。商用目的としては、主には外国人観光客や国内観光客への貢献である、一方、住民島に対する商用目的として広く捉えると、例えば事業実施海岸の海岸利用を促進するようなアメニティ創出等を積極的に考えていくことにより、事業を実施することによる地域住民の就労機会の創出、所得の向上の可能性は考えられる。また事業海岸エリアを利用した様々なイベントを創出することも考えられる（JICA で実施したツバルでの技術協力事業では、復元した砂浜を利用したイベントの実施を行った）。
- ▶ 民間セクターは上述の目的より、養浜に必要な砂、また維持管理用の砂を廉価で確保するために、近隣エリアからサンドポンプ等を用いて調達するのが一般的であり、これによる新たな海岸侵食問題が生じる可能性もある。海岸保全の観点ではこのようなことが生じることは絶対に避けなければならない、そのために、費用が著しく掛かっても、特殊浚渫船を用いて影響のない沖の海底から砂を取得する計画にしているものである。

#### 「モ」国における養浜の適用性

##### 1) 提案する養浜工法について

養浜工法として、突堤等の付帯施設を併用した静的安定化工法を提案する。本工法は、事業実施後に必要な維持管理としての追加砂投入の頻度や費用を低減できることが期待されるため、開発途上国に対して妥当であると考えられる。

##### 2) 予想される砂流出の観点

- ▶ 前述のように、サンゴ礁海岸の漂砂移動は、外洋に面した通常の砂浜海岸に比べて一般的に小さい。また提案する工法が砂流出の低減化を目指した静的安定化工法であり、またバリ島海岸保全事業の実績からも、養浜後の顕著な砂流出が生じる可能性は小さいと期待される。
- ▶ 例えばバリ島における衛星画像解析から推定された年間の砂消失量は 6,000～8,000 m<sup>3</sup>/年程度であった。一方、本事業対象候補である Fonadhoo 島および Maamendhoo 島における 2050 年時点における SLR による汀線後退量としては、Maamendhoo 島で 0.6 m/年、Fonadoo 島で 0.67 m/年であった（第 6 章表 6.3.2 参照）。ここで漂砂の移動高と

して現地調査結果より約 2 m と仮定すると、Maamendhoo 島の西側海岸の対象 600 m 間での年間砂消失量は 720 m<sup>3</sup>/年、東側海岸の対象 300 m 間では 600 m<sup>3</sup>/年、また Fonadhoo 島での対象 850 m 間では 1,160 m<sup>3</sup>/年となる。この推定砂消失量は、バリ島の値に比べて極めて小さく、砂消失量がバリ島のそれに比べて少ない可能性が高い。

- 提案する養浜幅として、高波洪水に対する十分な防護機能を有することを考慮し、20 m 確保する提案としている。また各島で、33,000 m<sup>3</sup>の砂を確保する計画である。このストック量は、計算上は Maamendhoo 島では約 30 年間、Fonadhoo 島では約 28 年間の砂消失量に相当する。また提案する工法は突堤併用の静的安定化工法であるため、これにより更なる砂流出低減が期待される。
- ただし実際の流出量は、襲来する波の条件に左右され、今後の特異な波の出現については予測困難である。仮に特異な波浪の襲来が頻繁に生じたような場合は、更なる砂流出と、それに伴う追加砂投入が必要となる。

### 3) ストック砂の確保

本事業では維持管理費用を低減するために、事業において、今後の維持管理に必要な砂を予めストックすることを提案している。これにより、計算上は大凡 25 年程度の砂浜維持に必要な砂が確保される。

### 4) 海岸変化や漂砂機構に関する十分な解析を踏まえた計画・設計の実施と政府関係者への能力向上

衛星画像解析、現地調査、数値検討等を組み合わせた海浜変形や漂砂特性に関する詳細検討結果を踏まえた上で、養浜の計画・設計を実施することになる。また事業期間中、政府関係者に対して、主に OJT を通じて必要な能力向上を行っていく予定である。

### 5) 海岸管理システムの構築と政府関係者およびコミュニティーに対する能力向上支援の実施

活動 2.3 を通じて、政府関係者に対する砂浜維持のための海岸管理、およびコミュニティーに対する日常海岸管理に対する管理システムを構築する。またこの中では、様々なレクリエーション的なイベント（例えばビーチスポーツイベント、オープンマーケット、学校環境教育、等）を企画・実施し、海岸保全に対する意識向上、また事業実施海岸の経済価値の向上を図る。また例えば海岸アメニティ機能を高め、海岸への入場料徴収等による地域の収入面への貢献の可能性、等についても検討を行っていく予定である。

## 気候変動適応策としての効果および事業実施に伴う不適合

- 提案する事業は、海岸侵食および高波浸水による損害を低減することができるため、気候変動適応策としての効果が高い
- 事業実施に伴う漂砂移動への影響は小さいと想定される
- 事業実施による周辺での海岸侵食や高波浸水被害に対する悪影響は少ない
- 提案する事業は、高波浸水費被害を低減するためのものである。同様の目的で JICA がツバル国で実施した事業においても、高波浸水に対する周辺海岸への悪影響は見られなかった。

## 詳細設計での留意点

- 詳細設計においては、以下の2点に留意しながら砂の流出を軽減するための施策を検討する。

### 1) 数値解析結果に基づく詳細平面配置計画の最終化

詳細な平面配置計画は、予測される漂砂の輸送、工事実施後のビーチの形状変化を評価し、正しく理解した上で最終化を図る。そのため、詳細設計時に、実際の海浜変化の現象の再現性を改良し、養浜や突堤の詳細配置の最適化を図るための数値モデルの開発が必要となる。

### 2) 詳細設計時の数値モデルの再現性の改良

現地調査で得られた波浪データを数値モデルの再現性の改良にて適用したが、適用したデータは数か月の観測期間のデータであり更なる改良の余地がある。詳細設計時には1年以上の波浪データを蓄積する予定であることから、これらのデータを海上での波高、リーフ上での波高、水位、波向などの年間変動の観点から解析し、数値モデルの再現性改良のために適用する。

## パラダイムシフトへの貢献

- 「活動 2.2：海岸保全/防護対策の実施」は海岸とリーフが有する自然の防御機能を活用することによる気候変動に対して強靱な島づくりにおいては極めて重要である。この活動では海岸保全/防護対策の実践の場であり、提案事業のすべてのコンポーネントの中で最も重要である。Project Management Unit (PMU)の組織化による同対策の実施を通じ、PMU が事業のモニタリングと評価を行い、グッドプラクティスや教訓を導き出す。これらの活動はパラダイムシフトに資するものである。グッドプラクティスや教訓は事業の管理、調達、施工、施工監理の経験から得られるものである。「モ」国の関係者が海岸侵食と砂浜消失を防ぎたいとの意思は強いことから、本対策のインパクトも大きいと考えられる。
- 「活動 2.1：海岸保全/防護対策に関する詳細設計および関係機関の計画・設計能力向上」は活動 2.2 の実施に必要な活動である。「活動 2.3: 海岸維持管理の実施および管理体制の構築、それに関わる能力向上」は活動 2.2 で行われる養浜された砂浜を維持管理する上で必要である。活動 2.1 や活動 2.3 は OJT による能力向上と技術移転が行われる。その過程で訓練された人材は環境省や国家計画インフラ省あるいは島の行政府に配置され、コンポーネント 2 で獲得した経験や知見を他地域に普及することを目論んでいる。
- 活動 2.3 は地元住民により実際に砂浜の維持管理を行ってもらうことを含んでいる。実際の砂浜の維持管理を通じ、維持管理の重要性と維持管理が海岸環境やコミュニティの便益にどのように関係しているのかを理解してもらうとともに、地元住民によるオーナーシップを醸成する。

- コンポーネント2のこれらの活動は持続可能な養浜の基礎を作るもので、他のコンポーネントの活動と一体となってパラダイムシフトや強靱化へのインパクトに貢献するものである。

### 各サイトでの介入

- Maamendhoo 島では2つの海岸保全策が行われる。ひとつは、延長 900m の養浜と突堤による保全策であり、もうひとつは島の一部(2.2 ha)の埋立てによる避難地域の確保である。同様に Fonadhoo 島と Meedhoo 島でも突堤整備と組み合わせた養浜を行う。Gan 島と Isdhoo 島ではそれぞれ延長 270mの護岸により海岸防御を行い、背後地に位置する歴史的遺産を防御する。
- 「モ」国政府は3つの海岸での養浜と Maamendhoo 島での埋立てのための砂の調達を現物出資として行う。

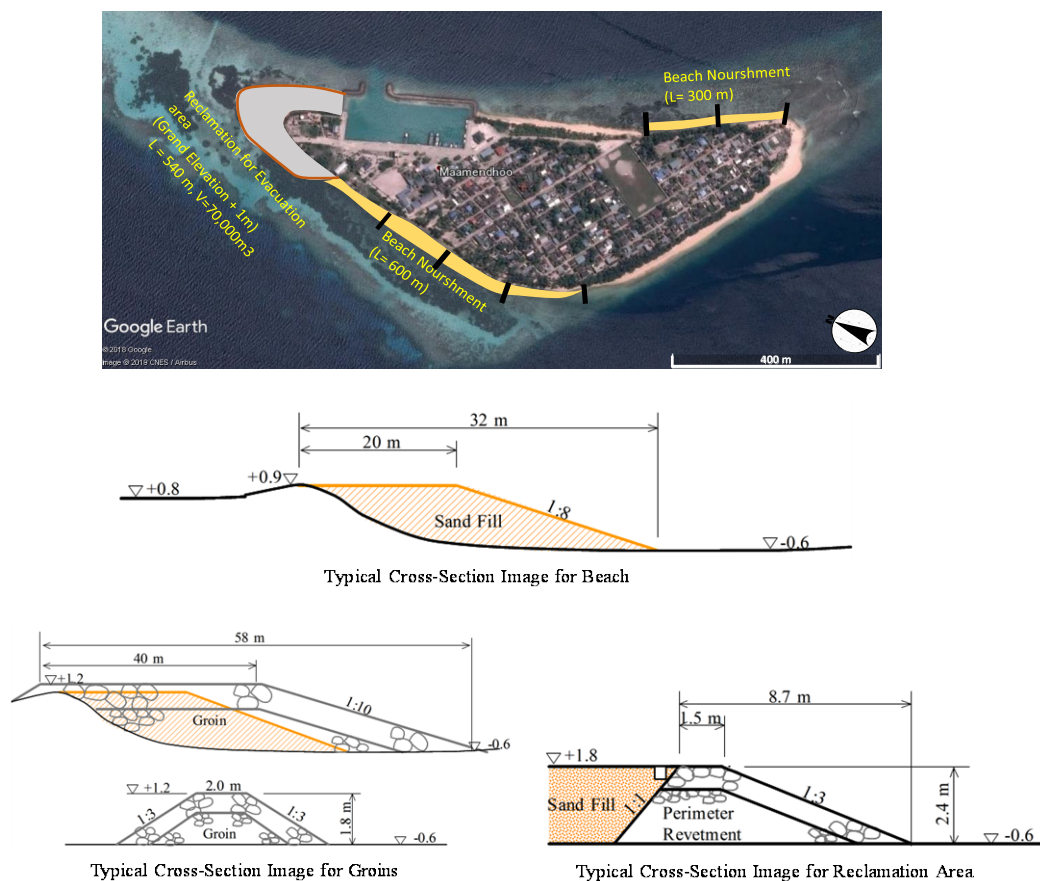
## **(1) 活動 2.2.1: Laamu 環礁 Maamendhoo 島の海岸保全対策および避難エリアの創出 (GCF 資金)**

Maamendhoo 島では以下の2つの対策を実施する (図 8.3.4)。

- ① 2 エリアにおける海岸侵食および高波・浸水防護対策としての海岸保全対策
- ② 避難エリアの創出

気候変動による更なる海岸侵食および高波・浸水被害の顕在化に対する防護と、海岸の利用・環境維持との両立を図るために、島の南東側の約 300 m 間、および西側の約 600m 間において、養浜による海岸保全対策を実施する。10 章に技術検討を示すが、目標とする養浜幅は 20~25m 程度を確保するものとする。また養浜した砂の再流出の低減化、それによる長期的な砂浜の維持を図るため、付帯施設として養浜砂の流出低減のための突堤を併用した対策とする。しかしながら、養浜した砂はいつも波により移動するため、このような低減対策を行っても、少しずつ移動・流出する。これより、長期的な砂浜維持を図っていくための定期的な維持管理に必要な砂の確保のため、一定量の砂 (計画では初期養浜量とほぼ同程度の量) を本事業の中で予めストックする計画とする。





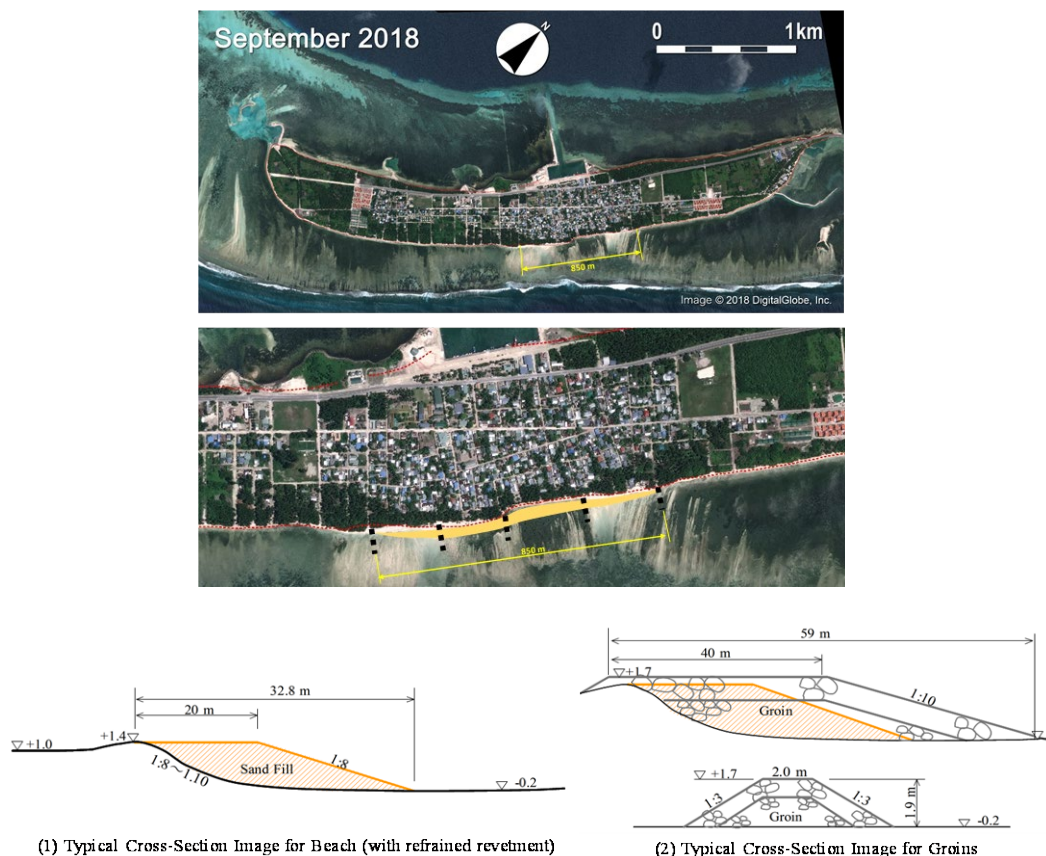
出典：JICA 調査団

図 8.3.4 Maamendhoo 島の海岸保全対策および避難エリアの創出

また他島と比べて標高が低く、高密度のために空地のない Maamendhoo 島において、異常気象時における高波浸水被害から住民の安全を確保するための避難エリアの土地を、島の一部を埋め立て、拡張することにより確保する対策を実施する。避難エリアの面積は、住民約 1000 人分の一時避難に必要なエリアと、必要な付帯施設に必要なエリアを考慮し、2.2 ha 程度とする。また地盤高は、周辺の平均的な地盤高+1.0m とする。

## (2) 活動 2.2.2： Laamu 環礁 Fonadhoo 島外洋側海岸における海岸保全対策（GCF 資金）

Fonadhoo 島において、住宅エリアが既に外洋側の海岸まで広がり、海岸侵食と高波浸水被害が生じている島中央部の外洋側海岸の 850m 間にて、気候変動による更なる海岸侵食および高波・浸水被害の顕在化に対する防護と、海岸の利用・環境維持との両立を図るために、養浜による海岸保全対策を実施する（図 8.3.5）。当海岸の養浜についても、Maamendhoo 島と同様に、目標養浜幅としては 20~25m 程度、また付帯施設として養浜砂の流出低減のための突堤を併用した対策とするとともに、維持管理用の一定量の砂（初期養浜量と同程度）をストックする計画とする。



出典：JICA 調査団

図 8.3.5 Fonadhoo 島の海岸保全対策

(3) 活動 2.2.3： Addu 環礁 Meedhoo 島北部海岸における海岸保全対策（「モ」国コファイ事業）

Meedhoo 島において、現在海岸侵食が深刻化している北部海岸の約 1.4 km 間において、気候変動による更なる海岸侵食および高波・浸水被害の顕在化に対する防護と、海岸の利用・環境維持との両立を図るために、養浜による海岸保全対策を実施する（図 8.3.6）。当海岸は、外海に面するとともにリーフ幅が狭く、波浪条件が上記 2 島に比べて厳しいため、養浜幅としては 15~20m 程度を目標とする。また上記 2 島と同様に、付帯施設として養浜砂の流出低減のための突堤を併用した対策とするとともに、維持管理用の一定量の砂（初期養浜量と同程度）をストックする計画とする。

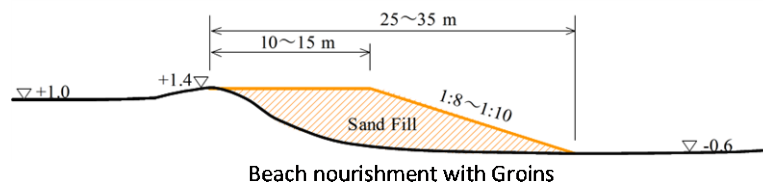


Image of Proposed Beach Conservation Measure (Just Image)

出典：JICA 調査団

図 8.3.6 Meedhoo 島の海岸保全対策

(4) 活動 2.2.4： Laamu 環礁 Gan 島外洋側海岸における局所海岸防護対策（「モ」国コファイ事業）

Gan 島の外洋側のリーフ幅が最も狭まる海岸背後に歴史的遺産があるが、外洋からの高波進入による遺産損傷のリスクに晒されている。これまでも「モ」国政府による高波防護対策としての護岸が構築されてきたが、度々崩壊しており、耐波性の高い、より確実な防護対策が強く求められている。そこで、歴史的遺産を含む後背地の防護を目的とした局所海岸防護対策としての捨石傾斜護岸を約 270m 間で整備する（図 8.3.7）。

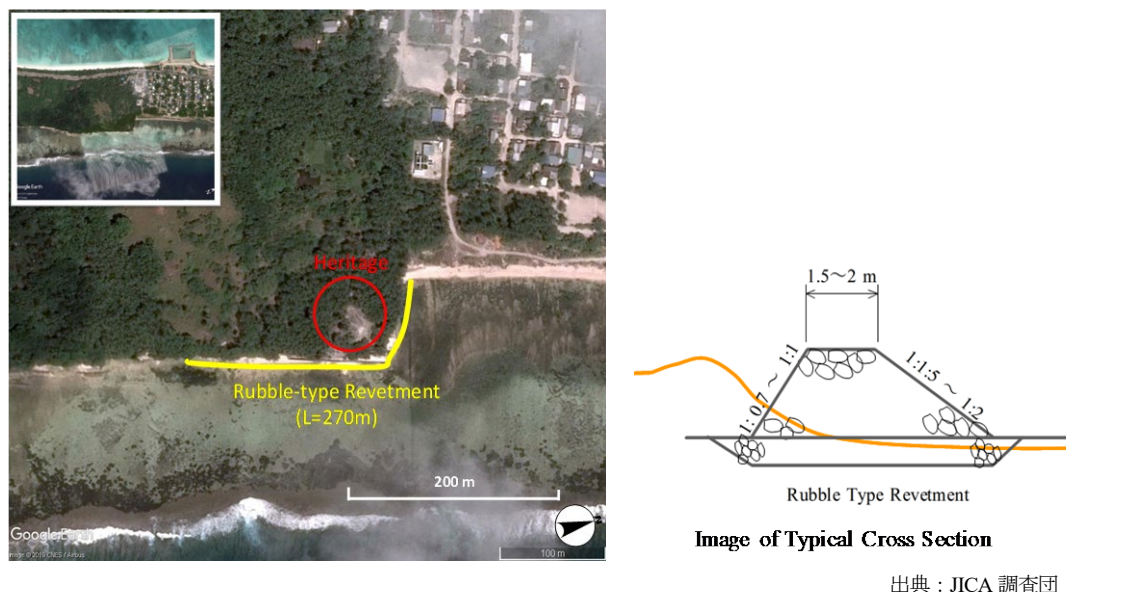


図 8.3.7 Gan 島の局所海岸防護対策

(5) 活動 2.2.5： Laamu 環礁 Isdhoo 島北部海岸における局所海岸防護対策（「モ」国コフアイ事業）

Isdhoo 島では、北端部の海岸背後に歴史的遺産が存在する。当地点は外洋波浪の影響を最も受ける地点であるとともに、リーフ幅が極端に狭く、外海からの高波進入による遺産への損傷が懸念されている。当海岸においてもこれまでに「モ」国政府による高波防護対策としての護岸が構築されてきたが、度々崩壊しており、耐波性の高い、より確実な防護対策が強く求められている。そこで、歴史的遺産を含む後背地の防護を目的とした局所海岸防護対策としての捨石傾斜護岸を約 270m 間で整備する（図 8.3.8）。

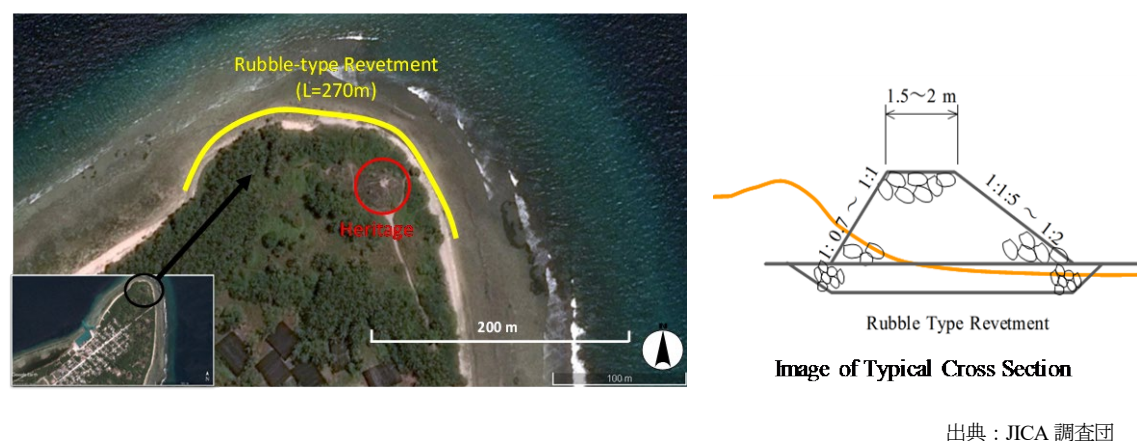
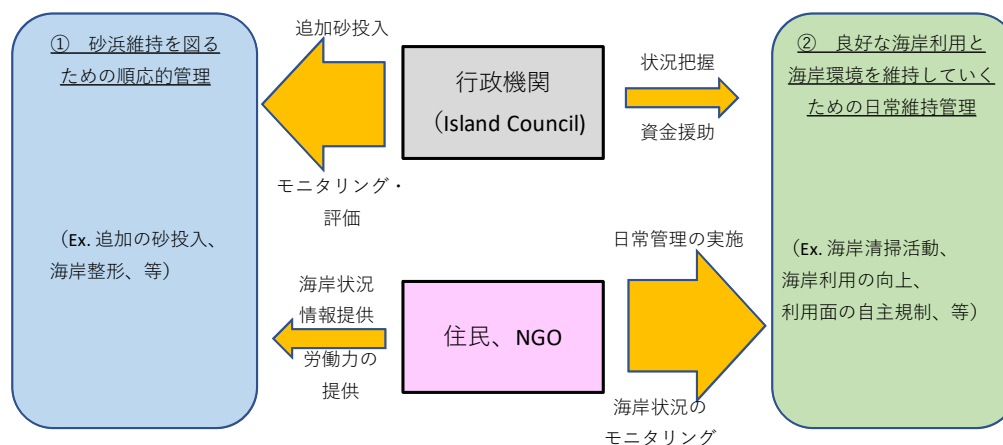


図 8.3.8 Isdhoo 島の局所海岸防護対策

### 8.3.4 活動 2.3： 海岸維持管理活動の実施・管理体制の構築とそれに関わる能力向上

活動 2.2 の海岸保全対策として実施する養浜により改善された砂浜海岸を持続的に維持していくためには、実施後に海岸状況の変化に応じた適切な海岸維持管理が不可欠である。図 8.3.9 に示すように、養浜後の海岸維持管理としては、①外力により変化する海岸状況に応じたの砂浜維持を目的とした順応的管理、および②良好な海岸利用や海岸環境を維持していくための日常的な海岸維持管理、の大きく 2 つの維持管理項目に分けられる。①では、状況に応じたの追加砂投入等の工事を伴う作業も必要となるため、主に行政側主導で実施されることが想定されるが、海岸状況に関する情報提供や、地域住民で実施可能レベルの順応的管理もある。また②では、海岸を利用する地域住民による活動、自主管理が求められる。これより、持続的に良好な海岸を維持していくためには、行政側と地域住民、NGO 等の連携が不可欠である。これより活動 2.3 では、海岸の持続的な維持を目的とした地域と行政が連携した具体的な海岸維持管理活動を、養浜後の海岸で実施することにより、その海岸維持管理体制の定着化、それに必要な関連機関や地域住民の能力向上を図るものである。具体的な活動項目を以下に示す。なお、本活動は GCF 資金を用いて実施するが、JICA コファイ事業として実施するコンポーネント 1 の中の、活動 1.2 ICZM の策定 活動 1.2.2：海岸管理体制の基本方針の検討を踏まえて実施することを想定するため、双方（JICA コファイコンサルと GCF 事業コンサル）が連携して取り組んでいくものとする。



出典：JICA 調査団

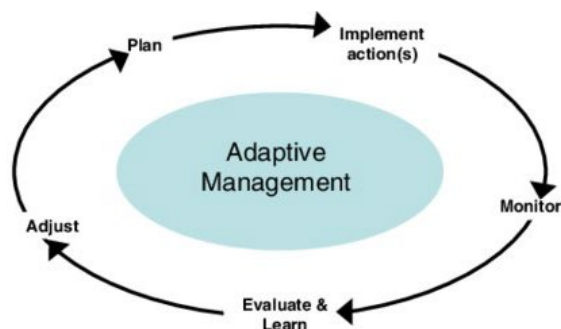
図 8.3.9 養浜後の海岸維持管理のイメージ

#### (1) 活動 2.3.1： 砂浜維持のための順応的管理の実施および管理体制の確立

養浜した砂は、一般的には襲来する波に応じた海浜変形を繰り返しながら徐々に減少していく。これより、長期的かつ持続的な海岸維持を図っていくためには、海岸状況に応じて追加の砂投入等の順応的管理が必要となる。養浜海岸に対する順応的管理は図 8.3.10 に示すように、養浜後の海岸状況をモニタリング・評価し、適切な対応を順応的に講じていく循環管理システ

ムである。本活動は、事業で実施した養浜海岸において、本システムに沿った順応的管理を実施するとともに、その管理体制の確立を図るものである。

本システムを養浜事業に適用した場合の各検討項目の概要と関連機関を示したものが表 8.3.3 である。事業実施後に、島政府主導により住民を巻き込みながら実際の活動として実施し、その経験・知見を蓄積していくことにより、本管理体制の確立を図るものであり、そのための支援を行う。なお、モニタリングで観察された現状の評価には専門的知識・経験が必要であるため、評価については JICA のコファイナンス事業で支援する。



出典：NOAA Coastal Services Center 2006<sup>1)</sup>

図 8.3.10 養浜後の海岸維持管理に用いる順応的管理手法

表 8.3.3 各検討項目の概要と関連機関

検討項目	概要	関連機関
実施	砂浜維持のための追加砂投入の実施	島政府、住民（労働力提供）
モニタリング	定期的な海岸モニタリングの実施（汀線変化、海浜形状等）	島政府、住民（情報提供）
評価	モニタリング結果の踏まえた評価、海浜変化状況把握	島政府
順応 or 計画	順応的対策の必要性の判断、計画	島政府、住民（情報共有）

出典：JICA 調査団

## (2) 活動 2.3.2： 良好な海岸利用と海岸環境維持のための日常維持管理の実施

行政側主導で実施される順応的管理とは異なり、良好な海岸利用と海岸環境を維持していくための日常的な海岸維持管理は、実際に海岸を利用する地域住民（NGO 含む）が自主的に取り組んでいくことが、持続性の観点からも望ましい。本活動は、養浜実施海岸において、事業を通じて住民の自主性に基づく日常海岸維持管理活動を支援するものである。

住民が主導的に行う日常海岸維持管理活動として、以下のような活動項目が想定される。

- 海岸清掃
- 海岸利用に関する規制遵守、自主管理
- 海岸アメニティ向上のための整備
- 海浜変化状況に関するモニタリング、関連機関への情報提供
- 住民レベルで対応可能な海岸整形の実施（必要に応じて）

また、これらの日常管理を実施していく上で、行政側からの資金支援の実現化、仕組み等についても、必要に応じて検討・実施する。

### (3) 活動 2.3.3： 実施に係る住民教育、啓発・広報活動の実施および関係者の能力向上

活動 2.3.1 順応的管理、および活動 2.3.2 日常維持管理の実現化と、それを持続的に運用していくためには、これらの海岸維持管理の必要性・重要性を、関連する島行政機関および地域住民双方とも十分理解した上で、行動につなげていく必要がある。そのための島行政機関の関係者の能力向上、および地域住民に対する教育、啓発活動による海岸保全および海岸維持管理に関する意識向上、それによる自主的な活動支援を行う。島の行政機関関係者に対する順応的管理手法に関する能力向上は、実施した養浜海岸における、養浜後の実際の順応管理を実施していく中で、OJT により実施する。地域住民に対する具体的な住民教育、啓発・行動活動としては、以下のようなプログラムの実施を想定する。

- 教育機関との連携による小中学校での海岸環境教育の継続実施
- 海岸環境保全環境に関わる各種啓発イベントの開催
- 海岸状況や理解向上のための定期的な情報交換会の開催

またこれらの海岸維持管理活動の他島への水平展開を図るために、以下の取り組みを合わせて行う。

- 他島の島行政機関関係者や住民・NGO 代表を招いての現場見学会およびセミナー開催
- 本活動の取り組みを紹介するパンフレット等の作成および他島への配布

## 8.4 コンポーネント3の詳細検討

### 8.4.1 コンポーネント3： 災害時の情報伝達システムの整備

「モ」国の海岸災害対策は、海岸域での物理的な防護対策が主流であるが、今後予想される高波浸水災害の頻発化・甚大化を踏まえれば、島民への災害時の情報入手・伝達システムを含めた計画が必要である。「モ」国では比較的女性が世帯主の世帯が多く貧困率に男女格差がみられる。また、女性の仕事は高齢者や子供、障害者の世話など主に家庭内で行うため、日常的に家庭外で仕事を行い様々な情報入手手段のある男性に比べて即時に情報に触れる機会が少なく、家族と一緒に行動が求められるため、避難等において対応が遅れるリスクが高い。本コンポーネントは、海岸災害発生時の早期警戒情報による住民の生命の防護のため、住民を広くカバーする早期警戒情報伝達システムの構築・運用を、JICA のコファイナンス事業として実施する。この事業はシステムそのもののハード面の整備とシステム運用に係る関係機関の能力向上、住民教育、広報の実施などのソフト面の整備を含む。これらの活動により、アウトプットの「災害時に住民を広くカバーする情報伝達システムの整備と、その運用を担う政府職員の能力向上」をソフトコンポーネントとして実施し、成果として「住民自身の適切な避難行動による住民の生命の防護」を実現する。

活動 3.1： 地上デジタル放送システムの設置

活動 3.2： 早期警戒予報システムの運用システム（地上デジタルテレビ放送）の構築

## 8.4.2 背景

### (1) 「モ」国での災害時情報伝達システムの整備の状況

「モ」国での災害時の情報伝達システムの整備については、2004年のインド洋大津波以降は、「モ」国並びに各ドナーによって、以下のような活動が行われている。

#### 1) TETRA (Terrestrial Trunked Radio) プロジェクトへの支援

2004年のインド洋大津波の被害を受けて、韓国 (KOICA) 並びにフランス (AFD) は、「モ」国警察に対して、環礁間の緊急連絡ネットワークシステムの構築のための資金援助並びに機材更新を行った。TETRA システムは、公開されたネットワークではなく閉鎖的なネットワークであり、限定された機関 (警察や軍など) の間でのみ通信が可能である。その後、「モ」国軍にも TETRA システムは設置され、現在も、「モ」国警察及び軍の間には、TETRA システムによる回線が継続利用されている。

#### 2) Enhance National Capacity for Disaster Risk Reduction and Management in Maldives

「モ」国・国家災害管理センター (NDMC) と UNDP により、2013年より上記プロジェクトが開始された。このプロジェクトは、i) 災害リスク削減及び効果的な災害リスク削減組織のための組織的・法的システムの創設、ii) エンドトゥエンドの早期警戒システムの強化並びに災害リスク削減及び気候変動緩和策に係る周知活動の実施を目的としている、iii) コミュニティの災害への準備及び対応能力の強化、iv) 洪水対応の機構整備、v) 多様な関係機関の関与、及び vi) 災害リスク削減並びに災害リスク管理調整のための国家組織である国家災害管理センターの能力向上を目的としている。

#### 3) 「モ」国における防災と災害管理に関する国家能力強化プロジェクト (Scaling up the National Capacity for Disaster Risk Reduction and Management in Maldives)

「モ」国 NDMC と UNDP により、2016年より上記プロジェクトが開始された。事業期間は2016年2月～2018年1月までの2年間、事業費は、USD380,000である。2015年に策定された「仙台防災枠組 2015-2030」に沿ったプロジェクトであり、政府の災害管理に係る能力の向上及び災害管理に係る現行政策・プログラムの拡大、持続性並びに拡張を目的としている。主な活動は、i) 災害対応に係るコミュニティの能力の向上、ii) 早期警戒システムの強化、及び iii) 災害統計の集計・管理能力の向上である。このうち、活動 ii) により、地域限定並びに国家的な非常時において、NDMC 及び関係機関は、すべての環礁への通信が維持されるようになった。

### (2) 「モ」国におけるテレビ・ラジオ網

気象情報や自然災害の基本的な情報を伝達するシステムとしてテレビ・ラジオ放送が挙げられる。「モ」国のテレビ放送は、1978年に国営放送局により開始され、国営ラジオとテレビ局の統合を経て、2015年に国営放送局が「モ」国公共放送 (Public Service Media、以下、PSM) となった。「モ」国のテレビ普及率は2006年で85%から2014年では88.4% (2006年センサス及び2014年センサス「モ」国統計局) と増加している。「モ」国には地上波放送局が3局あるのみであり、このうち PSM を除く2局は、地上波による放送サービスエリアはマレ島周辺のみと



なっている。一方、地上波放送の未発達に対し、衛星テレビ／ケーブルテレビ（以下、CATV）の普及は進んでおり、ケーブルテレビの普及率も2000年の6%から、2006年では50.3%、さらには2014年では73.9%と増加している（2006年センサス及び2014年センサス、「モ」国統計局）。地方の居住島では、様々な番組を視聴するためにCATVの加入が必須となっていることから、地方の居住島のほうがMaleよりCATVが普及している（Maleでの普及率：71.2%、地方の居住島：75.7%）。しかしながら、CATVによる有料放送で放送される外国番組に人気偏り、「モ」国で生活する上で必要な情報や地方に特化したコンテンツ等が制作され難い環境を増長している。

### (3) 災害時の情報伝達システムの整備の必要性

上述したUNDPの支援による早期警戒システムの強化では、非常時の通信網は維持されるようになったが、全国的な早期警戒予報システムの構築は不十分である。また、1,300にも上る島から構成される「モ」国においては、地域によって異なる災害情報が必要になる可能性があることから、地域に特化した情報を整理し、伝達するシステムの構築が求められている。

そのため、デジタル通信による全国放送網の構築、並びに、構築した放送網の運用・管理を実施する機関の技術向上が必要となる。さらに、適切かつ必要な情報を伝達するためのコンテンツ作成能力の向上、並びに、全国的な放送網を活用した災害時警戒情報を伝達するためのシステムの構築が必要になる。

## 8.4.3 概要

コンポーネント3： 災害時の情報伝達システムの整備

7章、7.6で示したように、コンポーネント3はJICAのコファイナンス事業として実施するものであり、以下の2つの活動から構成される。

活動3.1： 地上デジタル放送システムの設置

活動3.2： 早期警戒予報システムの運用システム（地上デジタルテレビ放送）の構築

それぞれの活動の活動内容を以下に示す。

### 8.4.4 活動3.1： 地上デジタル放送システムの設置

#### (1) 活動3.1の概要

活動3.1では、住民の主な情報入手手段となっているテレビを活用し、地上デジタルテレビ放送を構築する。活動3.1.1の早期警戒予報システムの標準化のうち全国放送網の構築はJICAの無償資金協力で実施する。さらに、活動3.1.2の早期警戒予報システムに係る意識啓発はJICAの技術協力事業を通じて行う。具体的な活動内容を以下に示す。

## (2) 活動 3.1.1： 早期警戒予報システムの標準化

活動 3.1.1 では、早期に中央・地方各レベルの関係機関で海岸災害に係る情報を取得するとともに発信するためのハード面の整備を行う。「モ」国からの要請により、Laamu 環礁ガン島を含む「モ」国全土に対して、以下の施設を建設する。

表 8.4.1 導入施設及び対象環礁数

施設	対象数	備考
ネットワークオペレーションセンター計画地	1 環礁	Male
マイクロ回線中継所計画地	3 環礁	
デジタル送信所計画地	18 環礁	Laamu 環礁を含む

出典：JICA 調査団

表 8.4.2 導入施設及び機材

項目	小項目	備考
施設	アンテナ鉄塔、送信局舎等	
機材	デジタル送信システム、ネットワークオペレーションセンター機材、PSM 機材等	

出典：JICA 調査団

## (3) 活動 3.1.2： 早期警戒予報システムに係る意識啓発

災害情報の伝達を実践するために、早期警戒予報システムの試行を兼ねてパイロット的にコミュニティの参画による避難訓練を行う。これにより、関連する地方自治体およびコミュニティの住民の意識の向上することのみならず、災害情報のカテゴリーと内容など早期警戒予報システムについての理解も深めることができる。また、パイロット型の避難訓練の実施から得られる教訓は、早期警戒予報システムの改善につなげていくよう活用される。

## 8.4.5 活動 3.2： 早期警戒予報システムの構築

### (1) 活動 3.2 の概要

Laamu 環礁を含む「モ」国内において、地上デジタルテレビ放送を通じて気象／防災情報へのアクセスを改善することにより、情報格差、特に自然災害に関する情報の格差が是正される必要がある。そのためには、地デジ放送の特徴と「モ」国の状況に適したデジタル放送が実施されることが必要である。そのため、JICA コファイによる技術協力プロジェクトを通じて、活動 3.2.2 として、地デジ普及促進のためのシステムを確立して地デジを普及させるとともに、地デジ双方機材の運用・管理並びにデータ放送番組制作に関する能力向上への支援を行う。この活動を基礎として、活動 3.2.1 として、緊急警報放送システム (EWBS) の設置を行うとともに、適切な運用を支援する。なお、これらの活動は、JICA の技術協力プロジェクトで行うが、活動 3.1.1 の無償資金協力事業の進捗に合わせて実施する必要がある。

## (2) 活動 3.2.1： 災害時警戒情報伝達に係る運用システムの検討

災害時に必要な情報が適切に伝達されるためには、適切な災害時警戒情報伝達システムを構築し、適切な運用がなされる必要がある。そのために、次に挙げる活動を実施する。

### 1) 緊急警報放送システム（EWBS）を設置する

地デジ日本方式（ISDB-T）の最大の特徴ともいえる機能である緊急警報放送システム（EWBS）を構築する。EWBS を通じて警報をリアルタイムに提供でき、さらに海上航行中の船舶でも警報を受信できるため、迅速かつ適切な避難行動につながることを期待される。また、EWBS に必要な機材（デジタルサイネージなど）の調達も同時に行う。

### 2) 緊急警報放送システム（EWBS）の運用を支援する

EWBS の運用は、まず災害放送全体の仕組みを明確にし、その上で、災害放送の一部として EWBS の運用を行う。EWBS の運用は、PSM、MMS 及び NDMC の 3 機関で実施する。それぞれの役割は以下を想定している。

- ・ PSM：EWBS を通じて警報を発報する
- ・ MMS：気象注意報・警報を発表し、その情報を PSM に送る
- ・ NDMC：警報の発報を受けて避難情報・災害情報を発表する

EWBS の的確な運用を行うため、上記 3 機関を含めたワーキンググループ（PSM がグループリーダー）を設置し、ワーキンググループによる EWBS の運用を支援する。この技術移転は、実際の運用や訓練などの際の OJT を通じて行うとともに、各種マニュアルを作成する。

なお、EWBS を通じた警報の発報の際には、コンポーネント 4 の波浪観測システムより得られるリアルタイムの波浪情報などが活用される予定である。

## (3) 活動 3.2.2： 地上デジタルテレビ放送による災害警戒情報体制の構築

地上デジタル放送技術は「モ」国に初めて導入される技術である。そのため、「モ」国において地上デジタル放送を実施するための第一段階として、地デジ普及促進のためのシステムを確立する。さらに、地デジ放送に必要な機材・設備を適切に運用していくため、同国放送技術者の機材運用・維持管理能力の向上にかかる技術移転を行う。

また、地域性を考慮したデータ放送プログラムの制作や番組非連動型のデータ放送プログラムの作成、番組編成計画の作成、番組制作マニュアル等に係る技術移転も実施する。

## 8.5 コンポーネント 4 の詳細検討

### 8.5.1 コンポーネント 4： 気候変動に係る基礎情報・データの収集および共有システムの整備

「モ」国ではこれまで海岸侵食やリーフ環境悪化の現象については認識されているものの、その詳細な実態・経緯、要因把握、また今後の気候変動による水位上昇や外力変化が及ぼす影響等についての具体的認識・理解が不足している。その主要因の 1 つとして、これまでデータ

に基づく各現象の理解が進んでおらず、正しい情報を元とした議論がなされてこなかったことが挙げられる。そこで今後の気候変動影響と、それによる沿岸災害リスクの増大に最も関係する外力因子である波浪と水位を継続的に観測するとともに、その沿岸域への影響を定期的に調べ、それらの定量的な情報を元にし、今後の気候変動に対する影響把握及び対策を引き続き検討していくことが、「モ」国として求められる。本コンポーネントは、アウトプットの「気候変動の影響に係る基礎情報・データの収集および共有システムの整備と、システムの運用に関わる政府職員への技術移転および能力向上」を実施し、成果の「モ国政府内で気候変動の実態および影響が把握され対策の検討」を実現するために、以下の2つの活動から構成される。なお、本コンポーネントは JICA のコファイナンス事業として実施する。

活動 4.1： 波浪モニタリングシステムの整備

活動 4.2： 海岸・リーフ及び土地利用モニタリングシステムの整備

## 8.5.2 概要

コンポーネント 4： 気候変動に係る基礎情報・データの収集および共有システムの整備

コンポーネント 4 は JICA のコファイナンス事業として実施するものであり、以下の2つの活動から構成される。

活動 4.1： 波浪モニタリングシステムの整備

活動 4.2： 海岸・リーフ及び土地利用モニタリングシステムの整備

それぞれの活動の活動内容を以下に示す。

### 8.5.3 活動 4.1： 波浪モニタリングシステムの整備

活動 4.1 では、今後の気候変動による長期的な外力把握を行うため、これまで「モ」国では整備されていなかった、波浪と海水位の長期モニタリングシステムを整備し、必要な技術支援を行うものである。具体的な活動内容を以下に示す。

#### (1) 活動 4.1.1： 波浪観測システムの構築（代表 3 エリア程度）

##### 1) 想定する観測地点

「モ」国の各環礁および住民島は、南北約 820 km の範囲に広がるため、海岸災害を引き起こす波や海水位の特性も北部と南部では大きく異なる（2 章参照）。これより本事業では、北部・中部・南部エリアの代表 3 地点において、波浪と海水位の長期定点観測システムを構築する。設定する 3 地点としては、システムの運用・管理を担うことが想定される気象局の水位観測・管理事務所が存在する Hanimaadhoo（北部）、Male（中部）、および Addu 環礁の Gan 島（南部）を想定する。

##### 2) 想定する波浪観測機器

長期定点波浪観測として必要な情報としては、波浪諸元（波高、周期、波向、可能であれば波浪スペクトル）、海水位、海水温、等が挙げられる。用いる波浪観測機器としては、日本を含む他国で実施されている事例より、いくつかの選択肢が挙げられる。機器の選定に当たっては、得られるデータの信頼度とともに、長期観測システムとしてのシステム全

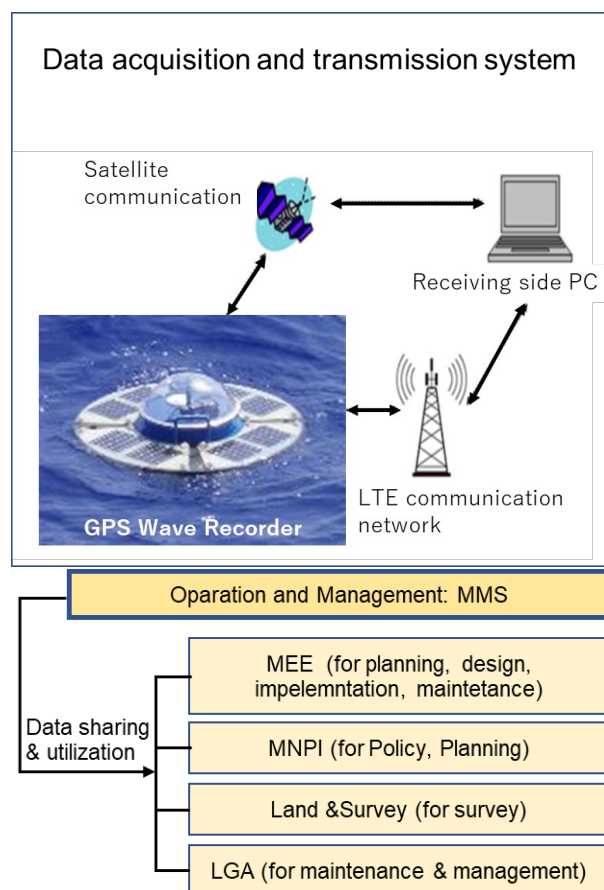
体の信頼度・耐久性、また「モ」国初となる長期定点観測システムであることから、「モ」国側での運用・維持管理の実現性・容易性を考慮する必要がある。また、これらの波浪観測機器は、大きくリアルタイム式と記録式に分けられ、前者はデータ伝送システムを組み合わせることにより、時々刻々の波浪データが得られるもの、後者は得られたデータが波高計に内蔵されたメモリーに記録され、波高計引き上げ時にデータを改修するタイプである。コンポーネント3で提案する災害予警報への活用を考えた場合、リアルタイム式であることが望ましい。

表 8.5.1 は、異なる長期波浪観測システムの概要とその比較を示すものである。特に近年では GPS 測位精度の向上や、衛星を介したデータ電送技術の発達により、GPS 波浪計を用いたリアルタイム式の波浪観測システムが国内外で多用されつつある。最近では現地での設置・係留作業が容易な小型化されたものや、電池交換等の現地作業の省力化を図るため、太陽光パネルを取り付けたもの、等が提案・運用されている。

表 8.5.1 の比較検討結果より、現時点では小型 GPS 波浪計を用いた波浪観測システムを想定する。なお、事業実施後に詳細検討（場合によってはテスト観測）を行い、採用する機器等を決定するものとする。

### 3) システムのイメージ

GPS 波浪計を用いた現地での波浪データ取得、データ伝送、蓄積を含めたシステム全体イメージを図 8.5.1 に示す。



出典：JICA 調査団

図 8.5.1 波浪観測システム全体イメージ図

#### 4) データの活用

蓄積されたデータは以下に示すような活用が想定される。

- 気候変動ハザードとしての波や水位の長期的な水位の把握
- 上記を踏まえた今後の気候変動の基本施策、気候変動対策事業およびその他沿岸域におけるインフラ整備事業の計画・設計への活用
- 高波・高潮・浸水等の特異イベント、海岸災害に対する事後解析データとしての活用
- オープンデータとしての再解析データ（ERA 5 等）と組み合わせることにより、他エリアでの波浪特性の把握
- 波浪予測モデルの構築と組み合わせることにより、波浪予測への活用
- 災害予警報システムへの活用

#### (2) 活動 4.1.2： データ取得（現地作業）・解析・活用に関する技術移転・能力向上

本システム導入に関わる必要な技術移転項目および想定する対象機関を図 8.5.1 に示す。

表 8.5.1 波高計の比較

No.	1	2	3	4
種類	海底設置型波高計 (超音波式/水圧式)	Wave rider Buoy	GPS 式波高計 (ブイ搭載)	GPS 式波高計 (小型ブイ式円盤型)
原理	超音波式：超音波センサーにより、 表面波形を直接計測する 水圧式：水圧センサーにより計測さ れた圧力変動から表面波形に変換 する	ブイ内の加速度センサーにより計 測された加速度から表面波形に変 換する	ブイに取り付けた単独測位方式の GPS センサーの位置情報にフィル タ処理をして波高を算出	同左
精度	比較	高	中	低
	理由	超音波センサーは、波を直接計測でき るため精度は最も高い。ただし高波浪 時には波峰の気泡混入により欠測す るため、その影響を受けない水圧セン サーと併用するケースが多い	加速度から波高に変換するため、海 底設置型と比較して精度は落ちる。 小型のため波への追従性は高く精 度は比較的高い。	GPS の位置情報から波高に変換す る際に誤差が生じることと、大型 のため波への追従性が低いことか ら、他に比べて精度は落ちる。
作業 の簡 便性	比較	低	中	中
	理由	設置作業および数ヶ月毎に内蔵の メモリーおよびバッテリー交換の ためのダイバー作業が必要となる	係留式であるため、ダイバー作業は 基本的に生じない。また波高計が小 型であるため、大がかりな係留シス テムは必要なく、メンテナンス作業 が容易	係留式であるため、ダイバー作業 は基本的に生じないが、大がかり な係留システムが必要となり、係 留システム含めたメンテナンス作 業に手間、費用が掛かる

No.	1	2	3	4	
バッテリー	アルカリバッテリーor リチウムバッテリー（蓄電池）		太陽電池（蓄電池も可）		
データ保存形式	SD カードにデータ内蔵	SD カードにデータ内蔵	リアルタイムでデータ伝送	リアルタイムでデータ伝送	
費用	計測機器	中 (3 万ドル/台のオーダー)	低 (1 万ドル以下/台のオーダー)	高 (10 万ドル/台のオーダー)	中 (6 万ドル/台のオーダー)
	係留・設置システム	不要 (海底設置型のため)	廉価 (小型のため)	高価 (大型のため)	廉価 (小型のため)
	データ転送システム	基本的にはなし (保存データ内蔵式のため、但し別途伝送ブイを併用することによりリアルタイム計測も可能)	基本的にはなし (保存データ内蔵式のため)	中 (約 100 万円 /年) (受信パソコン+通信衛星使用量)	同左
	現場作業	高 (ダイバーによる潜水作業)	低 (小型船舶で可能)	高 (特殊作業船が必要)	低 (小型船舶で可能)
	合計	高	低	高	低
設置場所の制限	設置・交換作業にダイバー作業が必要なため、ダイバー作業が可能な水深 30m 程度までの浅海域に限られる	基本的にダイバー作業が必要ないため、特に制限はない	同左	同左	

出典：JICA 調査団



表 8.5.2 各作業における必要な技術移転項目および想定する対象機関（活動 4.1.2）

作業種別	必要な技術移転項目	対象機関
データ取得 (現地作業)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS 波浪計の取り扱い方法</li> <li>・設置・係留方法およびその現地作業内容</li> <li>・データ伝送関連</li> </ul>	MMS, Land&Survey
データ解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・波浪統計量の算出</li> <li>・スペクトル解析</li> <li>・オープンデータ（再解析データ（ERA 5））との比較検討</li> </ul>	MMS
データ活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データベース化</li> <li>・共有化のためのネットワーク化</li> <li>・波浪予測モデル構築</li> <li>・予警報システム構築</li> </ul>	MMS, ME

出典：JICA 調査団

### 8.5.4 活動 4.2： 海岸・リーフ及び土地利用モニタリングシステムの整備

活動 4.2 では、海岸・リーフおよび土地利用モニタリングシステムを整備する。ここでは、長期的な海岸・リーフの変化および土地利用の変遷をマクロ的に把握するためのモニタリングと、問題・特定エリアでの海岸やリーフ状況を詳細に把握するためのモニタリングに分けられる。具体的な活動内容を以下に示す。

#### (1) 活動 4.2.1： 衛星画像と GIS を活用した広域モニタリングシステムの構築と運用に関する能力向上

##### 1) システムの概要

長期的な海岸・リーフの変化および土地利用の変遷をマクロ的に把握するために、衛星画像を活用したモニタリングシステムを構築する。想定するシステムの概要を下記に、システムイメージ図を図 8.5.2 に示す。

- 住民島の衛星画像を数年毎に購入し、汀線変化、リーフ変化、および土地整備状況に関する情報を抽出する。購入頻度としては、3～5年程度を目安とする。またモニタリング対象とする住民島は、各島の地形特性や社会経済面からの重要度、および衛星画像の購入に掛かる予算等を踏まえ、決定する。
- 抽出した情報は、GIS 上に一元化し、データ形式の共通化を図る。
- それぞれの関係機関で活用できるように、データ共有化を図る。



出典：JICA 調査団

図 8.5.2 衛星画像を活用したモニタリングシステムのイメージ図

## 2) 情報の活用

蓄積された汀線変化、リーフ変化および土地整備状況に関する情報は、以下に示すような活用が想定される。

- 海岸侵食状況、リーフ環境変化および土地利用の定量把握
- 上記を踏まえた、海岸およびリーフの気候変動および人為的要因の解明
- 上記を踏まえた、今後の海岸保全計画、リーフ環境計画、土地利用計画への活用

## (2) 活動 4.2.2： UAV 技術を活用した特定エリアでのモニタリングと運用に関する技術移転・能力向上

### 1) システムの概要

従来、特定海岸における詳細な海浜断面変化を調べるためには、現地測量を行うのが一般的であり、測量専門業者に依頼するケースがほとんどであった。一方、近年の UAV 技術の急速な発達により、熟練した測量技術を用いずに、より簡便に同様の精度を有する情報を得ることが可能になってきた。今後、更なる UAV 技術の発展に伴い、これを海岸やリーフのモニタリングに活用していくことが一般的になっていくと予想される。

システムのイメージは図 8.5.3 に示すとおりである。現地にて、UAV を用いての海岸やリーフの空中画像を撮影し、それを 3D 点群データに変換し（すべての点での RGB 値（輝度）と位置座標（X、Y、Z）を持つ）、目的に応じて必要な情報を取り出すものである。



図 8.5.3 UAVによる海岸・リーフモニタリングシステムのイメージ

本システム導入に関わる必要な技術移転項目および想定する対象機関を表 8.5.3 に示す。

表 8.5.3 各作業における必要な技術移転項目および想定する対象機関（活動 4.2.2）

作業種別	必要な技術移転項目	対象機関
現地計測作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>飛行計画策定</li> <li>ドローン操作およびその他現地作業に必要な技術支援</li> </ul>	Land & Survey
解析 (3Dモデル作成)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ソフトの使用および解析方法</li> </ul>	Land & Survey
必要情報の抽出	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸・リーフモニタリングとしてのデータ処理方法</li> <li>結果の評価方法</li> <li>データ蓄積方法</li> </ul>	Land & Survey ME MNPI

出典：JICA 調査団

<参考文献>

- 1) NOAA Coastal Services Center (2006): Coastal Ecosystem Restoration.  
<http://www.csc.noaa.gov/coastal/management/management.htm>.

## 第9章 提案する海岸適応策の検討

### 9.1 適応策の基本方針

#### 9.1.1 基本方針

「モ」国でこれまで実施されてきた海岸防護対策は、護岸、埋め立てといったハード構造物対策がほとんどであった。このようなハード構造物対策は、以下の点の問題がある。

- 「モ」国の各島は、基本的にリーフから供給されるサンゴの砂礫が堆積して形成された土地である。ハード構造物による対策は、このようなリーフからの土砂供給や島の形成過程については考慮されていない対策である。
- 「モ」国における海岸侵食は、基本的にこれまで自然のバランスの中で供給され続けてきたサンゴ砂礫の海岸への供給が、人工構造物や人為的作用により減少または消失し、海岸の土砂収支のバランスが崩れたことによって生じているものである。海岸侵食が進行しつつある海岸で、このようなハード構造物による防護対策を行っても、一時的に陸域を防護する効果しかなく、海岸侵食を引き起こしているそもそもの要因である、海岸への土砂供給を改善する対策ではない。これより気候変動という長期的かつ不確実性を有する中での海岸侵食対策として、ハード構造物対策は持続的かつ恒久的な対策とは言い難い。
- Fonadhoo 島及び Maamendhoo 島の2カ所の事業候補地は、海岸侵食による土地消失や高波・越波の浸水被害が顕在化している一方、自然海浜が現存する。海岸域背後には居住地が存在し、海岸は住民の憩いの場として利用されている。一方、護岸や埋立て等によるハード構造物対策は、このような海岸利用を阻害することになる。また構造物等により一度自然海浜が失われると、これを復元することは基本的に極めて困難である。

これより本事業で提案する海岸適応策として、以下の基本方針を掲げる。

- 提案する適応対策は、防護機能を高めるとともに、これまで現地で営まれてきた人と海岸の関わり（海岸利用）を維持していく
- 次世代以降への持続的な海岸維持を図る上で、これまで長年の波の作用で形成されてきた浜の形成過程やリーフ海岸における土砂供給の維持と、リーフや砂浜の存在による自然の防護機能をできるだけ活かした対策とする
- 気候変動影響のシナリオの不確実性を踏まえ、提案する適応策は、今後生じる現実の気候変動影響に対して、柔軟に対応できる余地を有する対策とする

海岸防護対策として、上記のハード構造物対策とは異なるソフト対策としての養浜工法が挙げられる。表 9.1.1 は、「モ」国で一般的なハード構造物対策である護岸と、ソフト対策である養浜工法との比較を示したものである。

事業対象エリアとして想定する Laamu 環礁 Fonadhoo 島オーシャン側及び Maamendhoo 島は、いずれも背後が居住地であり、海岸域は地域住民の憩いの場として利用されている。これより提案する適応策は、今後の気候変動リスクに資するとともに、これまで営まれてきた人と海岸の関わりを維持できる対策案として、ソフト対策である養浜工法を基本とする。

表 9.1.1 護岸（ハード構造物対策）と養浜（ソフト対策）の比較

対策	ハード構造物対策（護岸）	ソフト対策（養浜）
防護効果	護岸が損傷しない限り、背後域の防護が図られる	養浜断面が維持される限り、背後域の防護が図られる。
浜の形成、自然防護機能、土砂供給との関係	関連なし（海岸への土砂供給は遮断される）	これを維持・より効果を高めるもの
海岸利用	すべての箇所で海岸と陸域の断絶により基本的に困難	自然海浜と同様、高い利用が維持
環境・景観	人工的な景観	自然景観の維持、砂浜の存在による海生生物環境向上の可能性
気候変動の不確実性に対する適応性	例えば将来的な護岸の高上げ・巨大化等を予め考えた構造としない限り、基本的に対応困難	砂浜がバッファゾーンとなり、その範囲で柔軟に対応可能
対策効果の持続性	護岸が維持される限り持続される。一方侵食は進行して行くため、特に洗掘に対するメンテは必要。また一般的に構造物としての耐用年数は30年程度で設計される	追加の砂投入等、必要な海岸管理を行う限り、高い持続性。反面、それがなされないと徐々に低下する
初期コスト	「モ」国での建設コストは 1,000～2,000 US/m (例) 2km で 2～4 百万 US	養浜コストは 10～15 US/m <sup>3</sup> 程度 (浚渫船のモビ・デモビ含まず) (例) 2km, 20m 幅で 0.6～1 百万 US (浚渫船のモビ・デモビ 2.6 百万 US とすると、トータル 3.2～3.6 百万 US)
維持管理コスト	基本的に妥当な設計・施工が行われている限り、30年の耐用年数。30年後に初期コストと同程度のコストがかかる とすると、 33,000～66,000 US/年	定期的なメンテナンスは基本的に必要。砂の仮に 3 年毎に 20%程度 の追加砂投入を仮定すると、 21,000～64,000 US/年

出典：JICA 調査団

## 9.1.2 事業対象海岸における対策の基本方針

### (1) Maamendhoo 島での対策

Maamendhoo 島は、島面積 18.7ha の小さな島の中に 900 名あまりの島民が暮らす、Laamu 環礁内で最も高人口密度の島である。島内は沿岸域含めて住居が密集し、空き地はほとんど存在しない。島の地盤高は MSL+0.6～+0.8m 程度と極めて低く、また海岸は全体的に侵食傾向にある（図 9.1.1）。このような状況より、現在既に、高潮位・高波浪時には度々高波・浸水被害が生じている（図 9.1.2）。第 3 章で述べたように、島面積が小さいほど海岸侵食による砂浜減少が国土消失に及ぼす影響が大きくなるため、今後気候変動による水位上昇、それによる海岸侵食の加速は、島の消失と更なる海岸被害

の拡大を招く可能性が高い。これより図 9.1.3 に示すように、本島での海岸適応対策の実施を提案する。本島での対策の基本方針は以下の通りである。



(1) 西側海岸の状況



(2) 東側海岸の状況

出典：JICA 調査団

図 9.1.1 Maamendhoo 島の海岸侵食状況(2019 年 3 月)



(1) 海岸付近



(2) 背後の居住地

出典：Maamendhoo Island Council<sup>1)</sup> 提供

図 9.1.2 島内への高波浸水時の状況

- 対策目的としては、①海岸侵食の抑制による国土消失、及び高波・越波による居住地への浸水被害の低減、②異常イベント時（サイクロン、津波等）に対する避難場所の確保、の 2 点である。
- 現地調査結果より、現在海岸侵食及び高波浸水被害が生じているエリアとして、島の西側海岸エリア（約 600m）及び東側海岸エリア（約 300m）であるため、ここでの海岸保全対策を行う。これら 2 つのエリアの海岸は、海岸侵食が進行しつつあるが、自然海浜が現存し、海岸域は島民の憩いの場として利用されている。これより対策工法として、防護と利用・環境を考慮した養浜工法を採用する。また投入した養浜砂の安定化を高めるために、突堤を併用した工法とする。
- 異常イベント時の避難エリア確保のため、新たな空間を創出するための埋め立てを行う。埋立てエリアは避難場所としての必要最低限のスペースに留め、自然海浜やリーフの人工化を最小

限に抑えるものとする。埋め立て場所については、海岸背後に居住地が少なく、海岸利用の低い場所として、港の北側エリアを想定する。また埋立てエリアの地盤高は、避難場所としての安全・安心を確保できる地盤高として、現地盤高よりも高くなるよう設定する。



出典：JICA 調査団で購入した 2019 年の World View を用いて加工

図 9.1.3 Maamendhoo 島の対策エリア

## (2) Fonadhoo 島での対策

Fonadhoo 島は、島面積 163 ha で 2200 名あまりの島民が暮らす、Laamu 環礁の住民島の中で中規模の大きさを持つ島である。島の中央部のラグーン側に位置する港の背後に居住地や商業施設が広がる。中央部以外は比較的未開発エリアも多いが、今後宅地造成を主とする開発が計画されている。Fonadhoo 島では中央部のオーシャン側に面した居住地エリア(図 9.1.4)で、高波・浸水被害が度々生じており、島行政府(Island Council)により砂の築堤が設けられている。海岸侵食はそれほど顕著ではないものの、全体としては後退傾向にある(図 9.1.5)。今後気候変動による海岸侵食の進行及びリーフ上波高の増大は、当エリアの更なる高波・浸水被害の拡大を招く可能性が高い。これより、図 9.1.6 に示す、Fonadhoo 島におけるオーシャン側の居住地エリア(約 850m 間)での海岸適応対策の実施を提案する。対策の基本方針を以下に示す。

対策目的としては、海岸侵食及び高波・越波の抑制による、オーシャン側に面した居住エリアの安全・安心の確保である。

当対象エリアは自然の砂浜海浜が現存し、海岸エリアは住民の憩いの場として高度な利用がなされている(図 9.1.7)。これより、提案する対策は、海岸防護と利用・環境を考慮した養浜工法を採用する。また投入した養浜砂の安定化を高めるために、突堤を併用した工法とする。



出典：JICA 調査団

図 9.1.4 オーシャン側背後の居住地



出典：JICA 調査団

図 9.1.5 オーシャン側の海岸侵食状況



出典：JICA 調査団で購入した 2018 年の World View を用いて加工

図 9.1.6 Fonadhoo 島の対策エリア



出典：JICA 調査団

図 9.1.7 住民により整備された海岸公園



## 9.2 概略設計

### 9.2.1 提案する施設諸元とその考え方

各優先海岸での対策を下表に示す。以下に各構造物の基本諸元の設定の考え方を示す。

表 9.2.1 各優先海岸での対策工法

対象島	場所	対策工法
Maamendhoo	東側海岸 (300 m)	養浜＋突堤
	西側海岸 (600 m)	養浜＋突堤
	北側海岸	埋立造成＋外周護岸
Fonadhoo	東側海岸 (850 m)	養浜＋突堤

出典：JICA 調査団

#### (1) 養浜

- 養浜の基本諸元の1つである養浜バーム高については、自然海浜が長年の波・流れの作用で形成されたものであることから、各海岸における現地調査結果より得られた自然海岸のバーム高に合わせることを基本とする。
- 海浜勾配（前浜勾配）については、各海岸を構成する砂の粒径に依存することがこれまでの知見より得られている。養浜に用いる砂の粒径は、近隣の自然海岸と同等のものを用いるものとし、これより海浜勾配についても、各海岸における現地調査結果より得られた自然海岸の海浜勾配に合わせることを基本とする。
- 養浜幅については、以前の汀線位置や、背後域の防護に対するバッファーズーンの確保、人々の海岸利用、等を考慮し、大凡 20m 程度を確保するものと仮定する（その技術的妥当性については(4) 基本諸元の検証を参照）。
- 養浜は常に波の作用により変形し、異常波浪襲来時には投入した養浜砂の流出の可能性も考えられるため、基本的には定期的な維持管理（追加の砂投入）を行うものとし、その砂は本事業の中で確保するものとする。本事業で確保する数量の考えとしては、構造物としての一般的な耐用年数である 30 年を念頭に、維持管理期間として当面 30 年を仮定する。維持管理に必要な投入数量、頻度については、将来予測に関する詳細検討を行い、定量的に評価する必要があるが、本検討では 5～6 年に 2 割程度の流出が生じると仮定し、初期養浜量とほぼ同量の砂をストックエリアに確保するものとする。

#### (2) 突堤

- 突堤の構造形式は、反射波による洗堀の低減、施工の容易さを考慮し、近年「モ」国でも採用されている捨石式傾斜堤タイプを用いるものとする。
- 突堤間隔は、突堤長の設定に大きく依存するが、本検討ではこれまでの同類事業を参考に、景観面・利用面上の支障を来さない間隔として、200～300m 程度の間隔を確保するものとする。
- 突堤長は、養浜幅や養浜後の海浜の安定汀線形状、及び突堤間隔等に依存するが、基本的には養浜法尻位置からある程度（10～20m 程度）の余裕を見越して設定する。

- 天端高は、養浜砂の流出防止の観点から養浜バーム高+0.3 m とする。
- 天端幅は、被覆石の安定性が確保される必要最小幅以上確保するものとし、2m とする。
- 斜面勾配は、海岸利用を考慮し、人が容易に上り下りできる傾斜角として1:3 とする。

### (3) 埋立・外周護岸

- 埋立地盤高は、高波・高潮時の避難場所という観点から、現地盤+1.0 m とする。
- 埋立地の面積は Maamendhoo 島の居住者（約 900 名）が一時的に避難するスペース及び必要な避難施設のスペース、また島の全体面積に対する割合等を勘案し、約 2ha 程度を確保するものとする（島面積の約 10%）
- 外周護岸の天端高は埋立地の地盤高と同様の高さとする。（波の打上の観点からの妥当性の検証は(4) 基本諸元の検証を参照）
- 外周護岸は突堤と同様、捨石傾斜堤タイプを採用するものとする。なお、外周護岸構築後に砂投入を行うものとして、台形断面とする。その前面法勾配は突堤と同様に、利用面を考え 1:3 を、背面勾配は捨石の最小安定勾配として 1:1 とする。

## 9.2.2 平面配置計画

Maamendhoo 島と Fonadhoo 島における対策事業の平面配置計画を下記に示す。ただし養浜（突堤含む）の平面配置計画については、養浜後の安定海浜形状に関する詳細な将来予測検討を行った上で最終化する必要があるため、現段階ではあくまでも予備的検討段階のものである。



出典：Google Earth をもとに JICA 調査団が追記

図 9.2.1 Maamendhoo での平面配置計画



出典：Google Earth をもとに JICA 調査団が追記

図 9.2.2 Fonadhoo での平面配置計画

### 9.2.3 標準断面の検討

#### (1) Maamendhoo 島 東側海岸 (300 m)、西側海岸 (600 m)

Maamendhoo 島の東側海岸及び西側海岸で実施する養浜と突堤の標準断面図を下記に示す。

表 9.2.2 Maamendhoo 島 東側海岸 養浜・突堤断面図

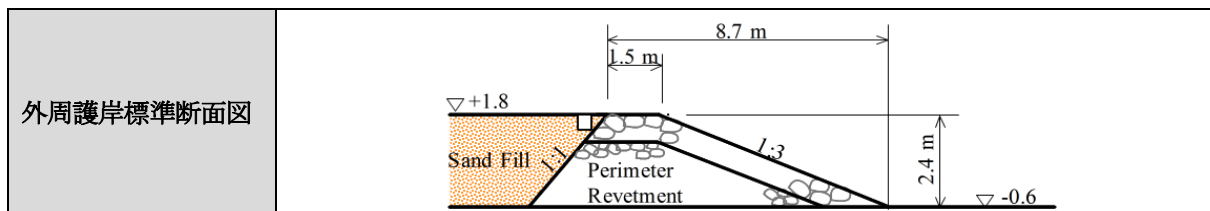
養浜標準断面図	
突堤標準断面図	
突堤標準縦断面図	

出典：JICA 調査団

(2) Maamendhoo 島 北側海岸 (2.2 ha)

Maamendhoo 島の北側海岸で実施する埋立部の外周護岸の断面図を下記に示す。

表 9.2.3 Maamendhoo 島 北側埋立 外周護岸断面図

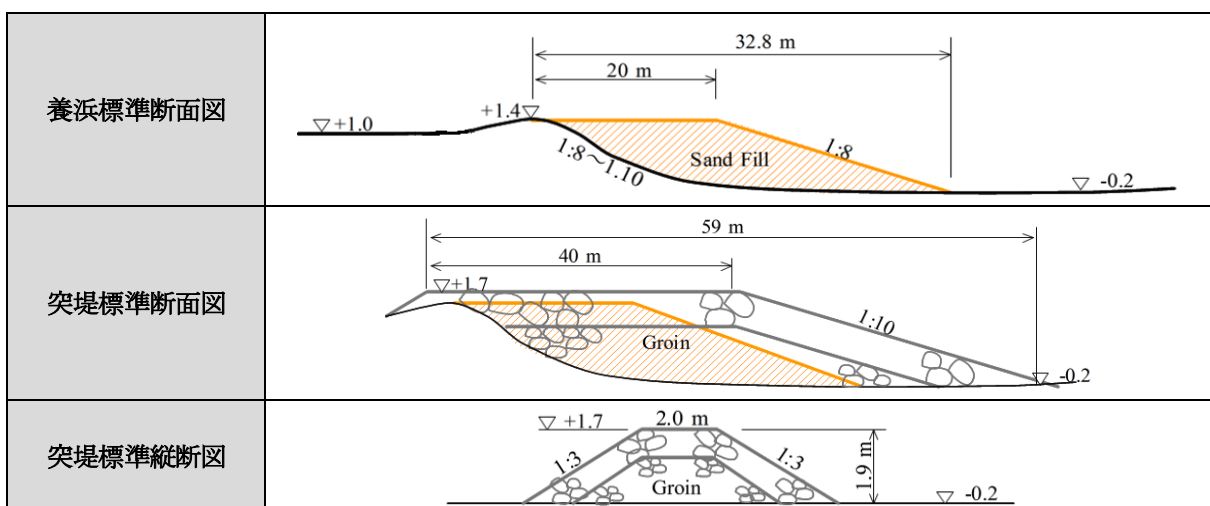


出典：JICA 調査団

(3) Fonadhoo 島 東側海岸 (850 m)

Fonadhoo 島の東側海岸で実施する養浜と突堤の断面図を下記に示す。

表 9.2.4 Fonadhoo 島 東側海岸 養浜・突堤断面図



出典：JICA 調査団

9.2.4 施設諸元の検証・検討

(1) Maamendhoo 島 東側海岸 (300 m)、西側海岸 (600 m)

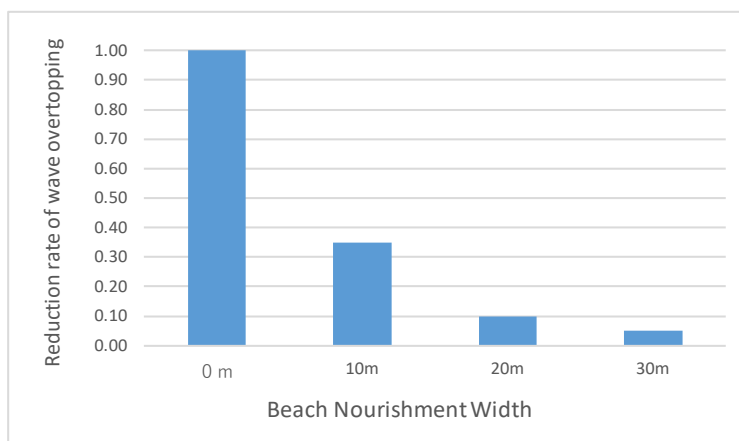
1) 養浜断面(幅)の妥当性(西側海岸 L=600m 及び東側海岸 L=300m)

海岸保全施設のハード構造物と違い、養浜の諸元(天端高、天端幅等、養浜勾配)の設定手法については定められた手法や知見が殆どない。そのため、前述のように養浜諸元については現地の自然状況や利用・環境面を総合的に踏まえて設定し、その妥当性を数値計算により検証する方法とした。

a) 養浜による越波の低減率の算出

本検討ではまず、前述のブシネスクモデルを用いて現地のリーフ地形における波浪伝搬状況の再現性を向上したうえで、養浜幅の違いによる越波量の低減率を算出した。図 9.2.3 に現地の代表波浪(外洋側の 10 年確率の沖波)に対する越波量の低減率を示す。本結果より、養浜幅 20m の場合対策無し(養浜幅 0m)のに比べて越波量が約 1 割まで低減することが分かった。

→ 養浜幅 20mによる越波の低減率は一律 0.1 と設定した。



出典：JICA 調査団

図 9.2.3 代表波浪に対する養浜幅別の越波量の低減率(外洋側の 10 年確率波浪対象)

b) 許容越波量の設定

許容越波量の設定に関しては表 9.2.5 のようにいくつかの参考値が示されており、概ね 0.01～0.05(m<sup>3</sup>/s/m)の範囲となる、本検討では、設計の安全側を考慮するとともに経済面にも配慮し、許容越波量として q=0.02(m<sup>3</sup>/s/m)と設定した。

表 9.2.5 許容越波量の参考値

許容越波量(m <sup>3</sup> /s/m)	対象	出典
0.01～0.05	自動車の走行限界	Allsop ら(2007) <sup>2)</sup>
0.01	背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・しぶき等の侵入により重大な被害が想定される地区	海岸保全施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年)
0.02	(上記の)その他重要な地区	
0.02～0.06	(上記の)その他の地区	

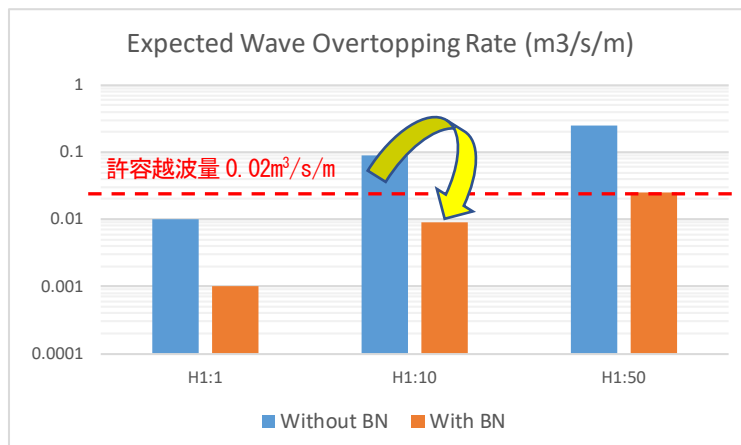
出典：JICA 調査団

c) 計画波浪・計画養浜幅に対する越波量の算出

養浜の標準断面の検討にあたっては経済面・利用面を勘案し、計画波浪・潮位は以下を使用した。

- 計画波浪：H<sub>s</sub>=2.0 m (H<sub>1:10</sub>(10 年確率波)相当)、T<sub>s</sub>=10s
- 計画潮位：+0.64 m (H.W.L)

計画養浜幅に対する越波量を算出した結果を図 9.2.4 に示す。計画波浪である 10 年確率波(H<sub>1:10</sub>)に対して許容越波量(0.02 m<sup>3</sup>/s/m)を満足する結果となったことから、養浜幅 20 m の有効性が確認された。



出典：JICA 調査団

図 9.2.4 養浜(計画幅 20 m)の有無による越波量の算出結果(Maamendhoo 島)

## 2) 外周護岸の天端高

本計画では、Maamendhoo 島において有事の際の避難スペースを確保するため、同島北部において埋立を実施し、その外周に護岸を整備する計画としている。前述の養浜と異なり、ハード構造物である護岸については適用実績が豊富な我が国の設計基準があることから、これを用いて護岸の必要高を算出する。護岸の計画波浪にあたっては、避難スペースの防護という特性を考慮し 50 年確率波を用いた。図 9.2.5 に示す算定結果より、護岸の必要天端高は M.S.L.+1.8m と算出された。

- 計画波浪： $H_s=3.0$  m ( $H_{1:50}$ (50 年確率波)相当)、 $T_s=10$ s
- 計画潮位：+0.64 m (H.W.L)

### <計算過程>

沖波波高  $H_{1:50}=3.0$  m

堤前波高  $Ho'=1.64$  m (ブシネスクモデルによる)

周期  $To=10$ s

波長  $Lo=1.56 \times T^2=156$  m

波形勾配  $Ho'/Lo=1.64/156=0.011 \div 0.012$

潮位 H.W.L=M.S.L.+0.64 m

砕波によるセットアップ  $\eta=0.16$  m (ブシネスクモデルによる)

設計水位 = H.W.L +  $\eta$  = 0.80

堤脚水深  $h=1.40$ m(現地測量結果による)

以上と下図より、

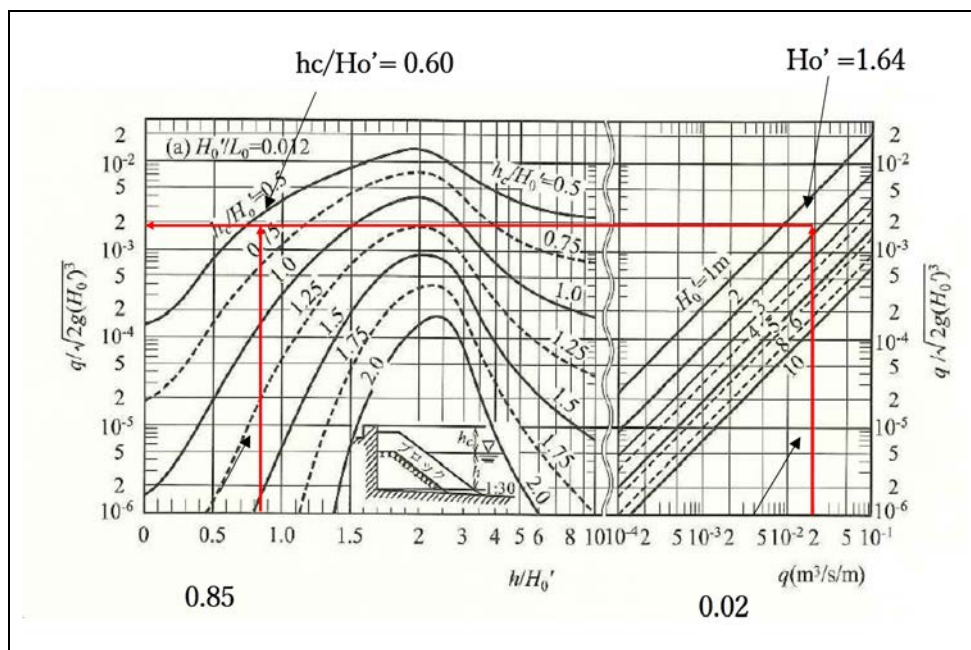
$h/Ho'=0.85$

$hc/Ho'=0.60$

$hc=1.00$  m

よって、

必要護岸天端高=M.S.L.+1.8 m



出典：算定図は海岸保全施設の技術上の基準・同解説(P.2-66)<sup>3)</sup>、その他は JICA 調査団

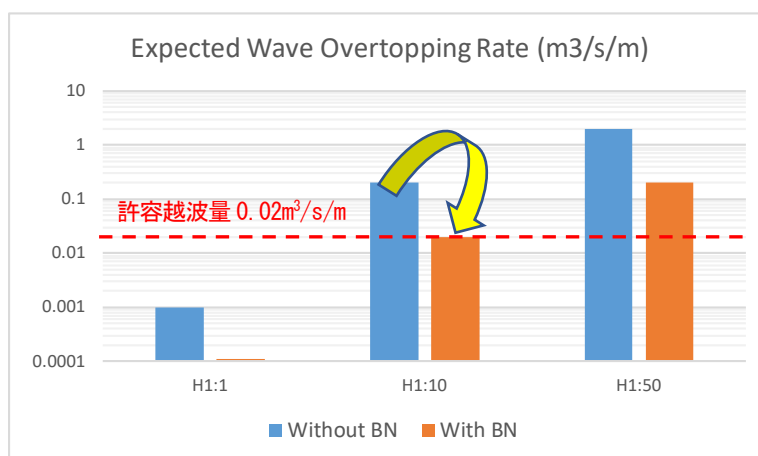
図 9.2.5 護岸の必要天端高の算定

(2) Fonadhoo 島 (L=850 m)

養浜の計画幅の検証にあたって、養浜幅による越波量の低減率(0.1)及び許容越波量の設定(0.02m³/s/m)に関しては記述の Maamendhoo 島のケースの値を準用する。計画波浪・潮位は以下のとおりである。

- 計画波浪：Hs=4.0 m (H1:10(10 年確率波)相当)、Ts=16s
- 計画潮位：+0.64 m (H.W.L)

計画養浜幅に対する越波量を算出した結果を図 9.2.6 に示す。計画波浪である 10 年確率波(H1:10)に対して許容越波量(0.02 m³/s/m)を満足する結果となったことから、養浜幅 20 m の有効性が確認された。



出典：JICA 調査団

図 9.2.6 養浜(計画幅 20 m)の有無による越波量の算出結果(Fonadhoo 島)

## 9.3 概略施工計画及び概算工事費

### 9.3.1 概略施工計画

#### (1) 工事のパッケージング

施工業者の調達に関して、Maamendhoo 島及び Fonadhoo 島での対策事業は、両島とも同一の環礁内に位置すること、また施工機械等の調達の効率性を考慮して、一つのパッケージ (PKG1 とする) で実施するものと仮定する。

#### (2) 材料及び機材調達

##### 1) 石材

「モ」国の護岸工事等で用いられている石材は、現在その多くはインド南部から調達している。これより、本事業における護岸や突堤等で用いる石材も、同様にインド南部から調達するものと仮定する。

##### 2) 養浜材

養浜材に用いる砂礫は、自然海浜を構成する砂と同様のサンゴ砂礫を用いることが望ましい。海岸への新たな侵食問題を引き起こさずにサンゴ砂礫を調達するためには、海岸から離れた地点の海底から取得する必要がある。また施工性の面からできるだけ静穏な波浪条件であることが望ましい。これより事業対象環礁である Laamu 環礁ラグーン内の海岸から数キロ以上離れた海底 (水深 20 m 以上) からサンゴ砂礫を取得するものと仮定する。この場合、自航式浚渫船 (トレーラーサクシオンホッパー浚渫船、TSHD) による土砂取得・運搬が必要となる。

##### 3) 浚渫船 (TSHD)

海底からサンゴ砂礫を効率よく取得するためには、それに必要な十分なポンプ容量を持つ TSHD を調達する必要がある。ここでは 10,000 m<sup>3</sup>クラスの TSHD を用いるものと仮定する。このような特殊浚渫船の「モ」国内での調達は困難と考えられ、周辺国から調達する前提とし、本検討ではインドから調達するものと仮定する。

##### 4) その他重機及び作業船舶

それ以外の重機 (バックホー、ダンプトラック等) 及び作業船舶 (台船、タグボート等) については、「モ」国内から調達するものとする。

#### (3) 各工種の概要

##### 1) 準備工 (General Preparatory Works)

準備工として含まれる項目は、施工機械のモビ、デモビ、測量や環境調査等の調査、現場詰所等の付帯的な設備の建設費等とする。



## 2) 突堤工 (Groin Works)

インド南部から調達した石材は、一度近隣の港に荷揚げし、そこからバージでの海上輸送、またはダンプトラックによる陸上運搬により事業サイトまで運搬し、投入する。捨石式傾斜堤の断面構造は、コア層、下層(underlayer)及び被覆層の3層構造とし、それぞれの層に対する石材投入後に均し作業を行い、断面を完成させる。

## 3) 養浜工 (Beach Fill Works)

ラグーン内から取得した砂礫は TSHD でサイトまで海上運搬し、予め海岸に敷設された排砂管に接続し、海岸に直接投入するものとする。投入後に、バックホーにて整形作業を行う。

## 4) 外周護岸工・埋立地造成工 (Perimeter Revetment Works, Reclamation Works)

はじめに埋立地の周囲に外周護岸を構築する。その方法は突堤工と同様である。その後、護岸の内側にジオテキスタイルシートを敷設した後、養浜工と同様に、排砂管を用いて外周護岸内に土砂を直接投入する。投入されたエリアからブルドーザーによる整地作業を順次実施する。

### 9.3.2 概略工程

施工期間は2024年4月～2026年9月までの30か月（2年半）と想定する。各工種の施工スケジュールを表9.3.1に示す。施工手順はTSHDの傭船期間が最小となるように、Maamendhooの突堤工、外周護岸工を先行して行い、Fonadhooの突堤工、それぞれの島での養浜工という順番で工事を行う。

表 9.3.1 施工スケジュール

Work item	2023												2024												2025												2026												2027												Month																																																																																																																																																																																																																																																
	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	6	7	8	9	10	11	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																																																																																																																																																																																																																																																	
<b>1 General Preparatory Works</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													30.0
101 Mobilization and demobilization (for TSHD)																																																																																																																																																																																																																																																																																																													2.0
102 Mobilization and demobilization																																																																																																																																																																																																																																																																																																													4.0
103 Common Temporary Works																																																																																																																																																																																																																																																																																																													4.0
104 Survey and monitoring works before, during and after construction																																																																																																																																																																																																																																																																																																													29.0
105 Preparation of report, drawings, photo, video and others																																																																																																																																																																																																																																																																																																													29.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>(Site A) Maamendhoo</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>2A Groin Works (L=70 m, 4 units (west) + L=70 m, 3 units (east))</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													8.0
201 Excavation works																																																																																																																																																																																																																																																																																																													6.0
202 Supply of rock material																																																																																																																																																																																																																																																																																																													8.0
203 Installation and leveling of under layer																																																																																																																																																																																																																																																																																																													5.0
204 Installation and leveling of armor layer																																																																																																																																																																																																																																																																																																													5.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>3A Perimeter Revetment Works (L= 540 m)</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													8.0
301 Excavation works for perimeter revetment																																																																																																																																																																																																																																																																																																													5.0
302 Supply of rock material for perimeter revetment																																																																																																																																																																																																																																																																																																													7.0
303 Installation and leveling of under layer for perimeter revetment																																																																																																																																																																																																																																																																																																													5.0
304 Installation and leveling of armor layer for perimeter revetment																																																																																																																																																																																																																																																																																																													4.0
305 Supply and installation of geotextile sheet																																																																																																																																																																																																																																																																																																													4.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>4A Beach Fill Works (L=600 m (west) + 300m (east))</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													2.0
401A Arrangement of Discharge Pipe																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
401B Supply, transport, filling and forming of beach																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
402 Supply, transport and filling to sand stock pile																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>5A Reclamation Works ( 2.2 ha, +1m up from Existing Land)</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													2.0
501A Arrangement of Discharge Pipe																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
501B Supply, transport and filling of sand (including sand stock)																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
502 Leveling																																																																																																																																																																																																																																																																																																													2.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>6A Other Work</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													2.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>(Site B) Fonadhoo</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>2B Groin Works (L=70 m, 5 units)</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													6.0
201 Excavation works																																																																																																																																																																																																																																																																																																													3.0
202 Supply of rock material																																																																																																																																																																																																																																																																																																													6.0
203 Installation and leveling of under layer																																																																																																																																																																																																																																																																																																													3.0
204 Installation and leveling of armor layer																																																																																																																																																																																																																																																																																																													3.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>4B Beach Fill Works (L=850 m)</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													3.0
401A Arrangement of Discharge Pipe																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
401B Supply, transport, filling and forming of beach																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
402 Supply, transport and filling to sand stock pile																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
<b>6B Other Work</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													1.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
																																																																																																																																																																																																																																																																																																													0.0
PK1 (Maamendhoo, Fonadhoo)																																																																																																																																																																																																																																																																																																													30.0

出典：JICA 調査団

### 9.3.3 概算工事費

#### (1) 前提条件

為替レートは以下のレートを参照する。

1 USD = 105.013 JPY      1 MVR = 6.90739 JPY      (2020年8月時点)

また、物理的予備費、物価上昇、VATなどは「10.3.概算事業費の検討」の章で計上するため、本章で示す概算工事額にはこれを含まない。また積算基準年は2019年とする。

#### (2) 施工費、材料費の考え方

##### 1) TSHD 備船費

養浜砂の浚渫に用いる TSHD をインドから備船することを想定しており、その回航にかかる燃料費や償却費は準備工に含まれる。想定する TSHD の諸元や回航費用については、TSHD を保有する欧州マリンコントラクターからの情報を元に、表 9.3.2 に示すように設定した。

表 9.3.2 TSHD の諸元と回航費用

項目	数量	備考
想定する TSHD の浚渫能力	10,000 m <sup>3</sup> /hour	
想定する TSHD の浚渫可能水深	35 m	
回航距離	1,900 km	インドからの回航を想定
回航期間 (往復)	10.2 日	速度 10 knot と想定
燃料費 (往復)	800,000 USD	
償却費 (Work boat、人件費等含む)	1,260,000 USD/week	Van Oord への聞き取りより
総額 (償却費+燃料費、往復の場合)	2,992,000 USD	

出典：JICA 調査団

## 2) 石材 (輸入) の材料費

突堤や護岸に用いる石材単価は、「モ」国の大手輸入会社からの見積価格を参考に、下表に示すように設定した。なお本単価には、インドから事業サイトの島における近隣の港までの輸送費を含む。

表 9.3.3 石材の材料単価

Item	Unit rate	備考
石材調達費 (Laamu 環礁岸壁渡し)	116 USD/m <sup>3</sup>	輸入業者からの見積り

出典：JICA 調査団

## 3) 養浜工の施工費

養浜工の施工費は、①TSHD による砂採取～運搬～投入、及び②投入後の整形作業の 2 項目から構成される。①については一連の作業のサイクルタイムと TSHD の 1 日当たりの備船料、排砂管の敷設作業費等で構成される。本検討では、他国における養浜工事の積算事例及び「モ」国で実施されたラグーン内からの浚渫土砂による埋め立て工事事例を参考に、m<sup>3</sup>あたりの施工単価を設定した。なお砂浚渫～排砂管による投入は、砂と海水をスラリー状に混合するため、この単価には、施工中に生じる砂のロス率を考慮している (20%と設定)。このような考えで設定した養浜工の m<sup>3</sup>あたりの単価を下表に示す。また工事数量について、工事期間中における波浪等による砂損失や体積変化に対する数量の割り増しとして、養浜については 20%、ストックパイルへの砂投入については 10%を考慮する。

表 9.3.4 養浜工の施工費の m<sup>3</sup>単価

Item	Unit rate	備考
養浜工 (海岸への投入)	13 USD/m <sup>3</sup>	TSHD のサイクルタイム 5.1 時間、一回当たりの浚渫量 6,000 m <sup>3</sup> として算定
養浜工 (ストックパイルへの投入)	10 USD/m <sup>3</sup>	

出典：JICA 調査団

## 4) 突堤工及び護岸工の施工費

突堤、護岸工の施工費は、①床堀工、②石材調達、③投入、均し・整形作業 (護岸工の場合は④シート敷設工) から構成される。ここで③投入・均し作業については、被覆層と下層では、施工方法や必要作業時間が異なるため、ここでは 2 種類の施工費単価を設定した。施工単価の設定は、「モ」国及び他国での同類タイプの施工単価を参考に、下表のように m<sup>3</sup>単価として設定した。また工事数量において、5%の割り増しを考慮する。

表 9.3.5 突堤工の施工単価

Item	Unit rate	備考
投入、均し工（下層部、コア材）	51 USD/m <sup>3</sup>	他国の同様の海岸保全事業を参照
投入、均し工（被覆石）	72 USD/m <sup>3</sup>	他国の同様の海岸保全事業を参照

出典：JICA 調査団

5) その他の雑工費

その他の雑工費として、工種全体の工事費の 10% を計上する。

(3) 工事費の総額

以上より、算定された概算工事費を表 9.3.6 に示す。これより、Laamu 環礁で実施する対策事業の概算工事費は 19.2 million USD となった。またその詳細 BOQ 表を表 9.3.7 に示す。

表 9.3.6 概算工事費積算結果

PKG1(Maamendhoo, Fonadhoo)								
No.	item	unit	Quantity	Unit Price		Cost		Total USD
				Foreign	Local	Foreign	Local	
				USD	MVR	USD	MVR	
<b>Area A Maamendhoo</b>								
1A	General Preparatory Works	ls	1	3,683,400	0	3,683,400	0	3,683,400
2A	Groin Works (L=70 m, 4 units(west) + L=70 m, 3 units(east))	ls	1	2,301,329	0	2,301,329	0	2,301,329
3A	Perimeter Revetment Works (L = 540 m)	ls	1	2,019,515	0	2,019,515	0	2,019,515
4A	Beach Fill Works (L=600 m (west) + 300 m (east))	ls	1	901,440	0	901,440	0	901,440
5A	Reclamation Work (2.2ha, +1m up from Existing land)	ls	1	1,344,000	0	1,344,000	0	1,344,000
6A	Other Works	ls	1	1,138,800	0	1,138,800	0	1,138,800
<b>Area B Fonadhoo</b>								
1B	General Preparatory Works	ls	1	2,904,000	0	2,904,000	0	2,904,000
2B	Groin Works (L=70 m, 5 units)	ls	1	1,766,005	0	1,766,005	0	1,766,005
4B	Beach Fill Works (L=850 m)	ls	1	905,184	0	905,184	0	905,184
6B	Other Work	ls	1	619,200	0	619,200	0	619,200
<b>Area C Meedhoo</b>								
1B	Preparation of report, drawings, photo, video and others	ls	1	564,960	0	564,960	0	564,960
2B	Beach Fill Work	ls	1	1,046,400	0	1,046,400	0	1,046,400

						USD	JPY
Grand Total						19,194,233	2,015,643,969

\*Exclude VAT

出典：JICA 調査団

表 9.3.7 概算工事費詳細

Bill. No.	Pay Item	Unit	Q'ty	JPY/USD		Remark
				Unit Price	Amount	
				Foreign Curr. (USD)	Foreign Curr. (USD)	
<b>Site A Maamendhoo</b>						
<b>1A</b>	<b>General Preparatory Works</b>					
101	Mobilization and demobilization (for TSHD)	Sum	0.5	2,992,000	1,496,000	
102	Mobilization and demobilization	Sum	0.5	300,000	150,000	
103	Common Temporary Works	Sum	1	-	-	
104	Survey and monitoring works before, during and after construction	Sum	1	-	1,423,500	15% of Total A
105	Preparation of report, drawings, photo, video and others	Sum	1	-	-	
				<b>Sub Total 1A.</b>	<b>3,069,500</b>	
<b>2A</b>	<b>Groin Works (L=70 m, 4 units(west) + L=70 m, 3 units(east))</b>					
201	Excavation works	cu.m	4,116	6	23,873	
202	Supply of rock material	cu.m	11,175	116	1,296,293	Overfill factor : 5%
203	Installation and leveling of under layer	cu.m	8,032	51	409,636	
204	Installation and leveling of armor layer	cu.m	2,611	72	187,972	
				<b>Sub Total 2A.</b>	<b>1,917,774</b>	
<b>3A</b>	<b>Perimeter Revetment Works (L = 540 m)</b>					
301	Excavation works for perimeter revetment	cu.m	3,472	6	20,135	
302	Supply of rock material for perimeter revetment	cu.m	9,655	116	1,120,012	Overfill factor : 5%
303	Installation and leveling of under layer for perimeter revetment	cu.m	6,906	51	352,201	
304	Installation and leveling of armor layer for perimeter revetment	cu.m	2,290	72	164,851	
305	Supply and installation of geotextile sheet	sq.m	2,859	9	25,730	
				<b>Sub Total 3A.</b>	<b>1,682,929</b>	
<b>4A</b>	<b>Beach Fill Works (L=600 m (west) + 300 m (east))</b>					
401	Supply, transport, filling and forming of beach	cu.m	32,400	13	421,200	Overfill factor : 20%
402	Supply, transporting by land, and filling to sand stock pile	cu.m	33,000	10	330,000	Overfill factor : 10%
				<b>Sub Total 4A.</b>	<b>751,200</b>	
<b>5A</b>	<b>Reclamation Work (2.2ha, +1m up from Existing land)</b>					
501	Supply, transport and filling of sand (including sand stock)	cu.m	88,000	10	880,000	Overfill factor : 10%
502	Leveling	cu.m	80,000	3	240,000	
				<b>Sub Total 5A.</b>	<b>1,120,000</b>	
<b>6A</b>	<b>Other Work</b>					
				<b>Sub Total 6A.</b>	<b>949,000</b>	10% of Total A
<b>Site B Fonadhoo</b>						
<b>1B</b>	<b>General Preparatory Works</b>					
101	Mobilization and demobilization (for TSHD)	Sum	0.5	2,992,000	1,496,000	
102	Mobilization and demobilization	Sum	0.5	300,000	150,000	
103	Common Temporary Works	Sum	1	-	-	
104	Survey and monitoring works before, during and after construction	Sum	1	-	774,000	15% of Total B
105	Preparation of report, drawings, photo, video and others	Sum	1	-	-	
				<b>Sub Total 1B.</b>	<b>2,420,000</b>	
<b>2B</b>	<b>Groin Works (L=70 m, 5 units)</b>					
201	Excavation works	cu.m	3,045	6	17,661	
202	Supply of rock material	cu.m	8,574	116	994,558	Overfill factor : 5%
203	Installation and leveling of under layer	cu.m	6,117	51	311,982	
204	Installation and leveling of armor layer	cu.m	2,048	72	147,470	
				<b>Sub Total 2B.</b>	<b>1,471,671</b>	
<b>4B</b>	<b>Beach Fill Works (L=850 m)</b>					
401	Supply, transporting by land, filling and forming of beach	cu.m	32,640	13	424,320	Overfill factor : 20%
402	Supply, transporting by land, and filling to sand stock pile	cu.m	33,000	10	330,000	Overfill factor : 10%
				<b>Sub Total 4B.</b>	<b>754,320</b>	
<b>6B</b>	<b>Other Work</b>					
				<b>Sub Total 6B.</b>	<b>516,000</b>	10% of Total B
<b>Site C Meedhoo</b>						
<b>1C</b>	<b>General Preparatory Works</b>					
101	Mobilization and demobilization (for TSHD)	Sum	1.0	470,800	470,800	
401	Supply, transporting by land, filling and forming of beach	cu.m	43,200	10	432,000	Overfill factor : 20%
402	Supply, transporting by land, and filling to sand stock pile	cu.m	44,000	10	440,000	Overfill factor : 10%
				<b>Total A</b>	<b>9,490,403</b>	
				<b>Total B</b>	<b>5,161,991</b>	
				<b>Total C</b>	<b>1,342,800</b>	
				<b>Subtotal</b>	<b>15,995,194</b>	
				<b>Others</b>	<b>3,199,039</b>	
				<b>Equivalent in USD</b>	<b>19,194,000</b>	

出典：JICA 調査団

<参考文献>

- 1) Allsop, A., Bruce, T., Pullen, T., Van der Meer, J. (2008): Direct hazards from wave overtopping – the forgotten aspect of coastal risk assessment.
- 2) 全国農地海岸保全協会, 全国漁港漁場協会, 全国海岸協会, 日本港湾協会 (2018): 海岸保全施設の技術上の基準・同解説 (P2-66)

## 第10章 外部資金の活用に係る検討

### 10.1 外部資金スキームの整理・概要

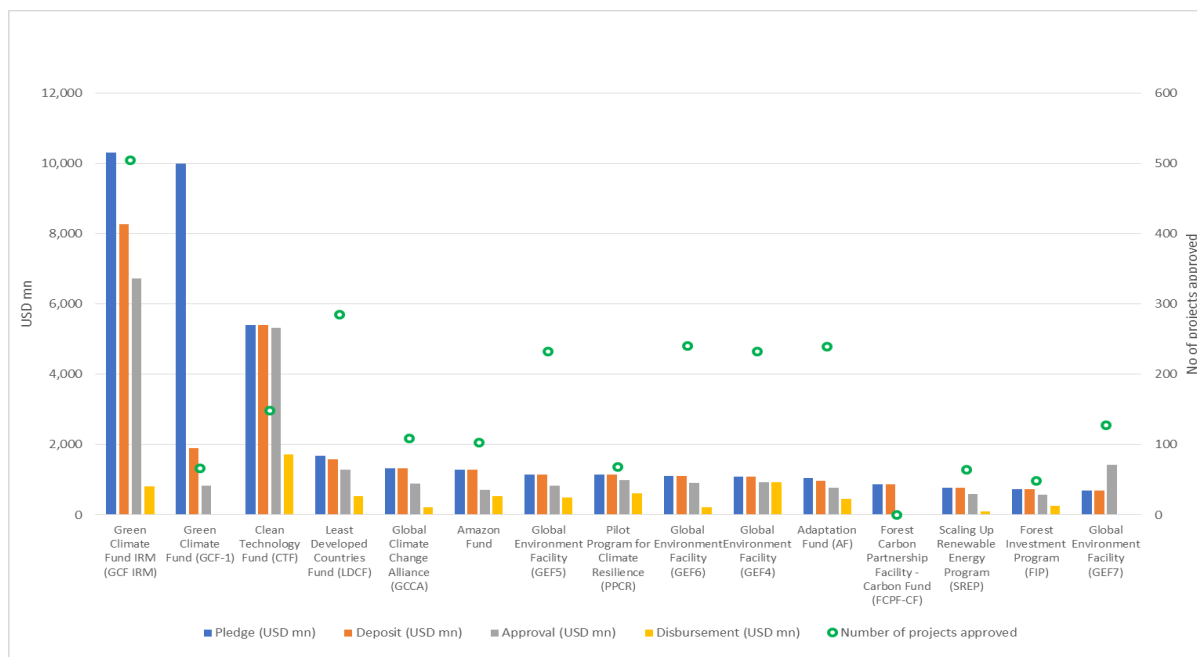
表 10.1.1 及び図 10.1.1 に気候変動分野における主要国際基金の対象分野、資金規模、案件承認、デイスパース状況等を示す。GCF が Pledge 額、Deposit 額、Approval 額、承認件数のいずれで見ても、数ある基金の中でも最も規模が大きいことがわかる。(なお、GCF IRM(initial Resource Mobilization)とは GCF の 2014 年から 2019 年分、GCF-1 (第一次増資 (first replenishment)) とは 2020 年から 2023 年分)

またこれら主要基金の中で、適応事業に活用可能なのは、GCF、LDCF、GCCA、GEF、PPCR、AF であるが、GCF と比較すると残りの基金の規模は小さいものとなっている。

表 10.1.1 気候変動分野の主要国際基金の規模

	Fund	Fund focus	Pledge (USD mn)	Deposit (USD mn)	Approval (USD mn)	Disbursement (USD mn)	No of projects approved
1	Green Climate Fund IRM (GCF IRM)	Multiple Foci	10,322	8,280	6,722	808	505
2	Green Climate Fund (GCF-1)	Multiple Foci	9,998	1,899	836	12	66
3	Clean Technology Fund (CTF)	Mitigation - General	5,404	5,404	5,316	1,722	148
4	Least Developed Countries Fund (LDCF)	Adaptation	1,686	1,584	1,278	534	285
5	Global Climate Change Alliance (GCCA)	Multiple Foci	1,333	1,333	899	214	109
6	Amazon Fund	Mitigation - REDD	1,288	1,288	720	529	103
7	Global Environment Facility (GEF5)	Multiple Foci	1,152	1,148	826	486	233
8	Pilot Program for Climate Resilience (PPCR)	Adaptation	1,145	1,145	989	618	68
9	Global Environment Facility (GEF6)	Multiple Foci	1,117	1,109	906	207	240
10	Global Environment Facility (GEF4)	Multiple Foci	1,083	1,083	939	939	233
11	Adaptation Fund (AF)	Adaptation	1,039	978	777	454	239
12	Forest Carbon Partnership Facility - Carbon Fund (FCPF-CF)	Mitigation - REDD	875	875	0	0	0
13	Scaling Up Renewable Energy Program (SREP)	Mitigation - General	766	766	601	108	64
14	Forest Investment Program (FIP)	Mitigation - REDD	736	736	574	249	48
15	Global Environment Facility (GEF7)	Multiple Foci	700	700	1,417	0	128

出典：Climate Fund Update データ（2021年7月13日時点）を元に JICA 調査団作成



出典：Climate Fund Update データ（2021年7月13日時点）を元に JICA 調査団作成

図 10.1.1 気候変動分野の主要国際基金の規模

## 10.2 外部資金スキーム分析（GCF 対象）

これまでの章で取り纏めきた「モ」国での提案事業に係る GCF への Funding Proposal 作成に向けて、GCF 案件の形成要件や投資基準等の整理、類似案件の Funding Proposal の整理を実施した。

Funding Proposal 作成にあたり、GCF 案件のプロジェクト採択基準を踏まえるべく整理を行った。表 10.2.1 に GCF のプロジェクト採択基準概要を示す。

表 10.2.1 GCF のプロジェクト採択基準概要

投資基準	定義	対象領域	概要
活動による効果のポテンシャル	プログラム／プロジェクトによる GCF の目的・成果の到達への貢献ポテンシャル	緩和 適応	低炭素で持続可能な発展に向けた転換への貢献 気候回復力を増した持続可能な発展への貢献
パラダイム・シフトのポテンシャル	提案された活動の効果は、単発のプロジェクト／プログラム投資をどの程度超えるものか	規模拡大・他分野などへの展開のポテンシャルと、気温上昇 2°C 未満の目標に則した世界の低炭素発展経路への全般的な貢献（緩和のみ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>イノベーション（技術革新やビジネスモデルの革新など）</li> <li>気温上昇 2°C 未満の目標に則した世界の低炭素発展経路への貢献度</li> <li>規模拡大のポテンシャルと、提案中のプロジェクト／プログラムの影響（拡張性）</li> <li>提案中のプロジェクト／プログラムの主要構成部分を、部門内、他部門、他地域、他国で実施するポテンシャル（反復性）</li> </ul>
		知識習得のポテンシャル	知識・集団学習プロセス、機構の創造・強化への貢献
		実施可能な環境を醸成することへの貢献	GCF 支援終了後における結果・成果の持続可能性 市場の開発と転換



投資基準	定義	対象領域	概要
		規制枠組・政策に対する貢献	低炭素技術・活動への投資を促進し、さらなる低炭素政策の策定を促し、気候変動に対応した計画立案・発展を高めるための規制枠組・政策を強化するポテンシャル
		途上国の適応戦略・計画に則した、気候回復力のある発展経路への全般的な貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>提案された活動が追加コストなしでどの程度拡大するポテンシャルがあるか（拡張性）</li> <li>提案が多部門、他地域、他国に広がるポテンシャル（反復性）</li> </ul>
持続可能な発展のポテンシャル	利益や優先策の拡大	環境上のコベネフィット	想定されるプラスの環境効果（大気や土壌の質の向上、生物多様性等）であり、国/地域/部門が掲げる優先順位に一致するもの
		社会的コベネフィット	想定されるプラスの社会的・健康上の効果であり、国/地域/部門が掲げる優先順位に一致するもの
		経済的コベネフィット	想定されるプラスの経済的効果であり、国/地域/部門が掲げる優先策に一致するもの
		ジェンダー格差に対応する発展への影響	気候影響による影響におけるジェンダー格差の縮小や、提案された活動への参加機会の男女間での均等化
支援を受ける国のニーズ	受益国やその国民の脆弱性と資金ニーズ	国の脆弱性（適応のみ）	国民や社会的・経済的な資産・資本が気候由来のリスクにさらされる規模と強度
		脆弱性の高いグループや性別の観点（適応のみ）	恩恵を受けるグループにおける脆弱性の同等性
		国の経済的・社会的な発展レベルと、影響を受ける社会層	国の社会的・経済的な発展レベルと、対象のグループ
		代替の資金源の欠如	GCFの支援によって資金面での障壁が越える機会
		組織や実施能力の強化の必要性	提案に対応できるように、関連組織の機構的・実施能力を強化する機会
実施国の所有権(ownership)	GCF資金を利用するプロジェクト/プログラム(政策、気候戦略、組織)における、途上国(受益国)の参画率と実施能力	国内気候戦略の策定状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内気候戦略における優先順位との一致</li> <li>他国の政策を認識したうえで、提案中の活動を設計。</li> </ul>
		現行政策との整合性	
		AEや実施機関の遂行能力	提案された活動の主要要素における、AEや実施機関の経験・実績
		市民団体やその他関係者の参画	ステークホルダーへの意見聴取と参画
効果と効率	当該プロジェクト/プログラムの経済的・財務的健全性	財務面・非財務面での費用対効果と効率性	財務的な妥当性と、譲歩性の適切さ
		共同出融資額	投資にてこを利かせるポテンシャル（緩和のみ）
		プロジェクト/プログラムの財務上の実行ポテンシャル、その他財務指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>想定される経済的・財務的な内部利益率</li> <li>財務上の長期的な実行ポテンシャル</li> </ul>
		業界の優良事例	優良事例の採用と、技術革新の程度

出典：GCF資料を元にJICA調査団作成

Concept Note では記載が不要だが、Funding Proposal では記載が求められる事項である「E. Logical Framework」と「F. Risk Assessment and Management」パートの作成にあたり、GCF承認済み案件の中で

類似案件と考えられるマーシャルアイランドの事業（FP66）とエジプトの事業（FP53）の Funding Proposal の整理を実施した。

まず、「E. Logical Framework」の検討に向け、類似案件 2 件の Funding Proposal の整理を行った。表 10.2.2 にその結果を示す。

表 10.2.2 類似案件における Funding Proposal “E. Logical Framework” の E3～E5 の記載

	FP066: Pacific Resilience Project Phase II for RMI (World Bank)	FP053: Enhancing Climate Change Adaptation in the North Coast and Nile Delta Regions in Egypt (UNDP)
ファンドレベルインパクト	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸保全工事により低減される年間想定被害額 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 検証方法: 沿岸リスク評価モデリング</li> <li>➢ 目標: 70万ドル/年</li> </ul> </li> <li>洪水や高潮の影響を受けにくい海岸の長さ <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 検証方法: プロジェクトレポート</li> <li>➢ 目標: 1,500メートル</li> </ul> </li> <li>海岸災害と気候変動の影響に対するリスクが減少した人数 (50%は女性と想定) <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 検証方法: 年次調査</li> <li>➢ 目標: 10,000人</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>気候の変動や変化に耐えられるように設計された新しいインフラの数 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 検証方法: 年次進捗報告書、中間レビュー、最終評価</li> <li>➢ 中間目標: 15-20km</li> <li>➢ 最終目標: 69km</li> </ul> </li> </ul>
ファンドレベルアウトカム指標 ※目標の記載がない事項は、目標=指標の達成となっているもの	<p>■A5.0気候変動に対応した計画・開発のための制度・規制システムの強化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>JNAP (適応と災害リスク管理のための国家共同行動計画) のガバナンスメカニズムを明確にするための手順が開発され採択される</li> <li>女性も男性も影響ベース予測の内容を理解し、準備できている <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 目標: 人々が対応方法を知っている</li> </ul> </li> <li>NDMOの施設が近代化され適切に運営されている</li> <li>(能力開発の方向を示した) ロードマップに従ってNDMO職員の能力が向上している</li> <li>災害発生時に備えて災害後のニーズ評価が迅速に実施できる <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 目標: PDNA手順が定められ、職員が訓練されている</li> </ul> </li> </ul> <p>■A6.0意思決定における気候情報の生々と活用の増加</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>長期的な沿岸警備戦略が策定され、主要な中央及び環礁の政府機関によって採用されている</li> <li>性別・ジェンダー別の災害影響データの収集 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 目標: 災害影響評価にジェンダー固有値が含まれている</li> </ul> </li> </ul> <p>■A7.0適応能力の強化と気候リスクへの暴露の低減</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>外部島ネットワークにおいて標準運営手順に従って運営されている通信局の割合 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 目標: 60%</li> </ul> </li> <li>タイムリーで実行可能な災害予測及び警告メッセージを受け取れる人数</li> </ul>	<p>■A5.0気候変動に対応した計画・開発のための制度・規制システムの強化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気候リスクを沿岸域の計画と効果的な行動に組み込むことができる制度的・規制的枠組み <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中間目標: 海岸マスタープランと海岸管理計画の策定</li> <li>➢ 最終目標: ICZM計画の策定</li> </ul> </li> </ul> <p>■A7.0適応能力の強化と気候リスクへの暴露の低減</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ソフトな沿岸保護措置から恩恵を受ける男女数 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中間目標: 沿岸保護の設計と設置の開始</li> <li>➢ 最終目標: 少なくとも1700万人</li> </ul> </li> </ul>

	FP066: Pacific Resilience Project Phase II for RMI (World Bank)	FP053: Enhancing Climate Change Adaptation in the North Coast and Nile Delta Regions in Egypt (UNDP)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 目標：70%（ベースラインは30%）</li> <li>・ 海岸保全工事の点検整備の充実</li> <li>➢ 目標：スタッフが点検手続きに従うこと</li> </ul>	
プロジェクトパフォーマンス指標 ※目標の記載がない事項は、目標＝指標の達成となっているもの	<p>■ 1 災害と気候変動を管理する枠組みが創設され運用されている</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ NDCとNC3の統合枠組みが閣議決定されている</li> <li>・ 統合された委員会と作業部会が活動している</li> <li>・ 委員会と作業部会によって政府の年間活動が監督されている</li> </ul> <p>■ 2 予測と警告メッセージの対象範囲が外島住民に拡大している</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 情報伝達ロードマップが作成・採択されている</li> <li>・ 通信機器が調達・運用され、保守体制が整えられ、ユーザーが訓練されている</li> <li>・ ユーザーコミュニティは早期警告メッセージとアドバイスをタイムリーに受け取れる</li> </ul> <p>■ 3 骨材の入手源が特定されている</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Kwajalein環礁及びMajuro環礁において骨材の持続可能な供給源と抽出方法が特定され定量評価されている。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 目標：潜在的な供給源が研究され持続可能性が評価されている</li> </ul> </li> </ul> <p>■ 4 プロジェクト管理とガバナンスが効果的</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国家監督委員会（NSC）による監視とガバナンスが働いている。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 目標：NSCを年に一度開催</li> </ul> </li> </ul>	<p>■ 1 ナイルデルタのホットスポット地域における沿岸洪水被害に対する沿岸インフラ及び農業資産の脆弱性の低減</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保護されている脆弱なホットスポットの全長 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中間目標：15-20km</li> <li>➢ 最終目標：69km</li> </ul> </li> </ul> <p>■ 2 エジプト北岸全体のICZM策定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ICZM計画のための機関と個人のニーズの評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中間目標：評価（手法）開発中</li> <li>➢ 最終目標：能力ニーズ評価報告書少なくとも一本</li> </ul> </li> <li>・ ICZMに関するモデリング及びその他のスキルの訓練を受けた技術担当者数 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中間目標：少なくとも3地域・50名</li> <li>➢ 最終目標：少なくとも20名</li> </ul> </li> <li>・ 全国観測システム監視装置の設置 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中間目標：全観測機器が調達済み</li> <li>➢ 最終目標：システムが運用済み</li> </ul> </li> <li>・ エジプト政府がICZM計画を採択 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中間目標：ICZM計画の開発</li> <li>➢ 最終目標：ICZMの採択</li> </ul> </li> <li>・ ICZM計画から得られた沿岸防護措置の実施開始 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中間目標：なし</li> <li>➢ 最終目標：取り組み開始</li> </ul> </li> </ul>

出典：各 Funding Proposal を元に JICA 調査団作成

E.の一項目目である「ファンドレベルインパクト」では、GCF の定める Expected Results に対応した Fund-level impact indicator に沿った説明が求められる。表 10.2.3 に適用分野における indicator を示す。

表 10.2.3 GCF の定める Expected Results と Fund-level impact indicator

Expected Results (Adaptation)	Fund-level impact indicator
A1: Most vulnerable people, communities and regions	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ A1.1 Change in expected losses of lives and economic assets (US\$) due to the impact of extreme climate-related disasters</li> <li>・ A1.2 Number of males and females benefiting from the adoption of diversified, climate resilient livelihood options (including fisheries, agriculture, tourism, etc.)</li> <li>・ A1.3 Number of Fund funded projects/programmes that supports effective adaptation to fish stock migration and depletion to climate change</li> </ul>
A2: Health and well-being, and food and water security	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ A2.1 Number of males and females benefiting from introduced health measures to respond to climate-sensitive diseases due to the impact of extreme climate-related disasters</li> <li>・ A2.2 Number of food secure households (in areas/periods at risk of climate change impacts)</li> <li>・ A2.3 Number of males and females with year-round access to reliable and safe water supply despite climate shocks and stresses</li> </ul>

Expected Results (Adaptation)	Fund-level impact indicator
A3:Infrastructure and built environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>A3.1 Number of physical assets made more resilient to climate variability and change, considering human benefits</li> </ul>
A4:Ecosystem and ecosystem services	<ul style="list-style-type: none"> <li>A4.1 Coverage/scale of ecosystems protected and strengthened in response to climate variability and change</li> <li>A4.2 Value (US\$) of ecosystem services generated or protected in response to climate change</li> </ul>

出典：GCF 資料を元に JICA 調査団作成

FP66 は、これらの indicator のうち、A1.1、A1.2、A3.1 の 3 つについて説明し、FP53 は A3.1 についてのみ説明している。今回の「モ」国事業においても、事業の類似性等を勘案して、少なくとも A3.1 を指標とし、可能であれば A1.1 と A1.2 も指標に加えることでファンドレベルインパクトを説明する事が望ましいと考えられる。

E. の 2 項目目である「ファンドレベルアウトカム」では、GCF の定める Expected Outcome に対応した Fund-level outcome indicator に沿った説明が求められる。表 10.2.4 に適応分野における indicator を示す。

表 10.2.4 GCF の定める Expected Outcome と Fund-level outcome indicator

Expected Outcome (Adaptation)	Fund-level outcome indicator
A5.0 Strengthened institutional and regulatory systems for climate-responsive planning and development	<ul style="list-style-type: none"> <li>A5.1 Institutional and regulatory systems that improve incentives for climate resilience and their effective implementation</li> <li>A5.2 Number and level of effective coordination mechanisms</li> </ul>
A6.0 Increased generation and use of climate information in decision-making	<ul style="list-style-type: none"> <li>A6.1 Use of climate information products/services in decision-making in climate sensitive sectors</li> </ul>
A7.0 Strengthened adaptive capacity and reduced exposure to climate risks	<ul style="list-style-type: none"> <li>A7.1 Use by vulnerable households, communities, businesses and public-sector services of Fund-supported tools instruments, strategies and activities to respond to climate change and variability</li> <li>A7.2 Number of males and females reached by [or total geographic coverage of] climate-related early warning systems and other risk reduction measures established/strengthened</li> </ul>
A8.0 Strengthened awareness of climate threats and risk-reduction processes	<ul style="list-style-type: none"> <li>A8.1 Number of males and females made aware of climate threats and related appropriate responses</li> </ul>

出典：GCF 資料を元に JICA 調査団作成

この指標については、類似案件の Funding Proposal の時とは項目立てが変わっておりそのまま参考にはできないが、事業の類似性等を勘案すると A5.2、A6.1、A7.1、A7.2、A8.1 が適すると考えられる。

3 つ目の指標はプロジェクトごとに設定するものであり、類似案件の内容も参考にしつつも実際のコンポーネントを踏まえた指標設定を行った。

次に、「F. Risk Assessment and Management」の検討に向け、類似案件 3 件の Funding Proposal の整理を行った。表 10.2.5、表 10.2.6 と表 10.2.7 に類似案件における記載内容と今回の「モ」国事業への示唆を示す。なお F. では、プロジェクト/プログラムの目的達成を妨げる各種リスクと、それらリスクへの軽減措置を説明することが求められている。

表 10.2.5 類似案件における Funding Proposal “F. Risk Assessment and Management” の記載 (FP160)

NO	リスク	リスク軽減策	今回のモルディブ事業への示唆
1	<u>地域レベルの利害関係者やプロジェクトパートナーの関与が不十分</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト活動への支援を確保するために、地域の利害関係者との広範な関与（engagement）を実施。</li> <li>プロジェクト実施中も、プロジェクトパートナー、地域で活動する他の機関、利害関係者との広範な関与が継続される。</li> <li>プロジェクト実施活動は、地域の利害関係者の参加を確保するために、既存の地域委員会、グループ、システム、手順に基づいて構築、またはそこから引き出される。</li> </ul>	実施機関の間の調整が不十分であったり、プロジェクト活動への現地の知識の統合が限られていたりするとこうしたリスクがあり得るのではないか
2	プロジェクト活動の実施にジェンダーの配慮、社会的セーフガードの考慮、生計手段が十分に取り入れられておらず、管理体制が、 <u>ジェンダー平等に悪影響を及ぼし、ジェンダーに基づく差別を再現する可能性がある。</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ジェンダーの平等がすべての介入の中心となることを確保するため、ジェンダー評価・行動計画（附属書8）が策定され、実施される予定。</li> <li>活動の設計には、協議や能力開発への女性の全面的な参加が含まれ、すべての意思決定においてジェンダーの脆弱性の格差に配慮する。プロジェクトの設計では、漁業や地域社会における女性の生計能力開発を考慮する。</li> <li>ESMPの一環としての社会管理計画（Social Management Plan）は、詳細な審査プロセスに基づいて策定されている。ESMPは、プロジェクト活動が環境や地域社会に悪影響を与えないことを保証する枠組みを提供する（付属文書6）</li> </ul>	プロジェクト活動の実施にジェンダーの配慮、社会的セーフガードの考慮、生計手段が十分に取り入れられていないと、こうしたリスクがあり得るのではないか
3	プロジェクト開発のための「新たな資金」または持続可能な「現物支給」による協調融資のコミットメントが約束されず、 <u>他の基本的なサービス/開発からの資金が損なわれる結果となる</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UNDPはこのプロジェクトに協調融資を提供することを約束しており、GoLと協力して協調融資や現物での活動のさらなる資金源を特定のため動いている。活動1.2のための岩石原料による協調融資の可用性は、政府とUNDPによって検証済み。</li> </ul>	協調融資の実施はJICAが正式に予定しており、追加的な資金であるため、他の資金が減るリスクは低いのではないか
4	長期的なプロジェクトの成功には、沿岸および土地利用計画の <u>政策と、コミュニティ/インフラを保護するための行動へのコミットメントが必要</u> 。また、MMAにおけるプロジェクト活動と <u>他の活動との間に重複や不整合がないことを確保することも必要</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>このプロジェクトは、プロジェクト活動と、MMA (Monrovia Metropolitan Area)における過去および現在のイニシアティブとの間に相乗効果があることを確実にするために、政府および影響を受ける当事者のすべてのレベルで広範な利害関係者の関与を得て設計されている。</li> <li>GoLとプロジェクトの管理責任者である関係者/組織との間で定期的な会合が開催される。これにより、将来のプロジェクトやイニシアティブがプロジェクトの介入と整合することが保証される。</li> <li>プロジェクトの前提条件として、政府は、合意した沿岸・潮流域におけるプロジェクト実施中の土地保有契約に取り組む事をコミットする。これには、必要な場合には、新たな法的文書及び執行を行う事のコミットメントが含まれる予定。</li> </ul>	モルディブ政府や現地の利害関係者の関与が不十分だと、プロジェクトの効果が長期的に維持されないリスクはあり得るのではないか

NO	リスク	リスク軽減策	今回のモルディブ事業への示唆
5	<p><u>政治的リーダーシップや焦点の変化により、プロジェクトの遅延や一部活動の放棄につながる可能性</u> さらに、<u>政府職員の交代は、能力構築、技能と知識の保持、関連機関全体の知識管理を妨げる可能性</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト実施時、政府機関の役人、スタッフ、地域コミュニティのメンバーといった非政治的主体との定期的な関与が優先される。これにより、それぞれの組織から主要な要員が去った場合にも、プロジェクトの計画と実施プロセスに関する知識が、実施機関に実施 (delivery) 責任を負わせることができる多くの要員の間で共有される予定。</li> <li>地方条例の制定、プロジェクト介入の地方計画・予算システムへの組み込み、説明責任のあるセンター/事務所の設置により、政治的变化がプロジェクト介入の持続可能性に与える影響は無視できるものとなる。</li> </ul>	<p>各組織の意思決定権限者の巻き込みや制度等への組み込み等が不十分な場合、政府職員交代や政治の変化による影響をうけるリスクもあり得るのではないか</p>
6	<p><u>汚職によって成果が上がらない、コスト増加などのリスク</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UNDPカントリーオフィスは、汚職のリスクを最小限に抑えるため、実施を支援し、監督を行う。UNDPのパートナー能力評価ツール (PCAT) を使用して評価されたこのプロジェクトの全体的なリスク・レベルは「低」である。PCATは、UNDPのプログラム・サイクル (4年ごと) ごとに独立した第三者が実施する現金移転のための統一アプローチ (HACT) と併せて使用され、定期的な抜き取り検査と特定のプロジェクト監査 (このGCFプロジェクトの場合は年1回) が行われる。UNDPは、リベリアの実施機関 (EE) である環境保護庁 (EPA) のHACTマイクロアセスメントを実施した。マイクロアセスメントは、EEのプログラム、財務及び運営管理方針、手続、システム及び内部統制の全体的な評価を提供する。このHACTマイクロアセスメントに加え、UNDPカントリーオフィスは、このプロジェクトの一環として、プロジェクトで特定されたリスクに関連する問題を発見し対処するため、次の措置を取る。i) 外部の独立した機関とUNDPが毎年1回、現地調査を実施。ii) NIM監査-プロジェクト監査は、本プロジェクトの予算に従って毎年実施される。3) 計画された支出が予算化されたプロジェクト活動と一致していることを確保するための年間作業計画の見直し。</li> </ul>	<p>モルディブ政府は既にEEとしてのGCF案件実施の経験もあり、リスクは低いのではないかと考えられるが、実施支援や監督が適切に実施されない場合、汚職のリスクもあり得るか</p>
7	<p><u>政府関係者や地域社会が、このプロジェクトのコミュニティベースの介入にオーナーシップを持たず、プロジェクトの成果と目標の達成やプロジェクト後の持続可能性が限定的となる</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コミュニティがプロジェクトの計画や継続的なプラスの利益に参加できるように、ステークホルダーエンゲージメントを実施。</li> <li>対象コミュニティは、気候に敏感な生計手段の回復力の改善とCBNRM (Community-Based Natural Resource Management) の支援に焦点を当てた介入の設計と実施に積極的に参加。プロジェクト活動に対するコミュニティの支援促進のため、ソーシャルマーケティングおよび意識啓発キャンペーンを展開。これらの戦略は、すべてのコミュニティメンバーが、コミュニティ教育・イノベーションセンターの設立とそれに関連する活動を理解し、そこから利益を得ることを確実にするために策定される。</li> </ul>	<p>現地の利害関係者の関与が不十分だと、このようなリスクはあり得るのではないかと</p>

NO	リスク	リスク軽減策	今回のモルディブ事業への示唆
8	<u>国際的な専門家/コンサルタント/開発者が、期待通りの成果を上げない</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンサルタント及び請負業者のサービスは、UNDPのマニュアルのガイドラインに従って調達される。これにより、適切な資格を持つ応募者のみがプロジェクト活動を契約できる。</li> <li>・UNDPカントリーオフィスは、プロジェクトのいかなる側面においても基準が損なわれないよう、プロジェクトの監督において積極的な役割を担う。</li> </ul>	JICAのルールで調達や監督を行えば同様のリスクは低いのではないかと
9	<u>沿岸浸食へのハード対策が、長期的に運営・維持されない</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当初の地方協議では、地方当局の予算と能力の制約を考えると、ハード・ストラクチャーの維持管理が定期的または適切に行われる可能性は低いと結論付けられた。護岸と側溝の設計は、この制限を考慮して行われ、最低50年間設計どおりに機能するように意図されている。</li> <li>・運用と保守のコストは、年間平均約5万ドル(附属文書21: 運転および保守計画)と見積もられている。ICZMPプロセスは、沿岸防衛構造の維持を含め、その実施のための組織的責任と予算に取り組むことを目的としている。ICZMP自体および関連する制度的責任は、政府の政策プロセスの一環として、政府の最高レベルで承認される。</li> </ul>	場合によっては同様のリスクがあり得るのではないかと
10	<u>極端な海洋気象事象/災害により、地上で実施されるプロジェクトへの悪影響や遅延が発生</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・護岸と地盤改良材は、ほとんどの気象条件や海洋条件に対して弾力性がある。</li> <li>・最終的な建設計画には、海象、気象、気候ブリーフ (climate briefs) に基づく活動の綿密な計画が盛り込まれる。極端な気象事象が実施プロジェクトの介入に悪影響を及ぼす可能性を低減するため、この予測情報に関連して介入が計画される。</li> </ul>	場合によっては同様のリスクがあり得るのではないかと
11	物理的な海岸への介入の結果として起こる、海岸および沿岸の堆積物の浸食と堆積に対する <u>予想外の環境変化と動的変化の可能性</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿岸の物理的介入の実施から生じる可能性のある潜在的な変化を特に緩和するために環境社会評価報告書 (附属文書6) を作成した。</li> </ul>	環境社会評価報告書に基づき対応することが重要かと
12	<u>環境セーフガードへの配慮がプロジェクト活動の実施や管理体制に十分に組み込まれない。モンロビア周辺の小川、河口、マングローブ湿地の汚染の規模は、既存の機関による管理には大きすぎる。</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・詳細なスクリーニングプロセスを経て、環境管理計画を策定している。これは、プロジェクト活動が環境に悪影響を与えないことを保証するための枠組みを提供する。</li> <li>・プロジェクトの設計には、排水と汚染源の調査が含まれ、プロジェクトが対処すべき治癒可能な問題の特定に焦点が当てられ、その他のものは当局による長期的な行動を求められる。</li> </ul>	環境管理計画に基づき対応することが重要かと

NO	リスク	リスク軽減策	今回のモルディブ事業への示唆
13	プロジェクトには、一時的／永続的、完全／部分的な <u>住民移転</u> が含まれる	<ul style="list-style-type: none"> <li>このプロジェクトは、住民移転（physical displacement）を避けるように設計されている。</li> <li>少数の人々の移転が必要と判明した場合、UNDP（およびIFC）に準拠した再定住アプローチが用いられる</li> </ul>	仮に住民移転が必要となった場合対応が必要か
14	プロジェクト開発は、沿岸地域の <u>土地保有制度を侵害する可能性</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GoLは、沿岸・潮流域における土地保有制度に取り組むことを約束している。これには、必要な場合には、新たな法的文書及び執行へのコミットメントが含まれている。ICZMアプローチを採用し、リスクの高い地域における沿岸土地保有規制に特化した特別なセクションを持つICZMPを開発することは、このリスクを軽減するのに役立つ。上記のICZMPの構成要素は、現在開発中のモンロビアの土地利用に関する世界銀行のマスタープランに完全に沿ったものとなる。</li> <li>プロジェクトデザインは、コミュニティの意識向上プログラムに土地保有に関するメッセージを含めることで、政府の行動を支援する。</li> <li>プロジェクトの設計には、能力強化プログラムを通じた政府機関への支援も含まれる。</li> </ul>	モルディブ政府との連携が重要か
15	海岸保全対策の構築が、ウェストポイントにおける既存の洪水リスクを悪化させるという意図しない結果をもたらす	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウェストポイントの護岸は、脆弱な海岸線を武装し、所定の位置に固定するように設計されている。この護岸は、浸透性のある多孔質材料を使用し、水を海に排水できるシステムを含んでいる。</li> <li>既存の局地的な洪水に対する護岸の影響評価と、適切な排水能力の設計によりこのリスクを軽減するため、詳細な設計と建設計画の策定中には、ウェストポイントのサイト固有の水文モデルも使用される。</li> </ul>	同様のリスクがあり得るのではないか

出典：Funding Proposal を元に JICA 調査団作成

表 10.2.6 類似案件における Funding Proposal “F. Risk Assessment and Management” の記載 (FP066)

NO	リスク	リスク軽減策	今回の「モ」国事業への示唆
1	災害リスクと気候変動への適応が部門別政策に <u>反映されない</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事務長官室（Office of the Chief Secretary）が関係省庁（財務省、公共事業省、防災・気候変動適応担当機関）間の橋渡しを行う</li> </ul>	沿岸域及び背後域の管理計画が法制化及び実施されないリスクがあり得るのではないか
2	プロジェクトが技術的・運用的に複雑で、複数のステークホルダーが関与しており、実施中に困難が生じる可能性がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pacific Communityのコファイ事業により、<u>地域単位</u>での技術支援を実施。</li> <li>またリスクの適切な理解に基づく沿岸計画と将来の投資に貢献する沿岸脆弱性評価のために<u>Deltares社を雇用</u></li> <li>可能であれば活動をより大きな契約にまとめる（ことで複雑性を緩和？）</li> </ul>	様々な支援ニーズがある中で特定の支援ニーズをGCF、JICAや「モ」国政府のコファイ事業として選定して対応するため、事業開始後も事業対象地について不満が出るリスクがあり得るのではないか



NO	リスク	リスク軽減策	今回の「モ」国事業への示唆
3	財務省国際発展支援局や公共事業省の実施キャパシティが限定的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調達活動を含む日々の実施管理を担う専任のプロジェクトマネージャーを採用</li> <li>・関係職員に対し訓練と能力開発を提供</li> <li>・コンポーネント1と3実装のための技術スタッフやコンポーネント2実施のためのコンサル会社も採用。</li> <li>・世銀は進捗監視のための定期的な実施支援ミッションを実施</li> </ul>	MEも人員不足と仰っていたので、同様のリスクがあり得るのではないかと
4	沿岸防護施設の設計と建築のための地元企業の能力が限定的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際的なコンサルタントや業者を対象とする。</li> <li>・国内業者も資格要件を満たせば請負業者または下請け業者として入札に参加でき、その能力も強化される。</li> </ul>	養浜に関する知見が「モ」国国内企業にない等のリスクがあり得るのではないかと
5	財務省国際発展支援局や公共事業省の連携が弱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事務長官室（Office of the Chief Secretary）が関係省庁（財務省、公共事業省、防災・気候変動適応担当機関）間の橋渡しを行う</li> <li>・更に財務省国際発展支援局のプロジェクトマネージャーが、調達計画の統合や調達取引の追跡システム（STEP）等により全ての調達を調整・監視する。</li> </ul>	「モ」国政府でもインフラ省が検討中の事業を環境省が把握していなかったという事もあったため、省庁間の連携の弱さもリスクとしてあり得るのではないかと
6	建設資材の出所や設計の不確実性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・入札文書中の骨材の技術的要件としてESMF/ESIAの勧告に沿った明確な仕様を含める。</li> <li>・更にPacific Communityは将来の作業のために適切で持続可能な骨材源を特定するための調査を行う。</li> </ul>	養浜に使う砂や礫の出所の不確実性リスクはあり得るのではないかと
7	マーシャル政府の受託能力が低い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・財務管理と調達に関する評価の結果として合意される軽減措置が実施される。具体的には、技術支援、世銀の調達と財務管理に関する要求（内部財務管理及び定期的な独立監査を含む）の順守が含まれる。</li> <li>・世銀は実施支援ミッションを通じてこれを監視する。実施支援ミッションには、内部財務管理の有効性と順守状況のレビュー、中間財務報告の正確性のレビュー、監査報告で提起された問題のフォローアップが含まれる。</li> <li>・IPF借入人のための世銀調達規則及び関連するガイドランスノートは、プロジェクト準備の早い段階で関係機関に配布される。</li> <li>・プロジェクト先行準備（PPA）の中で、専任のプロジェクトマネージャー（調達経験あり）が雇用され、財務省国際発展支援局と協力して以下の作業を実施 <ul style="list-style-type: none"> <li>－コンポーネント1、3、4の調達プロセスの実施とコンサルティングサービスの調達（プロジェクト先行準備における調達含む）</li> <li>－必要に応じてプロジェクト調達戦略(PPSD)と調達計画を更新</li> <li>－財務省国際発展支援局職員への調達研修の提供</li> <li>－プロジェクト運営マニュアル（POM）の一環として詳細な調達マニュアルを作成</li> <li>－必要に応じてMPW(国家インフラ管理計画)を支援</li> </ul> </li> <li>・調達専門家は、公共事業省と協働するために選定されるコンサルタントチームにも含まれ、主な業務は上記と同じである。</li> </ul>	NDAには既にGCF案件実施の経験があるためリスクは低いと考えられるのではないかと

NO	リスク	リスク軽減策	今回の「モ」国事業への示唆
8	土地占有や境界や地役権を設定する権利を確保することが困難、保護事業が沿岸環境に及ぼす潜在的な悪影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・財務省と公共事業省は、開発とコンセプトデザインの優先地域の評価を含め、<u>早い段階で土地所有者と連携</u>する。土地所有者の合意が得られている地域では、海岸保全事業が優先される。土地所有者は海岸保全事業から明確な利益を受けることもこのリスクの軽減要因である。</li> <li>・沿岸防護工事は、EbeyeとMajuroの海岸と海洋環境に潜在的な悪影響を与えるポテンシャルを有するため、<u>ESMF/EIAプロセスの一部として慎重に評価</u>され、設計と建設段階において適切な緩和措置が盛り込まれる。</li> </ul>	同様のリスクがあり得るのではないかと
9	準備フェーズ2の実施中に <u>重大な災害が発生</u> し、実施機関の注意と資源が、その国の緊急の災害対応と復旧のニーズに振り向けられる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前の災害リスク融資・保険メカニズムに加えて、緊急時対応コンポーネント(CERC)がプロジェクトに組み込まれている。これにより、<u>災害発生時に、政府の対応と復旧ニーズを支援する資金を提供</u>することで、柔軟性が得られ、プロジェクトの中断を最小限に抑えることができる。</li> </ul>	同様のリスクがあり得るのではないかと

出典：Funding Proposal を元に JICA 調査団作成

表 10.2.7 類似案件における Funding Proposal “F. Risk Assessment and Management” の記載 (FP053)

NO	リスク	リスク軽減策	今回の「モ」国事業への示唆
1	明確に線引きされた責任範囲を持つ既存の計画コンテキスト内で <u>新しい計画フレームワークを実装</u> すると、 <u>抵抗が生じる可能性</u> がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>・抵抗される理由を分析し、それを取り除くための<u>適切なアプローチを特定し、適用</u>する。</li> </ul>	既存の政策や計画との不整合などが起こるリスクはあり得るのではないかと
2	策定されたICM計画に関する主要な利害関係者間の <u>合意の欠如</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・参加型アプローチの専門家を雇用する。</li> <li>・更に、<u>利用可能な最高水準のモデル技術を活用し、証拠に基づく提案を提供するための国際的な専門家を雇用</u>する。</li> <li>・専門家は、競争的な選抜過程によって選定される。調達に先立ち、国内業者による対応可否と国外業者からの調達要否に関する市場調査が実施され、その後、委任事項が公告され、UNDPと政府を含む選考委員会を受領したプロポーザルを評価し、財務プロポーザルと技術プロポーザルの組み合わせに基づいて任命を決定する。EOI及びRFPも同様に使用できる。</li> </ul>	沿岸域及び背後域の管理計画を、法制化及び実施しようとする他の省庁や自治体から反対を受けるリスクはあり得るのではないかと

NO	リスク	リスク軽減策	今回の「モ」国事業への示唆
3	スキルの低さとスタッフの制約が、実施のモニタリングとフォローアップを妨げる可能性がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>・能力ニーズの評価を実施し、具体的なニーズとギャップを特定。</li> <li>・プロジェクトは、プロジェクト完了後のフォローアップと実施の必要性を考慮し、主要な国の機関と地方政府の職員の能力強化活動の上に組み立てられている。</li> <li>・UNDPは、<u>長期的なM&amp;E計画</u>が、必要な資金と人的資源を含むGCFプロジェクト終了後の事業の持続可能性のためのプロジェクトの成果物となることを保証する。</li> </ul>	MEも人員不足と仰っていたので、同様のリスクはあり得るのではないかと
4	投資の長期的な持続可能性（もし進行中の沿岸洪水がプロジェクトを実施しても防げず、都市部や農業地域の脆弱性が増大した場合に、情報システム、沿岸保護対策といった投資が持続可能か）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクトによる介入は、主要な国家機関と地方政府の計画・予算編成プロセスに統合される。</li> <li>・実施にあたっては、<u>地元のコミュニティ・グループ</u>を積極的に関与させることで、オーナーシップを高め、長期的な持続可能性を保証する。</li> <li>・プロジェクトによる介入は、ICZM計画の策定中に決定される。ICZM計画に含まれる介入は、テスト済みのもので、徹底的な費用対効果分析を条件として決定される</li> <li>・設計ミスの可能性を減らすために、必要に応じて、<u>国際的な専門知識</u>を用いて広範な研究と徹底的な設計が行われる。</li> <li>・強力なM&amp;Eプログラムが実施され、プロジェクトを通じて現地職員が採用され、地方政府職員とコミュニティが技術的助言を受け、必要に応じて懸念を表明する機会を確保する。定期的なモニタリングを通して、介入の成功が測定され、伝達され、行動の変化を促すだけでなく、自信を提供する。M&amp;E計画は、UNDPの標準フォーマットに従ってプロジェクト・チームが作成し、政府と協議し、プロジェクト・ボードが承認する。プロジェクトM&amp;E計画には、開始ワークショップ、プロジェクト委員会会議、プロジェクト進捗報告書の作成、進捗の手段検証の測定、独立した中期・最終評価、現地視察、プロジェクトの年次・最終報告書が含まれる。</li> </ul>	養浜した海岸のメンテナンスが継続的に行われないう、というリスクはあり得るのではないかと
5	極端な気候現象は、実施を混乱させたり、投資に損害を与えたりし、その結果、遅延や追加コストが生じる。エジプトでは、嵐による高波や鉄砲水など、気候に関連する自然災害のリスクが高まっており、	現場作業と建設活動のタイミングは、可能な限り <u>リスクを最小限に抑えられるスケジュール</u> で行う（例えば、嵐の時期を踏まえた計画）。投資プロジェクトの設計は、長期的な回復力を確保するために、徹底的なリスク評価の結果に従う。	「モ」国でも事業実施を阻害するほどの極端な気候現象がおこっているのか要確認

NO	リスク	リスク軽減策	今回の「モ」国事業への示唆
	これらは投資の長期的な持続可能性だけでなく実施にも影響を与える可能性がある。		
6	建設工事中の土砂移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿岸インフラの建設中に堆積物が移動する可能性がある。</li> <li>・土砂が移動して環境に影響を及ぼさないようにするため、<u>侵食・排水・底質管理計画(EDSCP)</u>を策定し、土砂の移動を制限するシルトカーテンを設置する必要がある。さらに、どのような土工も乾季中に着手し、堆積物の移動を減少させるために十分に締固めなければならない。EDSCPは、堆積物の移動を減少させるための堆積物カーテンの設置及びフーチング材の迅速な配置を含むが、これらの対策に限定されない。</li> <li>・これらの影響は、空間的及び時間的に作業期間に限定される。</li> </ul>	同様のリスクはあり得るのではないかと
7	建設騒音	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設請負業者は、<u>コミュニティを含む感受性の高い受け手を考慮</u>すべきである。</li> <li>・騒音は、水路から土砂を取り除く掘削機に限られる。掘削機や土砂を運搬するトラックの使用により、より大きな騒音が発生する可能性がある。</li> <li>・もし影響が発生した場合、必要に応じて、これらの地域社会に騒音が到達する可能性を低減するために、<u>防音壁を建設</u>すべきである。</li> <li>・騒音の発生は非常に短期間である。</li> </ul>	同様のリスクはあり得るのではないかと
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多くのリスクに対応するというエジプト政府の強いコミットメントが存在する一方で、主要な意思決定者による認識の違いや、プロジェクト活動がナイル川デルタにおける気候変動への適応に対処するための効果的な長期戦略に十分貢献していないとみなされ始めていることにより、この<u>政府コミットメントが実行されない可能性がある</u>。</li> <li>・しかし、政府が実施するベースライン開発活動へのコミットメントと、必要な協調融資を確保する努力は、これらのリスクを最小限に抑えるのに役立っている。</li> <li>・リスク軽減戦略は、各国のカウンターパートとのコミュニケーション強化に重点を置くべきであり、すなわち、<u>政治的変化に迅速に対応できるように国家及びUNDPの能力を強化</u>する。</li> </ul>	同様のリスクはあり得るのではないかと

出典：Funding Proposal を元に JICA 調査団作成

### 10.3 「モ」国での具体的な活用方策

「モ」国における GCF 活用に向けて、「モ」国の GCF 活用方針や同国内ですでに検討中の GCF 候補事業の有無の確認等を行った。ME へのヒアリングの結果、「モ」国の GCF 活用方針としては、パリ協定における NDC (nationally determined contribution: 国別約束) や 2nd National Communication で「モ」国が掲げた事業を優先分野としているとのことであった。(表 10.3.1 に「モ」国が更新版 NDC で掲げ

た対策を示す。海岸保護や早期警戒及び観測システム等が適応分野の対策として掲げられていることが確認できる。)

GCF 案件としては、実施中の案件が UNDP の案件 1 件、検討中の案件が本件を含め全 4 件とのことであった。その内容は、検討が進んでいる順に、海岸案件(AE:JICA)、再エネ案件(AE:UNEP)、生態系保存 (AE:FAO)、遠隔地の水由来の健康問題 (AE:WHO) とのことであった。また、ダイレクトアクセス機関 (DAE) はまだ存在しないが、Bank of Maldives が検討中とのことであった。

表 10.3.1 「モ」国 NDC で掲げられた対策等

緩和	<ul style="list-style-type: none"> <li>■目標                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2030年までにGHG排出量をBAU(Business As Usual)比で26%削減 (国際的な支援が前提)</li> <li>・ 2030年までのネットゼロも目指す (国際的な支援が前提)</li> </ul> </li> <li>■分野                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギー</li> <li>・ 廃棄物</li> </ul> </li> <li>■対象ガス                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CO2</li> <li>・ CH4</li> <li>・ N2O</li> </ul> </li> </ul>
適応	<ul style="list-style-type: none"> <li>■分野                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 農業と食料保障強化</li> <li>・ インフラのレジリエンス強化</li> <li>・ 公衆衛生</li> <li>・ 水保障強化</li> <li>・ 海岸保護</li> <li>・ サンゴ礁とその生物多様性の保護</li> <li>・ 観光業</li> <li>・ 漁業</li> <li>・ 早期警戒及び観測システム</li> <li>・ 災害リスク軽減と管理</li> <li>・ 横断事項 (ファイナンス、能力開発)</li> </ul> </li> </ul>

出典：「モ」国更新版 NDC (2020) を元に JICA 調査団作成

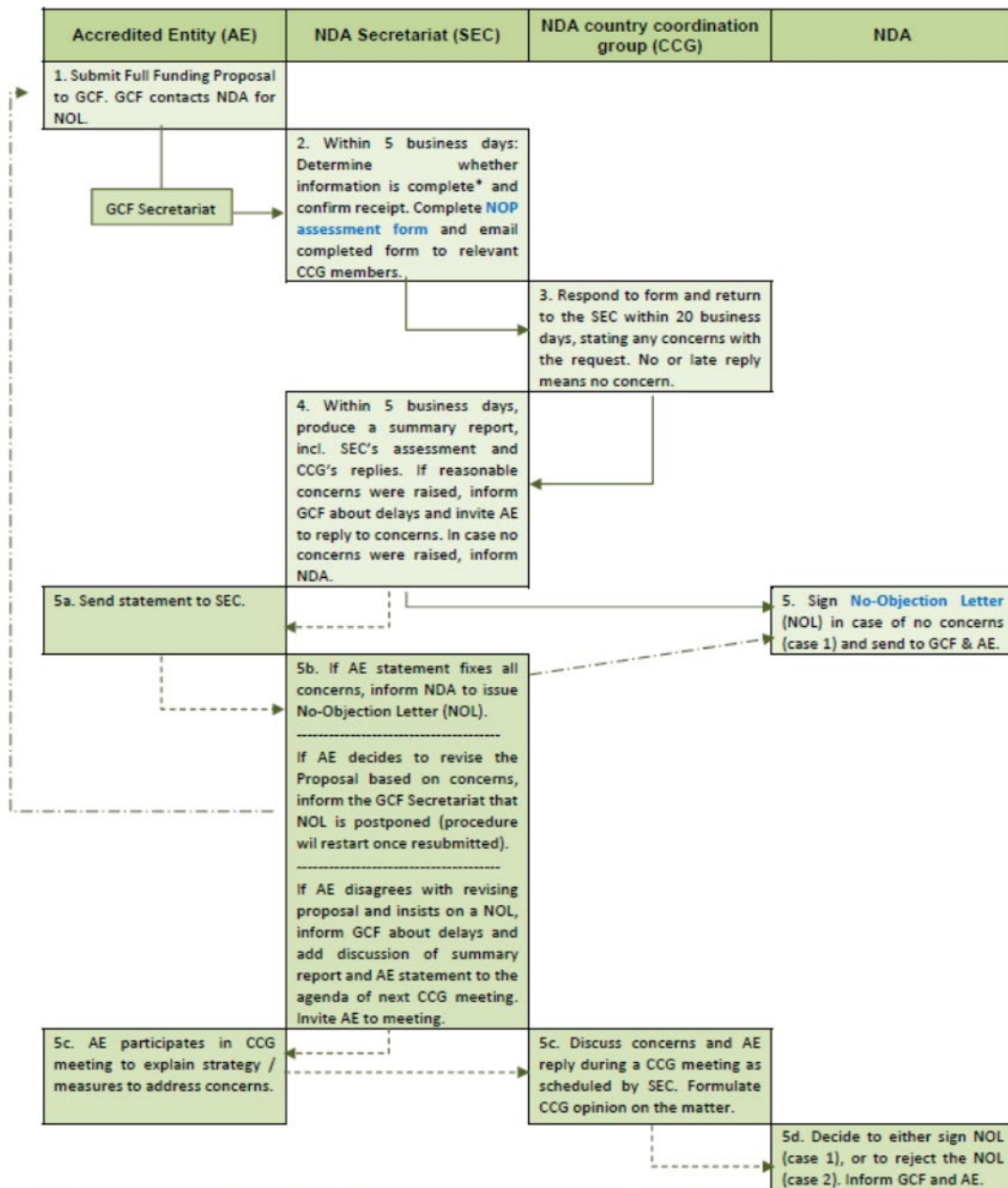
GCF への Funding Proposal 提出に必要となる「モ」国の NDA である ME からの同意書 (No objection letter) の入手に向けて、入手の手続きや所要期間等について、ME からの資料入手及びヒアリングにより内部手続きについての確認を実施した。更に、調査期間中 (2019 年 2 月) に「GCF NDA Manual of the Republic of the Maldives Draft Final Report (v2)」が策定されたためその内容を確認した。こうした検討を踏まえ、「モ」国政府に対し同意書発行の依頼を行い同意書を入手した。同意書を図 10.3.1 に示す。なお前述の NDA Manual に記載された、同意書発出のプロセスを図 10.3.2 に示す。本プロセスは 2019 年 8 月から効力を持つとの事であったが、今回の事業についてはその前に同意書発出の手続きを取ったためこの手続きにはよらず、同意書が発行された。



出典：「モ」国政府

図 10.3.1 同意書

**Case 1:** The NDA shall implement the following NOP for Funding Proposals submitted to the NDA:



Notes: Two standardized forms are needed for the proposed procedure, highlighted in blue font. In cases where no concerns are raised, the procedure can be completed in up to 30 business days (solid line arrows). In cases where concerns are raised by either SEC and/or CCG, the procedure will take as much time as needed to address the (dashed line arrows/darker boxes). \* All sections of the Funding Proposal must be complete. The ESS and gender assessment and feasibility study must be submitted.

出典：GCF NDA Manual of the Republic of the Maldives Draft Final Report (v2)

図 10.3.2 同意書発出の流れ（新ルール適応後）

## 第11章 環境社会配慮／合意形成手法／ジェンダー

本章では、提案した GCF 事業に関わる環境社会配慮／合意形成手法／ジェンダー分野の検討結果の概要を述べ、詳細は別添資料内の Annex 6~8 に示す。

### 11.1 関連ガイドライン・法令の整理 (GCF、JICA、「モ」国)

#### 11.1.1 「モ」国の自然環境、社会環境にかかる政策 (EIA、ジェンダー含む)

##### (1) 「モ」国国内での法制度

「モ」国 (以下、「モ」国) での自然環境、社会環境に係る法制度としては、以下の法制度が挙げられる。

表 11.1.1 「モ」国における自然環境、社会環境に係る法制度

法令名称	備考
環境保護保全法 (Act No.4/1993)	
環境影響評価規則 (2012)	第一次改訂 (2013)、第二次改訂 (2015)、第三次改訂 (2016)、第四次改訂 (2017)、第五次改訂 (2018)
浚渫・埋立に関する規則 (2013)	第一次改訂 (2014)
文化的歴史的施設の保全法 (Act No.27/1979)	
立木及びココナツヤシの伐倒及び輸出に関する規則 (2014) (Regulation No. 7-R/2014)	
サンゴ及び砂の採取に係る規則 (1990)	

出典：JICA 調査団

##### (2) 環境保護保全法 (Act No.4/1993)

「モ」国の環境保護保全法 (法律第 4/93 号) は、環境省に代わって環境保護庁 (EPA) によって現在実施されている「モ」国における環境影響評価 (EIA) プロセスを含む環境管理のための基本的な枠組みを提供している。

すべての事業は環境保護保全法の要件に準拠する。EIA は、「モ」国の EIA 規則 2012 並びに改定 EIA 規則に基づき、登録コンサルタントにより実施される。さらに、環境エネルギー省 (MEE)、計画・インフラ省 (MPI)、および関連する地方協議会の規則、行動計画、プログラム、および政策の中で強調された原則を遵守する。

環境保護保全法第 2 条、第 4 条、第 5 条、第 6 条、第 7 条及び第 8 条は、アドゥ市およびラーム環礁における沿岸保護事業に関連している。

環境保護保全法第 2 条は、環境省に対し、環境に関する政策、規則、規制の策定を義務付けている。

環境保護保全法第 5 条は、環境問題を開発の意思決定に関与させるために実施されるツールである環境影響評価 (EIA) を具体的に規定している。法律第 5 条(a)に基づき、環境影響評価調査結果は、環境に影響を及ぼす可能性のある開発事業を実施する前に、環境省に提出しなければならない。環境省は、第 5 項第(b)号に基づき、環境アセスメント指針を策定し、本項第(a)号の評価を必要とする事業を決定する。

環境保護保全法第 6 条は、環境に望ましくない影響を及ぼす事業を終了させる権限を環境エネルギー省に与える。



環境保護保全法第7条は、「モ」国内における廃棄物、油及び毒性物質の処分を規定する。本条によれば、廃棄物、油、有毒ガス、または環境に有害な影響を及ぼす可能性のある物質は、「モ」国の領域内にて処分してはならない。しかしながら、そのような物質の処分が必須となった場合、その条項は、その目的のために指定された区域内でのみ処分されるべきであると規定し、焼却される場合、人々の健康への害を回避するために適切な予防措置を取る必要があると規定している。

環境保護保全法第8条は、人の健康及び環境に有害な物質、毒性物質又は核廃棄物は、「モ」国の領域内のいかなる場所にも処分してはならないと規定している。

さらに、第9条は、この法律に違反する軽微な犯罪についてはMVR 5～MVR 500を、重大な犯罪についてはMVR1億以下の罰金を科するものである。罰金は、軽犯罪の場合には、環境エネルギー省又は当該省が指定する他の政府当局が科する。

最後に、環境保護保全法第10条は、「モ」国に対し、環境に悪影響を及ぼす行為によって生じたすべての損害の賠償を請求する権利を与える。2014年法律第12号により環境保護保全法第3条が改正され、生物多様性の保全、地下水資源の保護、マングローブ、島嶼部の沼地等の環境保全、廃棄物・有害ガス等による環境の保全等の環境保全、関係行政機関との協議の上での政策、規制、基準、実施等を、環境政策を実施する省庁の責務とした。

提案事業は、環境保全保護法を完全に遵守する。すべての緩和措置は、環境のために実施される。

### (3) 雇用法 (Act No. 2/2008)

「モ」国における移民労働者の権利と責務を規定する法的枠組みとして、雇用法(2008年法律第2号)を策定した。雇用法は、労働関係機関、雇用審判所及び賃金諮問委員会の設置を規定している。これまでに、雇用法(2008年法律第2号)は4回の改正が行われている(2008年第14号、2010年第12号、2014年第3号、2015年第14号)。すべての請負業者は、プロジェクトの建設段階において、労働者の倫理的な募集及び責任ある雇用を行うことを要求される一方、運営段階では、倫理的な雇用及び責任ある雇用政策及び制度を策定し、実施することを備供される。

#### 11.1.2 自然保護区及び環境への配慮が必要な地域

環境省は、環境保護保全法第4条に基づき、保護地域や自然保護区の特定期・登録、保護・保全のための規則・規定の整備等の責任を負っている。Addu City及びLaamu AtollのComponent 2の対象地については、その周辺には自然保護区は存在しない。Component 3に関しては、全ての対象地は、自然保護区及び環境への配慮が必要な地域には位置していない。

環境規則の一環として、EPAは「モ」国内の「環境への配慮が必要な地域(Sensitive areas)」のリストを公表している。規則として公式化されていないが、本リストは、浚渫及び埋め立てに関する規則(規則2014/R-13)に記載されている。EPAによれば、環境への配慮が必要な地域は、「モ」国内の島、リーフ、マングローブ、潮間帯の地域であり、開発を制限、規制、または管理すべきとされている。リストに記載されているサイトのうち一部のサイトは、その地域の「環境への配慮が必要な(Sensitive)特徴」を示す根拠・証拠がないことから、適合しないとも言われている。

## (1) 環境影響評価規則 (2012)

### 1) 環境影響評価規則 (2012)

環境省は2012年5月にEIA規則を公布し、「モ」国における環境影響評価の実施プロセスの指針とした。このガイドラインは、コンサルタントと事業者の役割と責任を含め、EIAプロセスの包括的な概要を提示している。本規則は、EIA実施のための申請から始まるEIAプロセスのすべてのステップ（内容の詳細、EIAを実施するコンサルタントの最低要件、EIA/IEE報告書のフォーマットなど）の概要を示している。本規則に規定された指示事項に従い、EIA報告書を作成する。EIAはまた、EPAへの登録コンサルタントにより、実施される。

### 2) 環境影響評価規則 (2012) 第一次改訂 (2013) (規則 2013 年第 18 号)

第1次改訂(2013)は、2013年4月9日に公布された。この改訂は、責任機関が、本規則の条項に記載されているすべての事項について、提出されたEIA報告書を確認し、EIA報告書が受理されたか否かを2営業日以内に事業者へ通知しなければならないことを規定している。この規則改正においても、反復違法行為に対する刑罰が更新されている。

### 3) 環境影響評価規則 (2012) 第二次改訂 (2015) (規則 2015 年第 174 号)

2015年8月30日に公布された第二次改訂の重要な点は以下の通りである。

EIA手続きに関し、i) 観光関連開発プロジェクトに係るEIAを観光省に移行すること、ii) スコーピング会議でのTORの確定などのプロセスの変更、iii) レビュープロセスの料金体系に3つの異なるカテゴリーを含むように変更するなど、いくつかの手続き上の変更が行われている。

- スクリーニング様式の決定に係る第2次改訂第8条(a)は、次のとおりである:

- a) 環境管理計画 (Environmental Management Plan)
- b) 初期環境評価 (Initial Environmental Examination)
- c) 環境影響評価 (Environmental Impact Assessment)
- d) スクリーニングされたプロジェクトを進めるための承認
- e) EPAが提案した緩和措置に従ってプロジェクトを進めることの承認。

- 初期環境評価の決定に係る第2次改訂第9条(b)は、次のとおりである。

- a) 重大な環境影響が予想される場合の環境影響評価報告書
- b) 環境管理計画
- c) 重大な環境影響が予想されない場合には、プロジェクトを進めることを承認する。

### 4) 環境影響評価規則 (2012) 第三次改訂 (2016) (規則 2016 年第 66 号)

2016年8月11日に公布され第三次改訂には、以下の重要事項が含まれている:

- コンサルタントのポイント・システム、コンサルタントのカテゴリー、規則に従わないコンサルタントや事業主に対する罰則の改正が含まれる。このEIA報告書は、カテゴリーA登録EIAコンサルタントが作成したものが該当する。

## 5) 環境影響評価規則（2012）第四次改訂（2017）（規則 2017 年第 7 号）

2017 年 1 月 19 日に公布された第四次改訂には、以下の点が含まれている:

- 事業者が環境省に対し、当該事業により環境に影響を及ぼすおそれのある事項に対する緩和措置を実施することを書面にて約束する場合もしくは保証することを要請する場合には、環境影響評価を実施せずに先行して事業を開始することができる事業。これに該当する事業は、次のとおりである:
  - a) 港湾内の堆砂の除去
  - b) 住宅建設のために残された土地に残存する樹木やヤシノキは、土地の所有者が所持する必要がある。
  - c) 建築目的のために残された土地に残存する樹木やヤシノキが、道路に対する障害物となる場合は、除去する必要がある（当該事案は、島評議会が対処する。）。
  - d) 地下水の汲み上げのための井戸（ボアホール）を掘ること。
  - e) 自然に形成された島々につながる土地については、土地の埋立てから 3 年以内に実施される事業。
  - f) ラグーン内部での新たな埋め立て地については、埋立て後 5 年以内に実施される事業。

本規則 a) 項の 5 番目及び 6 番目に掲げる土地においても、人々が居住している場合には、環境影響評価規則（2012）に基づき開発事業を実施する必要がある。EIA の提出後、環境エネルギー省の許可を得てからのみ、事業を実施することができる。

- 本規則第 a) 項の 5 番目及び 6 番目に掲げる土地であっても、次に掲げる事業は、環境影響評価規則（2012 年）に基づき、関連省庁による環境アセスメントの承認を得てのみ実施することができる。
  - a) 有害・毒性化学物質が関係する事業
  - b) 石油の貯蔵に関する事業
  - c) 焼却炉の使用に関する事業
  - d) 有毒ガスを大気中に放出するプロジェクト

## 6) 環境影響評価規則（2012）第五次改訂（2018）（規則 2018 年第 131 号）

2018 年に公布された第五次改訂には、以下の点が含まれている:

- EIA プロセスのいくつかの手続き上の変更がなされている。主な変更点は、観光関連開発事業に対する EIA の実施を、観光省から環境省へ再編入することである。（対象事業リストの 36 番：観光リゾートの整備、37 番：観光ゲストハウスの整備）。

### 11.1.3 浚渫埋立に関する規則（2013）（規則 2013 年第 15 号）

#### (1) 浚渫・埋立に関する規則（2013）（規則 2013 年第 15 号）

2013 年 4 月 2 日に、「モ」国各地の島嶼部・リーフにおける浚渫活動に伴う環境負荷を最小限に抑えることを目的に、「浚渫・埋立に関する規則」が公表された。本規則では、浚渫・埋立の状況についての詳細な説明がなされている。本規則の概要は以下のとおりである：

- この規則では、浚渫に許容される理論的根拠を、住民島および産業島にて承認された開発事業に関連するものと定義している。この規則では、それらの活動が、考慮すべき浚渫事業が最も必要なものであるべきであることと定義している。
- すべての浚渫及び埋立活動は、EPA によって書面で承認されなければならない。このプロセスは、EPA へのプロジェクト情報並びに浚渫の実施前後の図面（スケール付き）の提出を含む。この規則は、埋立事業実施の根拠を、社会的、経済的、または安全上の目的のために絶対的に必要なものとして定義している。
- 浚渫は、以下の地域では制限されている：
  - a) 海側の礁端から 500 m
  - b) 島の植生ラインから 50 m
  - c) 環境に配慮したサイト
  - d) 土地の埋立ては、環境に配慮した地域から 200m 以内では制限されている。
  - e) 土地の埋立ては、リーフ面積の 30%を超えることはできない。
- 規制は、提案された事業の実施前後の縮尺付き図面を作成することを求めている。土地利用計画及び必須要件の詳細を、実施機関に提出する。これらの詳細と共に、ジオリファレンスなスケールマップ（1:10,000）が提出されることにより、実施官庁から許可が得られる。
- 島々の環境の変化を制限する保護区域及び環境への配慮が必要な地域について特別な規定がなされている。

#### (2) 浚渫・埋立に関する規則（2013）第一次改訂

この規則の改訂は、2014 年 2 月 9 日に発効し、浚渫・埋立に関する規則の第 13 条(d)に変更を加えた。この改訂により、閣議決定により計画され、又は政府の開発事業の下で実施される開発事業は、第一次改訂第 13 条(d)第 4 号に該当した後であっても、先行することができることが説明されている。事業者は、砂採取（sand mining）のような事業に対しては実施期間へ申請することができるが、浚渫、埋立等の活動については、実施機関に申請し、実施機関の許可を受けて行うものとする。改訂の条件は、次のとおりである：

- a) 生物相、動物相、絶滅のおそれのある種の有無の調査を行う。
- b) 絶滅のおそれのある種の移植、移転、栽培に関する計画を提出し、当該計画の許可を得る。

- c) 既存の特性を有する既存地域より大きな自然地域を整備する、実施官庁の指示に従い、政策、規則、基準に従い、当該地域を保護、管理、監視するための取決めを定め、その特性を有する地域を整備する。
- d) 既存の帯水層への影響をモニタリングし、可能性のある影響の発生を防止するための緩和措置を講じるための調査を実施する。さらに、これらの活動は、実施機関によって監視される。
- e) 洪水の可能性に関する調査を実施し、緩和策として適切な排水施設を実施する。この事業は、規則およびその改正に従い、緩和とモニタリングが関連項目で説明されている場合には、先行実施することができる。

#### 11.1.4 文化的・歴史的施設の保全法(Act No.27/79)

「モ」国の文化的・歴史的施設の保全法 (Act No. 27/79) は、「モ」国の主権地域に属する歴史的・文化的な土地、場所、対象物及び構造物を破壊し又は損傷することを禁止している。

- a) この規則にいう文化的な土地とは、「モ」国に居住していた地元民や外国人の祖先が利用する物や場所である。これは地元の祖先の生活スタイルを反映したものである。
- b) 過去に人々が崇拝していた特定の人格または偶像を尊重して作成された記念碑または偶像も、この規則に基づいて保護される。
- c) ただし、政府の関係当局の許可を得ることにより、その本来のアイデンティティが失われないように、文化遺跡に触れて、研究することができる。

#### 11.1.5 立木及びココナツヤシの伐倒及び輸出に関する規則 (Regulation No. 7-R/2014)

「11.1.411.1.5 立木及びココナツヤシの伐倒及び輸出に関する規則 (規則 2014 年第 7 号) では、立木及びココナツヤシの伐採、根起こし、掘り出し及びある島から他の島への輸出は、絶対に必要であり、他の代替案がない場合のみ行うことができると規定されている。さらに、「モ」国で除去されたすべての樹木またはココナツヤシについて、除去 1 本あたり、新たに 2 本以上が島に植えられ、栽培されるべきであると述べている。

この規則では、以下の種類の樹木の除去は禁止されている。

- 島内で、内陸部に約 15m まで広がる沿岸植生、
- マングローブや湿地で生育していて、15 メートルの土地面積に広がっているすべての樹木やココナツヤシ、
- 政府指定の保護区内に生育するすべての樹木;
- 当該樹木に生息する動物又は生物の種を保護するために、政府により保護されている樹木、
- 構造が通常絵はない樹木/ココナツヤシ。

### 11.1.6 サンゴ及び砂の採取に係る規則（1990）

1990年9月26日付の大統領府の指示により、ハウスリーフ（house reef）および沿岸部（atoll rim）からのサンゴ採掘は禁止されている。また、2000年3月13日には、水産・農業・海洋資源省から「砂及びサンゴの採取に係る規則」が公布された。

この規則は、リースされた非居住島からの砂採掘、他の非居住島の沿岸域からの砂採掘、リースされた非居住島及び他の非居住島の沿岸域からの骨材採取を対象としている。砂は、既存の島、砂浜、または新たに養浜された砂浜のいかなる部分からも採掘されるべきではない。また、海岸線から100フィート以内からは、砂を採掘すべきではない。

## 11.2 「モ」国国内での関連政策

「モ」国での自然環境、社会環境に係る政策としては、以下の政策が挙げられる。

- 生物多様性国家戦略と行動計画（2016-2025）
- 国家開発枠組み（2009-2013 及び 2014-2020）
- 第3次全国環境行動計画（2009-2013）
- 2007年国家廃棄物管理方針

### 11.2.1 - 生物多様性国家戦略と行動計画（2016-2025）

提案事業に最も関連する最新の政策文書の1つとして、生物多様性国家戦略と行動計画（NBSAP 2016-2025）が挙げられる。これは、生物多様性に対する脅威に対処し、生物多様性が保全され、持続可能に利用され、それらから生じる利益が公平に共有されることを確保することを目的とする。また、前節で強調したギャップ、課題、制約に対処する方法も含まれる。事業者は、この提案事業を実施しながら、環境の保全と保護にコミットする。

### 11.2.2 - 国家開発枠組み（2009-2013 及び 2014-2020）

国家開発枠組み（2009-2013年）は、10の政策で構成されている。それは、戦略的行動計画(SAP)に示された重要な環境政策ガイダンスである。SAPで概説されている環境方針には、以下のものが含まれている:

- 方針1: EIA モニタリングを重視した EIA プロセスを強化する
- 方針2: 生物多様性を保全し、持続的に利用し、最大限の生態系便益を確保する。
- 方針3: 気候変動、災害緩和、沿岸保護の影響に対処する強靱なコミュニティを開発する。
- 方針4: 海岸侵食に対する適応と緩和対応を強化し、生活と財産が海岸侵食によって影響を受けるコミュニティを支援するシステムを開発する。
- 方針5: 経済的に実行可能であり、地域的に適切なアプローチにより、人の健康及び環境への影響を防止するための固形廃棄物の管理を確保する。

- 方針 6: 有害廃棄物や化学物質から人と環境を守る。
- 方針 7: 人の健康を守るために大気の質を改善する。
- 方針 8: 完全に機能的であり、地方分権的な環境ガバナンスシステムを有効にする。
- 方針 9: 2019年までにカーボンニュートラルを達成するための低炭素経済を構築する。
- 方針 10: 環境価値を社会に浸透させ、環境にやさしいライフスタイルを実現する。

この政策は、生物多様性の保全と持続可能性を含む EIA プロセス及び EIA モニタリングの強化を奨励する。この計画に基づき、関係法令の整備・改定を行い、関係法令の整備を行っている。

### 11.2.3 第3次国家環境行動計画（2009-2013）

第3次国家環境行動計画（NEAP 3）では、2009～2013年の5年間の「モ」国における環境保全と管理のためのアジェンダが示されている。この計画は、「モ」国の人々にとって重要な測定可能な環境成果を達成することを目標としている。NEAP 3の開発の目的は、国の持続可能な開発のために、国の環境を保護、保全し、天然資源を適切に管理することである。これは、10原則を包含し、6つの戦略的成果と、それぞれの成果の下で達成されるべき目標とを含むべきである。NEAP 3の主な原則は以下のとおりである：

- 原則 1: 環境保全は一人ひとりの責務
- 原則 2: 成果を上げる
- 原則 3: 持続可能な開発の推進と実践
- 原則 4: 現地民主主義の確保
- 原則 5: 部門間の連携・協力
- 原則 6: 情報に基づいた意思決定
- 原則 7: 最初の注意
- 原則 8: 継続的な学習と改善
- 原則 9: 情報及び参加の権利
- 原則 10: 開発を補完する環境保全

### 11.2.4 2007年国家廃棄物管理方針

「モ」国では廃棄物管理が重要な環境問題として認識されているため、2007年には、同国における廃棄物管理の主流化に向けた重要な一歩として、「モ」国国家廃棄物管理方針が策定された。廃棄物管理方針の目的は、健全な環境を維持するために、廃棄物管理のためのガイドラインおよび手法を策定し、実施することである。したがって、重要な要素としては、i) 固形廃棄物の安全な処分を確保し、発生する廃棄物のリサイクルと削減を促進すること、ii) 廃棄物の管理と処分に関するガイドラインを

策定し、セクター間の協力を通じてそのようなガイドラインを実施すること、および iii) 化学廃棄物、有害廃棄物、および産業廃棄物の安全な処分を確保することが挙げられる。

本事業の実施者は、この方針を認識する必要がある、本事業で発生するすべての固形および有害廃棄物は、廃棄物管理方針の原則を反映した事業の環境管理計画に従って処分されるべきである。

### 11.2.5 廃棄物管理規則

2013年8月に公告された廃棄物管理規則（2013年第58号）は、2014年2月に施行された。この規則は、有害廃棄物の収集、貯蔵、輸送、および管理ならびに有害廃棄物の管理に関する一連の包括的なガイドラインを提供する。廃棄物管理規則の目的は、(a) 人の健康への影響を最小限に抑えるための措置を実施すること、(b) 廃棄物管理基準を策定し、実施すること、(c) 持続可能な廃棄物管理のための統合された枠組みを実施すること、(d) 廃棄物の最小化、再利用、およびリサイクルを奨励すること、(e) 汚染者負担原則を実施すること、および(f) 拡大生産者責任を導入すること、という具体的な規定を含む国家廃棄物政策を実施することである。

廃棄物管理規程では、廃棄物の投棄が禁止されている地域、環境保護保全法で保護されている地域、マングローブ、ラグーン、サンゴ礁、砂浜、海岸、沿岸植生地域、港湾、公園、道路を特定している。また、廃棄物管理規則には、廃棄物管理に関わる者は環境保護庁の許可を受けなければならないと定められている。

### 11.2.6 地方分権法

「モ」国の行政部門の地方分権化の主な目的は、島のコミュニティが民主的かつ説明責任を持って自らの意思決定を行えるようにすることである。これには、社会、経済、文化の発展を通じた人々の生活水準の向上、人々の解放、人々にサービスを近づける範囲の拡大、平和と繁栄に資する環境の創出が含まれる。

地方分権行政のために、アトール協議会 (Atoll Councils)、島協議会 (Island Councils)、市協議会 (City Council) が設置されている。本案件は、アドゥ市とラーム環礁の協議会の代表者と密接な関係をもって、PMUによってモニタリングされ、管理される。また、事業は、地元の協議会からのインプットとともに策定され、最終的に決定された。

## 11.3 国際条約及び多国間条約

「モ」国政府が批准した環境社会配慮に関連した主な国際条約、多国間条約は下記のとおりである。

- 気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC) 及び京都議定書
- 生物の多様性に関する条約 (UNCBD)
- 砂漠化対処条約 (UNCCD)
- 海洋法に関する国際連合条約 (UNCLOS)



### 11.3.1 - 気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）及び京都議定書

「モ」国は、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）と京都議定書の締約国である。この条約の目的は、この条約の関連規定に従って、気候システムへの危険な人為的干渉を防止するレベルで大気中の温室効果ガス濃度の安定化を達成することである。そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応でき、食料生産が脅かされず、経済発展が持続可能な形で進められるのに十分な時間的枠組みの中で達成されるべきである。

IPCC は、緩和を「温室効果ガスの発生源を削減し、吸収源を増強するための人為的介入」と定義している。「モ」国の温室効果ガスのインベントリは、UNFCCC に対する「モ」国の第 1 次全国コミュニケーションの不可欠な部分を形成している。2009 年 3 月、「モ」国大統領は、2020 年までに「モ」国のカーボンニュートラル化を目指すことを発表した。したがって、プロジェクトの実施にあたっては、エネルギー効率を確保し、輸送関連の燃料消費を削減するために、細心の注意を払う必要がある。さらに、海岸植生の植栽は、プロジェクトからの温室効果ガス排出の緩和にも役立つと思われる。

IPCC は、適応を「実際のまたは予想される気候刺激またはその影響に応じた自然または人間のシステムの調整」と定義し、様々なタイプの適応には、先行的および反応的適応、民間および公的適応、ならびに自律的および計画的適応が含まれる。「モ」国の適応政策と戦略は、国家適応行動計画（NAPA）に示されている。海岸の復旧（養浜）は、海面上昇による海岸侵食に対する長期的な適応策と考えられる。

### 11.3.2 - 生物の多様性に関する条約（UNCBD）

「モ」国は、国連生物多様性条約の締約国であり、2002 年に「国家生物多様性戦略・行動計画」を策定した。UNCBD の目的は、「生物多様性の保全、その構成要素の持続可能な利用、遺伝資源の利用から生じる利益の公正かつ公平な分配」であり、この条約は 1993 年 12 月 29 日に発効した。

今回 Funding Proposal で提案したプロジェクトは、サンゴが生息する地域がいくつかあるものの、その生態学的価値が認められている地域には該当しない。そのため、生物多様性が大幅に失われる可能性は低い。したがって、海洋生物の多様性を保護するため、陸上及び海洋環境での作業を実施しながら、緩和措置を確実に実施することが推奨される。

### 11.3.3 - 砂漠化対処条約（UNCCD）

UNCCD の目的は、「影響を受けた地域における持続可能な開発の達成に貢献するために、アジェンダ 21 と整合的な、統合的アプローチの枠組みにおいて、国際協力及びパートナーシップの取極により支援されるあらゆるレベルでの効果的な行動を通じて、特にアフリカにおいて、深刻な干ばつ又は砂漠化を経験している国々における干ばつの影響を抑制し、軽減する」ことである。この目標を達成するために、条約は、土地生産性の改善、土地の再生、並びに土地及び水資源の保全及び持続可能な管理に焦点を当てている。この条約は、1994 年 6 月 17 日にパリで採択され、1996 年 12 月 26 日に発効した。「モ」国は 2002 年にこの条約に加入した。

### 11.3.4 - 海洋法に関する国際連合条約（UNCLOS）

UNCLOS は、いくつかの国連の事案と 1 つの条約に言及している。この条約は、海洋天然資源の管理及び海洋汚染の制御のための新しい普遍的な法的規制を提供した。UNCLOS は、海洋に関する国際的な対話を促進するための海洋に関する法的秩序を規定し、海洋の平和的利用、資源の公平かつ効率的な利用、生活資源の保全、海洋環境の調査、保護及び保全を促進する。

## 11.4 「モ」国の EIA 制度

### 11.4.1 対象となる事業

「モ」国国内の開発事業は、環境影響評価規則に則り環境社会配慮を実施する。この規則に則り、EIA 調査は、環境保護庁（EPA）により指定されたコンサルタントにより実施される。環境影響評価の対象となる事業は以下の事業である。

表 11.4.1 環境影響評価の対象となる事業

番号	対象事業
1	商業養殖プロジェクト
2	水産加工施設
3	人工魚礁
4	農業プロジェクト
5	畜産
6	大規模な森林破壊・開発
7	港の建設と浚渫
8	海峡の切断、浚渫、維持管理
9	波止場の建設（水路なし）
10	ヨットマリーナの開発
11	埋立プロジェクト
12	防潮堤（護岸、護岸、海洋設備、沖合防波堤、突堤など）
13	養浜
14	機械を使った砂の採掘
15	主要道路の建設
16	空港の開発
17	ヘリポートと水上飛行機のハブ
18	主要な住宅プロジェクト
19	10 階以上（基礎いかだを除く）または 31m を超える建物構造
20	10 階以上に対応する基礎構造の建物
21	地下室付きの建物
22	5ft より深い基礎または独自の構造の基礎を備えた建物
23	工場の開発（初期投資額が 100,000 MVR（10 万 MVR）を超え、関連する政府当局に登録されているもの）
24	廃棄物焼却炉
25	埋立地
26	大規模廃棄物保管・分別施設
27	瓶詰め工場
28	飲料水供給ネットワークシステム
29	下水道プロジェクト
30	海洋排水管
31	発電所
32	石油、燃料、ガスの貯蔵・取扱い・精製施設
33	150t トンを超える容量の淡水化プラント
34	病院

番号	対象事業
35	新しい観光ホテルまたはリゾートの開発
36	観光ホテルやリゾートへの追加と大規模な開発

出典：環境影響評価規則（2012）、第一次改訂（2013）及び第五次改訂（2018）に基づき、作成。

注：環境影響評価規定（2012）の施行当初は、ツーリストホテル／リゾートの開発（現36版）及び既存ツーリストホテル／リゾートの増築及び大規模開発（現37）は、対象事業晩報1番、2番として指定されていたが、第一次改訂（2013）において観光省の管轄となることとなり、環境保護庁管轄の環境影響評価から除外された。しかしながら、第五次改訂（2018年）において、再度、EPA管轄の環境影響評価対象事業として再度加えられた。

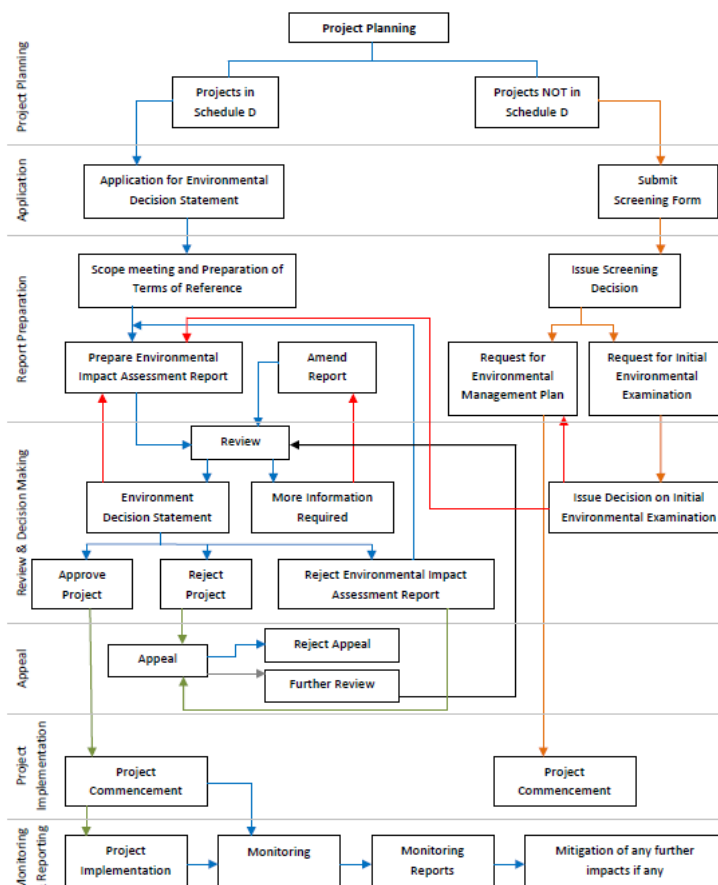
#### 11.4.2 環境影響評価の手順

「モ」国における環境影響評価の手順の概要は以下のとおりである。

- 1) スクリーニング
- 2) 初期環境評価（IEE）の実施
- 3) 環境影響評価（EIA）の実施
- 4) 環境許可の取得

環境保護保全法の第5条に従い、環境への影響が予想される事業の実施者は、MEに対して、事業実施前に環境影響評価（EIA）報告書を提出し、承認を得る必要がある。EIAの手順は、EPA並びに、国家自然保護委員会（EPAE）と調整する必要がある。

EIAの手続は、事業実施者がMEに対してスクリーニングフォームを提出することから開始される。このスクリーニングフォームに従い、初期環境評価（IEE）を実施するか、環境影響評価（EIA）を実施するかが判断される。ME並びに事業実施者の出席の元、スコーピング会合が開催され、EIAのスコープが議論される。EIAのスコープが決定されると、EIA規則に記載されたガイドラインに従い、ベースライン調査が実施され、報告書がMEに提出される。追って、提案事業の承認（環境許可）、追加調査の必要性、不採択を記した決定書がMEより発出される。「モ」国におけるEIAの手順のフローチャートを次図に示す。



出典：環境影響評価規則（2012）

図 11.4.1 「モ」国における環境影響評価の手順フロー

### 11.4.3 GCF と JICA の EIA 制度

#### (1) GCF の EIA にかかるガイドライン

GCF では、2017 年までは、国際金融公社（IFC）の Performance Standards を、セーフガードスタンダードの中間的な基礎として用いることとしている。その間で GCF 独自のセーフガードスタンダードを策定することとし、2018 年に Environmental and social policy を策定した。IFC の Performance Standards を次表に示す。

表 11.4.2 IFC のパフォーマンス基準（Performance Standards）

包括的な基準(ESMS)	対象固有の基準
PS1: 社会・環境評価リスクおよび影響のアセスおよび管理 - 政策（または同等のドキュメント） - リスクと影響を特定するためのプロセス - 管理プログラム - 組織の能力と能力 - 監視と評価のプロセス - 外部コミュニケーション	PS2: 労働者と労働環境 PS3: 資源効率性及び汚染防止 PS4: 地域社会の保健、安全及び治安 PS5: 用地取得と非自発的移転 PS6: 生物多様性の保全と持続可能な自然資源管理 PS7: 先住民族 PS8: 文化遺産

出典：GCF/B.07/11

GCF では、IFC の Performance Standards 基づき、以下のとおり、独自のセーフガード基準を設定している：

表 11.4.3 IFC と GCF の環境・社会に関するパフォーマンス基準の比較

IFC のパフォーマンス基準 (PS)	GCF の環境社会に関するセーフガード (ESS)
PS1: 社会・環境評価リスクおよび影響のアクセスおよび管理	ESS1: 社会・環境評価リスクおよび影響のアクセスおよび管理
PS2: 労働者と労働環境	ESS2: 労働者と労働環境
PS3: 資源効率性及び汚染防止	ESS3: 資源効率性及び汚染防止
PS4: 地域社会の保健、安全及び治安	ESS4: 地域社会の保健、安全及び治安
PS5: 用地取得と非自発的移転	ESS5: 用地取得と非自発的移転
PS6: 生物多様性の保全と持続可能な自然資源管理	ESS6: 生物多様性の保全と持続可能な自然資源管理
PS7: 先住民族	ESS7: 先住民族
PS8: 文化遺産	ESS8: 文化遺産

出典：JICA 調査団 (2021)

GCF の Environmental and social policy (2018 年) は、GCF が支援する全ての活動並びに公的機関並びに民間セクターに適用される。対象となる活動には、プログラム型、プロジェクト、サブプロジェクトが含まれる。拠出のタイプでは、無償、コンセッションローン、保証 (Guarantee)、エクイティ投資が含まれる。Environmental and social policy は、以下の 3 つの分野に適用される。

表 11.4.4 GCF の Environmental and social policy の対象分野

	対象とする分野
(a)	戦略的および制度的レベルでは、ポリシーは、統治手段で表明された責務に対応し、GCF の内部構造およびガバナンス枠組を含む他の運用戦略およびポリシーに関係する。
(b)	認証レベルでは、ポリシーと GCF で採用されている環境社会セーフガード基準に準拠し、ポリシーは GCF と協力して、GCF が資金提供する活動からのリスクと影響を管理するための、堅牢で体系的、説明責任、包括的、ジェンダー、参加型、透明性のあるシステムを確立および維持するための認証機関の要件を定めている。これらの要件は、認証枠組を補完し、認証および再認証プロセスで考慮される。
(c)	活動レベルでは、使用される金融商品に関係なく、またはこれらが GCF によってのみサポートされているか、他の機関によって協調融資されているかどうかに関係なく、ポリシーは、環境および社会的リスクの評価と管理が GCF の環境社会セーフガード基準に準拠するための要件を確立し、GCF が資金提供するプログラムまたは金融仲介機関を通じて資金提供されるサブプロジェクトを含むすべての GCF が資金提供する活動に対してデューデリジェンスが適用されるようにする。

出典：Environmental and social policy (2018)

GCF が ESMS を実施するための、また、本 Policy の目的を達成するための必要な項目は以下のとおりである。

表 11.4.5 GCF の ESMS 達成のために必要な項目

	項目
(a)	環境と社会の持続可能性の統合
(b)	越境リスクと影響のアプローチ
(c)	スケーリングされたリスクベースのアプローチ
(d)	目的に合ったアプローチ
(e)	平等と無差別
(f)	緩和階層
(g)	GCF の関連するポリシーと実践との一貫性とリンク
(h)	継続的な改善とベストプラクティス
(i)	利害関係者の関与と開示
(j)	ジェンダーに配慮したアプローチ
(k)	知識共有
(l)	環境的および社会的要件の調和した適用
(m)	適用法の遵守
(n)	国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) REDD+セーフガードとの整合性
(o)	労働条件と労働条件
(p)	先住民族
(q)	人権
(r)	生物多様性

出典：Environmental and social policy (2018)

JICA は、GCF との間で Accreditation Master Agreement を 2018 年に締結し、次項で記載する High risk を含むすべてのリスクカテゴリーの事業を実施することを、GCF 理事会で承認された。JICA や UNDP などのドナー機関のように、独自の EIA ガイドラインを有している場合は、実施機関のガイドラインに従って EIA を実施することを認めている。そのため、本 Funding Proposal に必要な EIA は、JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づいて、実施することが可能である。

## (2) リスク・スクリーニング

GCF の Policy に則り、全ての機関は、対象事業による自然環境・社会環境に係るリスクを評価し管理することを求められている。リスクは以下に区分される。

表 11.4.6 リスクのカテゴリー

事業実施機関		金融仲介機関	
リスク区分	カテゴリー区分	リスク区分	カテゴリー区分
低リスク活動	カテゴリーC	低リスク	カテゴリーI3
中リスク活動	カテゴリーB	中リスク	カテゴリーI2
高リスク活動	カテゴリーA	高リスク	カテゴリーI1

出典：Environmental and social policy (2018)

各リスクの定義は次表のとおりである。

表 11.4.7 各リスクの定義

リスク区分	リスクの定義
カテゴリーA/I1	多様性、不可逆性、または前例のない、潜在的に重大な有害な環境的または社会的リスクおよび/または影響を伴う活動
カテゴリーB/I2	潜在的に限定された環境または社会への悪影響および/または影響が少なく、一般に土地固有で、大部分が可逆的であり、緩和策を通じて容易に対処できる活動
カテゴリーC/I3	環境または社会への悪影響および/または影響が最小限もしくはまったくない活動

出典：Environmental and social policy (2018)

### (3) GCF のジェンダーにかかるガイドライン

GCF では、ジェンダーに係る政策（Gender Equality Policy）<sup>1</sup>を策定した。本政策はスコープ及び適用範囲は包括的であり、公的・民間事業者により実施されるすべての緩和及び適用対策を含むすべての活動に対して適用される。Gender Equality Policy は、以下の4つのレベルで適用される。

表 11.4.8 GCF の Gender Equality Policy の適用分野

	適用分野
(a)	<b>GCF の制度レベル</b> ：このアプローチを堅牢かつ効果的にするために必要な資金と人的資源を投入し、アプローチを実現するために必要なリソース、財政的および人的資源を投入しながら、日常のガバナンス、運用、手順、およびパフォーマンス測定フレームワークで、GCF ジェンダー対応アプローチを採用、実装、文書化する分野
(b)	<b>プロジェクト/ポートフォリオレベル</b> ：ジェンダー不平等のギャップに対処して削減し、社会的リスクを最小限に抑え、利害関係者の関与を深め、男性と女性への説明責任を高めて、持続可能な生計の機会、健康と福祉、気候に起因するショックとリスクに対する回復力を生み出す分野
(c)	<b>地域および国レベル</b> ：既存の政策コミットメント、環境および社会的基準、およびジェンダー平等を達成するための救済メカニズムに基づいて、NDA /フォーカスポイント、AE、および配信パートナーを含む GCF 利害関係者の間で実現可能な環境を支援および維持する分野
(d)	<b>セクターレベル</b> ：高品質で、より包括的で体系的な性差の無いデータ収集、定性的かつ定量化可能なジェンダー分析と行動計画、およびジェンダーに応じた学習成果をサポートする知識ベースに貢献する分野

出典：Gender Equality Policy (2018)

## 11.5 各事業における環境・社会面における影響評価

### 11.5.1 項目別の環境社会配慮面で配慮すべき問題点とその対策

今回の Funding proposal では、以下の4つのコンポーネントの事業が計画されている。

表 11.5.1 Funding Proposal で提案している事業

コンポーネント	コンポーネント名/活動名	資金源
コンポーネント 1:	統合的沿岸管理 (ICZM) の確立	
活動 1.1:	沿岸およびサンゴ礁の現状に関するリスク評価のためのインベントリ調査	JICA
活動 1.2:	国レベルでの ICZM の基本方針の策定	JICA
活動 1.3:	事例研究として代表的な住民島における具体的な ICZM 計画の作成	JICA
活動 1.4:	ICZM 設立に向けた関係機関の能力開発と情報共有	JICA
コンポーネント 2:	海岸保全/海岸防災対策の実施	
活動 2.1:	沿岸保全対策の詳細設計とステークホルダーの能力開発	GCF、「モ」国政府
活動 2.2:	沿岸保全・保全対策の実施	GCF、「モ」国政府
活動 2.3:	海岸維持管理の実施、ステークホルダーの体制整備・能力開発	JICA
コンポーネント 3:	災害警戒情報発信システムの開発	
活動 3.1:	地上デジタル放送システムの設置	JICA
活動 3.2:	災害早期警戒情報放送体制の確立	JICA
コンポーネント 4:	気候変動に関する基礎データ収集・共有体制の整備	
活動 4.1:	波浪・海水面モニタリングシステムの開発	JICA
活動 4.2:	砂浜、サンゴ礁、土地利用のモニタリングシステムの整備	JICA

出典：JICA 調査団 (2019)

<sup>1</sup> GCF (2018) : Gender Policy (GCF/B.20/07)

表 11.5.2 コンポーネント 1 で提案されている事業概要

環礁	島	事業概要	資金源	略称
全島	全居住島	既存情報によるパターン分類と課題抽出 (Activity 1.1) 国レベル ICZM の策定 (Activity 1.2)	JICA コファイ	
	6~9 島 (2~3 島/パターン× 2~3 パターン)	現状把握及び確認のための現地調査 (Activity 1.1)	JICA コファイ	-
Laamu	Fonadhoo	ケーススタディとして島レベルでの具体的な ICZM の策定 (Activity 1.3)	JICA コファイ	L-FND
	Gan	同上	JICA コファイ	L-GAN

出典：JICA 調査団(2019)

表 11.5.3 コンポーネント 2 で提案されている事業概要

環礁	島	事業概要	資金源	略称
Laamu	Fonadhoo	東海岸 (外洋側) への養浜及び突堤	GCF	L-FND
	Maamendhoo	南西部海岸・東海岸への養浜及び突堤、北西部への埋立 (避難場所)	GCF	L-MMD
	Isdhoo	北端の外洋側海岸での歴史的遺跡を保全するための護岸	「モ」国コファイ	L-ISD
	Gan	中央部外洋側での歴史的遺跡を保全するための護岸	「モ」国コファイ	L-GAN
Addu	Meedhoo	北東部海岸への養浜及び突堤	「モ」国コファイ	S-MED
—	上記 5 島	養浜の維持、体制の確立、ステークホルダーの能力開発 (活動 2.3)	JICA コファイ	

出典：JICA 調査団

Table 11.5.4 コンポーネント 3 で提案されている事業概要

環礁	島	事業概要	資金源	略称
Laamu	Gan	デジタル送信局の建設	JICA コファイ	L-GAN
Addu	Hithadhoo	同上	JICA コファイ	S-HIT
Male	Male	ネットワーク運用センターの建設	JICA コファイ	
3 atolls	-	マイクロ波中継局の建設	JICA コファイ	
16 atolls	-	デジタル送信局の建設	JICA コファイ	
All		災害早期警戒情報発信システムの確立 (活動 3.2)	JICA コファイ	-
Laamu	Gan	災害警戒情報啓発活動 (活動 3.2)	JICA コファイ	L-GAN

出典：JICA 調査団

Table 11.5.5 コンポーネント 4 で提案されている事業概要

環礁	島	事業概要	資金源	略称
Haa Dhaalu	Hanimaadhoo	波浪及び海面の長期モニタリング観測システムの設置	JICA コファイ	-
Male	Male	同上	JICA コファイ	-
Addu	Gan	同上	JICA コファイ	S-GAN
Laamu	Gan	災害警戒情報啓発活動 (活動 4.1)	JICA コファイ	L-GAN

出典：JICA 調査団 (2019)

Funding Proposal で提案する事業に対して、環境社会配慮面で、現時点で想定される問題点、及び、それに対する対応策 (軽減策) について、JICA の環境社会配慮ガイドラインに基づき、それぞれの項目ごとに以下にとりまとめた。



なお、各項目におけるランクは、JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づき、以下のとおりである。「A」 重大な環境影響が予想される場合、「B」 何らかの環境影響が予想される場合、「C」 環境影響が明確でない場合、「D」 環境影響が予想されない場合。

## 11.5.2 環境・社会に影響を及ぼす可能性のある提案活動

### (1) コンポーネント 1 で提案された活動

このコンポーネントは、JICA のコファイで実施する活動として、ICZM の実施を担当する政府関係者の能力開発とともに ICZM を設立することを目的としている。コンポーネント 1 の下で提案された対策について、以下の考察を検討する：

- a) 提案された適応策には、物理的な開発は含まれておらず、ICZM 計画の策定、ICZM 計画策定に係る関係機関の能力開発が含まれていることから、自然環境への悪影響はない。
- b) Laam 環礁での 2 島におけるケーススタディとして、島レベルの ICZM に対する具体的な行動を国レベルの ICZM に基づいて検討する。
- c) 開発予定の ICZM 計画は、事例として、1)沿岸・リーフ保全計画の策定、2)土砂修土管理計画の策定・実施、3)環境保護区 (EPZ) の見直し、4)島評議会の沿岸管理への取組の検討、5)上記活動の実施に必要な島レベルでの制度・規制の検討、実施支援などがある。しかし、沿岸・リーフ保全計画の詳細はまだ決まっていない。

### (2) コンポーネント 2 で提案された活動

今回の Funding Proposal 内の 4 つのコンポーネント内の全ての活動の中で、コンポーネント 2 は物理的対策を実施する。コンポーネント 2 の下で提案された適応策について、以下の考察を検討する：

- a) 提案された適応策は、保護機能を実施し、地域の人々と沿岸との関係を維持することである。
- b) 持続可能な海岸管理を提供するために、提案された対策は、リーフ海岸の砂供給を維持し、自然保護機能をできるだけ維持することである。
- c) 気候変動シナリオの不確実性を参照することにより、提案された適応策は将来の気候変動に対して柔軟であるべきである。

GCF が資金を提供し、「モ」国政府が共同出資する、コンポーネント 2 の下で提案された適応策と、提案された適応策の典型的な横断図を以下の表に示す。提案された適応策のより詳細な仕様と情報は、本 Funding Proposal の別の附属書 (Annex-2) に示されている。

表 11.5.6 コンポーネント 2 における対象海岸に対する適応策

#### a) GCF 資金による適応策

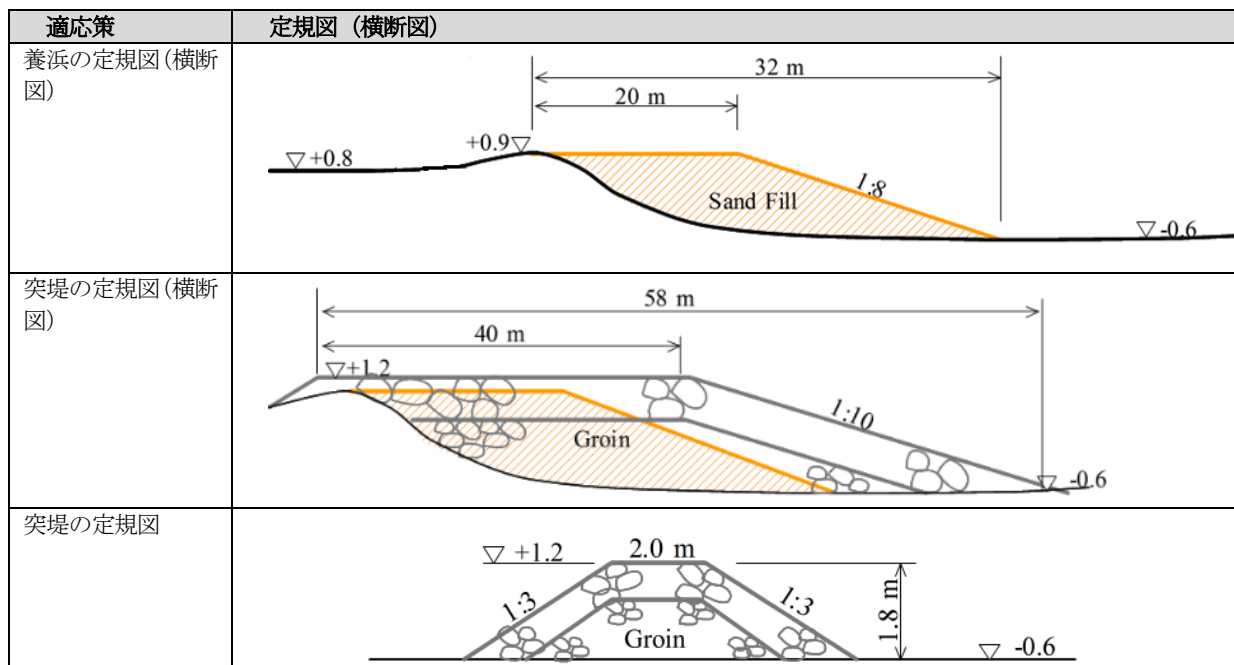
環礁	対象島	場所	海岸適応策
Laamu	Maamendhoo	東海岸 (300 m)	養浜、突堤
		西海岸 (600 m)	養浜、突堤
		北海岸	埋立、周辺護岸
	Fonadhoo	東海岸 (850 m)	養浜、突堤

#### b) 「モ」国政府共同出資による適応策

環礁	対象島	場所	海岸適応策
----	-----	----	-------

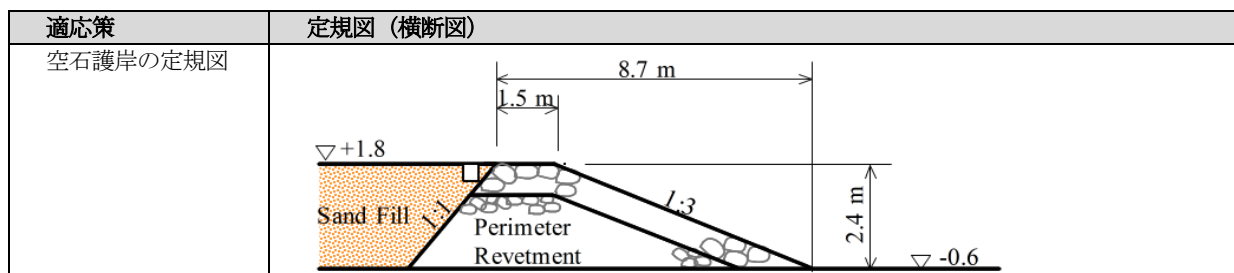
環礁	対象島	場所	海岸適応策
Laamu	Gan	東海岸 (270 m)	捨石護岸
	Ishdhoo	北海岸 (270 m)	捨石護岸
Addu	Meedhoo	北海岸 (1,500 m)	養浜、突堤

出典：JICA 調査団 (2019)



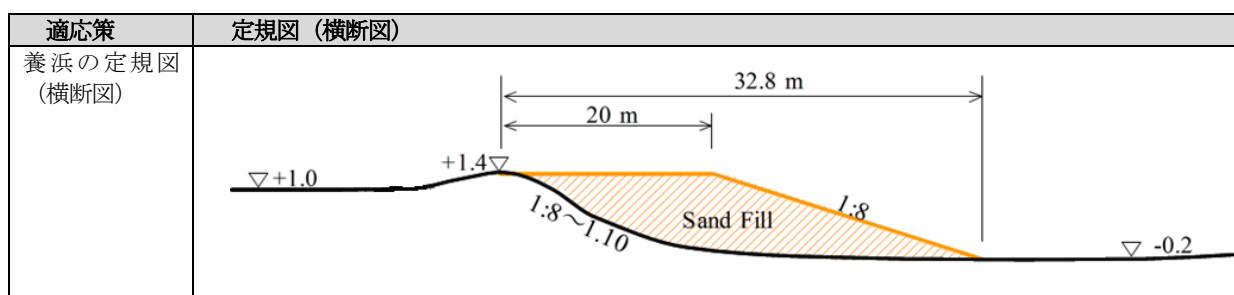
出典：JICA 調査団 (2019)

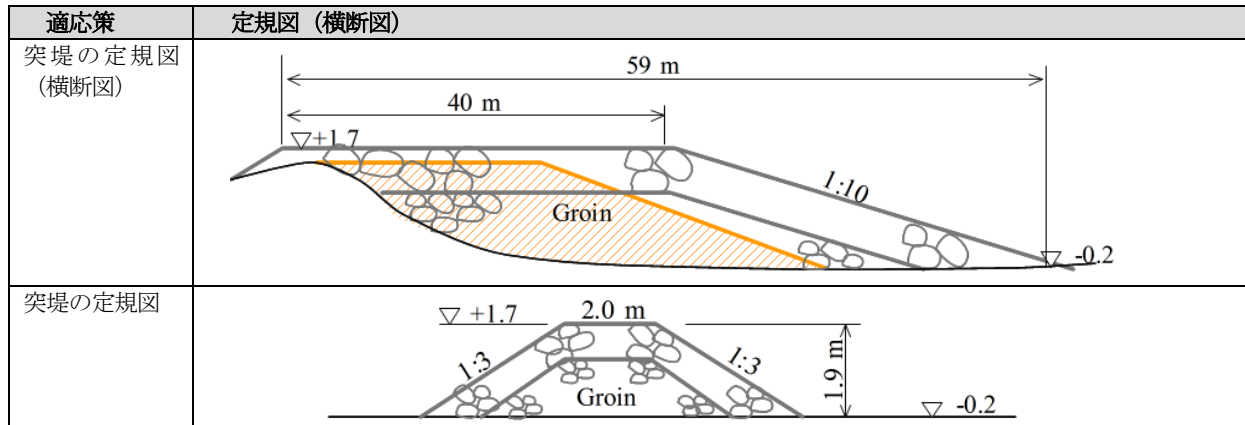
図 11.5.1 コンポーネント 2 の Laamu 環礁 Maamendhoo 島東海岸の養浜及び突堤の断面図



出典：JICA 調査団 (2019)

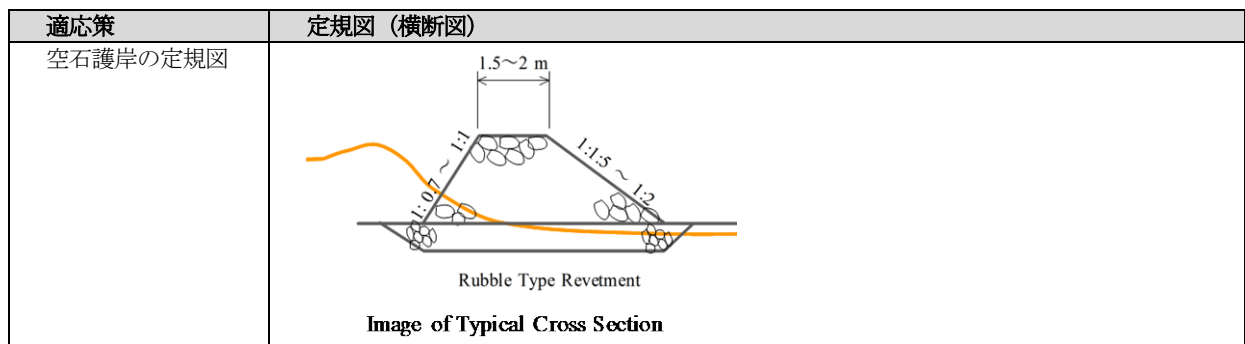
図 11.5.2 コンポーネント 2 の Laamu 環礁 Maamendhoo 島北海岸の周辺護岸の断面図





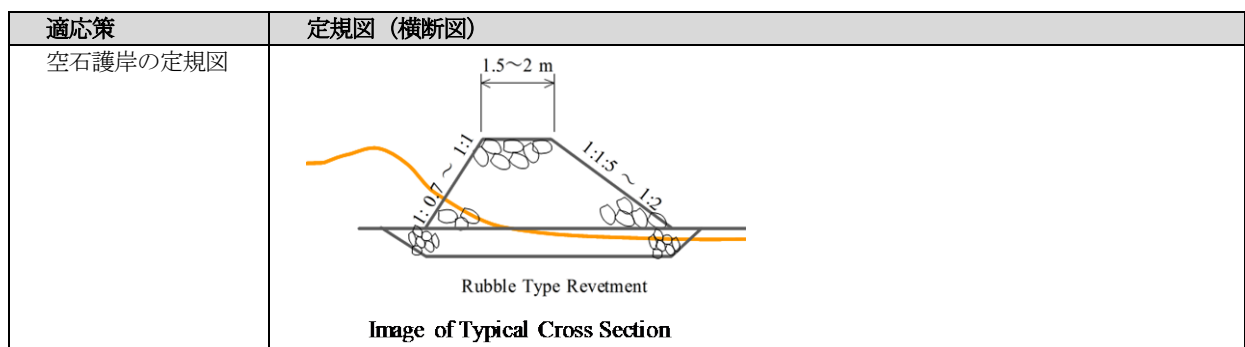
出典：JICA 調査団 (2019)

図 11.5.3 コンポーネント 2 の Laamu 環礁 Fonadhoo 島東海岸の養浜及び突堤の断面図



出典：JICA 調査団 (2019)

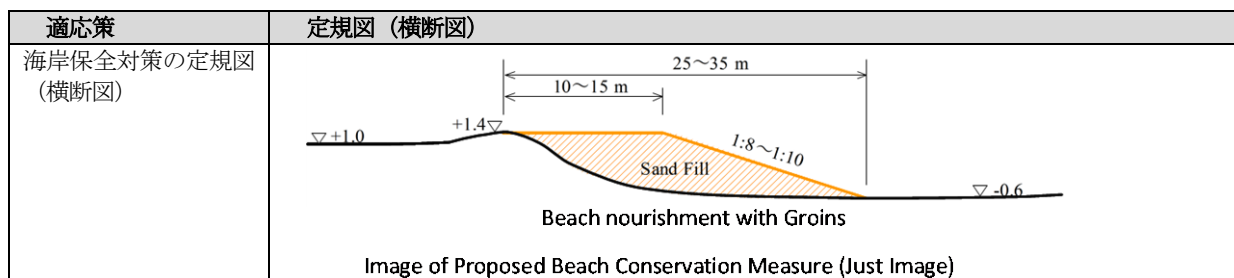
図 11.5.4 コンポーネント 2 の Laamu 環礁 Gan 島の海岸保護対策の断面図 (「モ」国政府コファイ)



出典：JICA 調査団 (2019)

図 11.5.5 コンポーネント 2 の Laamu 環礁 Ishdhoo 島の海岸保護対策の断面図 (「モ」国政府コファイ)

適応策	定規図 (横断面)
-----	-----------



出典：JICA 調査団 (2019)

図 11.5.6 コンポーネント 2 の Addu 環礁 Meedhoo 島の海岸保護対策の断面図 (「モ」国政府コファイ)

### (3) コンポーネント 3 で提案された活動

コンポーネント 3 の目的は、地上デジタルテレビ放送網の整備を通じて、情報へのアクセス性を向上させ、「モ」国の島々間の情報格差を緩和し、「モ」国の脆弱性の緩和と更なる社会経済発展に貢献することである。コンポーネント 3 の下で提案された対策について、以下の考察を検討する：

- 提案された対策は「モ」国の環境に配慮すべき地域には位置しない。
- 提案された対策は、環境に配慮すべき特性を有しておらず、配慮すべきセクターにも当たらない。

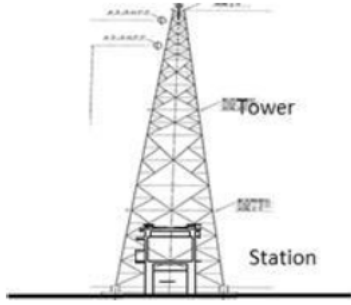
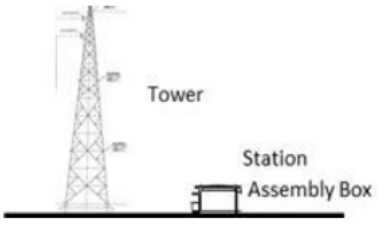
JICA が協調融資するコンポーネント 3 の対策案は、次の表のとおりである。

表 11.5.7 JICA が協調融資する災害警戒情報発信体制の確立に関する対策

環礁	対象島	対策
Laamu	Gan	デジタル送信局の建設
Addu	Hithadhoo	同上
Male	Male	ネットワーク運用センターの建設
3 atolls		マイクロ波中継局の建設
16 atolls		デジタル送信局の建設

出典：JICA 調査団 (2019)

タイプ	横断面	仮の所在地
A		<ol style="list-style-type: none"> <li>Ha. Dhidhdhoo</li> <li>HDh. Kulhudhufushi</li> <li>Sh. Funadhoo</li> <li>N. Manadhoo</li> <li>B. Eydhafushi</li> <li>Lh. Naifaru</li> <li>K. Vilingili (Male)</li> <li>V. Felidhoo</li> <li>ADh. Dhangethi</li> <li>Nilandhoo</li> <li>L. Gan</li> <li>Th. Guraidhoo</li> <li>Ga. Viligili</li> <li>GDh. Gadhdhoo</li> <li>GDh. Thinadhoo</li> <li>Gn. Foammulah</li> <li>S. Hithadhoo</li> </ol>

タイプ	横断図	仮の所在地	
B		6	R. Ungoofaaho
C		11 12 18	K. Maafushi F. Feeali GDh. Fiyoari

出典：地上デジタル放送ネットワーク開発プロジェクトのEIA 報告書 (Energy Consultancy Pvt. Ltd. (2018))

図 11.5.7 コンポーネント 3 における鉄塔のタイプと建物の組み合わせ

表 11.5.8 JICA が協働融資する施設の予定数

	建設施設	数量
(1)	90m のアンテナ塔	1 セット
(2)	80m のアンテナ塔	7 セット
(3)	70m のアンテナ塔	5 セット
(4)	60m のアンテナ塔	3 セット
(5)	50m のアンテナ塔	3 セット
(6)	30m のアンテナポール	1 セット
(7)	20m のアンテナポール	1 セット
	合計	21 セット

出典：JICA 調査団 (2017)

#### (4) コンポーネント 4 で提案された活動

JICA が共同出資するコンポーネント 4 の対策案は技術協力であり、コンポーネント 4 の主な目的は、観測装置の設置による波浪や海面等の海洋特性の観測、得られたデータを監視・分析するトレーニングである。コンポーネント 4 について、環境配慮の面で検討すべき事項はない。

### 11.5.3 評価結果

#### (1) 一般

このプロジェクトは、GCF の認証機関としての JICA の支援を受けていることから、JICA の環境社会配慮の手続きに照らして審査される。「環境・社会スクリーニングテンプレート」を作成した結果、カテゴリーA（高リスク）の事業に比べて環境・社会への悪影響が少ないため、カテゴリーB（中リスク）の事業とみなしている。影響評価に関する議論は、環境・社会スクリーニングテンプレートに記

載されており、プロジェクトが中等度リスクに分類される根拠を示している。各コンポーネントの評価結果を以下の表に示す。

表 11.5.9 コンポーネントごとの評価結果

コンポーネント	評価	備考
コンポーネント 1	カテゴリーB	ICZM の計画はケーススタディとして実施され、実際の物理的な実施は含まれない。
コンポーネント 2	カテゴリーB	養浜・埋立用に浚渫砂に留意する。
コンポーネント 3	カテゴリーB	JICA はスクリーニングを実施し、モ国政府はスクリーニング及び EIA を実施した。
コンポーネント 4	カテゴリーC	

出典：JICA 調査団 (2019)

影響リスクアセスメントは、JICA の環境・社会スクリーニングの手続きを用いて実施し、リスクの影響度（重大、重大、中等度、軽微、無視できる）を評価した。

## (2) コンポーネント 1 の評価結果

コンポーネント 1 の活動はすべて JICA による共同出資プロジェクトとして実施し、JICA の環境社会配慮の手続きに従い審査される。すべての事業対象地が環境に配慮すべき区域に位置することはなく、環境社会配慮ガイドライン上、環境に配慮すべき性質もなく、また、配慮すべきセクターにも該当せず、環境への悪影響が顕著になる可能性が低いため、環境社会スクリーニングを暫定的に実施し、カテゴリーB（中リスク）の事業とみなした。

表 11.5.10 コンポーネント 1 の環境項目に対する影響・軽減策

### 1) 汚染管理

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	大気汚染	活動による発生源がないため、対象地での大気への悪影響は発生しない。		D	D	
2	水質汚染	土砂収支管理計画の実施にあたっては、不適切な実施により、水質にある程度の影響を及ぼす可能性がある。	土砂収支管理計画の適切な実施及び土砂の適切な管理が必要となることがある。	C	C	
3	土壌汚染	活動による発生源がないため、対象地での土壌汚染への悪影響は発生しない。		D	D	
4	廃棄物管理	活動による発生源がないため、対象地の廃棄物管理には、悪影響は生じない。		D	D	
5	騒音・振動	活動による発生源がないため、対象地での騒音振動に関する悪影響は生じない。		D	D	
6	地盤低下	活動による発生源がないため、対象地での沈下に対する悪影響は生じない。		D	D	
7	悪臭	活動による臭気発生源がないため、対象地の臭気への悪影響は生じない。		D	D	
8	底質	土砂収支管理計画の実施にあたっては、不適切な実施により、ある程度土砂が発生する可能性がある。	土砂収支管理計画の適切な実施及び土砂の適切な管理が必要となることがある。	C	C	
9	事故	活動による事故の発生源がないため、対象地での事故に対する悪影響を生じない。		D-	D	

2) 自然環境

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	保護区	提案されたプロジェクトサイトの周辺には、保護区および海洋保護区（MPA）は存在しない。		D	D	
2	動植物及び生物多様性	動植物及び生態系に影響を及ぼすような活動がないことから、対象地における生態系及び動植物への悪影響は生じない。		D	D	
3	地質、地勢への影響	地質・地勢に影響を及ぼす活動がないため、対象地での地質・地勢に対する悪影響を及ぼすことはない。		D	D	
4	土壌侵食	土砂予算管理計画の実施にあたっては、不適切な実施により、土壌侵食がある程度発生する可能性がある。	土砂予算管理計画の適切な実施及び土砂の適切な管理が必要となることがある。	C-	C	
5	地下水	活動による大量の地下水の汲み上げがないため、対象地での地下水への悪影響は生じない。		D	D	
6	周辺水域への影響	周辺の水文に影響を及ぼすような活動はないことから、対象地での周辺水域への悪影響は生じない。		D	D	
7	沿岸部への影響	沿岸・リーフ保全計画の策定及び土砂収支管理計画の実施にあたっては、不適切な実施により、沿岸地域の海洋システムにある程度の影響を及ぼす可能性がある。	適切な沿岸・リーフ保全計画の策定、土砂収支管理計画の実施、土砂の適切な管理が必要となる場合がある。	C	C	
8	気象	気候に影響を及ぼす活動がないため、対象地での気候への悪影響は生じない。		D	D	
9	地球温暖化	地球温暖化に影響を及ぼす活動がないため、対象地での気候変動への悪影響は生じない。		D	D	

3) 社会環境

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	住民移転	すべての対象地には住民や住居地域が存在しないため、提案されたプロジェクトを実施しても、住民移転は発生しない。		D	D	
2	周辺住民の生活への影響	対象地を定期的に地域住民が利用している場合、沿岸・リーフ保全計画により、地域住民が生計活動に利用できない可能性がある。	生計活動の不公平性を軽減・削減するためには、沿岸・リーフ保全計画の下での地域の適切な整備・管理が必要である。	C	C	
3	文化的遺跡	すべての対象地には文化的遺跡がないため、文化的遺跡への悪影響は生じない。		D	D	
4	景観	すべての事業は小規模であるため、対象地の景観に悪影響は生じない。		D	D	
5	貧困層、社会的弱者、少数民族への影響	地域住民が定期的に対象地を利用している場合には、沿岸・リーフ保全計画により、地域住民が生計活動に利用できない可能性がある。	生計活動の不公平性を軽減・削減するためには、沿岸・リーフ保全計画の下での適切な整備・管理が必要である。	C	C	

出典：JICA 調査団 (2019)

注：「A±」重大な環境影響が予想される場合、「B±」何らかの環境影響が予想される場合、「C」環境影響が明確でない場合、「D」環境影響が予想されない場合。

注：BC：施工前（計画時）、DC：施工時、OP：運営（維持管理）時

### (3) コンポーネント2の評価結果

沿岸保全対策の詳細な策定及びステークホルダーの能力開発並びに海岸の維持管理の実施（活動2.1）、ステークホルダーの構成の確立及び能力開発（活動2.3）は、JICAが協調融資事業として実施し、沿岸保全/保護対策の実施（活動2.2）は、GCFが資金提供するプロジェクト及び「モ」国が協調融資するプロジェクトとしても国政府が実施する。

活動はJICAの環境社会配慮手続きに従い審査される。環境社会配慮ガイドラインでは、すべての事業対象地環境に配慮すべき区域に位置することはなく、環境社会配慮ガイドライン上、環境に配慮すべき性質もなく、また、配慮すべきセクターにも該当せず、環境への悪影響が顕著になる可能性が低いいため、環境社会スクリーニングを暫定的に実施し、カテゴリ-B（中リスク）の事業とみなした。

表 11.5.11 コンポーネント2の環境項目に対する影響・軽減策

#### 1) 汚染管理

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	大気汚染	施工段階では、大型機械、すなわち大型浚渫機を使用することにより、大気質に悪影響が生じる可能性がある。	使用する大型機械は、不要な排気ガスを排出しないよう、適正に保守する。	C	C	L-FND, L-MMD, S-MED
2	水質汚染	施工段階では、大型機械、すなわち、大型浚渫機、バックホーなどを使用することによって、水質に悪影響が生じる可能性がある。	水質汚染を防止するため、使用する大型機械を適切に保守すること。	B-	C	L-FND, L-MMD, L-ISD, L-GAN, S-MED
		施工段階では、不十分な排水や海中への土壌流出による水質への悪影響が生じる可能性がある。	施工段階では、適切な排水処理、すなわちシルトプロテクターとシルトフェンスなどの設置を行う。	B-	C	L-FND, L-MMD, L-ISD, L-GAN, S-MED
		海岸養浜や埋立では、運用段階での不十分な土壌流出による水質への悪影響が生じる可能性がある。	運用段階では、プロジェクトを通じて地域密着型の保守・モニタリングを行う。	B-	C	L-FND, L-MMD, L-ISD, L-GAN, S-MED
3	土壌汚染	施工段階では、大型機械からの油漏れによる土壌への悪影響が発生する可能性がある。	施工段階では、施工事故防止マニュアルの作成、オイル処理マットの設置などを行う。	C	C	L-FND, L-MMD, L-ISD, L-GAN, S-MED
4	廃棄物管理	施工段階では、ゴミや有害廃棄物が発生する可能性がある。	施工段階では、適正な廃棄物管理を実施する。	C	C	L-FND, L-MMD, L-ISD, L-GAN, S-MED
5	騒音・振動	施工段階では、大型機械、すなわち大型浚渫機、バックホーなどを使用することにより、騒音と振動が発生するである。	施工段階では、消音型大型機械および発電機を使用するものとする。 施工段階では、住宅地付近では、夜間は大型機械を使用しない。	C	C	L-FND, L-MMD, L-ISD, L-GAN, S-MED
6	地盤低下	事業による大量の地下水の汲み上げがないため、対象地での地盤沈下に対する悪影響は発生しない。		D	D	-
7	悪臭	事業実施による臭気発生源がないことから、対象地の臭気への悪影響は発生しない。		D	D	-



	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
8	底質	海岸養浜や埋立てには、施工及び運営中に、底質（海底）への悪影響が生じる可能性がある。	海岸養浜及び埋立てについては、土砂の現状・状況を工事前に確認する必要がある。 施工段階では、シルトプロテクターやシルトフェンスなどの設置など、悪影響を防止するための対策を検討する。	B-	B-	L-FND, L-MMD, S-MED
			運用段階では、プロジェクトを通じてコミュニティベースのの保守・モニタリングを行う。	C	C	L-FND, L-MMD, S-MED
9	事故	施工段階で、工事中に事故が発生する可能性がある。	事故防止マニュアルを作成し、危険予想を考慮する。	B-	D	L-FND, L-MMD, L-ISD, L-GAN, S-MED
		建設資材（砂）の浚渫時に事故が発生する可能性がある。	事故防止マニュアルを作成し、危険予想を考慮する。 砂の浚渫の際には、事故に遭わないように特別の注意を払う必要がある。	B-	D	L-FND, L-MMD, S-MED

2) 自然環境

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	保護区	提案対象地の周辺には、保護区及び海洋保護区（MPA）は存在しない。		D	D	
2	動植物及び生物多様性	施工及び運用段階では、海洋生態系が悪影響を受ける可能性がある。	海洋生態系、特にサンゴの生息地、渡り鳥の利用に際して適切な措置を講ずる。 施工段階においては、沿岸植生が施工による影響を受けないよう十分な措置を講ずるとともに、悪影響がある場合には、沿岸植生の回復に必要な措置を講ずる。 施工段階では、海洋生態系への被害・混乱を回避するため、砂の浚渫場所を慎重に選定する必要がある。	B-	B-	L-FND, L-MMD, L-ISD, L-GAN, S-MED
3	地質、地勢への影響	海岸盗品・埋立の施工にあたっては、建設後に潮流や波形が変化する可能性がある。	海岸養浜・埋立工事後の潮流・波浪の変化について、必要な配慮・措置を講ずる。	C	C	L-FND, L-MMD, S-MED
4	土壌侵食	海岸養浜・埋立工事では、正常波や災害時の高波により、沿岸侵食が発生する可能性がある。	海岸養浜及び埋立てについては、建設後に、建設された施設が波浪及び高波によって侵食されないようにするために必要な措置を講ず	B-	C	L-FND, L-MMD, S-MED

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
			る。 侵食が発生した場合には、必要な措置を講じる。			
5	地下水	事業によって大量の地下水の汲み上げは起こらないため、対象地での地下水への悪影響は発生しない。		D	D	-
6	周辺水域への影響	海岸養浜・埋立の建設にあたっては、建設後に潮流や波浪が変化する可能性がある。	海岸養浜・埋立工事後の潮流・波浪の変化について、必要な配慮・措置を講ずる。	C	C	L-FND、 L-MMD、 S-MED
7	沿岸部への影響	施工及び運用段階では、海洋生態系及び沿岸地域が悪影響を受ける可能性がある。	海洋生態系、特にサンゴの生息地、渡り鳥の利用地に関しては、適切な措置を講ずる。	C	C	L-FND、 L-MMD、 L-ISD、 L-GAN、 S-MED
8	気象	すべての事業は小規模であるため、対象地での気象への悪影響は発生しない。		D	-	
9	地球温暖化	すべての事業は小規模であるため、対象地での地球温暖化への悪影響は発生しない。		D	-	

### 3) 社会環境

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	住民移転	すべての対象地には、住民や住居地域が存在しないため、提案されたプロジェクトを実施しても、住民移転は起こらない。		D	D	-
2	周辺住民の生活への影響	対象地が定期的に地域住民によって利用される場合、地域住民が建設中にその地域を利用できない可能性がある。	提案された事業の目的及び内容は、工事着手前に現地住民に周知され、その理解が確保されなければならない。	C	C	L-FND、 L-MMD、 S-MED
3	文化的遺跡	すべての対象地に文化的遺跡は存在せず、文化的遺跡には悪影響はない。また、L-ISD および L-GAN の事業は、対象地の近くにある文化的遺跡を保護するための施設である。		D	B+	L-GAN、 L-ISD
4	景観	すべての事業は小規模であるため、対象地の景観に悪影響は生じない。		D	D	-
5	貧困層、社会的弱者、少数民族への影響	対象地が定期的に地域住民によって利用されている場合、地域住民が建設中にその地域を利用できない可能性がある。	提案された事業の目的及び内容は、工事着手前に現地住民に周知され、その理解が確保されなければならない。	C	C	L-FND、 L-MMD、 S-MED

出典：JICA 調査団(2019)

注：「A±」重大な環境影響が予想される場合、「B±」何らかの環境影響が予想される場合、「C」環境影響が明確でない場合、「D」環境影響が予想されない場合。

注：BC：施工前（計画時）、DC：施工時、OP：運営（維持管理）時

### (4) コンポーネント3の評価結果

地上デジタル放送システムの導入（活動 3.1）は、JICA が協調融資プロジェクトとして実施しており、JICA の環境社会配慮手続きに従い事業が審査されている。すべての事業対象地が環境に配慮すべき区域に位置することはなく、環境社会配慮ガイドライン上、環境に配慮すべき性質もなく、また、配慮すべきセクターにも該当せず、環境への悪影響が顕著になる可能性が低いいため、環境社会スクリーニングを暫定的に実施し、カテゴリ-B（中リスク）の事業とみなした。

また、協力事業として、JICA による「災害早期警戒情報放送制度の創設（活動 3.2）」も実施する。すべての提案された活動は、ステークホルダーのための訓練および能力開発を含むので、活動は、カテゴリーC（低リスク）活動であると見なされる。

表 11.5.12 コンポーネント 3 の環境項目に対する影響・軽減策

1) 汚染管理

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	大気汚染	施工段階では、建設工事に重機を使用することにより、重機の通気孔からの排出量が大幅に増加する。	使用する大型機械は、不要な排気ガスを排出しないよう、適正に保守する。	B	D	
2	水質汚染	施工段階では、大型機械、すなわちバックホーなどを使用することによって、水質に悪影響が生じる可能性がある。	水質汚染を防止するため、使用する大型機械を適切に保守する。	B-	D	
3	土壌汚染	施工段階では、重機は汚染物質となり災害を引き起こす可能性のある密度の高い燃料を使用する。	重油、可燃物等の危険物は、周囲に適切なラベルや標識を貼り、適切な容器に安全に保管する。	B	D	
4	廃棄物管理	施工段階では、枝条、刈草などの廃棄物の大部分が生産されることになる。	固体廃棄物や除草などによる刈草、枝条などの廃棄物は、島の廃棄物管理センターで適正に処理する。使用済みの油、残油塗料、その他の化学物質は、Thilafushi その他の指定区域に輸送されるまで、漏洩しないように梱包し、保管するものとする。	B	D	
5	騒音・振動	施工段階では、騒音・振動が発生しやすい可能性がある。	騒音公害を軽減するため、夜間は現場での作業を行わない。燃料の不必要な排出及び不完全燃焼を減少させるために、全ての重機及び装置は、適切に整備し、維持する。	B	C	
6	地盤低下	施工段階では、水抜きは地下水の水平流を加速する。地下水の枯渇や地盤沈下に影響を及ぼす可能性がある。	地表土壌が沈下した場合、スチールパイルの深さは水抜きを開始する前に調整する必要がある。	B	D	
7	悪臭	事業による臭気発生源がないことから、対象地の臭気への悪影響は発生しない。		D	D	
8	底質	事業による堆積物源がないため、対象地での堆積物への悪影響は生じない。		D	D	
9	事故	施工中に事故が発生する可能性がある。	事故防止マニュアルを作成し、危険予想を考慮する。作業員が工事現場に	B-	D	

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
			入る際には、安全ヘルメットと安全靴を常時着用する必要がある。			

## 2) 自然環境

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	保護区	提案されたプロジェクトサイトの周辺には、保護区および海洋保護区（MPA）は存在しない。		D	D	-
2	動植物及び生物多様性	施工段階では、地表の植物の大部分が取り除かれることから、植物に直接的にかつ最も強い環境影響が生じる。	生態系及び動植物に対して適切な措置を講ずる必要がある。例えば、移植ができる樹木は別の場所に移植する、不必要な植生の伐採又は根起こしを避けるように努める。	B-	D-	
		運用段階では、鳥がアンテナとポストやアンテナ上の表示ランプに対して負の影響を受ける可能性がある。	すべての塔の表示灯は赤色灯、夜通し連続点灯とする。これは鳥類コミュニティで起こる混乱を減少させる。	D	B	
3	地質、地勢への影響	すべてのプロジェクトが小規模であるため、対象地の地質や地勢に悪影響は生じない。		D	D	
4	土壌侵食	施工段階では、大規模な水抜きが行われると、隣接する地面が崩壊する可能性がある。既存の施設の近くで水抜きが行われている場合、この地面の崩壊は、既存の施設に物理的な損傷をもたらす可能性がある。	水平流を完全に遮断することは不可能であり、したがって、周囲の土壌を監視する際には、多大な注意を払う必要がある。周辺で地盤沈下が起こる場合、水抜きは直ちに停止する必要がある。	B-	C	
5	地下水	施工段階では、水抜きの可逆的な短期的影響は重大な影響である。水抜きは地下水の水平流を加速する。これは地下水の枯渇に影響を及ぼす。	水抜きによって地下水レンズから水を広範囲に排水することによって生じる悪影響に対処するために、掘削領域を囲むためにスチールパイルを使用する。	B	D	
6	周辺水域への影響	すべての事業は小規模であるため、対象地での周辺水域への悪影響は生じない。		D	D	
7	沿岸部への影響	すべての対象地は沿岸にはないことから、対象地の沿岸地域への悪影響は発生しない		D	D	
8	気象	すべての事業は小規模であるため、対象地の気象への悪影響は発生しない。		D	D	
9	地球温暖化	すべての事業は小規模であるため、対象地の地球温暖化への悪影響は発生しない		D	D	

## 3) 社会環境

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
1	住民移転	すべての対象地には、住民や住居地域が存在しない		D	D	

	環境項目	課題	軽減策	評価		対象事業
				BC/DC	OP	
		め、提案されたプロジェクトを実施しても、住民移転は起こらない。				
2	周辺住民の生活への影響	すべての事業は小規模であるため、対象地生計や生活に悪影響は生じない。	D	D		
3	文化的遺跡	すべての対象地には文化的遺跡がないため、文化的遺跡には悪影響はない。	D	D		
4	景観	すべての事業は小規模であるため、対象地の景観に悪影響は生じない。	D	D		
5	貧困層、社会的弱者、少数民族への影響	すべての事業は小規模であるため、対象地の少数民族や先住民族に悪影響は生じない。	D	D		

出典：地上デジタル放送ネットワーク開発プロジェクトのEIA 報告書 (Energy Consultancy Pvt. Ltd. (2018a, 2018b))、JICA 調査団により取りまとめ。

注：「A±」重大な環境影響が予想される場合、「B±」何らかの環境影響が予想される場合、「C」環境影響が明確でない場合、「D」環境影響が予想されない場合。

注：BC：施工前（計画時）、DC：施工時、OP：運営（維持管理）時

## (5) コンポーネント 4 の評価結果

コンポーネント 4 の活動はすべて JICA が共同出資するプロジェクトとして実施し、JICA の環境社会配慮の手続きに従い審査される。コンポーネント 4 の活動は、環境データ・情報の観測、情報の共有などであり、環境への悪影響が顕著になる可能性が低いため、環境社会スクリーニングを暫定的に実施し、カテゴリーC（低リスク）の事業とみなした。

### 11.5.4 一般的な環境社会管理計画（ESMP）

ESS1 から ESS9 までの GCF の環境社会に関するセーフガード（ESS）に関連する環境・社会的リスクおよび潜在的影響の事前評価に基づき、コンポーネントの活動ごとに一般的な環境社会管理計画を検討した。一般的な環境社会管理計画の詳細を添付資料 XX に示す。

## 11.6 活動／サイト特融の評価、緩和計画及び実施

### 11.6.1 コンポーネント 1：統合的沿岸管理（ICZM）の確立

#### (1) 評価対象となるプロジェクト活動

コンポーネント 1 に属する各活動には、評価の対象となる活動はない。

表 11.6.1 コンポーネント 1 の活動に必要な評価

活動	必要な評価	
活動 1.1	沿岸およびサンゴ礁の現状に関するリスク評価のためのインベントリ調査	不要
活動 1.2	国レベルでの ICZM の基本方針の策定	不要
活動 1.3	事例研究として代表的な住民島における具体的な ICZM 計画の作成	初期影響評価（スクリーニングを含む）
活動 1.4	ICZM 設立に向けた関係機関の能力開発と情報共有	不要

出典：JICA 調査団 (2020)

#### (2) 政府の許可要件

コンポーネント 1 に属するすべての活動に必要な政府の許可要件はない。

### (3) 評価の範囲

11.5.4 の環境社会管理計画 (ESMP) によれば、GCF の ESS 3 については、自然環境プロファイルの下で、ESS 2 については社会環境プロファイルの下で、必要な措置を取りまとめ、実施する。評価対象地域は以下のとおりである。

表 11.6.2 環境社会配慮の必要なコンポーネント 1 に属する活動

環礁・市	対象島	活動概要	資金源
Laamu	Fonadhoo	活動 1.3 のケーススタディとして具体的な ICZM 計画の作成	JICA 協調融資
	Gan	活動 1.3 のケーススタディとして具体的な ICZM 計画の作成	JICA 協調融資

出典：JICA 調査団 (2020)

### (4) 環境社会影響評価 (ESIA) を作成し、サイト固有の緩和/管理計画を実施し、モニタリングするための制度上の取決め

ESIA の作成に必要な制度上の取決めは以下のとおりとし、サイト固有の緩和/管理計画は以下の表に従って実施し、モニターするものとする。

表 11.6.3 コンポーネント 1 の ESIA の準備のための制度上の取決め

項目	「モ」国側	日本側
提案者	MPI	JICA (AE)
環境アセスメント(IEE/ESIA)	コンサルティング会社を通じて MPI/ME が実施している。	JICA (AE) により審査され、必要に応じて、JICA (AE) は適切な支援を行う。
ESIA の承認	EPA により承認される。また、EIA 決定書は EPA により発行される。	JICA (AE) は適切な支援を行う。
モニタリング	モニタリングは PMU が実施する。	モニタリングは JICA (AE) が支援し、実施する。

出典：JICA 調査団

### (5) 活動/サイト固有の評価と緩和計画

上記表の分析による考察に従い、それぞれの提案された活動に対する影響と緩和策の要約を、以下の表に示す。

表 11.6.4 コンポーネント 1 の活動の影響と緩和策の概要

活動案		影響	緩和措置	ランク
(1)	Laamu Atoll の Gan 島および Fonadhoo 島での沿岸・サンゴ礁保全計画の策定 (活動 1.3)	沿岸・リーフ保全計画の整備・管理が不十分であると、沿岸・リーフ地域の生計活動のための地域住民の利用が不公平になるおそれがある。	このような生活への悪影響を防止・緩和するために、利用上の想定される不公平を軽減するための適切な措置が講じられる必要がある。	ランク: B
(2)	Laamu Atoll の Gan 島および Fonadhoo 島における土砂収支管理計画の策定と実施 (活動 1.3)	土砂収支管理計画の整備・管理が不十分であると、不適切な砂や底質の採取、水質の低下、海洋生態系や沿岸地域への悪影響が生じる可能性がある。	このような水質、海洋生態系、沿岸地域への悪影響を防止・緩和するためには、規制・管理体制の整備、代替浚渫場の検討等、十分な対策を講じ、不十分な土砂対策を減らすべきである。	ランク: B

出典：JICA 調査団

## 11.6.2 コンポーネント 2：海岸保全／海岸防災対策の実施

### (1) 評価対象となるプロジェクト活動

コンポーネント 2 に属する各活動のうち、以下に上げる活動は評価対象となる。

表 11.6.5 コンポーネント 2 の活動に必要な評価

活動	必要な評価	
活動 2.1	沿岸保全対策の詳細設計とステークホルダーの能力開発	ESIA
活動 2.2	沿岸保全・保全対策の実施	ESIA
活動 2.3	海岸維持管理の実施、ステークホルダーの体制整備・能力開発	不要

出典：JICA 調査団

### (2) 事業に必要な許可要件

#### 1) 概念の承認

2019年9月4日に ME、アドゥ市評議会、Laamu 環礁評議会に、また、2020年1月に環境省大臣により、提案された海岸養浜・海岸保全の構想（活動 2.1、2.2）は承認された。

#### 2) 浚渫及び土地埋立に対する承認

伐採または埋立を必要とする沿岸工事の前に、EPA から特別な許可を取得しなければならない。申請様式は EPA によって公表されており、その様式を完成させ、承認のために提出する。EIA 申請書は、EPA の書面による海岸改修承認を受けて提出された場合にのみ受理される。本事業の浚渫・埋立に対する承認は、EPA が発行する。これらの手続きは、コンサルタントまたは請負業者のいずれかによって行われる。

#### 3) EIA 決定声明

事業を開始するために最も重要な環境許可は、ME と JICA がこの ESMP に基づいて実施する環境アセスメントに関する決定である。EIA 決定書は、参照されるように、プロジェクト活動が実施しなければならない方法を規定する。EIA 報告書は、意思決定者がプロジェクトの既存の環境および潜在的な影響を理解するのを支援する。したがって、EIA 決定書は、環境省が追加情報を要求する場合は、これらの文書を検討した後のみ、または、追加情報を必要としない場合は、環境省が決定書を提案者に提出することができる。

### (3) 評価の範囲

11.5.4 の環境社会管理計画（ESMP）によれば、GCF の ESS 1、ESS 3、ESS 6 については、自然環境プロファイルの下で、ESS 2 及び ESS 8 については社会環境プロファイルの下で、必要な措置を取りまとめ、実施する。評価対象地域は以下のとおりである。

表 11.6.6 環境社会配慮の必要なコンポーネント 2 に属する活動

環礁・市	対象島	活動概要	資金源
Laamu	Fonadhoo	東海岸（外洋側）への養浜及び突堤	GCF fund
	Maamendhoo	南西部海岸・東海岸への養浜及び突堤、北西部への埋立（避難場所）	GCF fund
	Ishdhoo	北端の外洋側海岸での歴史的遺跡を保全するための護岸	Maldives's co-finance
	Gan	中央部外洋側での歴史的遺跡を保全するための護岸	Maldives's co-finance
Addu	Meedhoo	北東部海岸への養浜及び突堤	Maldives's co-finance

出典：JICA 調査団

#### (4) 環境社会影響評価 (ESIA) を作成し、サイト固有の緩和/管理計画を実施し、モニタリングするための制度上の取決め

ESIA の作成に必要な制度上の取決めは以下のとおりとし、サイト固有の緩和/管理計画は以下の表に従って実施し、モニターするものとする。

表 11.6.7 コンポーネント 2 の ESIA の準備のための制度上の取決め

- GCF 資金による事業

項目	「モ」国側	日本側
提案者	ME	JICA (AE)
環境アセスメント(IEE/ ESIA)	コンサルティング会社を通じてMEが実施する。	JICA (AE) により審査され、必要に応じて、JICA (AE) は適切な支援を行う。
ESIA の承認	EPA により承認される。また、EIA 決定書は EPA により発行される。	JICA (AE) は適切な支援を行う。
モニタリング	モニタリングは PMU が実施する。	モニタリングは JICA (AE) が支援し、実施する。

- 「モ」国コファイ事業

項目	「モ」国側	日本側
提案者	MPI	JICA (AE)
環境アセスメント(IEE/ ESIA)	コンサルティング会社を通じて MPI/ME が実施する。	JICA (AE) により審査され、必要に応じて、JICA (AE) は適切な支援を行う。
ESIA の承認	EPA により承認される。また、EIA 決定書は EPA により発行される。	JICA (AE) は適切な支援を行う。
モニタリング	モニタリングは PMU が実施する。	モニタリングは JICA (AE) が支援し、実施する。

出典：JICA 調査団

養浜のための砂の浚渫場所はまだ決定されておらず、詳細設計・施工段階で評価・決定する予定である。そのため、必要な環境手続きをその時点で整備し、実施する必要がある。

#### (5) 活動/サイト固有の評価と緩和計画

上記表の分析による考察に従い、それぞれの提案された活動に対する影響と緩和策の要約を、以下の表に示す。



表 11.6.8 コンポーネント 2 の影響と緩和策の要約

活動案		影響	緩和措置	ランク
(3)	Laamu Atoll の Fonadhoo 島の海洋側沿岸での養浜及び突堤	沿岸保護対策の実施は、多くの環境及び社会的影響を有し得る。この場所は、過去に海岸侵食によって自然に不自然に被害を受けてきた。	このような水質、海洋生態系、動植物への悪影響を防止・緩和するため、管理されていない廃水の海中への流出を抑制し、建設資材(養浜用の砂)の適正管理を図るため、適切な対策を講じること。	ランク:B
(4)	Laamu Atoll の Maamendhoo 島の南西側海岸の養浜及び突堤、北西端の避難場所のための埋立	環境的には、建設は、あらゆるサンゴおよび海草の酸素不足の一因となる海洋環境への堆積物の移動を含む。	社会的及び公害に関しては、建設から生じる廃棄物の適正な管理及び整理が適切に実施されるべきである。	ランク:B
(5)	Laamu 環礁 Ishdhoo 島の北端の外洋側海岸の歴史的史跡を保護するための護岸工	沿岸保護対策の実施は、多くの環境及び社会的影響を有し得る。この場所は、過去に海岸侵食によって自然に不自然に被害を受けてきた。	このような生態系や動植物への悪影響を防止・緩和するためには、工事の適正な管理を通じて被害を軽減するための適切な措置を講じる必要がある。	ランク:C
(6)	Laamu 環礁 Gan 島の中央部の外洋側海岸の歴史的史跡を保護するための護岸工	環境的には、海岸沿いの護岸壁の建設が含まれており、その結果、海洋および沿岸生態系が変化する可能性がある。		ランク:C
	Addu 市 Meedhoo 島北部沿岸の海岸養浜及び突堤	沿岸保護対策の実施は、多くの環境及び社会的影響を有し得る。この場所は、過去に海岸侵食によって自然に不自然に被害を受けてきた。	このような水質、海洋生態系、動植物への悪影響を防止・緩和するため、管理されていない廃水の海中への流出を抑制し、建設資材(養浜用の砂)の適正管理を図るため、適切な対策を講じること。	ランク:B

出典：JICA 調査団

### 11.6.3 コンポーネント 3：災害警戒情報発信システムの開発

#### (1) 評価対象となるプロジェクト活動

コンポーネント 3 に属する各活動のうち、以下に上げる活動は評価対象となる。

表 11.6.9 コンポーネント 3 の活動に必要な評価

活動	必要な評価	
活動 3.1	地上デジタル放送システムの設置	ESIA
活動 3.2	災害早期警戒情報放送体制の確立	IEE

出典：JICA 調査団

#### (2) プロジェクトに必要な環境許可

##### 1) JICA (EE) による環境スクリーニングの手続き

コンポーネント 3 の施設は、JICA が協調融資プロジェクトとして無償資金協力により建設している。このプロジェクトは、JICA の環境社会配慮の手続きに従い審査された。環境社会配慮ガイドライン (2010 年 4 月 10 日) に従い、すべての事業対象地が環境に配慮すべき区域に位置することはなく、

環境社会配慮ガイドライン上、環境に配慮すべき性質もなく、また、配慮すべきセクターにも該当せず、環境への悪影響が顕著でない可能性が高いため、環境社会スクリーニングを暫定的に実施し、カテゴリーB（中リスク）の事業とみなした。スクリーニングの結果は、JICA のホームページに公開されている。

## 2) 実施者による ESIA

モ国政府は、JICA の環境審査の結果を踏まえ、2017 年に環境スクリーニングを実施し、22 の候補地点のうち 9 地点について、EIA の実施など更なる手続きが必要であるとした。

モ国政府の審査結果を踏まえ、2018 年に EIA コンサルタントにより EIA が実施された。さらに、EIA 手続きのために 3 地点が追加選択された。

表 11.6.10 コンポーネント 3 について EIA が実施された島のリスト

	環礁	島	備考
1	Ha	Dhidhdhoo	EIA: Energy Consultancy Pvt. Ltd. (2018a) Decision Statement (Approval of Environmental Impact Assessment): No. 203-EIARES/PSM/2018/3 (date of issue: 9 May 2018)
2	HDH	Kulhudhuffushi	
3	Sh	Funadhoo	
4	N	Manadhoo	
10	V	Felidhoo	
11	ADh	Dhangethi	
14	L	Gan	
15	Th	Guraidhoo	
17	GDh	Fiyolari	
18	GDh	Thinadhoo	Additionally selected. EIA: Energy Consultancy Pvt. Ltd. (2018b) Decision Statement (Approval of Environmental Impact Assessment): No. 203-EIARES/PSM/2018/4 (date of issue: 4 June 2018)
21	S	Hithadhoo	
	Ga	Nilandhoo	

出典：JICA 調査団

## (3) 評価の範囲（GCF による ESS2～ESS8）

第 11.5.4 項および Appendix B の環境社会管理計画（ESMP）によれば、GCF の ESS 3 については、自然環境プロファイルの下で、ESS 2 及び ESS 8 については社会環境プロファイルの下で、必要な措置を取りまとめ、実施する。

## (4) 環境社会影響評価（ESIA）を作成し、サイト固有の緩和／管理計画を実施し、モニタリングするための制度上の取決め

ESIA の作成に必要な制度上の取決めは以下のとおりとし、サイト固有の緩和／管理計画は以下の表に従って実施し、モニターするものとする。

表 11.6.11 コンポーネント 3 の ESIA の準備のための制度上の取決め

項目	「モ」国側	日本側
提案者	PMS	JICA (EE)
環境アセスメント(IEE/ESIA)	コンサルティング会社を通じて PMS が行っている。	JICA (EE)の審査を受けた。
ESIA の承認	EPA によって承認されており、EIA 決定書は EPA によって発行されている。	JICA (EE)をモニターした。
モニタリング	モニタリングは PMS が実施する。	モニタリングは、JICA (EE)が支援し、モニタリングする。

出典：JICA 調査団

## 11.6.4 コンポーネント 4：気候変動に関する基礎データ収集・共有体制の整備

### (1) 評価対象となるプロジェクト活動

コンポーネント 41 に属する各活動には、評価の対象となる活動はない。

表 11.6.12 コンポーネント 4 の活動に必要な評価

活動	必要な評価	
活動 4.1	波浪・海水面モニタリングシステムの開発	不要
活動 4.2	砂浜、サンゴ礁、土地利用のモニタリングシステムの整備	不要

出典：JICA 調査団

### (2) 政府の許可要件

コンポーネント 4 に属するすべての活動に必要な政府の許可要件はない。

### (3) 評価の範囲

コンポーネント 4 に属するすべての活動に対して必要な評価はない。

### (4) 環境社会影響評価 (ESIA) を作成し、サイト固有の緩和/管理計画を実施し、モニタリングするための制度上の取決め

コンポーネント 4 に属するすべての活動に必要な制度上の取決めはない。

## 11.6.5 能力開発と研修

コンポーネント 2 では、PMU が調達する詳細設計・施工監理コンサルタントが、「モ」 国人材の能力開発に重要な役割を果たす。これらの「モ」 国人コンサルタントは、技術的なインターナショナルコンサルタントと協力しながら、OJT 研修を通じて訓練される。

「モ」 国の政府機関の人材が十分であれば、環境省、MNPI、地方協議会の職員を専任の PMU メンバーとして本プロジェクトに派遣することが望ましいが、政府機関の人員は常に不足しており、パートタイムでの派遣になりうる。

この目的のために、プロジェクト・スタッフ、特に PMU 及びプロジェクト・ボードのメンバーは、(i) ESMF の要件に関連する実質的な事項を対象とし、(ii) 社会・環境影響及び緩和措置に関連するモニタリング、報告及び保証に関する事項について、すべての関係者の責任を説明し、(iii) 公共の透明性及び説明責任に関連する運営メカニズム、並びに MEE、JICA 及び GCF 並びに地元の評議会、民間部門の関係者及び契約責任を有するその他のパートナーとの間の調整及び情報共有を確保するために使用されるメカニズムを対象とする導入研修に参加することが求められる。

## 11.7 パブリック・コンサルテーションの実施、計画

### 11.7.1 ステークホルダーの参画

このステークホルダー・エンゲージメント・プラン（SEP）は、提案された事業の全コンポーネントに適用され、すべての第三者は、割り当てられた活動を実行する際にこれを遵守することが期待される。

ステークホルダー・エンゲージメント・プランの目的は以下の通りである。

- プロジェクトのステークホルダーの優先事項や懸念事項を含め、すべてのプロジェクト・ステークホルダーを特定する。
- プロジェクト・サイクルを通じて有意義でアクセス可能な方法で、ステークホルダーとの情報共有とコミュニケーションのための戦略を特定し、ステークホルダーと協議する。
- ステークホルダーとの協議、手続きの文書化、フィードバックのための戦略のための手続きと方法論を特定する。
- プロジェクトのために、アクセス可能で、文化的に適切で、透明性があり、責任ある苦情処理メカニズムを確立する。
- プロジェクトへの影響のモニタリング、及び様々なステークホルダーグループ間での結果の報告または共有にステークホルダーが参加するための戦略を策定する。

### 11.7.2 これまでのステークホルダーの関与

フィージビリティ・スタディの準備にあたっては、プロジェクトのデザインや範囲について協議をし、意見を集めるために、調整会議、パブリック・コンサルテーション、ジェンダー評価会議、個別会議などを通じて、さまざまなステークホルダーとの相談を行った。

各種協議では、プロジェクトの目的と活動を調査団が簡単に説明し、参加者が以下のテーマに取り組み、その結果をフィージビリティ・スタディに組み込んだ。

- 現況：沿岸侵食、砂浜の消滅、気候変動に対する脆弱性、廃棄物管理の不備、沿岸管理の能力開発の必要性
- 対策：砂浜回復の希望（養浜）、沿岸の護岸の不要、避難用埋立
- ジェンダー：自主的な砂浜の清掃（女性による）、海岸モニタリング・清掃への女性開発グループの参画、沿岸へのアクセスの不平等（脆弱な人々に対する）
- 防災：災害に関する情報発信体制不足、被災者（女性、子ども、障害者）の避難の困難さ。

表 11.7.1 パブリック・コンサルテーション会合の実施状況

対象環礁	回数	実施場所	実施日	参加人数
Laamu	パブリック・コンサルテーション	Fonadhoo Island Council	2019年2月25日	15名
		Fonadhoo Island Council	2019年5月15日	15名
		Laamu Atoll Education Centre	2019年9月10日	16名
		Ishidhoo	-	-
	ジェンダー評価会議	Fonadhoo (女性)	2019年9月10日	13
		Fonadhoo (男性)	2019年5月27日	7
		Maamendhoo (女性)	2019年5月28日	13
		Maamendhoo (男性)	2019年5月28日	7
		Ishidhoo (女性)	2019年9月10日	12
		Ishidhoo (男性)	2019年9月10日	7
Addu/ Hithadhoo	パブリック・コンサルテーション	Hithadhoo	2019年2月14日	13名
		Hithadhoo	2019年5月15日	8名
		Hithadhoo	2019年8月29日	31名
Addu/ Meedhoo		Meedhoo	2019年8月29日	11名
	ジェンダー評価会議	Hithadhoo (女性)	2019年5月20日	6
		Hithadhoo (男性)	2019年5月21日	12

出典：JICA 調査団

各パブリック・コンサルテーション会合での主な議論は次表のとおりである。

表 11.7.2 パブリック・コンサルテーション会合での議論の概要

対象環礁	回数	主な議論概要	備考
Laamu	第1回	現在海岸などで問題になっている箇所としては、①Gan 島北部ラグーン側漁港北側、②Gan 島中央部ラグーン側漁港の北側、③Gan 島南部ラグーン側漁港の北側。 Gan 島は人口が最も多いことから、ハード対策（主に Gan 島）の必要性。開発は必要ではあるが、マレのようになる必要はない。外洋側は Concrete type wall、ラグーン側は Rock revtment の必要性。	参加者は Gan 島の住民のみ。 （President を始め、Atoll Council のメンバーの参加が多かった）。
	第2回	JICA 調査団で検討している対策を説明。 参加者からは養浜の規模についての質問あり。 Maamendhoo では、土地不足から住居用の埋め立ての必要性、避難場所の必要性。 住民参加型モニタリングシステムは、資機材が供与されれば、対応が可能である。	Maamendhoo、Fonadhoo の住民も参加した。
	第3回	FP で提案する事業の説明。 Isdhoo 島の歴史的遺産の保全の重要性。 外部資金の計画に従った活用必要性。（他の地域や他の事業への転換がないこと）。 PMU には Island council が入る必要性。	上記に加えて、Isdhoo の住民も参加した。
Addu/ Hithadhoo	第1回	Hankede 地域のリンクロードのラグーン側は島民の海水浴場として利用されているが、侵食が著しい。リゾート計画があったが、キャンセルされた。 違法な砂採取が海岸侵食の原因の一つ。Feydhoo の埋立地（による砂浚渫）、ラグーン側の Jetty が侵食の主な原因。 海岸保全は必要だが、マレのような島になることは望まない。 養浜が最も適した対策。	次回は漁師グループの参加が望ましい。

対象環礁	回数	主な議論概要	備考
	第2回	Hankede 島はリゾート開発計画があることから、対象地からは除いた。 参加者からは養浜の規模についての質問あり。 Hithadhoo 北部外洋側を対象地とする必要性。「モ」国のコファイ事業として検討。 Hankede 外洋側を対象地とする必要性。	
	第3回	FP で提案する事業の説明。 参加者からは、リンクロードの建設により、生活は豊かになったが、海岸侵食が進んだことを指摘。 調査団から、道路建設により住民への便益が増加したものの、侵食が進んだことは理解。昔の状態に戻すことは難しいが、最善の対策を検討する。	
Addu/ Meedhoo	第1回	FP で提案する事業の説明。 Meedhoo の外洋側（北岸）に養浜・Groin の計画について、異論が唱えられた。また、砂浜の復活は望ましいが、養浜、Groin で対応できるか不明。 養浜用の砂の採取は、環礁内の島から離れた 30m 程度の深さの場所から採取する。 「モ」国政府は養浜に対して維持管理に資金を拠出しないため、効果的な維持管理ができるか不明。 調査団からは、不足しているデータ取得のため、今後、波高計を設置して波高を測定する。	

出典：JICA 調査団

### 11.7.3 ステークホルダー・エンゲージメント・プラン

#### (1) ステークホルダー・エンゲージメント・プラン (SEP)

直接融資プロジェクトのためのステークホルダー・エンゲージメント・プラン (SEP) は、以下を有すべきである:

- GCF が支援する活動（協調融資活動を含む）によって影響を受けるか、影響を受ける可能性のある、脆弱で周縁化されたグループや個人を含む、コミュニティや個人との効果的なエンゲージメントのための詳細なプロセス。
- 情報の開示方法、意味のある協議及び情報に基づく参加が、文化的に適切かつジェンダーに応じた方法で行われるプロセス、及び、特定の状況においては、料金を得るためにとられる措置に、先住民族に対する自由意思による、事前の、十分な情報に基づく同意 (prior and informed consent) に関する記述
- 利害関係者と協議して設計され、AE の苦情解決制度および GCF の独立救済メカニズムを補完する、プロジェクト・レベルでの懸念および苦情を受け取り、管理するためのプロセス。

SEP は、プロジェクトのフィージビリティ・スタディから実施フェーズまで、プロジェクト期間を通じて焦点を当てる。SEP は、フィージビリティ・スタディ、環境・社会マネジメントフレームワーク (ESMF) 及びジェンダー評価/ジェンダーアクションプランと共に確認されるべきであり、これらは、実施段階中の異なる機関間の相互作用について詳述する。SEP は、PSC 及び PMU などのプロジェクト組織の一部ではない、より低いレベルの利害関係者とのプロジェクト関与に焦点を当てる。主に以下の活動を行った。

- プロジェクト開始から実施までの受益者の動員（情報、センシタイゼーション、参加）
- 重要課題（浸食、土地、脆弱なグループ）の特定
- 苦情処理
- 実施段階における監督及びモニタリング
- 環境・社会マネジメント体制の構築

関連する利害関係者を参加させることは、プロジェクトのオーナーシップを高め、活動に使用される行動、方法論、技術の複製および/または移転に貢献することができる。プロポーザル作成段階からは、プロジェクト作成中にステークホルダーに関与するための努力が行われ、実施中に関与がどのように継続されるべきかが検討される。このような継続的な関与を達成するために、フィードバック機構をプロジェクト設計に組み込む。さらに、ME は、ステークホルダーの関与を早期に促進する上で重要な役割を果たす。

すべての段階での関係者の関与は、活動の設計と実施を成功させるための鍵である。

## (2) SEP の目的

SEP の目的は以下の通りである。

- 利害関係者が懸念を提起し、意見を提出する機会を提供する。
- 苦情処理・苦情解決の場を作る。
- 情報共有・公開の機会を創出する。
- ステークホルダーにフィードバックする仕組みを構築する。
- 参加型プロジェクトのインパクトモニタリングの場を作る。
- プロジェクトに関係するコミュニティとの強固な関係を構築する。
- プロジェクトの社会的受容性を促進する。
- プロジェクトの実施体制への有意義な協議と期待と懸念の検討を確保する。

## (3) ステークホルダー・エンゲージメント・プロセス

より有意義なステークホルダー・エンゲージメントを行うためには、以下の点が考慮されるべきである。

- プロセスは、柔軟性があり、国内および地方の状況および活動要件に適応し、対応するように設計されている。
- プロジェクト予算には、ステークホルダー参画活動のための予算が含まれる。これには、それを実施するための有資格スタッフおよび/またはコンサルタントの専門知識に対する給与または手数料が含まれる。

- 関与は、重要な問題を特定し、関連する意思決定に影響を及ぼすのに十分早期に開始する。
- コミュニケーションの流れは2つの方向にあり、すべての側が耳を傾け、意見を交換し、懸念に対処する機会を与える。
- プロセスは包括的であり、異なる民族集団の女性、男性、及びメンバーが異なるニーズおよび視点、ならびに関与及び意思決定に対する異なるアプローチを有する可能性があることを考慮に入れる。
- エンゲージメント・アクティビティーには、強制や操作はない。
- ミーティングは、開示された情報、従事したグループおよび個人、ミーティングがいつどこで行われたか、提起された主要な問題、コミットメントおよび合意、ならびにステークホルダーの懸念がどのように対処されたかを追跡するために、十分に文書化される。
- 明確かつ相互に合意されたプロセスは、今後の措置について明確にしつつ、実施された措置を適時に報告するために十分に準備されている。

#### 11.7.4 苦情解決メカニズム

##### (1) 苦情解決メカニズム

苦情解決メカニズムは、利害関係者の関与プロセスの不可欠な部分となる。このメカニズムは、脆弱なグループを特別に考慮に入れる必要があり、苦情解決メカニズムへのアクセスが、このような当事者にとってどの程度容易であるかを確保する必要がある。苦情処理・解決は、PMU、EE (JICA-1&4、JICA-3) 及び地方協議会の責務である。

苦情処理メカニズムの目的は以下の通りである:

- 影響を受ける人々が、苦情や不満に対処できるメカニズムを構築する。
- プロジェクトが苦情や不満をすべて取り上げることができる仕組みを作る。このプロジェクトは、人々の苦情に体系的、迅速かつ徹底的に対応する。

苦情処理・解決のための公正なプロセスを確保するため、プロジェクト内部に3段階のシステムを設ける。この苦情解決メカニズム (GRM) は、ME と JICA の経験に基づいて開発されたものである。

##### (2) 苦情処理プロセス (プロジェクト管理・実施)

プロジェクト実施に関する苦情は、プロジェクト実施体制の中で、3段階の体制で解決されるべきである。影響を受けたすべてのステークホルダーは、Tier 1 の時点で、以下のいずれかの苦情収集個所に苦情を提出することが期待される:

- コミュニティ・リーダー
- 地方協議会 (環礁、島)

プロジェクトの失敗による悪影響によって直接影響を受けた人々による全ての苦情または不満は、LGA 責任者によって PMU のデータベースに提出され、登録される。その後、担当者は、苦情の妥当



性を調査し、その後の手続きを計画する。苦情申立人、コミュニティ・リーダー、PMU 担当者（島在住/SEO）とともに、事実確認を行う。苦情がどのように解決されるかについての提案が議論され、苦情者はそれに応じて助言される。GRM に関する情報は、プロジェクト協議会でステークホルダーに提供される。さらに、GRM は、評議会の掲示板、ウェブサイトに表示されるとともに、プロセスを強調する掲示板は、各プロジェクトサイトに設置される。

表 11.7.3 三階層の苦情解決メカニズム

苦情解決メカニズムの段階	担当者	プロジェクトによるコミュニケーション並びに円滑化	苦情に対処するための期間
第1層 (Tier 1) (環礁/市評議会、コミュニティ諮問委員会)	環礁評議会/市議会は、苦情の最初の連絡先となる。コミュニティ諮問委員会が結成されると、環礁/市評議会が受け取った苦情は、アドバイスのためにコミュニティ諮問委員会に送られる。	評議会事務所とプロジェクトの場所には、名前と連絡先の電話/電子メールをリストした情報版を設置する。苦情は、評議会に連絡することで非公式に対処できる。苦情を非公式に解決できない場合、被害者は Tier1 苦情フォームに苦情を提出する必要がある。フォームのコピーは、受領の証拠として被害者に提供する。苦情フォームは、MEE のウェブサイトおよび環礁/市評議会から入手できるようにする必要がある。文字の書けない人を対象に、評議会のスタッフがフォームの記入を支援する。評議会は、コメントと意見を求めてコミュニティ諮問委員会に苦情を引き渡す。苦情フォームで提出された苦情について話し合うために、コミュニティ諮問委員会が会議（必要に応じて公開会議）を開催する必要がある。苦情が 15 日以内に解決された場合、環礁/市評議会は、その決定を被害者に書面で通知する必要がある。被害者は、決定の受領を確認し、10 日以内に決定に対する同意または不同意を提出する必要がある。被害者からの承認が提出されない場合、決定は受け入れられたと見なされる。苦情に対処するためにより多くの時間が必要な場合、この要件は被害者に書面で通知する必要がある、被害者は延長の有効化の要求に同意して承認する必要がある。追加的に 15 日間延長することができる。	15 日間
第2層 (Tier 2) (環境省)	プロジェクト管理ユニット (PMU) の環境省 (ME)、社会環境ジェンダー事務所 (SEGO) がフォーカルポイントとなる。	苦情が Tier 1 で解決できない場合、被害者は Tier2 苦情フォームで苦情を提出する必要がある。フォームのコピーは、受領の証拠として被害者に提供する。苦情フォームは、環境省および環礁/市評議会のウェブサイトおよび市評議会事務所から入手できる。環境省は苦情を PMU に転送する。PMU は、苦情をスクリーニングして、GCF プロジェクトに関連しているかどうかを判断する。関係がない場合は、被害者に書面で通知し、警察などのフォローアップに必要な政府機関を含め、転送方法を説明する。PMU の社会環境およびジェンダーオフィサーは、Tier 2 を通じて苦情を処理する際の連絡担当者となる。必要に応じて、環境省は Tier 2 の苦情に対処し、苦情の性質と会議の場所を被害者に通知するための公開会議を手配する必要がある。環境省は、現場を訪問し、現地での議論や会議を開催することもできる。PMU は、第2層の苦情処理メカニズムにより、被害者に費用がかからないようにする責任がある。苦情が 15 営業日以内に解決された場合、PMU は被害者に書面で決定を通知する必要がある。被害者は、決定の受領を確認し、10 日以内に決定に対する同意または不同意を提出する必要がある。	15 日間

苦情解決メカニズムの段階	担当者	プロジェクトによるコミュニケーション並びに円滑化	苦情に対処するための期間
		被害者からの承認が提出されない場合、決定は受け入れられたと見なされる。 Tier 2 に苦情を提出してから 15 営業日以内に、苦情が被害者の満足に解決されない場合、被害者は環境省に対して、書面で Tier 3 に移行する意向を通知することができる。	
第 3 層 (Tier 3) : プロジェクトの苦情救済メカニズムを超えた司法権 / 脆弱な人物への支援	個人は国の確立された司法制度で対応するオプションがある。	法制度は、すべての被害者が利用できる。 GCF プロジェクトからの支援は、この苦情処理メカニズムに従って、脆弱な人のみが利用できる。 脆弱な人が法制度にアクセスできない場合、司法長官事務所は、脆弱な人に対して法的支援を提供する。PMU は、司法長官事務所からこの支援を受ける際に脆弱な人を支援する必要がある。PMU はまた、被害者が脆弱なグループに属している場合、被害者に費用がかからないようにする必要がある。脆弱なグループのリストは環境省によってさらに定義される場合がある。 裁判所の判決は最終的なものになる。	モデルタイプの司法手続きによる。

出典：JICA 調査団

## 11.8 ジェンダーアセスメントの実施

### 11.8.1 ジェンダーアセスメント

このジェンダーアセスメントは、「モ」国におけるジェンダー状況の概要を提供することを目的とし、特に、プロジェクトの対象地である Laamu 環礁及び Addu City における脆弱な状況にあるグループ、特に女性と子どもたちのレジリエンスを、気候変動が海面上昇や沿岸侵食に及ぼす悪影響から保護し、向上させることに重点を置いている。この評価では、プロジェクトに関係するジェンダー問題、ならびにジェンダーに対応した適応、緩和、リスク低減策を通じて女性をエンパワーメントする機会を強調する。評価は、一次および二次情報源双方に基づいている。主な情報源は、実施されたジェンダー評価会議から収集された情報である。二次資料には、「モ」国政府、援助機関、多国間開発銀行、学術機関、市民組織が実施した調査研究が含まれる。データ収集活動の重点化として以下があげられる。

- a) 提案されたプロジェクト・アプローチを、第7次国家開発計画 2006-2010 に反映されている「モ」国の国家的優先事項と、「モ」国民党のマニフェスト (Alliance 2008-2013) に合致させる。
- b) 過去の活動やジェンダー評価から得られた情報や教訓を統合し、構築する。
- c) プロジェクト活動によって影響を受ける可能性のある女性を関与させること。プロジェクト活動には、この評価に彼らの意見を含めるとともに、他の脆弱なグループ (高齢者、障害者、子ども) の意見も含める。
- d) ジェンダーに配慮したプロジェクトのアウトプットとアウトカム指標の策定
- e) 女性を対象とした主流化と公平な活動設計し、女性のエージェンシーとリーダーシップを促進する。

## 11.8.2 女性を守り、ジェンダー平等を守る法的・行政的枠組み

### (1) 国際的なジェンダー枠組み

#### 1) ジェンダー平等への国際的なコミットメント

「モ」国は、1993年に国連の「女子に対するあらゆる形態の差別の撤廃に関する条約(CEDAW)」に署名し、2005年にはCEDAWの選択議定書(OP-CEDAW)を批准した。

「モ」国は、ジェンダー平等に取り組む多くの国際文書に署名し、すべての主要な人権条約の締約国である。すなわち、市民的及び政治的権利に関する国際規約(ICCPR、1966年)(2006年署名)、ICCPR選択議定書(1966年)(2006年署名)、経済的、社会的及び文化的権利に関する国際規約(ICESCR 1966年)(2006年署名)である。

「モ」国はまた、男女共同参画に関する連邦行動計画の締約国であり、買春を目的とした女性および子どもの不正取引の防止および撲滅に関するSAARC条約や、SAARC-UNIFEMによるGender Infobaseに関する事業のような地域的イニシアティブを行っている。

#### 2) ミレニアム開発目標(MDGs)

「モ」国は2015年までにMDGsの達成にコミットしており、2015年以前に8つのMDGsのうち5つを達成したことにより、南アジア地域で初めてのMDGsプラス(+ )国となった。しかし、MDG目標3:男女共同参画の推進と女性の活躍は達成されておらず、SDG目標5には追加的な努力と重点を置く必要がある。

#### 3) 持続可能な開発目標(SDGs)

2015年9月25日、持続可能な開発の2030アジェンダとして知られる新たなグローバルな開発アジェンダが採択された。2016年5月に環境エネルギー省に「SDGs課」を設置した。同課は、「モ」国におけるSDGsの実施プロセスを調整し、モニタリングし、報告するよう義務付けられている。「モ」国におけるSDGsの実施を促進するために、政策指針や各機関やその他の知識分野からのフィードバックを提供し、実施における経済、環境、ガバナンス、社会的側面の統合を確保するために、国内閣僚調整委員会(NMCC)が設置された。

2018/2019年度の主な任務の一つは、プログラム予算編成を通じた予算プロセスへのSDGsの統合である。教育、保健、エネルギー、廃棄物管理、漁業、上下水道、地方ガバナンスといった分野では、SDGsを政策文書や行動計画に組み込んでいる。地方自治体では、5ヶ年計画(2017~2021年)を、島評議会が実施するSDGsと整合させている。

### (2) 国内のジェンダー枠組み

#### 1) ジェンダー問題に対する政府の体制

ジェンダー問題に取り組むための「モ」国政府内の体制は、過去25年間に何度も変化してきた。1979年に設立されたジェンダー委員会は、1989年にジェンダー局と変更され、1993年にはジェンダー省となった。しかし、それ以降、ジェンダー省の名称、任務、業務内容は変更されている。2014年には、ジェンダー政策を担当するために法律・ジェンダー省が設置され、その後、

ジェンダー・家族省に改称された。2018年の政権交代後、2018年11月に閣議決定され、ジェンダー・家族・社会サービス省に改編された。

## 2) ジェンダー平等への国家的コミットメント

すべての「モ」国人は、「モ」国共和国憲法（2008年）に基づき、同一の権利と自由を保障されている。

女性の経済的エンパワーメント、女性と環境、女性の特別なニーズと懸念、開発への女性の参加、女性が利用可能な機会への平等なアクセスを促進するための一時的な特別措置/積極的な行動、女性へのハラスメントとジェンダーに基づく暴力、女性と非伝統的・非定型労働、政治と意思決定における女性、および基本的自由が、女性とジェンダー平等に関する政府の方針として強調された。

## 3) 国家ジェンダー平等政策

国家ジェンダー平等政策と行動枠組み（第1草案）は、国際女性の日（2009年）で公表されたモハメド・ナシード大統領の女性政策枠組みを公共政策に統合したものである。この草案には、ジェンダー主流化のための効果的な主導機関としての国家女性機構（NWM）に対する勧告とジェンダー主流化のためのツールが含まれており、ジェンダー平等のための一貫性のある、焦点を絞った、戦略的な、権利に基づく、成果重視の行動を通じて変化を実現することを目標としている。

この方針は、「モ」国共和国憲法（2008年）に掲げられた「万人の平等」の基本原則に基づいている。国家ジェンダー平等政策の目的は、モハメド・ナシード大統領のコミットメントとビジョンを、行動へのコミットメントを翻訳するための一貫した公共政策指令に翻訳することである。「モ」国の国際的なコミットメントは、参照の基準として用いられ、世界的なグッドプラクティスモデルに従い、女性のジェンダー主流化とエンパワーメントを通じたジェンダー平等への二重のアプローチに重点が置かれている。

国家ジェンダー平等政策（第1草案）は、「モ」国におけるジェンダー平等を達成するためのビジョン、指針、政策目標、戦略を概説している。

国家ジェンダー平等政策のビジョンは、女性と男性の平等が支持され、女性は男女の平等に基づいて基本的な権利と自由を享受し、女性と男性は、公共生活と私生活の双方において、その能力を最大限に発揮し、民主主義と発展に参加し、その恩恵を受けることができる社会である。

ビジョンの基礎となる4つの指針と4つの政策目標がある；

指針	政策目標
男女平等 女性や女子に悪影響を及ぼす伝統的、慣習的、文化的慣行は人権侵害であるとの認識 公的・民間が分離可能な生活圏ではないとの認識 人の誠実さと安全の権利に対する女性の権利	男女の平等を基礎とした基本的人権と民主主義の報酬を享受するため、男女共同参画のために必要な政策、立法、制度的枠組みを整備し、活性化すること。 女性が、男女の平等に基づく平等な成果/結果を有する利用可能な機会への平等なアクセスを促進することを可能にすること。 女性が、政治、経済、社会、文化、市民その他のあらゆる分野において、男女平等を基礎として人権及び基本的自由を享受することができるよう、差別のない文化及び女性の人権を尊重する文化を育成すること。 女性に対するあらゆる形態の差別を撤廃すること。

出典：JICA 調査団

#### 4) 男女共同参画法

2016年8月23日に男女共同参画法が制定された。同法は、「モ」国におけるジェンダー平等を達成するための一般原則、「モ」国におけるジェンダーに基づく差別を禁止するための政策、「モ」国におけるジェンダー平等を達成するための国家機関及び他の関係機関の責務を規定している。

同法には9つの目的がある；

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a) To ensure that every person enjoys, without discrimination based on sex or gender, the fundamental rights and freedoms guaranteed by the Constitution of the Republic of Maldives, as provided by Article 17 of the same constitution which determines the rights and freedoms to everyone, without discrimination of any kind, including sex or gender and as provided by Article 20 of the same Constitution which states that every individual is equal before and under the law, and is entitled to equal protection and equal benefit of the law.</li> <li>b) To facilitate all steps towards prevention of discrimination based on gender and prevention of all ideas and practices that promote discrimination between men and women, in conformation with the Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination Against Women and the Optional Protocol to the Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination Against Women.</li> <li>c) To ensure that women enjoy equal terms with men, human rights, fundamental rights, and equal opportunities in their economic, social, cultural, civil, and political life in the Maldives. In conformation with the Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination Against Women and the Optional Protocol to the Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination Against Women.</li> <li>d) To protect human dignity.</li> <li>e) To establish principles of gender equality in the conduct of state institutions, businesses, civil society organizations, employers, other legal entities, and individuals.</li> <li>f) To establish gender equality principles in making social, economic, political and cultural policies.</li> <li>g) To end all forms of violence against women and girls.</li> </ul> |
|---|

- h) To take special steps to establish gender equality.
- i) To establish a culture of empowerment, provide equal opportunities, and an enabling environment to achieve results on gender equality.

(注：モルディブ国の法令であることから、誤解を避けるために仮英訳をそのまま記載している)

## 5) 地方分権法(2010年第7号)

地方分権法（2010年第7号）が2010年に制定された。この法律とその後の改正により、女性が地方の島評議会での意思決定に参加することが確保されている。この法律に基づき、地方レベルの意思決定は、市議会、環礁評議会、島評議会に委任され、2019年の改正後、3分の1の議席が女性に割り当てられた。

また、同法に基づき設置された各島の女性開発委員会（WDC）は、女性の懸念や優先事項が確実に取り入れられるよう、プロジェクトの意思決定プロセスに従事する。また、地方自治体の条例の策定に当たっては、WDCは、地方自治体の審議会の諮問を受けなければならないとされている。

### 11.8.3 定性的評価の結果

#### (1) ステークホルダーの参画

提案する事業がジェンダーの視点からどのような影響があるかを把握するために、事業対象地である各島において、ジェンダーアセスメントを行った。ジェンダーアセスメントの実施状況は次表のとおりである。アセスメントは、ジェンダー（性別）別に行い、事業の説明を説明するとともに、質問票を用いて実施した。

表 11.8.1 ジェンダーアセスミーティングの実施状況

対象環礁	対象島	対象（性別）	実施日	参加人数
Laamu	Fonadhoo	女性	2019年9月10日	13名
		男性	2019年5月27日	7名
	Maamendhoo	女性	2019年5月28日	13名
		男性	2019年5月28日	7名
	Isdhoo	女性	2019年9月10日	13名
		男性	2019年9月10日	6名
Addu	Hithadhoo	女性	2019年5月20日	6名
		男性	2019年5月21日	12名

出典：JICA 調査団

## (2) 具体的な課題

ジェンダー評価会議中、プロジェクトのコンポーネントごとまたは相互の問題ごとに提起された問題は、以下の通りである。

### 1) 全部または複数のコンポーネントに関連する問題

- 経済団体においてさえ、男性の関与は女性の関与よりも大きい。その理由は、女性が家庭における主要な介護者であることが示唆された。
- 女性には法的な機会が与えられているが、男性に比べて公衆に価値があることを証明する上で、女性が克服しなければならない障壁がある。

### 2) コンポーネント 1 に関連する問題

- コミュニティベースによる管理については、男女ともに、地域の清潔さを維持する上で女性の労働負荷が増大するとの指摘が多かった。女性開発委員会は、男性がそうした仕事を自発的に行うことに関心がないため、仕事を行う可能性が最も高い。

ボックス：参加者からの主要なコメント

- (Female: Maamendhoo) The overall workload of women would increase with the development of the area in terms of managing the cleanliness of the area as women are the people who are actively working in the NGOs responsible for maintaining the cleanliness of the entire island.
- (Male: Ishdhoo) The workload for women will be increased due to the proposed interventions.
- (Male: Fonadhoo) The Women's Development Committee (WDC) would be most likely to do the work as men would not be interested in doing such work voluntarily, unless it comes in the form of job opportunities. Another suggested solution was that to find interested youth from the island to work on the community-based management of the area.
- (Male: Fonadhoo) When it comes to the community-based management of the site, the workload would increase for women in terms of maintaining the cleanliness of the area. Moreover, should the area be appropriate, there would be business opportunities which men would grab. The area could be used for volunteerism and other social work.
- (Female: Ishdhoo) Woman will take care of the place (coastal area) more
- (Female: Maamendhoo) The coastal area was previously used as a defecating site, prior to toilets being established at homes. Women are the people who mostly utilize the area to spend time with kids on the beach, but if there is a boat being harbored for maintenance or building, then men would also use the area. So it was agreed that the overall use is equal among men and women.
- (Male: Maamendhoo) The political decisions are majorly made by men but that women also have the opportunity and there are some active women in the field.

(注：誤解を避けるために、参加者のコメントをそのまま記載している)

### 3) コンポーネント 2 に関連する問題

- 沿岸侵食のため、ジェンダーにかかわらず、多くの参加者は、砂浜、沿岸道路、沿岸植生が侵食されたと考えており、現在では、多くの目的、例えば、男性が釣りやサーフィンを行うために、また、女性が子供と歩いたり、ココナッツを集めたり、伝統的な医療を行うために、沿岸地域に容易に行くことが困難になっている。
- 女性は、障害者や高齢者が、この地域で起こった侵食により、この地域にアクセスすることが困難であるため、侵食された場所へのアクセスの不平等を心配している。一方、男性は、障害者以外の社会的グループのアクセスの不平等はないと考えている。

#### ボックス：参加者からの主要なコメント

- (Female: Meedhoo) Many roads have eroded away. Within the past three years, roads in close proximity have been repaired due to erosion.
- (Male: Fonadhoo) The erosion process has been accelerated and that people have only started to care now, and the concern was not observed previously, which resulted in the soil eventually eroding. The people are a lot more aware of the situation that they were years back.
- (Male: Fonadhoo) The islanders are faced with many difficulties, mainly due to rain which leads to flooding, erosion and falling of trees in the area as a result.
- (Female: Addu): Pebble mining is also a huge reason of the current coastal situation and there still is a huge demand and market for pebbles for the home yards.
- (Male: Meedhoo) Due to climate change both gender have had impact from sea bounty such as reef gaining and fishing.
- (Female: Ishdhoo) Now we are not able to come from the beach area due to the erosion.
- (Male: Maamendhoo) There are no inequalities when it comes to different social groups and all have equal access to the area.

(注：誤解を避けるために、参加者のコメントをそのまま記載している)

### 4) コンポーネント 3 に関連する問題

- 全体として、女性は、災害時には恐怖のために移動することができず、また、家庭内の子どもや高齢者の世話をする必要があるため、災害時に家庭から避難することは困難である。逆に、災害の場合でさえも、男性が家から避難することはずっと容易である。
- 避難計画は計画されておらず、また計画されていても、参加者に十分に周知されていない。参加者の多くは、島評議会／防災委員会は、災害時の管理（避難）方法の決定者であると指摘している。しかし、いくつかの島々では、島評議会が使用する情報発信方法は効果的ではない。



ボックス：参加者からの主要なコメント

- (Male: Maamendhoo) The authorities, council, disaster management center as well as the government work together in instructing the civilians on how to act during a disastrous situation.
- (Female: Maamendhoo) Overall, in the case of a disaster, which can as be as much as king surges which might flood a home, women would find it most difficult to deal with the situation due to the difficulty in managing the fear. Men would find it more easy to deal with the situation and find a way to salvage the belongings and people in the event of a natural disaster.
- (Male: Fonadhoo): Regarding the way to set the evacuation procedures of the island, there is no existing evacuation plan, but announcements on how to act are made when the disaster takes place. However, there are some trained personnel in the island.
- (Female: Addu) Trainings for disaster management are to be conducted by the Disaster Management Centre of the Maldives. However, despite conducting different training programmes in various islands each week, Addu has never been part of any trainings conducted. The early warning systems were not implemented and utilized properly and the public has no knowledge of how to prepare for bad weather at the least, except for small directions provided by MNDF.

(注：誤解を避けるために、参加者のコメントをそのまま記載している)

## 5) コンポーネント 4 に関連する問題

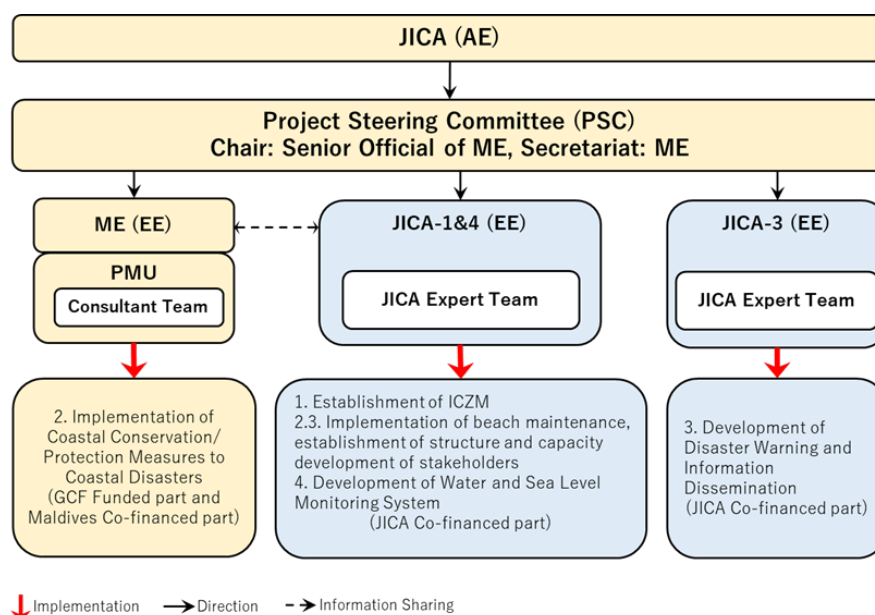
- コンポーネント 4 の活動に関する協議会では、具体的な問題は提起されていない。

## 第12章 事業実施に向けた検討

### 12.1 事業体制の検討

#### 12.1.1 Project Steering Committee (PSC)

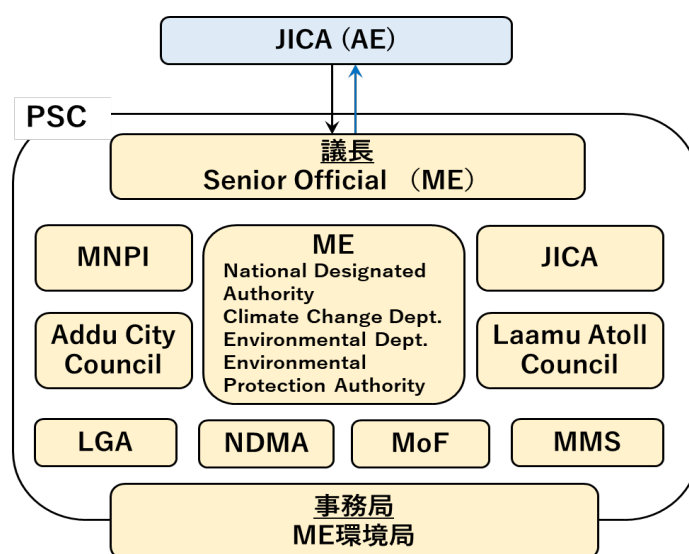
本事業では、コンポーネント1「統合的沿岸管理計画の構築」（非物理対策）およびコンポーネント2「海岸保全/防護対策の実施」（物理対策）を通じ、気候変動によって今後発生頻度の高まる荒天時に対応する「モ」国（以下、「モ」国）の技術基盤を強化すると共に、これらの対応のみでは防ぎきれない異常災害に対してコンポーネント3「災害時の情報伝達システムの整備」（避難対策）を行う。そして、これら各対策の計画および実施の前提となる、気候変動の影響評価に必要な情報・データを取得し必要とする関係機関が共有できる体制を構築するため、コンポーネント4「気候変動の影響に係る基礎情報・データの収集および共有システムの整備」を行う。様々な関係機関が事業の情報を共有し、協力して気候変動に対する長期的且つ持続的な国土強靱化を図るため、本事業では Project Steering Committee (PSC)を設置してこれらのコンポーネントの効果的な実施と、その全国展開に向けた協議を促進する。PSCによる全体統括の下、コンポーネント1、3、4およびサブコンポーネント2.3の一部は JICA 資金によって JICA が Executing Entity (EE)として実施する。コンポーネント2については、GCF 資金および「モ」国資金による事業を Ministry of Environment, Climate Change and Technology (ME)が EE として実施し、Ministry of National Planning and Infrastructure (MNPI)が協力する。これらの活動を効率的に実施するため、コンポーネント2には Project Management Unit (PMU) を設置する。JICA 資金による活動はコンポーネント1、4及びサブコンポーネント2.3の一部（EEは JICA-1&4 とする）及びコンポーネント3（EEは JICA-3 とする）にグループ分けし、各活動を実施するため、各グループに JICA 専門家チームを形成する。事業の実施体制は図 12.1.1 のとおり、PMU および JICA 専門家チームが、EE である ME、JICA-1&4 および JICA-3 を通じ PSC に報告する体制となる。



出典：JICA 調査団

図 12.1.1 GCF 事業実施体制図

PSC は GCF 事業全体の実施方針を決定し、定期的に事業進捗をモニタリングし、事業実施に係る関係機関の利害調整を行い、実施中に発生する問題に関する協議及び決定/助言を行う会議体である。議長は GCF 資金による事業の実施機関である ME の高官が務める。ME 気候変動局長、ME 気候変動局及び ME 環境局の代表者、その他関係機関より MNPI、Local Government Authority (LGA)、Laamu Atoll Council、Addu City Council、National Disaster Management Authority (NDMA)、Maldives Meteorological Service (MMS)、Environmental Protection Agency (EPA)、Ministry of Finance (MoF)の代表者および JICA 資金活動の EE である JICA の代表者がメンバーとして定例会議に出席し、各コンポーネントや関連事業の情報共有及び協議を行う。複数の EE および様々な関係機関が参画する GCF 事業の効率的な会議運営および効果的な附議及び決定後のフォローのため、ME 環境局が事務局を務める。図 12.1.2 に、本事業で想定される PSC の運営体制を示し、表 12.1.1 に PSC のメンバー構成および役割、表 12.1.2 に PSC の会議開催概要を示す。



出典：JICA 調査団

図 12.1.2 PSC 運営体制図

表 12.1.1 PSC メンバー構成および役割

役職名	所属	関連コンポーネント				PSC における役割
		1	2	3	4	
議長	ME 高官	●	●	●	●	会議開催、議事進行、最終決定
メンバー	ME 気候変動局長	●	●	●	●	全ての意思決定事項について、政府方針に基づく最終決定を促進
メンバー	NDA 代表者	◎	◎	◎	◎	GCF 及び「モ」国政府の間の窓口として事業実施を監督
メンバー	EPA 代表者	●	●	●	●	- 環境保護・保全法 (environmental protection and preservation act) の執行機関として意見表明 - 環境モニタリングプログラム及び海岸及びリーフ環境の情報収集の結果の共有
メンバー	MoF 代表者	◎	◎	◎	◎	財政政策および国家予算の責任省として事業実施を監督
メンバー	ME 気候変動局代表者	◎	◎	◎	◎	1, 2. 他の気候変動案件の情報共有および気候変動局の観点から意見表明 3. 想定災害に関し気候変動局の観点から意見表明 4. 基礎情報・データの被共有者として意見表明

役職名	所属	関連コンポーネント				PSCにおける役割
		1	2	3	4	
メンバー	ME 環境局代表者	◎	●	-	◎	1. GCF 資金活動の情報共有および環境局の観点から意見表明 2. EE として CGF 資金活動の進捗報告 4. 基礎情報・データの被共有者として意見表明
メンバー	MNPI 代表者	◎	●	-	●	1. 他のインフラ事業の情報共有及び事業者の観点から意見表明 2. 「モ」国資金活動のコンセプト及び実施過程に係る協議及び内容理解を通じた ME への協力 4. JICA 資金活動のカウンターパート (Land and Survey Dept) として JICA と共に事業の進捗報告、および基礎情報・データの被共有者 (Coastal Protection and Disaster Risk Reduction Unit) として意見表明

出典：JICA 調査団

表 12.1.1 PSC メンバー構成および役割 (2/2)

役職名	所属	関連コンポーネント				PSCにおける役割
		1	2	3	4	
メンバー	LGA 代表者	◎	◎	◎	○	1,2,3. 事業対象島以外の住民島への横展開の観点から意見表明 4. 基礎情報・データの被共有者として意見表明
メンバー	Addu City Council 代表者	●	●	◎	○	1. ケーススタディ対象環礁として事業の進捗報告 2. 事業対象島の管轄行政として ME と共に事業の進捗報告 3. 事業対象環礁として NDMA、MMS と共に事業の進捗報告 4. 事業対象環礁の管轄行政且つ基礎情報・データの被共有者として意見表明
メンバー	Laamu Atoll Council 代表者	●	●	◎	○	1. ケーススタディ対象環礁として事業の進捗報告 2. 事業対象島の管轄行政として ME と共に事業の進捗報告 3. 事業対象環礁として NDMA、MMS と共に事業の進捗報告 4. 基礎情報・データの被共有者として意見表明
メンバー	NDMA 代表者	◎	◎	●	○	1. 国レベルでの防災の観点から意見表明 2. 災害時の住民防護の観点から意見表明 3. JICA 資金事業のカウンターパートとして JICA、MMS と共に事業の進捗報告 4. 基礎情報・データの被共有者として意見表明
メンバー	MMS 代表者	○	-	●	●	1. 国レベルの ICZM について気象局の観点から意見表明 3. JICA 資金活動のカウンターパートとして JICA、NDMA と共に事業の進捗報告 4. JICA 資金活動のカウンターパートとして JICA と共に事業の進捗報告
メンバー	JICA 代表者	●	●	●	●	1,3,4. EE として JICA 資金活動の進捗報告 2. JICA 活動部分 (サブコンポーネント 2.3 の一部) の進捗報告
事務局	ME 気候変動局	●	●	●	●	(事務局)会議開催準備、議事録作成・共有、決定事項のフォロー

注：●：主体的に関わり事業進捗を報告するコンポーネント。  
◎：所属組織の目的達成のため意見を表明するコンポーネント。  
○：受益組織としての意見を表明するコンポーネント。

出典：JICA 調査団

表 12.1.2 PSC 会議開催概要

項目	内容	備考
開催頻度	半期に1回	必要に応じ、特別会議が臨時開催される。
出席者	PSC メンバー	会議準備及び議事録作成として PSC 事務局が同席する。 必要であれば当該 PMU のメンバーが出席する。
議題	全コンポーネントに係る以下事項 ・ 実施方針 ・ 事業進捗 ・ 関係省庁間の利害調整 ・ EE/PMU 附議事項	
会議資料	事業進捗報告書（前回報告からのアップデート）	コンポーネント 2 については PMU が確認したコンサルタント報告を EE (ME) が承認する。コンポーネント 1、3、4、及び JICA 担当の活動 2.3 については JICA 専門家報告 EE (JICA-1&4/JICA-3) が確認し、PSC 議長が承認する。その後、JICA (AE) に提出する。同時に PSC メンバーに写しを配布する。
	GCF に提出する Financial Information 及び APR	コンポーネント 2 については PMU、コンポーネント 1、3、4 及び JICA 担当の活動 2.3 については JICA 専門家チームがドラフトし、EE (ME/JICA-1&4/JICA-3) に提出する。EE の承認後、報告書を PSC 議長に提出する。PSC 議長の承認後、JICA (AE) に提出する。JICA(AE)の承認後、PSC メンバーに写しを配布する。
	EE/PMU 附議資料	事業実施中に発生した想定外の事項について、コンポーネント 2 についてはコンサルタント報告を元に PMU が、コンポーネント 1、3、4 およびサブコンポーネント 2.3 の JICA 活動部分については JICA Expert Team が起案し EE に提出する。EE 承認後、PSC 議長の承認を経て JICA (AE) に共有する。同時に PSC メンバーに写しを配布する。
	議事録	PSC 事務局 (ME) が出席者に確認しつつ議事録案を作成し、PSC 議長に提出する。PSC 議長の承認を経て JICA (AE) に共有する。同時に PSC メンバーに写しを配布する。

出典：JICA 調査団

## 12.1.2 Project Management Unit (PMU)

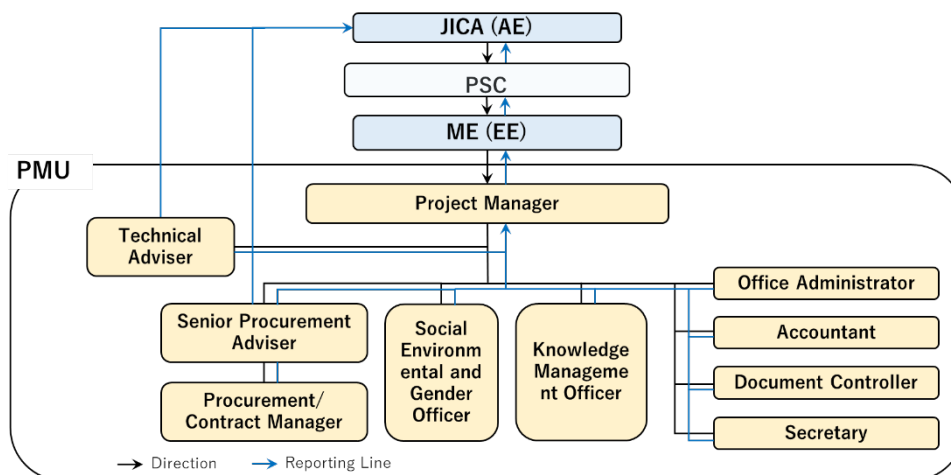
コンポーネント 2 で設立される Project Management Unit (PMU) は、EE (ME) の代理として、事業の日常の実施監理（設計、施工、瑕疵担保期間及び維持管理活動開始時のモニタリング）や調達（詳細設計・施工監理コンサルタント、コントラクター）を行う。PMU メンバーは ME の外から雇用され、Project Manager、Technical Adviser、Social Environmental and Gender Officer、Knowledge Management Officer、Procurement/Contract Manager、Senior Procurement Advisor 等の専門家及び Office Administrator、Accountant、Document Controller、Secretary 等のサポートスタッフから構成される。PMU の業務は GCF 全体事業の最終報告書の提出及び事業費の最終精算手続きを以て終了する。各メンバーの役割は表 12.1.3 のとおり。

表 12.1.3 GCF-PMU メンバーの役割

ポジション	役割
Project Manager	<p>全体統括、技術監理、事業の日常管理、報告書作成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PMU のリーダーとして、事業計画に基づいて事業の日常の実施管理を行い、必要な品質を確保した上で、予め計画された期間及び費用の範囲で事業が実施されるよう管理する。</li> <li>- 計画で想定されていない事態が発生した場合は、事業目的に沿って事業が継続されるよう、PSC の方針及び助言を仰ぐ。</li> <li>- 必要な場合は ME の代表者と共に PSC に出席する。</li> </ul>
Technical Adviser	<p>技術アドバイス、品質管理（入札図書のレビュー、評価、コンサルタント報告書の確認等）、工事の安全管理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PMU が行う入札図書のレビューや評価、詳細設計・施工監理コンサルタントの報告書確認等において、海岸保全防護技術の専門的見地から PMU の業務を支援する。</li> <li>- PMU 内で最も現場寄りのポジションで、技術面での品質確保にあたるため、その調達及び契約は JICA が GCF 資金を利用して行う。</li> <li>- 業務報告は契約者である JICA と PMU リーダーである Project Manager の両者に対して行う。</li> </ul>
Social Environmental and Gender Officer	<p>環境社会およびジェンダー配慮（関連手続きの実施、関係機関との調整、モニタリング）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 本事業に係る ESIA の承認に必要な手続きを行い、事業計画、ステークホルダーエンゲージメントプランおよびジェンダーアクションプランに沿って事業が円滑に開始されるよう関係機関との調整を行う。</li> <li>- 施工監理コンサルタントによる環境社会およびジェンダーモニタリング報告書を確認し、必要な対策が取られていることを確認する。</li> <li>- 事業計画、ステークホルダーエンゲージメントプランおよびジェンダーアクションプランで想定されていない事態の発生が予見される場合は、対策案と共に Project Manager に報告し、対策を講じる。</li> <li>- 必要な場合は Project Manager と共に PSC に出席する。</li> </ul>
Knowledge Management Officer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 事業調整の他、啓発用資料の作成、メディア活用、最新レポートの執筆等、関係者に向けた事業プロモーション活動等</li> <li>- 事業活動からの知見および教訓を収集し、本事業の改善および「モ」国その他の国々の事業への反映を図る。</li> </ul>
Procurement/ Contract Manager	<p>調達手続き（入札図書案のレビュー・作成、公示、評価、契約交渉、契約締結）、契約管理、調達・契約関連書類の管理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 詳細設計・施工監理コンサルタント及びコントラクターの調達を行う。</li> <li>- 詳細設計・施工監理コンサルタントの調達では、ME が作成した入札図書案、コントラクターの調達では詳細設計コンサルタントが作成した入札図書案のレビューを行い、入札図書の作成、公示、評価、評価報告書の承認依頼、落札者との契約締結及び契約条項に係る協議、調達及び契約関連書類の管理等を行う。</li> <li>- 調達の各段階で Senior Procurement Adviser に進捗報告を行う。</li> <li>- 契約締結後は、事業進捗をモニタリングし、契約に沿って実施されていることを確認する。</li> <li>- 契約事項からの離反が予見される場合は Project Manager に報告し、事業目的に沿って事業が継続されるよう、Project Manager と共に対策案を検討する。</li> </ul>
Senior Procurement Advisor	<p>調達監理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Procurement/Contract Manager が行う調達が「モ」国の調達制度に従って適切に実施されていることを確認する。</li> <li>- PMU 内でのダブルチェック機能を担うため、その調達及び契約は JICA が GCF 資金を利用して行う。</li> <li>- 業務報告は契約者である JICA と PMU リーダーである Project Manager の両者に対して行う。</li> </ul>
Office Administrator	ロジスティクス担当
Accountant	<p>事業費及び事業管理費の管理、ディスバース申請、経理関連書類の管理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 事業実施期間を通じ、Project Manager の下で事業費及び事業管理費の管理、ME へのディスバース申請、経理書類の管理を行う。</li> </ul>
Document Controller	入札書類、報告書、契約関連書類等の作成支援
Secretary	庶務

出典：JICA 調査団

図 12.1.3 に、本事業で想定される PMU の運営体制を示す。



出典：JICA 調査団

図 12.1.3 GCF-PMU 運営体制図

### 12.1.3 詳細設計・施工監理コンサルタントを通じた能力向上

本事業では、コンポーネント 2 で PMU が調達する詳細設計・施工監理コンサルタントが、事業を通じた「モ」 国人材の能力向上に大きな役割を果たす。詳細設計・施工監理コンサルタントは国際競争入札での調達が可能と想定されており、応札には「モ」 国人材とのチーム編成が必須となる。国際コンサルタントと共に業務を行い、国際コンサルタントによる業務を通じた積極的な育成及び「モ」 国人材による積極的な学びにより、「モ」 国人材の能力向上を図る。「モ」 国政府機関における人員が十分であれば、能力向上を図る対象として ME や MNPI、Local Council の職員が本業務にフルタイムメンバーとして派遣されることが望ましい。しかし、「モ」 国政府機関では恒常的な人材不足の状況にある。例えば 2019 年 2 月時点の ME の人員状況は、全 217 のポストに対して欠員 111 名となっており、MNPI 及び Local Council へのヒアリングにおいても、既存ポストへの新規雇用は予算不足の状況から困難であり、現在の業務負荷を考慮すると新たな事業への既存職員派遣は非常に厳しいという回答であった。一方、ドナー支援による事業でプロジェクト要員として雇用された「モ」 国人材を、事業終了後に政府職員として雇用して事業効果の持続性を確保する取り組みは、ME では既の実現されており、ドナー事業において能力や実績が確認された人材の雇用は比較的容易であるとの認識が示された。本事業でも同様に、ME や MNPI、Local Council 等の政府機関は、本業務内で経験を積み、成果を上げた「モ」 国人材を事業終了後に職員として雇用し、本業務での学びや経験の組織内への浸透、全国展開のための有望人材として引き続き活用することが期待される。PMU によって調達される設計・施工監理コンサルタントは国際コンサルタント及びローカルコンサルタントから構成される。ローカルコンサルタントは国際コンサルタントと共に業務にあたるコンポーネント 2 の実施を通じて技術的・実践的な専門性を身に付けることができる。業務終了後の政府職員への雇用が想定されるコンサルタントポジションは、Co-Team Leader 及び Site Engineers である。これらのコンサルタントには、本事業で得た知見を政府機関に周知するという役割が期待される。特に養浜について経験を積む Site Engineer については、施工監理業務の終了後、各 Island Council にて雇用し、サブコンポーネント 2.3 「海岸維持管理活動の実施・管理体制の構築とそれに関わる能力向上」における行政側の中心的役割を担うことが期待される。

## 12.1.4 コンサルタント及びコントラクター調達体制

GCF 資金を利用して実施されるコンポーネント 2 での調達は AE である JICA の調達方針に沿って「モ」国によって実施される。調達価格が MVR5,000,000 までの契約については ME 内に設置される Bid Committee での決定に基づき ME 次官が承認し、これ以上の調達価格の契約については Ministry of Finance が議長を務める National Tender Board の決定に基づき ME 次官が承認する。調達価格に応じた調達・公示方法、参加対象者、承認者は表 12.1.4 のとおり。

表 12.1.4 「モ」国調達規則（抜粋）

調達価格 (*1)	調達方法	公示方法	参加対象者	承認者
MVR2,000 未満 (USD133 未満)	Shopping	NA	NA	当該公共機関の調達担当職員
MVR2,000～MVR35,000 (USD133～USD2,333)				当該公共機関の会計担当職員
MVR35,000～MVR100,000 (USD2,333～USD6,667)	Open Tender	政府公示用ウェブサイト、官報、当該公共機関掲示板、新聞または雑誌に公示する。(*4)	「モ」国企業に限定する。	Bid Committee(*2)の決定に基づき当該機関の長（または当該機関の長が承認した者）が承認する。
MVR100,000～MVR250,000 (USD6,667～USD16,667)		上記に加え、ローカルカウンシルの公共掲示板に公示する。		
MVR250,000～MVR5,000,000 (USD16,667～USD333,333)		上記に加え、国際的に発行・流通している雑誌 2 誌以上に公示する。	国際企業の参加を募る。	
MVR5,000,000～ MVR15,000,000 (USD333,333～ USD1,000,000)				
MVR15,000,000 超 (USD1,000,000 超)				

\*1 USD は参考値。換算レートは仮に 1 USD=15MVR とした。

\*2 Bid Committee は当該公共機関内に設置される調達委員会。（議長を含む 7 名のメンバーから成る）。メンバーは当該機関の長のレビューによって選定される（調達業務を行う者はメンバーとしない）。

\*3 National Tender Board は、「モ」国大統領が議長を含む 7 名のメンバーを指名し設置される国家調達理事会。大統領による指名は財務大臣の助言に基づく。2019 年 11 月現在、議長及び事務局は Ministry of Finance から、その他メンバーは The President's Office、MNPI、Attorney General Office、ME、Ministry of Economic Development 及び Private Sector から構成されている。

\*4 十分な競争が確保されない場合に新聞または雑誌への公示を行う。公示には MoF の承認が必要。

(<http://www.finance.gov.mv/ministry/statutory-boards/national-tender-board>)

出典：Chapter 10 of Public Finance Regulation (Unofficial Translation)を ME より受領

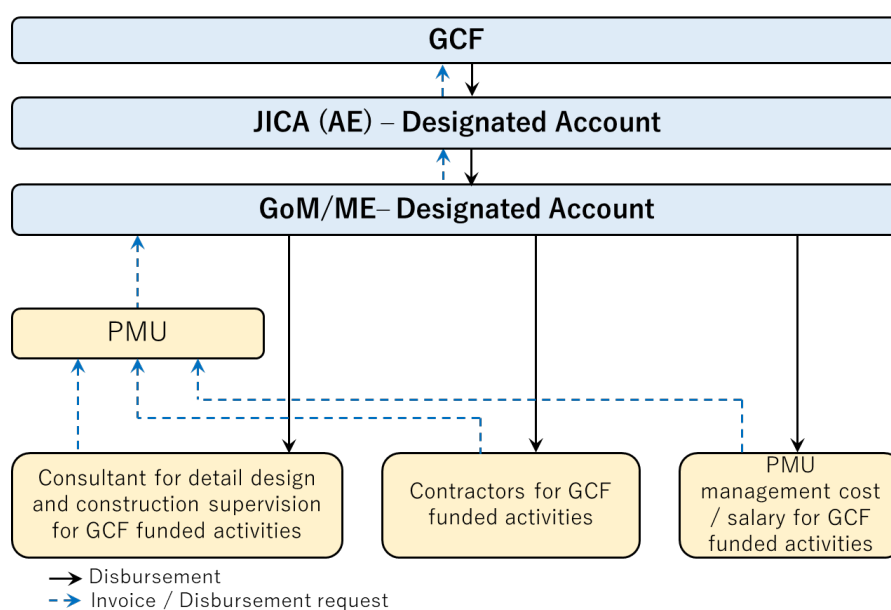
## 12.1.5 資金調達体制

本事業では、コンポーネント 1、3、4 およびサブコンポーネント 2.3 の一部は JICA 資金、コンポーネント 2 は JICA 資金によるサブコンポーネント 2.3 の一部を除き、GCF 資金および「モ」国資金を利用して実施される。

コンポーネント 2 の GCF 資金による活動については、年間想定事業費に基づき、JICA の GCF 資金専用口座に GCF 資金がディスバースされ、2 回目以降のディスバース額は、実際の支出率に基づいて



決定される。JICA から「モ」国政府への GCF 資金のディスバースは、実施機関である ME (PMU) から財務省を経由して提出された四半期ごとの想定事業費に基づくディスバース申請に基づいて「モ」国政府の本事業専用口座に送金される。JICA による送金の到着を確認し、ME は、口座のキャッシュフローを管理する MoF を通じてコンサルタント及びコントラクターへの支払いを行う。GCF 資金による活動に関し、GCF 資金が MoF を経由して送金されることはない。請求書、ディスバース申請書、銀行送金指示書、銀行送金書及び受領書等の関連書類は PMU にて保管する。GCF 資金による活動で想定される資金フローは図 12.1.4 のとおり。JICA 資金が利用されるコンポーネント 1、3、4 及びサブコンポーネント 2.3 の一部に関する送金は JICA の資金管理制度に沿って実施される。コンポーネント 2 には GCF 資金による活動と「モ」国資金による活動が含まれるため、コンサルタントとコントラクターの調達パッケージによっては GCF 資金と「モ」国資金が比例配分となり、同時に送金されることも想定される。



出典：JICA 調査団

図 12.1.4 GCF 資金による事業資金フロー図

### 12.1.6 GCF への事業報告体制

GCF 事業の実施においては、全コンポーネントについて GCF 事務局に対する書類提出が必要とされている。それぞれの書類の概要、作成者、GCF 事務局提出前の承認者は表 12.1.5 のとおり。

表 12.1.5 GCF 事業に係る GCF 事務局への提出書類

種類	概要	作成者	承認者
Annual Performance Report	事業概要及び事業費、事業進捗及び GCF 投資基準に対する成果、Logical Framework の各指標に対する現状、事業開始後の変更・課題・教訓、環境社会及びジェンダー影響、法令順守状況、環境社会管理計画・モニタリング・ジェンダーアクションプランの実施状況と今後の計画、最新事業スケジュール、財務情報及び評価報告書	PMU、JICA Expert Team および EE (ME/ JICA-1&4/ JICA-3)	PSC 議長、JICA (AE)
Evaluation Reports	事業評価報告書（中間及び終了時）	評価者	JICA
Financial Information	各コンポーネントの財務情報	PMU、JICA Expert Team および EE (ME/ JICA-1&4/ JICA-3)	PSC 議長、JICA (AE)
External Audit Report	財務情報の監査	JICA が選定する独立監査人	JICA (AE)

出典：JICA 調査団

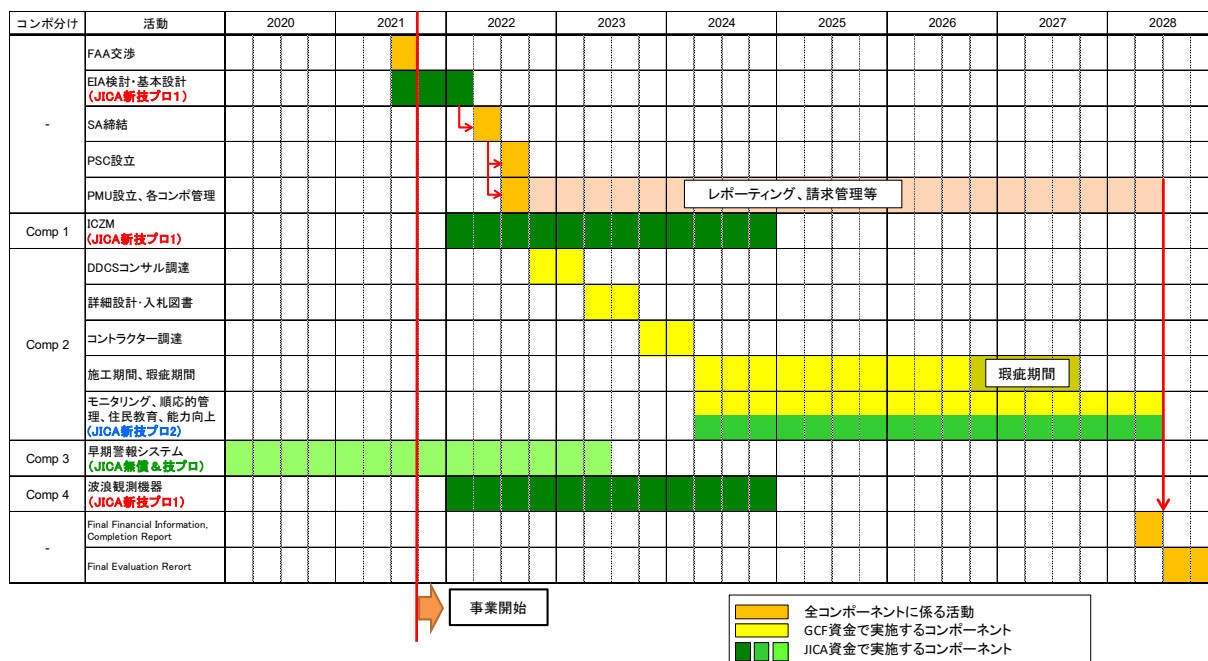
## 12.2 事業工程の検討

本事業の全体の工程について、図 12.2.1 に示す。下記の事業工程は暫定的なものであり、コロナ禍のような不測の事態により変更となる可能性がある。FAA 交渉の後、2021 年 11 月に事業開始とし、2022 年 6 月から GCF-PMU、PSC の設立を開始し、各コンポーネントの管理、コンサルタント、コントラクターの調達を実施する。

コンポーネント 1 及びコンポーネント 4 にあたる JICA 技術協力プロジェクトは 2021 年 10 月に開始しておよそ 3 年間実施の予定である。コンポーネント 2 にあたる GCF 資金による詳細設計、対策工事、モニタリングは PMU 設立後の 2022 年 10 月よりコンサルタントの調達が開始され、2024 年 4 月に施工が開始される予定である。施工期間 2 年半とモニタリング期間 18 か月の後、2028 年 6 月に終了の予定である。コンポーネント 2 では JICA によるモニタリングの支援及び「モ」国政府による海岸保全事業が合わせて実施される予定である。コンポーネント 3 は 2023 年 6 月まで継続予定である。

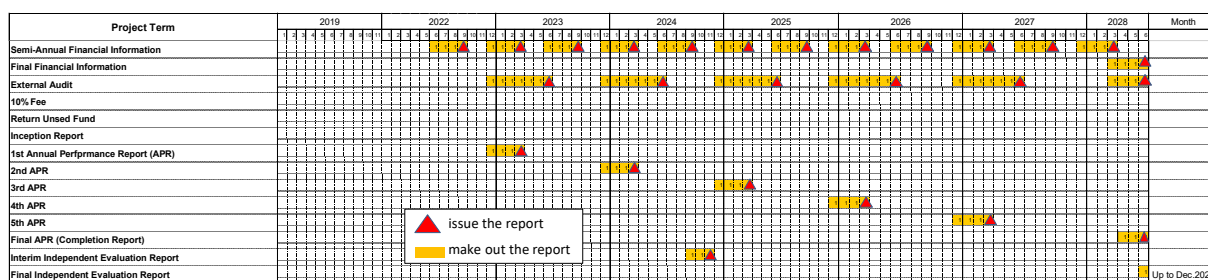
2028 年 4 月より 6 月までの間に Completion Report の作成を行い、その完成後 6 か月以内に外部の最終評価を受けて事業の完了となる。

図 12.2.2 に GCF への事業報告にかかる書類作成スケジュールを示す。各書類の詳細は 10.1.3 節に示す。



出典：JICA 調査団

図 12.2.1 本事業の全体工程



出典：JICA 調査団

図 12.2.2 GCF 事務局への事業報告にかかる書類作成スケジュール

## 12.3 概算事業費の検討

### 12.3.1 前提条件

#### (1) 為替レート、基準年

為替レートは工事費概算と同様の以下のレートを参照する。

1 USD = 105.013 JPY    1 MVR = 6.90739 JPY

また積算基準年は2019年とする。

## (2) 人件費

人件費は DD/CS コンサル及び GCF-PMU の運営に関して、事業実施に必要な人員の人件費及び間接費を計上する。各人件費は以下のとおりである。

表 12.3.1 コンサルタント人件費

人員	外貨 (JPY)	内貨 (MVR)
Pro-A (国際コンサルタント)	2,800,000	-
Pro-B (ローカルコンサルタント)	-	40,000
支援スタッフ	-	15,000

出典：JICA 調査団

### 12.3.2 GCF 資金分事業費

GCF 資金により賄われる費用は (1) GCF-PMU 運営費用、(2) DDCCS コンサル調達費、(3) Laamu 環礁での対策事業の施工業者契約費、の3つである。GCF 資金分の事業費を下表に示す。

総額は 26.4 億円 (25.1 million USD) である。

表 12.3.2 GCF 資金による事業費内訳 (単位：million USD)

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Total	備考
(Comp2)DDCCSコンサル調達費	-	1.40	1.07	0.87	0.82	0.12	0.44	4.72	-
(Comp2)PKG1施工費	-	-	7.68	7.68	3.84	-	-	19.19	Laamu環礁での事業
(Comp5)PMU運営費	0.12	0.38	0.24	0.15	0.15	0.08	0.06	1.18	-
Sub Total	0.12	1.78	8.99	8.70	4.81	0.20	0.50	25.10	-
Total	0.12	1.78	8.99	8.70	4.81	0.20	0.50	25.10	-

出典：JICA 調査団

### 12.3.3 全コンポーネント事業費

GCF 資金による事業費に加え、JICA 及び「モ」国政府による Co-finance 事業も含めた全コンポーネントの事業費を下表に示す。総額は 69.3 億円 (66.0 million USD) である。

表 12.3.3 全体事業費内訳

Component		Total Cost	GCF financing	Co-financing	
		Amount million USD (\$)	Amount million USD (\$)	Amount million USD (\$)	Financial Instrument
Component 1:	Establishment of the Integrated Coastal Zone Management (ICZM)	2.3		2.3	JICA
Component 2:	Implementation of Coastal Conservation/Protection Measures against Coastal Disasters	30.0	23.9	5.3	GoM
				0.8	JICA
Component 3:	Development of Disaster Warning and Information Dissemination	29.5		29.5	JICA
Component 4:	Development of Basic Data Collection and Sharing System Related to Climate Change	0.8		0.8	JICA
Component 5:	Project Management Component	3.4	1.2	2.0	JICA
				0.2	GoM
<b>Indicative total cost</b>		<b>66.0</b>	<b>25.1</b>	<b>40.9</b>	

出典：JICA 調査団

## 12.4 事業評価(経済分析)

海岸保全事業の実施の妥当性を検証するため、経済分析を実施した。本章では結果概要のみ記載する。詳細については補足資料 B を参照のこと。

費用便益分析による経済分析を事業全体(全てのコンポーネント)を対象に実施した。経済分析は国民経済の観点で提案する事業の実施妥当性を評価するもので、CBR、EIRR および NPV(純現在価値、net present value)について評価した。

### 12.4.1 費用・便益額

本分析に用いた費用・便益額を表 12.4.1 および表 12.4.2 に整理する。

表 12.4.1 コンポーネント毎の費用・便益額

コンポーネント	費用 (1,000 USD)	便益額
コンポーネント 1(統合的沿岸管理計画(ICZM)の構築)	2,255 ( 3%)	N/A
コンポーネント 2(海岸保全防護対策の実施)	30,031 ( 46%)	2030: 1.83 百万 USD/year 2050: 5.20 百万 USD/year (本資料 2.2 章、3 章参照)
コンポーネント 3(災害時の情報伝達システムの整備)	29,500 ( 45%)	3.395 百万 USD/year (本資料 2.3 章参照)
コンポーネント 4 (気候変動に係る基礎情報・データの収集および共有システムの整備)	800 ( 1%)	N/A
事業管理(PM)コンポーネント	3,421 ( 5%)	N/A
合計	66,008 (100%)	

出典：JICA 調査団

表 12.4.2 年次別事業費 (1,000 USD)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Sub Total
Comp. 1	-	-	103	748	748	656	-	-	-	-	2,255
Comp. 2	-	-	167	84	1,402	9,122	11,128	7,447	241	441	31,416
Comp. 3	463	12,392	15,258	925	463	-	-	-	-	-	29,500
Comp. 4	-	-	59	249	249	243	-	-	-	-	800
PM	-	-	110	492	740	567	513	509	412	78	3,421
											<b>Total</b>
											66,008

出典：JICA 調査団

## 12.4.2 計算条件

経済分析の計算条件を以下に示す。

- 評価基準年 : 2019年(評価実施年)
- 便益の発生年 : 2027年(コンポーネント2)、2024年(コンポーネント3)
- 便益の発現期間 :
  - ・ コンポーネント2: 50年間(海岸保全対策の標準的な評価期間)
  - ・ コンポーネント3: 30年間(準備調査報告書より)
- 社会的割引率 : 5%

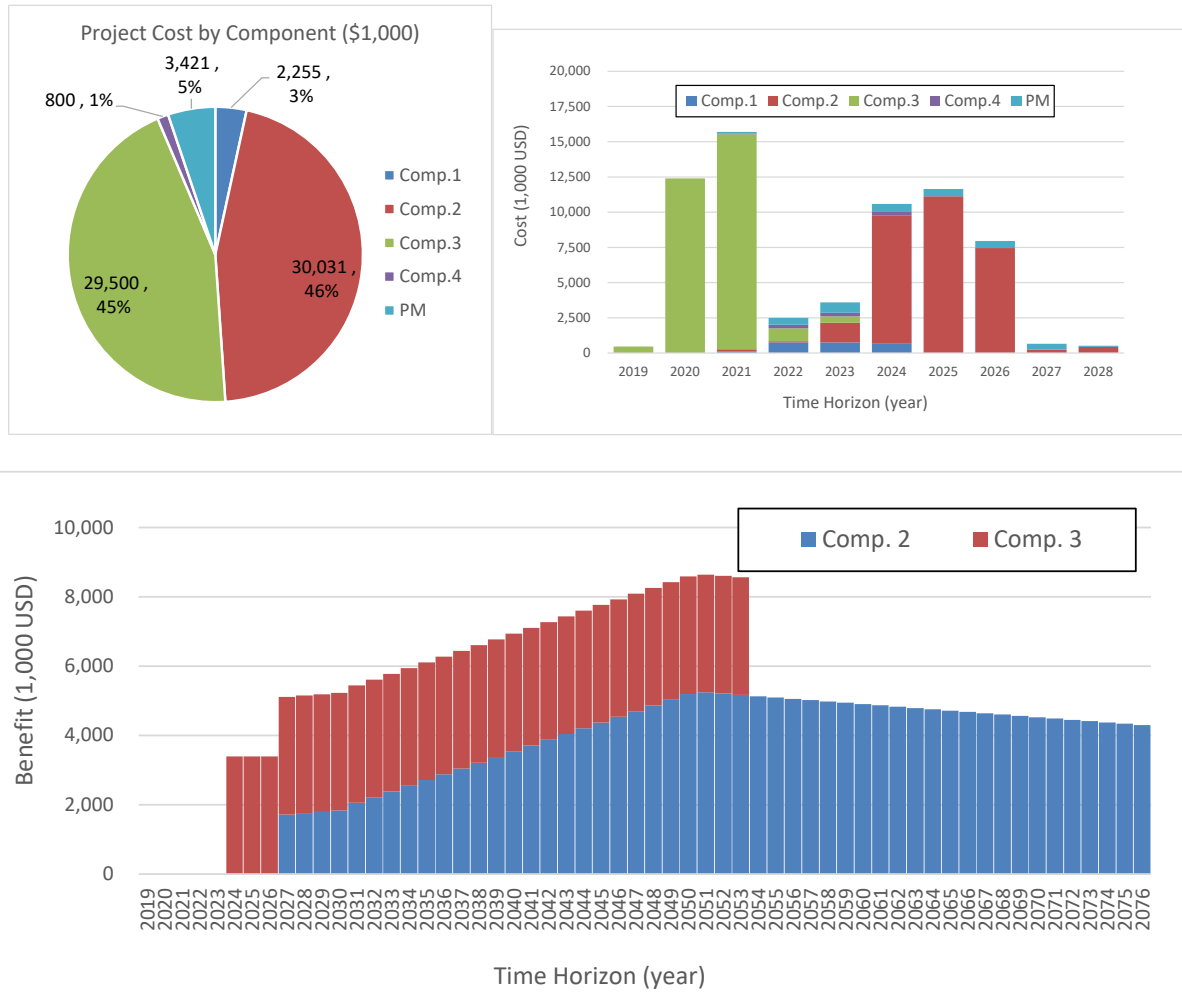
公共事業でかつ気候変動・適応対策の場合は、長期的視点に立った社会的割引率を使用することが提唱されており、参考値として0%~4%が示されている\*。我が国の公共事業では4%を使用することが一般的であり、開発途上国ではこれより大きい値が採用されることが多い(本値が大きいと、事業評価としては安全側となる)。以上を勘案し、本検討では5%を採用する。

\* Economic Costs and Benefits of Climate Change Impacts and Adaptation to the Maldives Tourism Industry (2015)

- 維持管理費:
  - ・ コンポーネント2: 養浜工は一般に一定期間ごとに追加養浜を必要とする。追加養浜の頻度は概ね3年~10年に一回程度が多いため、本検討では中間程度の値として5年に1回と想定した。維持管理費については本邦の検討で一般的に使用される建設費の0.5%を想定した。維持管理の頻度、回数は対策実施箇所の自然条件に大きく影響されるため、これらは今後詳細検討が必要となる。
  - ・ コンポーネント3: 準備調査報告書によると、開始から30年間における維持管理費はシステム運営で得られる収入で賄える計画となっている。そのため、本コンポーネントでは維持管理費は計上しない。

## 12.4.3 経済分析結果

時系列の費用および便益を図12.4.1に、分析結果を表12.4.3に示す。費用便益比は1.58、EIRRは8.00%と算出されたことから、公共事業としての実施の妥当性が確認された。



出典： JICA 調査団

図 12.4.1 費用(上部)および便益(下部)の時系列図(社会的割引率考慮前)

表 12.4.3 経済分析結果

**ECONOMIC ANALYSIS**

**The Whole Project:**

- Component 1: Establishment of ICZM
- Component 2: Implementation of Coastal Conservation Measure
- Component 3: Development of Disaster Warning System
- Component 4: Development of Basic Data Collection
- Project Management(PM) Component

Discount rate	5%
Analysis year	2019
Total Project Period (10 years)	
Start	2019
Complete	2028

Analysis Result	
CBR(B/C)	1.58
NPV(B-C)	31,958 (x \$,1000)
EIRR	8.00%

No	Year	Project Cost					Monetary Benefit		Net Benefit (x \$,1000)	Discount rate		Cost Based on 2019 (x \$,1000)	Benefit Based on 2019 (x \$,1000)
		Comp.1 (x \$,1000)	Comp.2 (x \$,1000)	Comp.3 (x \$,1000)	Comp.4 (x \$,1000)	PM (x \$,1000)	Comp. 2 (x \$,1000)	Comp. 3 (x \$,1000)		multi- plier	Value		
	Total	2,255	30,031	29,500	800	3,421	203,643	101,850	238,102	-	-	55,360	87,318
0	2019	-	-	463	-	-	-	-	(463)	0	1.00	463	-
1	2020	-	-	12,392	-	-	-	-	(12,392)	1	0.95	11,802	-
2	2021	103	167	15,258	59	110	-	-	(15,698)	2	0.91	14,238	-
3	2022	748	84	925	249	492	-	-	(2,497)	3	0.86	2,157	-
4	2023	748	1,402	463	249	740	-	-	(3,602)	4	0.82	2,963	-
5	2024	656	9,122	-	243	567	-	3,395	(7,192)	5	0.78	8,296	2,660
6	2025	-	11,128	-	-	513	-	3,395	(8,246)	6	0.75	8,687	2,533
7	2026	-	7,447	-	-	509	-	3,395	(4,561)	7	0.71	5,654	2,413
8	2027	-	241	-	-	412	1,715	3,395	4,457	8	0.68	442	3,458
9	2028	-	441	-	-	78	1,754	3,395	4,631	9	0.64	334	3,319
10	2029	-	-	-	-	-	1,794	3,395	5,189	10	0.61	-	3,186
11	2030	-	-	-	-	-	1,834	3,395	5,229	11	0.58	-	3,057
12	2031	-	138	-	-	-	2,052	3,395	5,309	12	0.56	77	3,033
13	2032	-	-	-	-	-	2,218	3,395	5,613	13	0.53	-	2,976
14	2033	-	-	-	-	-	2,383	3,395	5,778	14	0.51	-	2,918
15	2034	-	-	-	-	-	2,549	3,395	5,944	15	0.48	-	2,859
16	2035	-	-	-	-	-	2,714	3,395	6,109	16	0.46	-	2,799
17	2036	-	138	-	-	-	2,879	3,395	6,136	17	0.44	60	2,738
18	2037	-	-	-	-	-	3,045	3,395	6,440	18	0.42	-	2,676
19	2038	-	-	-	-	-	3,210	3,395	6,605	19	0.40	-	2,614
20	2039	-	-	-	-	-	3,376	3,395	6,771	20	0.38	-	2,552
21	2040	-	-	-	-	-	3,541	3,395	6,936	21	0.36	-	2,490
22	2041	-	138	-	-	-	3,707	3,395	6,963	22	0.34	47	2,428
23	2042	-	-	-	-	-	3,872	3,395	7,267	23	0.33	-	2,366
24	2043	-	-	-	-	-	4,038	3,395	7,433	24	0.31	-	2,305
25	2044	-	-	-	-	-	4,203	3,395	7,598	25	0.30	-	2,244
26	2045	-	-	-	-	-	4,369	3,395	7,764	26	0.28	-	2,183
27	2046	-	138	-	-	-	4,534	3,395	7,791	27	0.27	37	2,124
28	2047	-	-	-	-	-	4,700	3,395	8,095	28	0.26	-	2,065
29	2048	-	-	-	-	-	4,865	3,395	8,260	29	0.24	-	2,007
30	2049	-	-	-	-	-	5,031	3,395	8,426	30	0.23	-	1,949
31	2050	-	-	-	-	-	5,196	3,395	8,591	31	0.22	-	1,893
32	2051	-	138	-	-	-	5,245	3,395	8,502	32	0.21	29	1,813
33	2052	-	-	-	-	-	5,207	3,395	8,602	33	0.20	-	1,719
34	2053	-	-	-	-	-	5,169	3,395	8,564	34	0.19	-	1,630
35	2054	-	-	-	-	-	5,132	-	5,132	35	0.18	-	930
36	2055	-	-	-	-	-	5,094	-	5,094	36	0.17	-	879
37	2056	-	138	-	-	-	5,056	-	4,917	37	0.16	23	831
38	2057	-	-	-	-	-	5,018	-	5,018	38	0.16	-	786
39	2058	-	-	-	-	-	4,980	-	4,980	39	0.15	-	743
40	2059	-	-	-	-	-	4,942	-	4,942	40	0.14	-	702
41	2060	-	-	-	-	-	4,904	-	4,904	41	0.14	-	663
42	2061	-	138	-	-	-	4,866	-	4,728	42	0.13	18	627
43	2062	-	-	-	-	-	4,829	-	4,829	43	0.12	-	592
44	2063	-	-	-	-	-	4,791	-	4,791	44	0.12	-	560
45	2064	-	-	-	-	-	4,753	-	4,753	45	0.11	-	529
46	2065	-	-	-	-	-	4,715	-	4,715	46	0.11	-	500
47	2066	-	138	-	-	-	4,677	-	4,539	47	0.10	14	472
48	2067	-	-	-	-	-	4,639	-	4,639	48	0.10	-	446
49	2068	-	-	-	-	-	4,601	-	4,601	49	0.09	-	421
50	2069	-	-	-	-	-	4,563	-	4,563	50	0.09	-	398
51	2070	-	-	-	-	-	4,526	-	4,526	51	0.08	-	376
52	2071	-	138	-	-	-	4,488	-	4,349	52	0.08	11	355
53	2072	-	-	-	-	-	4,450	-	4,450	53	0.08	-	335
54	2073	-	-	-	-	-	4,412	-	4,412	54	0.07	-	317
55	2074	-	-	-	-	-	4,374	-	4,374	55	0.07	-	299
56	2075	-	-	-	-	-	4,336	-	4,336	56	0.07	-	282
57	2076	-	138	-	-	-	4,298	-	4,160	57	0.06	9	266

出典：JICA 調査団



## 第13章 結論および提言

### 13.1 結果のまとめ

#### 13.1.1 地形・海象・環境および経済・社会条件に関する基本情報

- 「モ」国（以下、「モ」国）はインド洋海域において形やサイズの異なる 26 の環礁及び約 1200 の島から形成される。国土は環礁の淵にサンゴ砂礫が波で打ち上げられて形成されたものであるため、標高が平均水位から 1~2m 程度の低平かつ狭隘な土地（国土面積 298km<sup>2</sup>）である。
- 海岸は、外洋側（オーシャン側）と環礁側（ラグーン側）の双方に存在し、外洋側の海岸には水深が浅くかつ平坦なリーフフラットが、数十 m~数キロの幅で広がっている。リーフフラットの沖側ではリーフフラットよりも地盤高が高くなるリーフエッジが存在し、ここで外洋から伝搬した波は碎波する。リーフエッジから沖側には急勾配のリーフスロープが存在し、深海へと続く。
- 「モ」国の気候は高温多湿の熱帯気候で、年間を通して平均気温が 26~33℃である。北東モンスーン時期（11 月~4 月）と南西モンスーン時期（5 月~10 月）の 2 時期に分けられ、この 2 時季で風向きおよび波の入射特性が大きく変化する。
- 「モ」国の潮位差は各環礁ともほぼ 1m 前後であり、潮位差は大きくない。
- サンゴの生息状況については、他国と同様、エルニーニョによる高水温による白化現象や、埋立・浚渫、サンゴ採掘等の人為的開発行為によるダメージを被っている。なお 2004 年のインド洋大津波によるサンゴ生息状況への影響は軽微であった。
- 「モ」国の 1,192 ある島は、住民島（188 島）、リゾート島（111 島）、および産業島に分けられる。国土人口は約 40 万人（2014 年時点）であり、人口密度は 13.49 人/ha と、世界第 6 位の高人口密度国である。なお首都のマレ島の人口密度は 786.9 人/ha と、世界でも有数の人口密度の高い都市である。
- 主要産業は観光業と水産業である。観光業は GDP の 25.3%を占める主な外貨獲得源で、政府歳入の 39.8%を占める。2014 年の観光客数は約 120 万人であり、年平均 7.6%の伸びを示している。
- 「モ」国の重要インフラ施設として、①空港、②港湾、③幹線道路、④ユーティリティ（電力、上下水）、⑤廃棄物管理施設が掲げられる。
- 「モ」国で海岸管理・利用に特化した法制度は存在しないが、島によっては土地利用計画の中で、EPZ（Environmental Protection Zone）が示されているものもある。海岸管理状況は、各島により異なり、住民レベルの海岸清掃が行われているところもあれば、生活ゴミが山積しているところも見られる。また海岸域からの違法なサンゴ砂礫の取得が行われている住民島も多い。

#### 13.1.2 海岸ハザード

- 「モ」国において気候変動に対する海岸ハザードとして、1)海水位、3)波浪（特にリーフ上波浪）、3)海岸侵食、および 4)気候変動の影響を取り上げた。なお津波については、2004 年のインド洋大

津波のような、重大な被害を及ぼす津波の発生確率が極めて低いため、本検討では取り扱わなかった。

- 過去 33 年間における年最大の気象潮位（潮位偏差）は、最大で 0.17 m、平均 0.14 m と、それほど大きいものではない。またこの潮位偏差は、「モ」国近傍で生じる低気圧等による高潮ではなく、遠方でのうねり成分の伝搬によるものである。
- Gan 島における過去 33 年間における潮位観測記録より、各年における平均潮位及び最大潮位は 10.6 cm (3.2 mm/年)、最大潮位で 7.5 cm (2.3 mm/年) であり、世界平均（1901 年～2010 年の過去 110 年間の平均水位）に比べ、高い上昇量を示す。
- リーフを通過して海岸に到達する波は、沖波の影響とともに、リーフ地形の影響を大きく受け、ほぼリーフ上の水深に比例する。リーフの存在により、リーフエッジでの波の砕波やリーフ上での波の減衰効果が得られる。
- 気候変動の影響による海水位上昇は、単に水位上昇の外力変化だけでなく、特にリーフ海岸においては、海岸に到達する波高の顕著な増大を引き起こすため、一般の砂浜海岸に比べて大きな影響を及ぼす。

### 13.1.3 海岸災害に対する脆弱性

- 「モ」国の住民島で、現在最も深刻な海岸問題としては海岸侵食であり、188 ある住民島の 6 割以上で深刻化している。その要因の多くは、沿岸域における港建設とそれに伴うリーフ上の航路掘削、埋め立て、リーフ内外及び海岸域からのサンゴ砂礫の採掘、不適切な海岸施設の構築、等、人為的改変や行為により生じている。
- 島によっては土地利用計画の中で、EPZ (Environmental Protection Zone) による海岸線からのバッファゾーンの確保が示される一方で、実際には土地利用計画の通りに土地利用規制がなされず居住地域が海岸線付近まで拡大している島もある。後者のような島の沿岸部の居住地域においては高波浸水などの災害リスクに曝されやすい。

### 13.1.4 海岸リスク評価

- 気候変動による海水位の上昇により、リーフ上波高が増大することによる海浜縦断地形変化が生じ、これにより、現在海岸侵食が生じていない海岸においても、顕著な海岸線の後退が生じる可能性がある。さらに人為的影響等により既に侵食が進行しつつある海岸においては、これに加えて気候変動の影響による海岸侵食が加味され、更なる海岸侵食の加速が生じる可能性が高い。
- 海岸侵食は、後述する高波浸水被害の助長を招くだけでなく、「モ」国のように小さい島々から構成される島嶼国においては、深刻な国土消失を招く。
- Maamendhoo 島および Fonadhoo 島の事業検討域における浸水被害額の試算では、RCP8.5 シナリオの 2100 年時点で約 6～7 百万 USD/年が想定され、これは現時点(2019 年)で想定される被害額のおよそ 8 倍以上に相当する値となった。

- 上述の浸水リスクについて、本検討で提案する海岸保全対策(養浜+突堤)を実施した場合、2030年における中期的視点ではその被害をゼロに、2050年以降の長期的視点においてもその被害を大幅に軽減できることが試算された。

### 13.1.5 海岸適応策の基本方針

- 「モ」国の海岸問題で、最も深刻な海岸侵食に対する海岸適応策として、護岸構築等によるハード構造物対策は、一時的な防護効果は得られるものの、根本の侵食要因である海岸への土砂供給を改善するものではなく、持続的かつ恒久的な対策とは言い難い。次世代以降への持続的な海岸維持を図る上で、これまで長年の波の作用で形成されてきた浜の形成過程やリーフ海岸における土砂供給の維持と、リーフや砂浜の存在による自然の防護機能をできるだけ活かした対策とすることを基本とする。
- 提案する海岸適応策は、今後の気候変動影響に対して有効であるとともに、これまで営まれてきた人と海岸のつながり（海岸利用）を犠牲にすることがないように配慮することを基本とする。また気候変動影響のシナリオの不確実性を踏まえ、今後生じる実際の気候変動影響に対し、柔軟に対応できる余地を有する対策とする。
- 以上より、提案する海岸適応策として、防護と利用・環境に配慮した養浜工法を用いることを基本とする。
- 養浜実施対象海岸としては、Laamu 環礁において、特に居住地における海岸侵食が問題となっている、今後経済開発のポテンシャルの高い住民島の1つである Fonadhoo（オーシャン側）、および小島ながら島の生産性の高い Maamendhoo 島の2カ所を実施することを提案する。なお、Maamendhoo 島は「モ」国の中でも有数の高人口密度の島であり、島内に遊休地はほとんど存在しない。また陸地の地盤高がMSL+1.0m以下であるため、非常時における避難エリア確保のための土地造成（埋立）も合わせて行うことを提案する。
- 養浜工法は、養浜後の砂をできるだけ保持するとともに、定期的な維持管理（追加砂投入）を行うことを前提とする。これより提案する養浜工法は、突堤と組み合わせた流出低減対策を図るとともに、今後の維持管理用に必要なストック砂も確保することを提案する。
- 提案する養浜や各海岸施設の諸元は、想定される長期的な波や遡上高、浸水に対して十分な防護効果が得られることを確認した。

### 13.1.6 事業コンポーネント

- 本事業は、「モ」国において気候変動に対し人と海岸のつながりを図りながら持続的な島の強靱化が行われること」を目指し、ソフトとハードコンポーネントを組み合わせた事業コンポーネントとする。その中で、『本来の海岸機能を踏まえた人と海岸のつながりの重視』および『事業を通じての積極的な人材育成』の2つの基本方針として事業コンポーネントを提案する。
- 上記の基本方針を踏まえ、本事業で以下の4つのコンポーネントの実施を提案する。

コンポーネント1： 沿岸開発と海岸保全の両立を図るための統合的沿岸管理（ICZM）の構築

コンポーネント2： 海岸適応対策（物理対策）の実施

コンポーネント3： 災害予警報システムの構築

コンポーネント4： 気候変動に関する基本データ観測・モニタリングシステムの構築

- コンポーネント2の海岸適応対策（物理対策）について、事業効果（便益）の試算を行い、費用対効果および経済的内部収益率（EIRR）を評価した。結果、本事業の公共事業としての実施の妥当性が確認された。

## 13.2 今後の課題

### 13.2.1 将来予測検討に基づく養浜および突堤配置計画およびその諸元検討の必要性

本検討はプレ F/S レベルであり、将来予測結果を踏まえた突堤の有無含めた詳細な養浜配置計画は行っていない。突堤の有無やその配置を含めた養浜平面計画は、漂砂移動と海浜変形に対する十分な現象理解を踏まえた上で、養浜後の詳細な将来予測検討を基に決定する必要がある。これより今後、波や流れ等の外力条件とそれに対する海浜変形に関する更なる現況把握を行った上で、妥当な数値モデル等を用いた将来予測検討を行う必要がある。

### 13.2.2 事業後の維持管理を含めた持続的な海岸維持に向けた取り組みの必要性

本事業で提案する養浜は、護岸等のハード対策に比べ、防護だけでなく利用・環境に配慮した工法である一方、従来の自然海浜を模した工法であるため、常に波の作用による砂の移動や海岸の変形が生じ、異常波浪襲来時には一時的に顕著な砂流出や海浜変形が生じる可能性がある。これより、その時々に応じて順応的に対応する管理（順応的管理）が不可欠である。このような順応的管理を持続的に実施していくための準備とシステム作りが必要である。また候補海岸における海岸利用者は地域住民が主であるため、地域主導での海岸管理を確立することが、良好な海岸を持続的に維持していく上で不可欠である。その実現化に向けたハード・ソフト両面での支援が必要である。また「モ」国の海岸管理者および利用者双方が、次世代以降も自然海浜や海岸環境を維持していくための、高い海岸保全意識と強いオーナーシップを基とした取り組みが求められる。その実現化を図っていくために必要な教育訓練、広報、情報共有を図っていく必要がある。

### 13.2.3 詳細設計における数値モデルの再現性向上の必要性

事業の対象域はリーフ地形を有し、外洋からの波浪はリーフエッジで碎波したのちリーフラット部を伝搬し、海岸に到達する。また、リーフ内の水位は碎波によるセットアップの影響で上昇し、これが波高増大を招く。このような複雑な波浪・水位変化を考慮するために、本検討ではビジネスモデルを用いた断面一次元の波浪伝搬計算をおこない、その結果をもとに概略設計をおこなった。本計算では、現地で観測した波浪条件をもとにモデルの再現性の向上を図ったが、観測期間が数か月と短期間であったことからその精度には改善の余地があると考えられる。

詳細設計時には波浪観測データが少なくとも一年以上蓄積されていることが想定されることから、年間の波浪の変動特性（沖波波高、リーフ内波高、水位、周期）を踏まえた上で、モデルの現地現象の再現性を十分高めたうえで、施設諸元の詳細設計を行う必要がある。また、必要に応じてその他の数値モデルや水理模型実験等を併用して現象の再現性の向上を図ることも有効と考えられる。

### 13.2.4 精度の高い浸水被害想定に基づく適切な事業評価の実施

被害想定額は、事業評価のための重要な基礎データである。本業務では上記(3)の波浪条件を用いて算出した単位断面あたりの越波量を用いて、簡易的に浸水域・浸水深を設定し、被害想定額を算出した。また、事業評価に使用した資産の評価額(家屋や家庭用品)はヒアリングに基づく概略値を使用した。詳細設計時においては、浸水氾濫モデルの活用による平面的な浸水域・浸水深の計算や、資産の原単位の詳細調査を実施することで、精度の高い被害想定に基づくより適切な事業評価を実施することが必要である。

### 13.2.5 養浜事業の特性を踏まえた精度の高い積算の必要性

本検討では対象海岸における物理対策として、養浜+突堤が提案された。養浜砂を取得するための浚渫船や突堤に用いる石材は「モ」国外からの調達が必要になる。本検討ではこれらに係る積算単価については、他国における同種事業の実施例等を参考に簡易的に設定した。詳細設計時においては、実際に調達が想定される近隣国(インド等を想定)において、機材・材料の調達価格について現地調査を行い、詳細な調達計画を策定することで、より精度の高い積算をおこなう必要がある。

また、養浜は投入後に一定の砂の流失が想定されることから、機能維持のためには状況に応じた順応管理が必要となる。詳細設計においては、上記(1)による養浜砂の流失予測に基づき、維持管理費を精度よく予測し事業費計画に含めることが重要である。