

モーリシャス国

環境・持続開発・災害・海浜管理省(MOESDDBM)

モーリシャス国
海岸保全・再生に関する能力向上
プロジェクト

ファイナル・レポート

【メインレポート】

Volume 1

平成27年6月

(2015年)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

国際航業株式会社
日本工営株式会社
セントラルコンサルタント株式会社
株式会社ふたば

環境
JR
15-106

モーリシャス国

環境・持続開発・災害・海浜管理省(MOESDDBM)

モーリシャス国
海岸保全・再生に関する能力向上
プロジェクト

ファイナル・レポート

【メインレポート】

Volume 1

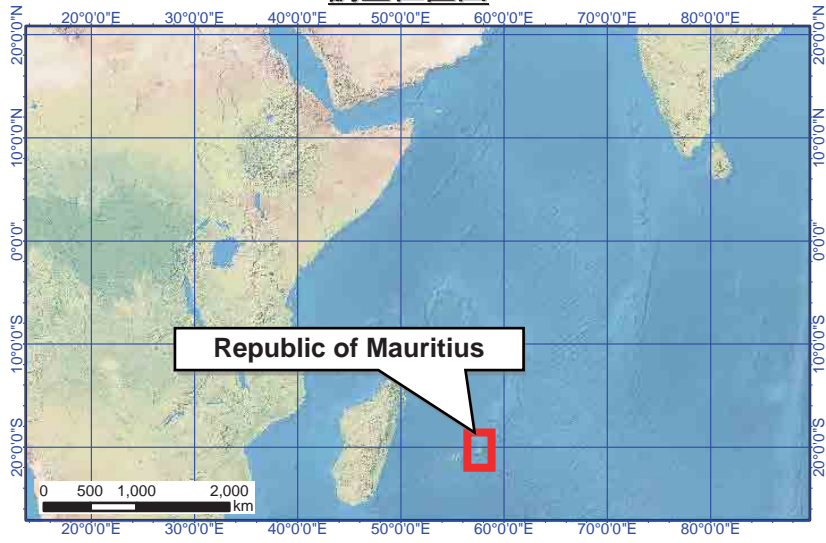
平成27年6月

(2015年)

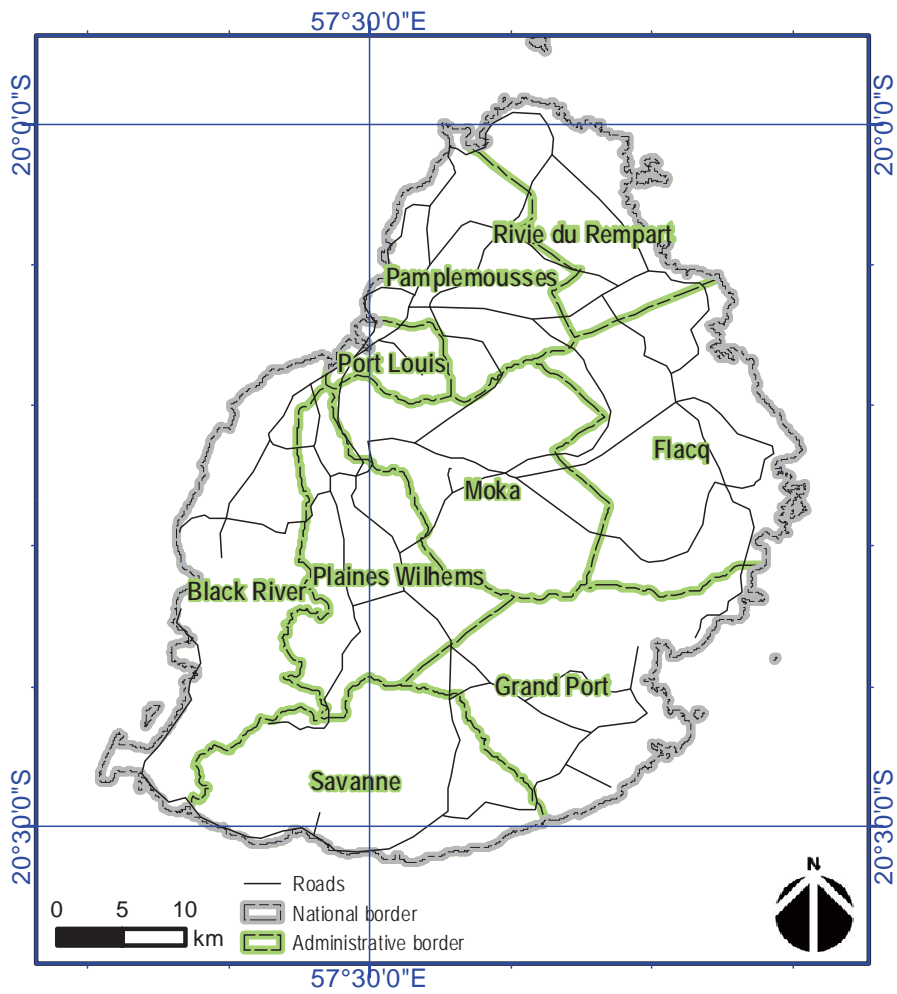
独立行政法人
国際協力機構(JICA)

国際航業株式会社
日本工営株式会社
セントラルコンサルタント株式会社
株式会社ふたば

調査位置図



詳細位置図



調査位置図

通貨換算率

1 USD = 35.230 Rs
= 124.11 JPY

100 Rs = 2.760 USD
= 342.56 JPY

Rs:モーリシャス・ルピー

2015年6月1日時点

目次

要約

	Page
1 序論	1-1
1.1 概要	1-1
1.2 プロジェクトの背景	1-1
1.3 プロジェクトの目的	1-2
1.3.1 ゴール	1-2
1.3.2 プロジェクトの目的	1-2
1.3.3 プロジェクトの成果	1-2
1.4 プロジェクトの範囲	1-3
1.4.1 対象地域	1-3
1.4.2 カウンターパートと調査団	1-4
1.5 実施項目と工程	1-5
1.5.1 実施項目	1-5
1.5.2 実施工程	1-6
2 基礎調査	2-1
2.1 概要	2-1
2.2 自然条件	2-4
2.2.1 地形・地質	2-4
2.2.2 海岸地形	2-5
2.2.3 気象	2-11
2.2.4 海象	2-17
2.3 社会経済状況、政策、法制、組織	2-35
2.3.1 社会経済状況	2-35
2.3.2 政策、法制、組織	2-40
2.4 過去の海岸災害と対策	2-45
2.4.1 海岸災害	2-45
2.4.2 海岸構造物の変遷	2-46
2.4.3 過去の対策	2-47
2.4.4 海岸保全の課題	2-49
2.5 海岸特性・変化解析	2-51
2.5.1 長期海岸線変化（空中写真による海岸侵食状況の把握）	2-51
2.5.2 海岸土砂収支（土砂収支、土砂供給源、土砂流出）	2-58
2.6 リーフ環境	2-64
2.6.1 水質環境	2-64
2.6.2 サンゴ環境	2-70
2.7 住民の意識	2-88
2.8 海岸環境データベース	2-91
2.8.1 既存データベースのとりまとめ	2-91

2.8.2	基礎調査で得た資料のデータベース化.....	2-91
2.8.3	データベースの活用方法.....	2-95
3	海岸保全の方針	3-1
3.1	海岸保全の課題.....	3-1
3.1.1	海岸管理の課題.....	3-1
3.1.2	海岸保全の課題.....	3-2
3.1.3	リーフ環境保全の課題.....	3-3
3.1.4	能力向上面の課題.....	3-3
3.2	海岸域のリスク	3-4
3.2.1	海岸侵食によるリスク	3-4
3.2.2	越波及び高潮によるリスク	3-5
3.2.3	リスク地域の特定.....	3-6
3.3	海岸保全戦略.....	3-7
3.4	海岸保全対策の基本方針.....	3-8
4	優先海岸における海岸保全計画	4-1
4.1	優先海岸の選定	4-1
4.1.1	概要	4-1
4.1.2	基礎調査海岸の選定.....	4-2
4.1.3	優先海岸の選定.....	4-4
4.2	優先海岸の特徴と対策方針	4-7
4.3	計画策定プロセス	4-10
4.4	優先海岸の保全計画.....	4-12
4.4.1	Baie du Tombeau.....	4-13
4.4.2	Pte. aux Cannoniers	4-13
4.4.3	Mon Choisy	4-13
4.4.4	Bras d'Eau.....	4-13
4.4.5	Q. Cocos Vge and T. d'Eau Douce	4-14
4.4.6	Ile aux Cerfs	4-14
4.4.7	Pte. d'Esny	4-14
4.4.8	Bel Ombre	4-14
4.4.9	Le Morne.....	4-15
4.4.10	Flic en Flac.....	4-15
4.4.11	Albion(海浜).....	4-15
4.4.12	Pte. aux Sables.....	4-15
4.4.13	Grand Sable	4-16
4.4.14	Albion (崖).....	4-16
5	海岸維持管理計画.....	5-1
5.1	海岸維持管理の目的.....	5-2
5.2	現状を踏まえた海岸維持管理の課題の整理.....	5-3
5.3	海岸維持管理の課題を踏まえた改善策の提案	5-5
5.3.1	海岸維持管理面における改善案.....	5-5
5.3.2	土地利用管理面における改善案.....	5-7
5.3.3	海岸利用面における改善案.....	5-16
5.3.4	海岸維持管理面に関する組織・管理体制の改善案.....	5-19

5.3.5	海岸維持管理面での課題を踏まえた既存の法規制の改善の提案	5-22
5.4	総合的土砂管理の観点からの海岸維持管理計画	5-24
5.4.1	対象海岸における海岸保全計画と養浜量の整理	5-24
5.4.2	対象海岸の土砂収支の概要および海岸維持管理の基本方針	5-25
5.4.3	海岸維持管理を実施する上での課題	5-26
5.4.4	海岸域内の海岸維持管理に対する改善策の提案	5-28
5.4.5	ラグーン内外からの砂の確保の可能性と今後の課題	5-33
6	リーフ環境保全計画	6-1
6.1	背景	6-1
6.2	リーフ環境の現状	6-2
6.2.1	サンゴ	6-2
6.2.2	水質	6-4
6.2.3	海岸保全とリーフ環境	6-6
6.3	リーフ環境の課題	6-8
6.3.1	基礎資料	6-8
6.4	リーフ環境保全計画	6-13
6.4.1	基本方針	6-13
6.4.2	モニタリング計画（短期から中期）	6-13
6.4.3	人的活動制御計画（短期から長期）	6-14
6.4.4	水質改善計画	6-15
6.4.5	サンゴ、海草、マングローブの移植計画(短期から長期)	6-17
6.5	組織的対応	6-19
6.6	まとめ	6-20
7	能力向上・IEC計画および海岸管理制度・体制計画	7-1
7.1	能力向上計画の策定	7-1
7.1.1	業務目標と各コンポーネントの位置づけ	7-1
7.1.2	能力向上の目標(レベル)と対象機関の考え方	7-2
7.1.3	能力向上全体計画と本業務の能力向上の位置づけ	7-2
7.1.4	能力向上に係る活動概要	7-5
7.2	情報・教育・コミュニケーション（IEC）計画	7-11
7.2.1	IECの一般的な定義と本プロジェクトにおける捉え方	7-11
7.2.2	現況のIEC活動の課題を踏まえた対応策	7-11
7.2.3	IEC計画	7-14
7.3	海岸管理制度・体制計画	7-15
7.3.1	海岸環境データベースの管理体制	7-16
7.3.2	海岸変形モニタリングの実施体制	7-17
7.3.3	波浪・流況モニタリングの実施体制	7-18
7.3.4	リーフ環境保全計画を策定するための実施体制	7-19
7.3.5	住民参加型の海岸管理を実現するための実施体制	7-20
7.3.6	海浜整形による海岸維持管理体制	7-21
7.3.7	海岸域のリースエリアの契約・土地利用に係る管理体制	7-22
7.3.8	砂の再利用に係る体制	7-25

8	実証事業の実施	8-1
8.1	概要	8-1
8.2	実証事業を通じた技術移転・能力向上	8-2
8.3	物理的対策事業	8-3
	8.3.1 選定の妥当性	8-3
	8.3.2 工法選定に対する基本方針	8-9
	8.3.3 設計外力条件の設定	8-10
	8.3.4 基本設計	8-14
	8.3.5 住民合意形成	8-20
	8.3.6 社会環境配慮 (EIA調査)	8-23
	8.3.7 実施概要	8-25
	8.3.8 海岸モニタリング計画と結果の評価	8-32
	8.3.9 住民参加型の海岸維持管理とIEC活動	8-48
8.4	非物理実証事業	8-51
	8.4.1 選定の妥当性	8-51
	8.4.2 検討プロセス	8-53
	8.4.3 海岸域の借地に係る法制度・規制および実態の把握と課題の抽出 (政府側)	8-54
	8.4.4 海岸保全計画の策定プロセスと最終計画案 (借地オーナー側)	8-58
8.5	継続的モニタリングの実施	8-67
	8.5.1 基本方針	8-67
	8.5.2 継続的モニタリング項目および目的	8-68
	8.5.3 モニタリングの実施状況	8-69
8.6	簡易的な費用対効果分析による事業の経済性の評価	8-74
	8.6.1 概要	8-74
	8.6.2 物理的対策事業(Grand Sable)における試算事例	8-76
	8.6.3 非物理的対策事業(Pte. d'Esny)における試算事例	8-78
	8.6.4 観光海岸(ケーススタディ地区: Le Morne)における試算(便益のみ)	8-79
8.7	実証事業によって得られた成果	8-82
	8.7.1 物理的対策事業(Grand Sable)	8-82
	8.7.2 非物理的対策事業(Pte. d'Esny)	8-84
	8.7.3 継続的モニタリング	8-84
9	技術移転	9-1
9.1	概要	9-1
	9.1.1 目的と方針	9-1
	9.1.2 技術移転の項目	9-1
	9.1.3 技術移転の方法	9-2
	9.1.4 技術移転の体制	9-2
9.2	工学的知識の習得	9-3
	9.2.1 海岸現況調査	9-3
	9.2.2 サンゴ礁調査	9-3
	9.2.3 水質調査	9-3
9.3	各種ガイドラインの作成	9-3
9.4	ワークショップ、セミナー、本邦研修、技術交流等	9-4

9.4.1	ワークショップ、セミナー.....	9-4
9.4.2	本邦研修.....	9-15
9.4.3	技術交流.....	9-17
9.4.4	ステアリング・コミッティー.....	9-17
9.4.5	テクニカル・コミッティー.....	9-20
9.5	まとめ.....	9-25
9.5.1	基礎技術の習得.....	9-26
9.5.2	海岸保全に関する計画、管理技術.....	9-26
9.5.3	技術ガイドライン.....	9-27
9.5.4	セミナー、研修等.....	9-27
9.5.5	実証事業.....	9-27
9.5.6	提言.....	9-27
10	環境・気候変動・防災対策プログラム.....	10-1
10.1	概要.....	10-1
10.2	環境・気候変動対策・防災と海岸保全・再生.....	10-3
10.3	プロジェクトと関連組織.....	10-3
10.3.1	モーリシャス国政府機関の動向.....	10-4
10.3.2	国際開発機関の動向.....	10-4
10.4	JICA環境・気候変動対策・防災にかかるまとめ.....	10-8
11	結論と提言.....	11-1
11.1	海岸保全の現状.....	11-1
11.2	海岸保全計画.....	11-2
11.3	実証事業.....	11-4
11.4	能力向上.....	11-5
11.5	提言.....	11-5

図リスト

	Page
図 1.2.1 「モ」国/日本/世界の気候変動適応策取組み.....	1-1
図 1.4.1 調査対象地域.....	1-3
図 1.5.1 プロジェクト実施のフローチャート.....	1-6
図 2.2.1 「モ」国における海岸地形および地質.....	2-4
図 2.2.2 「モ」国の典型的な海岸地形.....	2-5
図 2.2.3 海岸分類.....	2-6
図 2.2.4 前浜勾配と粒径の関係.....	2-9
図 2.2.5 リーフエッジからの距離と粒径の関係.....	2-10
図 2.2.6 底質採取地点と養浜砂として 可能性の分類.....	2-10
図 2.2.7 「モ」国における月間降雨量の平均値（1979～2013年）.....	2-11
図 2.2.8 「モ」国の平均降水量の月変化および分布.....	2-12
図 2.2.9 「モ」国における風向・風速の頻度（風配図）（Plaisance,2013年）.....	2-13
図 2.2.10 1981～2010年における平均風速の分布.....	2-13
図 2.2.11 2002年任意期間における風速・風速ベクトルの分布.....	2-13
図 2.2.12 サイクロン経路（1990～2000年）.....	2-16
図 2.2.13 サイクロンの来襲頻度.....	2-16
図 2.2.14 最低気圧となるサイクロンの位置（「モ」国の南北端の位置も併せて記載）.....	2-17
図 2.2.15 「モ」国の北側で最低気圧となる典型的なサイクロンの経路と気圧分布.....	2-17
図 2.2.16 年間の潮位変化(Port Louis).....	2-18
図 2.2.17 Port Louisにおける潮位変動.....	2-18
図 2.2.18 MMSおよびMOIの波浪観測位置.....	2-19
図 2.2.19 Roches Noires(MOI)およびBlue bay観測地点における波高・波向の頻度分布.....	2-20
図 2.2.20 波浪観測結果（Blue bay and Roches Noires）.....	2-21
図 2.2.21 有義波高の平均値の分布（1971～2000年：ERA-40による再解析値）.....	2-22
図 2.2.22 波浪推算による「モ」国東西南北沖合における波高の時間変化.....	2-23
図 2.2.23 波浪推算（NCEP/NCAR再解析値の風速分布による）有義波高の分布.....	2-24
図 2.2.24 サイクロンGiovannaの検証結果.....	2-26
図 2.2.25 サイクロンCarolの気象観測記録.....	2-27
図 2.2.26 サイクロンCarolにおける有義波高の推算結果.....	2-27
図 2.2.27 サイクロンCarolに来襲による打ち上げ高(unit:feet).....	2-28
図 2.2.28 波高計・流速計設置箇所.....	2-30
図 2.2.29 波高計設置状況.....	2-30
図 2.2.30 水深と波高の関係.....	2-30
図 2.2.31 Blue bayおよびPte. d'Esnyにおける波浪観測の比較.....	2-31
図 2.2.32 観測地点（Roiches NoiresおよびGrand Sable）.....	2-31
図 2.2.33 2014年に来襲したサイクロン.....	2-32
図 2.2.34 サイクロン来襲時の波浪・水位・水温の変化.....	2-32
図 2.2.35 Pte. d'Esnyにおける流速・流向の時間変化（2014年2月）.....	2-33
図 2.2.36 サイクロンEdilson来襲時における流速・流向の分布.....	2-34
図 2.3.1 総合的海岸管理に関連する政府機関の組織図.....	2-43
図 2.4.1 Riviere des Creolesの護岸.....	2-47
図 2.4.2 Pte. d'Esnyの突堤.....	2-48
図 2.4.3 Saint Felixの蛇籠.....	2-48
図 2.4.4 Pte. aux Sablesの巨石護岸.....	2-49
図 2.4.5 Grand Sable(南側)の巨石護岸.....	2-49
図 2.5.1 解析範囲の一例（Pte. aux Sables）.....	2-52

図 2.5.2	サブセルの長期的海岸線変化.....	2-53
図 2.5.3	サブセルの長期的海岸線変化と変動量.....	2-54
図 2.5.4	海岸線変化の解析結果の一例 (Sediment Cell No.13 : Poite aux Sables周辺, 図 2.5.1参照)	2-55
図 2.5.5	現在 (2012年) のPte. aux Sablesの石積護岸周辺.....	2-55
図 2.5.6	Pte. aux Sablesにおける海岸線の変化	2-56
図 2.5.7	Pte. d'Esny (Baird, 2003)の断面地形.....	2-59
図 2.5.8	全海岸の土砂収支.....	2-60
図 2.5.9	モーリシャス付近のサイクロンの発生個数.....	2-60
図 2.5.10	Pte. aux Sablesの土砂収支	2-62
図 2.5.11	Albionの土砂収支	2-63
図 2.6.1	AFRCによるラグーンの水質モニタリング地点	2-64
図 2.6.2	AFRCによりモニタリングされているラグーンの水質状況.....	2-65
図 2.6.3	クロロフィルaとサンゴ被度との関係.....	2-69
図 2.6.4	濁度aとサンゴ被度との関係.....	2-69
図 2.6.5	NO ₃ -Nとサンゴ被度との関係	2-70
図 2.6.6	PO ₄ -Paとサンゴ被度との関係.....	2-70
図 2.6.7	サンゴの被度分布 (図中のsは海草藻場を示す)	2-76
図 2.6.8	各調査地点での透視度 (m)	2-77
図 2.6.9	各調査地点でのシルト分の堆積状況.....	2-78
図 2.6.10	サンゴの被度と透視度との関係.....	2-79
図 2.6.11	サンゴの被度とシルト分の堆積ランクとの関係.....	2-79
図 2.6.12	Fore reef (礁縁部) のサンゴ被度の年次変動	2-81
図 2.6.13	Back reef (礁のすぐ内側) のサンゴ被度の年次変化 (その1)	2-81
図 2.6.14	Back reef (礁のすぐ内側) のサンゴ被度の年次変化 (その2)	2-82
図 2.6.15	Back reef (礁のすぐ内側) のサンゴ被度の年次変化 (その3)	2-83
図 2.6.16	Shore reef (岸沿いに発達したサンゴ礁) のサンゴ被度の年次変動.....	2-84
図 2.6.17	問題点の関係図.....	2-85
図 2.7.1	アンケート調査実施海岸.....	2-89
図 2.8.1	幾何補正の手順.....	2-92
図 2.8.2	幾何補正後の例.....	2-92
図 2.8.3	補正後の汀線データ.....	2-92
図 2.8.4	汀線データベースの作成結果.....	2-93
図 2.8.5	サンゴ、海草の分布の判読結果.....	2-93
図 2.8.6	サンゴ、海草の分布の判読結果.....	2-94
図 2.8.7	観測位置図.....	2-94
図 2.8.8	観測簿の表示.....	2-94
図 2.8.9	海岸環境データベースの活用例.....	2-96
図 2.8.10	Flic en Flac礁湖内のグラスボートによる詳細調査結果	2-97
図 2.8.11	Flic en Flac礁湖の詳細調査をデータベース化した図	2-97
図 3.4.1	自然海岸 (カテゴリーA海岸) と構造物海岸 (カテゴリーB海岸)	3-9
図 3.4.2	海岸侵食の分類と基本対策.....	3-10
図 4.1.1	優先海岸の選定フロー.....	4-1
図 4.1.2	基礎調査海岸の配置.....	4-2
図 4.1.4	海岸保全計画の策定14海岸.....	4-7
図 4.3.1	関係者との計画策定プロセスの概要.....	4-11
図 4.3.2	関係者との計画策定プロセスの概要.....	4-12
図 5.1.1	海岸維持管理に関する検討内容一覧.....	5-1
図 5.3.1	海浜植生の帯状分布.....	5-7
図 5.3.2	モ国南部の自然植生 (La Prairie)	5-7
図 5.3.3	ホテル施設とセットバックラインとの位置関係の確認 (Bel Ombre)	5-11

図 5.3.4	ホテル施設とセトバックラインとの位置関係の確認 (Flic en Flac-1)	5-12
図 5.3.5	ホテル施設とセトバックラインとの位置関係の確認 (Flic en Flac-2)	5-13
図 5.3.6	土地利用規制区分図 (案) (Le Morne)	5-16
図 5.4.1	ケースー 1 の官民連携による実施体制 (案)	5-29
図 5.4.2	維持管理費の補助制度 (案)	5-30
図 5.4.3	ケースー 2 の官民連携による実施体制 (案)	5-31
図 5.4.4	ケースー 3 の官民連携による実施体制 (案)	5-33
図 5.4.5	Baie du Tombeauでのラグーン内の堆積の変遷と侵食域・堆積域の経年変化.....	5-35
図 5.4.6	Pt. d'Esnyでのラグーン内堆積の変遷	5-36
図 5.4.7	Ile aux Cerfでの浚渫箇所.....	5-37
図 5.4.8	Bambous Virieux沖合のラグーン	5-38
図 5.4.9	当ラグーンの底質の状況.....	5-38
図 6.1.1	サンゴ被度の時系列変化.....	6-1
図 6.1.2	海岸保全に関連するリーフ環境の課題と対策.....	6-2
図 6.2.1	熱帯、亜熱帯の沿岸生態系の一般構造と機能.....	6-6
図 6.2.2	Morne南での浅瀬による地形変化：左1967年航空写真、右2008年衛星写真	6-7
図 6.2.3	Trou aux Bichesの浅瀬による地形変化：左1967年航空写真、右2008年衛星写真.....	6-7
図 6.2.4	Albionにおける浅瀬による地形変化：左1967年航空写真、右2008年衛星写真.....	6-7
図 6.3.1	AFRCによるサンゴ移植	6-12
図 6.3.2	Flic en FlacにおけるMOIによるサンゴ移植	6-12
図 6.3.3	Flic en FlacにおけるMOESDDBMによるサンゴ礁回復のための実験	6-13
図 6.4.1	陸域での赤土発生対策例.....	6-17
図 7.1.1	業務目標と各コンポーネントの位置づけ.....	7-2
図 7.1.2	能力向上全体計画の概要.....	7-3
図 7.1.3	基礎調査における関係者の能力向上の実施状況例 (項目番号は表7.1.3および表7.1.4に対応).....	7-10
図 7.3.1	海岸環境DBの管理・運営体制	7-16
図 7.3.2	海岸変形モニタリングの実施体制.....	7-17
図 7.3.3	波浪・流況モニタリングの実施体制.....	7-18
図 7.3.4	リーフ環境保全計画を策定するための実施体制.....	7-19
図 7.3.5	住民参加型の海岸管理を実現するための実施体制.....	7-20
図 7.3.6	海浜整形による海岸維持管理の実施フロー.....	7-21
図 7.3.7	新規のリース契約に係る現行の体制・手続きの概要と提案する体制・手続き案.....	7-23
図 7.3.8	既設のリース契約で建造済みの構造物に対する取組・手続き案.....	7-24
図 7.3.9	砂の再利用に係る取組体制.....	7-25
図 8.1.1	実証事業実施の全体の流れ.....	8-1
図 8.2.1	実証事業を通じた技術移転・能力向上実施状況.....	8-3
図 8.3.1	高波・越波問題を抱える海岸.....	8-4
図 8.3.2	海岸道路の標高.....	8-5
図 8.3.3	Grand Sableの海岸地形.....	8-6
図 8.3.4	Area Aの1967年と2012年の海岸変化	8-6
図 8.3.5	Area Aの海岸状況	8-7
図 8.3.6	Area Aの海岸道路の標高	8-7
図 8.3.7	住民アンケート調査結果.....	8-8
図 8.3.8	当エリアの海岸道路の役割.....	8-9
図 8.3.9	道路と背後居住地.....	8-9
図 8.3.10	背後地の地形.....	8-9
図 8.3.11	波浪推算による設計沖波波浪の算定フロー.....	8-11

図 8.3.12	ブルーベイ沖での波浪観測結果から得られた波高と周期の関係	8-11
図 8.3.13	設計潮位算定の流れ	8-12
図 8.3.14	設計堤前波高算定の流れ	8-13
図 8.3.15	計算された波高分布および水位上昇量	8-13
図 8.3.16	平面図	8-15
図 8.3.17	道路肩地盤高と推定された波の打ち上げ高	8-17
図 8.3.19	既存排水工（左：S19付近、右：S20付近）	8-18
図 8.3.20	標準断面図	8-19
図 8.3.21	住民アンケートの実施の様子	8-21
図 8.3.22	協議の様子	8-21
図 8.3.23	協議の様子	8-22
図 8.3.24	施工状況	8-28
図 8.3.25	工事後の海岸の様子(工事前との比較)	8-31
図 8.3.26	モニタリング平面計画	8-34
図 8.3.27	WAVE HUNTERの設置位置(リーフ内)とMOIによる波浪観測位置(リーフ外)	8-35
図 8.3.28	モニタリング期間における波高と周期の時系列の変化	8-36
図 8.3.29	サイクロンの通過経路	8-36
図 8.3.30	サイクロンBejisa接近時の波高・周期の時系列変化	8-38
図 8.3.31	サイクロンEdilson接近時の波高・周期の時系列変化	8-38
図 8.3.32	モニタリングの測線位置	8-40
図 8.3.33	排水口の状況	8-40
図 8.3.34	代表測線における海岸の断面形状の変化の様子(S15ライン、礫・砂混合断面)	8-41
図 8.3.35	代表測線における海岸の断面形状の変化の様子(S19ライン、礫のみの断面)	8-42
図 8.3.36	代表測線における海岸の断面形状の時系列の変化	8-43
図 8.3.37	水質調査地点	8-44
図 8.3.38	海水の濁りの比較(左：汀線際、右：汀線より15m程度沖側)	8-45
図 8.3.39	自然の植生の生育	8-46
図 8.3.40	海岸利用の改善状況	8-46
図 8.3.41	住民参加に係るIEC活動の様子	8-49
図 8.3.42	住民参加型の海岸維持管理に向けた住民代表者会議	8-50
図 8.4.1	Pte. d'Esnyにおける非物理対策事業の検討プロセス	8-53
図 8.4.2	海岸域の借地に係る法制度・規則および実態についてのMHLとの確認協議	8-54
図 8.4.3	リース契約の変遷	8-55
図 8.4.4	借地の海側境界およびパグリックアクセスの概念図(上：侵食ケース、下：堆積ケース)	8-56
図 8.4.5	海岸域の借地に係る法制度・規則および実態についてのMHLとの確認協議	8-58
図 8.4.6	海岸域のゾーニングと現況写真	8-60
図 8.4.7	計画策定にあたっての海岸域のゾーニング	8-61
図 8.4.8	ゾーン1の当初計画の概要	8-61
図 8.4.9	ゾーン1の修正保全計画	8-62
図 8.4.10	ゾーン2の当初計画	8-63
図 8.4.11	ゾーン2の修正保全計画	8-64
図 8.4.12	ゾーン3の当初計画	8-65
図 8.5.1	海岸測量および定点写真撮影方法	8-71
図 8.5.2	設定したモニタリング用の測線 (Ile aux Cerfs)	8-72
図 8.5.3	開口部 (IC-1) における海浜断面の変化	8-72
図 8.5.4	開口部変化の様子 (左：2013年6月26日、右：2013年10月6日)	8-72
図 8.6.1	通常ルートと迂回路ルートの比較一例	8-76
図 8.6.2	ゾーン2における汀線比較図(青線：1967年、赤線：2008年)	8-78

図 8.7.1	礫浜の有効性等に係る事後評価としての住民アンケート調査結果(票数：42票)	8-83
図 9.4.1	JICA、国際関連組織と「モ」国及び南西インド洋諸国との気候変動・防災にかかる関係イメージ図	9-11
図 10.1.1	JICA環境・気候変動対策・防災プログラムのコンポーネントと対応する「モ」国機関	10-2
図 10.3.1	IOC実施プロジェクトのコンポーネント	10-5
図 10.3.2	AFDプログラム実施内容とスケジュール	10-6
図 10.4.1	JICA対モーリシャスパッケージと国際機関、「モ」国環境政策	10-8
図 10.4.2	JICA気候変動適応対策・防災プロジェクト・他国際開発パートナーとの関係及びモーリシャス国の最新の環境・防災政策への関与	10-10

表リスト

	Page
表 1.2.1 「モ」国における海岸保全・再生の活動概要	1-2
表 1.4.1 調査団とC/Pの名簿	1-4
表 2.1.1 基礎調査結果の概要	2-1
表 2.2.1 「モ」国の海岸分類	2-7
表 2.2.2 底質調査の方法・目的	2-8
表 2.2.3 来襲した代表的なサイクロン（赤字は規模の大きいものを示す）	2-15
表 2.2.4 主要分潮における調和定数	2-18
表 2.2.5 各サイクロンにおける波浪推算結果（有義波の最大値）	2-25
表 2.3.1 産業別GDP (2012-2014)	2-35
表 2.3.2 観光客数（2006-2014年）	2-35
表 2.3.3 観光産業による収入（2006-2014年）	2-36
表 2.3.4 ホテル数、部屋数、ベッド数（2005-2014年）	2-36
表 2.3.5 大型ホテルの客室&ベッド占有率（2007-2014年）	2-36
表 2.3.6 MOESDDBMの予算概要（会計年度別）	2-37
表 2.3.7 MOESDDBMの予算概要（支出タイプ別）	2-38
表 2.3.8 MOESDDBMの予算概要（2014会計年度、カテゴリー別）	2-38
表 2.3.9 海岸地域の経済価格予想	2-38
表 2.3.10 沿岸域の土地利用状況	2-39
表 2.3.11 沿岸域の分類別の概要および海岸整備、維持管理に係る主体	2-41
表 2.3.12 沿岸域における陸側の構造物の規制	2-41
表 2.3.13 EIAの審査手続き	2-42
表 2.3.14 一般的な海岸保全の項目とそれに対応した政府の役割・担当	2-44
表 2.4.1 モーリシャスに来襲した代表的なサイクロン	2-45
表 2.4.2 モーリシャスの構造物の変遷	2-46
表 2.5.1 収集した空中写真の撮影時期	2-51
表 2.5.2 海岸侵食状況の調査結果要約	2-51
表 2.5.3 解析範囲	2-52
表 2.5.4 海岸線の変化速度とその標準偏差	2-57
表 2.5.5 海岸地形の土砂収支の変化・変動に係わる事象	2-58
表 2.5.6 海岸土砂収支の調査結果要約	2-59
表 2.5.7 土砂収支解析結果から推定される沿岸漂砂量	2-62
表 2.6.1 「モ」国における水質モニタリングの実施状況	2-66
表 2.6.2 水質環境の調査結果要約	2-67
表 2.6.3 水質環境の調査結果要約	2-69
表 2.6.4 サンゴ環境調査結果要約	2-70
表 2.6.5 2012年6月の調査地点と緯度経度	2-72
表 2.6.6 2012年10月の調査地点と緯度経度	2-74
表 2.6.7 2013年2月の調査地点と緯度経度	2-74
表 2.6.8 2012年6月の調査結果（抜粋）	2-75
表 2.6.9 2012年10月の調査結果（抜粋）	2-75
表 2.6.10 2013年2月の調査結果（抜粋）	2-75
表 2.7.1 実証事業の対象海岸選定の際に用いた評価	2-90
表 3.1.1 海岸保全に関する課題	3-1
表 3.2.1 侵食速度、期間と侵食量の関係	3-4
表 3.2.2 将来の海面上昇による侵食量	3-5
表 3.4.1 海岸保全対策の項目とそれに対応した政府の役割・担当	3-11
表 4.1.3 自然・地形特性の評価項目	4-4

表 4.1.4	環境特性の評価項目.....	4-4
表 4.1.5	海岸変形特性の評価項目.....	4-4
表 4.1.6	海岸利用の評価項目.....	4-5
表 4.1.7	海岸保全計画の策定海岸の選定.....	4-5
表 4.2.1	14海岸の種別および提案する短期および長期対策.....	4-9
表 5.1.1	海岸維持管理の項目と内容.....	5-2
表 5.2.1	海岸維持管理面での課題の類型化.....	5-4
表 5.3.1	土地利用管理面での課題と改善案.....	5-7
表 5.3.2	侵食およびリスク区域一覧表.....	5-15
表 5.3.3	海岸利用面での改善案.....	5-16
表 5.3.4	組織・管理における改善（案）.....	5-19
表 5.3.5	関係機関の役割分担および実施頻度（案）.....	5-22
表 5.3.6	各課題に対する法規制の改善案.....	5-23
表 5.4.1	対象海岸の海岸保全計画の概要と養浜量.....	5-24
表 5.4.2	長期（過去45年間）および短期（過去15年間）の土砂収支.....	5-26
表 5.4.3	海岸域内での海岸維持管理に関する課題と該当する海岸.....	5-27
表 5.4.4	ケース－1に関する主な課題と改善の方向性.....	5-29
表 5.4.5	ケース－2に関する主な課題と改善の方向性.....	5-30
表 5.4.6	ケース－3に関する主な課題と改善の方向性.....	5-31
表 6.2.1	各海岸におけるリーフ内の生息サンゴの被度と生育環境.....	6-3
表 6.2.2	13海岸でのサンゴと藻場の分布域の増減.....	6-3
表 6.2.3	対象海岸のラグーン水質、サンゴ生息状況及び水質汚濁要因となる背後地の 社会条件.....	6-5
表 6.3.1	「モ」国で実施されたサンゴ、海草の既存インベントリー調査.....	6-8
表 6.3.2	「モ」国における沿岸水のガイドライン.....	6-9
表 6.3.3	ラグーンの水質モニタリングにおける各水質項目の分析精度の比較.....	6-10
表 6.3.4	AFRC, MOI によるサンゴ移植.....	6-11
表 6.4.1	リーフ環境モニタリングにおける水質モニタリングの概要.....	6-14
表 6.4.2	サンゴ礁保全の水質ガイドライン(案)の報告値.....	6-15
表 6.4.3	「モ」国における窒素及びリン汚濁負荷量の算定結果.....	6-16
表 6.5.1	リーフ環境保全の項目とそれに対応した政府の役割・担当.....	6-19
表 7.1.1	海岸保全の基本フローと本業務のコンポーネントの対応.....	7-1
表 7.1.2	現況の課題とそれに対応した短期的・中期的目標の詳細.....	7-4
表 7.1.3	能力向上における目標、対象機関および活動概要(1/2).....	7-6
表 7.1.4	能力向上における目標、対象機関および活動概要(2/2).....	7-8
表 7.2.1	IECの一般的な定義.....	7-11
表 7.2.2	本プロジェクトにおけるIEC活動の捉え方.....	7-11
表 7.2.3	現況のIEC活動における課題と関連する対応策.....	7-13
表 7.2.4	本業務におけるIEC活動計画の概要.....	7-14
表 7.3.1	海岸域のリースエリアの契約・土地利用に係る課題と今後の取組への提言.....	7-22
表 8.2.1	実証事業を通じた技術移転・能力向上.....	8-2
表 8.3.1	考えられる対策工法の概略比較検討.....	8-10
表 8.3.2	各再現期間における推定された波向き毎の沖波波高と周期.....	8-11
表 8.3.3	各再現期間における設計潮位.....	8-12
表 8.3.4	波浪変形計算条件.....	8-13
表 8.3.5	設計条件.....	8-16
表 8.3.6	住民合意形成に係る活動概要.....	8-20
表 8.3.7	EIAのための基礎調査項目.....	8-24
表 8.3.8	環境影響項目.....	8-24
表 8.3.9	工事スケジュール.....	8-27
表 8.3.10	モニタリング項目および方法.....	8-32

表 8.3.11	モニタリング位置の座標(GPS計測).....	8-34
表 8.3.12	モニタリング実施工程.....	8-34
表 8.3.13	モニタリングの実施状況.....	8-35
表 8.3.14	住民参加に係るIEC活動の実績(Grand Sable).....	8-48
表 8.4.1	実施に向けた課題と今後の取組への提言 (政府側).....	8-57
表 8.4.2	借地オーナーから得た現地状況の情報・保全対策への要望 (抜粋).....	8-59
表 8.5.1	モニタリング項目およびその主な目的.....	8-68
表 8.5.2	各測線の基準点および写真撮影位置の整理.....	8-69
表 8.5.3	測線設定の根拠.....	8-70
表 8.5.4	継続的モニタリング開始当初に実施された関連する技術指導.....	8-73
表 8.5.5	優先7海岸における継続的モニタリングの実施状況.....	8-73
表 8.6.1	海岸事業による一般的な効果と試算対象.....	8-74
表 8.6.2	交通量調査概要(Grand Sable).....	8-76
表 8.6.3	費用便益分析の試算結果(Grand Sable).....	8-78
表 8.6.4	Pte. d'Esnyにおける借地料(Zone A).....	8-78
表 8.6.5	費用便益分析の試算結果(Pte. d'Esny, Zone2).....	8-79
表 8.6.6	インタビュー調査概要 (Le Morne地区、Le Paradis Hotel).....	8-80
表 9.1.1	技術移転項目の目的と投入.....	9-1
表 9.1.2	CDにおける各発展段階.....	9-2
表 9.1.3	専門グループ毎の各メンバーの配置.....	9-2
表 9.4.1	海岸保全計画に関するワークショッププログラム.....	9-5
表 9.4.2	プロジェクト紹介に関するセミナープログラム.....	9-6
表 9.4.3	発表内容.....	9-8
表 9.4.4	質疑応答内容.....	9-9
表 9.4.5	参加者リスト.....	9-11
表 9.4.6	プロジェクト成果報告に関するセミナープログラム.....	9-15
表 9.4.7	研修課題と研修方針.....	9-16
表 9.4.8	「セ」国での技術交流日程.....	9-17
表 9.4.9	SCの実実施計画.....	9-17
表 9.4.10	第1回SCの概要.....	9-18
表 9.4.11	第2回SCの概要.....	9-18
表 9.4.12	第3回SCの概要.....	9-19
表 9.4.13	第4回SCの概要.....	9-19
表 9.4.14	第5回SCの概要.....	9-19
表 9.4.15	第1回TCの概要.....	9-20
表 9.4.16	第2回TCの概要.....	9-20
表 9.4.17	第3回TCの概要.....	9-21
表 9.4.18	第4回TCの概要.....	9-21
表 9.4.19	第5回TCの概要.....	9-21
表 9.4.20	第6回TCの概要.....	9-22
表 9.4.21	第7回TCの概要.....	9-22
表 9.4.22	第8回TCの概要.....	9-22
表 9.4.23	第9回TCの概要.....	9-23
表 9.4.24	第10回TCの概要.....	9-23
表 9.4.25	第11回TCの概要.....	9-24
表 9.4.26	第12回TCの概要.....	9-24
表 9.4.27	第13回TCの概要.....	9-25
表 9.4.28	第14回TCの概要.....	9-25
表 10.3.1	主要ドナーの実施プログラムとコンポーネント.....	10-4

写真リスト

	Page
写真 2.6.1 海藻の異常発生の様子.....	2-83
写真 2.6.2 サンゴを覆う緑藻類.....	2-83
写真 2.6.3 Shore reef の大型褐藻類 (Pointe des Bambous)	2-87
写真 9.4.1 セミナー会場の様子 (2015年3月5日)	9-8
写真 9.4.2 近隣諸国代表者によるプレゼンテーションの様子 (2015年3月5日)	9-8
写真 9.4.3 MPI職員によるChitrakoot地域の地すべりモニタリングシステムと対策工 の概要説明 (2015年3月6日)	9-9
写真 9.4.4 Grand Sableの実証試験地域、フレキシブル緩傾斜被覆護岸での合同写真 (2015年3月6日)	9-9

略 語

略語	英語	日本語
AAP	Africa Adaptation Programme	アフリカ気候変動適応支援プログラム
AC	Advisory Committee	支援委員会
ACB	Acropora Branching	枝状ミドリイシ
AF	Adaptation Fund	適応基金
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
AFP	Adaptation Fund Programme	適応基金プログラム
AFRC	Albion Fisheries Research Centre	アルビオン水産研究所
AP	Absorption Pit	吸収ピット
APHA	American Public Health Association	米国公衆衛生協会
BA	Building Act	建築法
BA	Beach Authority	海浜庁
BLUPG	The Building and Land Use Permit Guide	建築土地利用申請の手引き
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
C/P	Counterpart	カウンターパート
CA	Capacity Assessment	キャパシティ・アセスメント
CAB	Cabinet	閣議令
CACI	Compact Airborne Spectrographic Imager	航空機搭載用小型分光イメージャ
CADMAC	Climate Change Adaptation and Disaster Management Committee	気候変動適応策・防災対策調整委員会
CBR	Cost Benefit Ratio	費用便益比率
CC	Crisis Committee	危機委員会
CCD	Climate Change Division	気候変動室
CACI	Climate Change Information Centre	気候変動情報センター
CD	Capacity Development	キャパシティ・ディベロップメント
CD	Chart Datum	海図基準面
CEB	The Central Electricity Board	中央電力委員会
CDEMA	Caribbean Disaster Emergency Management Agency	カリブ災害緊急管理機関
CF	Coral Foliose	葉状サンゴ
CIRIA	Construction Industry Research and Information Association	建設産業情報協会
CM	Coral Massive	塊状サンゴ
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CONDC	The Cyclone and Other Natural Disasters Committee	サイクロン・自然災害対策委員会
CONDS	Cyclone and Other Natural Disasters Scheme	災害スキーム
CSO	Central Statistics Office	統計局
CVM	Contingent Valuation Method	仮想評価法
CWA	The Central Water Authority	中央水道局
DB	Data Base	データベース
DC	District Council	地方協議会
DC	Dead Coral	死滅サンゴ
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DFR	Draft Final Report	ドラフトファイナルレポート
DL	Datum Line	標高の基準

略語	英語	日本語
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
DRR	Disaster Risk Reduction	災害リスク低減(プログラム)
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	ヨーロッパ中期予報センター
E.Coli	Escherichia coli	大腸菌
EIA	Environment Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
EMoP	Environment Monitoring Plan	環境モニタリング計画
EPA	Environment Protection Act	環境保護法
EPZ	Export Processing Zone	輸出加工区
ESA	Environmentally Sensitive Area	環境に影響されやすいエリア
EU	European Union	欧州連合
F/S	Feasibility Study	フィージビリティ調査
FAS	First Aid Service	救急サービス
FC	Feacal Coliform	糞便性大腸菌群
Fs	Safety Factor/Factor of Safety	安全率
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Government Information Service	政府情報サービス
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GL	Ground Level	地盤高
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GR	Grand River	グランド川
HFA	Hyogo Framework for Action	兵庫行動枠組
HWL	High Water Level	高潮位
HWM	High Water Mark	高潮位線
IC/R	Inception Report	インセプションレポート
ICZM	Integrated Coastal Zone Management	統合的沿岸域管理
IEC	Information, Education, and Communication	情報・教育・コミュニケーション
IOC(COI)	Indian Ocean Commission (Commission de l'Océan Indien)	インド洋委員会
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JCG	JICA Coordination Group	JICA コーディネーショングループ
JET	JICA Expert Team	JICA 専門家チーム/調査団
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
JICE	Japan International Corporation Center	財団法人 日本国際協力センター
JTWC	Joint Typhoon Warning Center	合同台風警報センター
K	Potassium	カリウム
K-N	Kjeldahl Nitrogen	ケルダール窒素
LEU	Living Environment Unit	生活環境ユニット
LIT	Line intercept transects	ライン・トランジェクト法
LGA	Local Government Act, 2003	地方自治法
LMHTF	Le Morne Heritage Trust Fund	ル・モーン遺産信託基金
LMU	Landslide Management Unit	地すべり対策ユニット
LWL	Low Water Level	大潮平均干潮位
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
Mauritius	The Republic of Mauritius	モーリシャス共和国

略語	英語	日本語
MBC	Mauritius Broadcasting Corporation	モーリシャス放送局
MEHR	Ministry of Education and Human Resources	教育省
Mg	Magnesium	マグネシウム
MGCW	Ministry of Gender Equality, Child Development and Family Welfare	男女平等・児童開発・福祉省
MHL	Ministry of Housing and Lands	住宅・土地省
MHQL	Ministry of Health and Quality of Life	厚生省
MID	Maurice Ile Durable	モーリシャス戦略
MLG	Ministry of Local Government & Outer Islands	自治省
MMS	Mauritius Meteorological Services	気象庁
MoAFS	Ministry of Agroindustry and Food Security	農産業食糧安全保障省
MoESD	Ministry of Environment and Sustainable Development	環境・持続開発省
MOESDDBM*	Ministry of Environment, Sustainable Development, Disaster and Beach Management (*Former MoESD)	環境・持続開発・災害・海浜管理省(*元環境・持続開発省)
MoF	Ministry of Fisheries (current MoOEMRFSO)	水産省
MoFED	Ministry of Finance and Economic Development	財務・経済開発省
MoFR	Ministry of Fishery and Rodrigues	水産省及びロドリゲス
MOI	Mauritius Oceanography Institute	モーリシャス海洋研究所
MoOEMRFSO	Ministry of Ocean Economy, Marine Resources, Fisheries, Shipping and Outer Island	海洋経済・海洋資源・水産・輸送・外島省
MPA	Marine Protected Area	海洋保護区
MPI	Ministry of Public Infrastructure, National Development Unit, Land Transport and Shipping	公共インフラ・国家開発・陸上交通・海運省
MPN	Most Probable Number	最確数
MSL	Mean Sea Level	平均海面
MSS	Ministry of Social Security, National Solidarity and Reform Institutions	社会保障省
MTEF	Medium-Term Expenditure Framework	中期支出枠組み
MTL	Ministry of Tourism and Leisure	観光省
MTSRT	Ministry of Tertiary Education, Science, Research and Technology	文部科学省
MUR	Mauritius Rupee	モーリシャスルピー
Na	Sodium	ナトリウム
NCAR	National Center for Atmospheric Research	アメリカ国立大気研究センター
NCCAPF	National Climate Change Adaptation Policy Framework	国家気候変動適応方針フレームワーク
NCEP	National Centers for Atmospheric Prediction	アメリカ国立環境予報センター
NCG	National Coastal Guard	国立沿岸警備隊
NDOCC	National Disaster and Operations Coordination Centre	国家災害対策運営調整本部
NDRRMC	National Disaster Risk Reduction and Management Committee	国家災害リスク削減及び管理委員会
NDS	National Development Strategy	国家開発戦略
NDU	National Development Unit	国家開発ユニット
NEL	National Environmental Laboratory	国立環境実験所
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織/民間公益団体
NH ₄ -N	Ammonia Nitrogen	アンモニウム態窒素

略語	英語	日本語
NHDC	National Housing Development Corporation	住宅開発公社
NO ₂ -N	Nitrite Nitrogen	亜硝酸態窒素
NO ₃ -N	Nitrate Nitrogen	硝酸態窒素
NPV	Net Present Value	純現在価値
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	ネフェロメ濁度単位
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	職場内訓練
OPS	Outline Planning Schemes	地域計画
P.Fs	Planning/Designed Factor of Safety	計画安全率
P/R	Progress Report	プログレスレポート
PB	Public Beach	公共海浜公園
PBB	Programme-Based Budgeting	プログラムベースの予算編成
PDA	Planning and Development Act	開発計画法
PEFA	Public Expenditure and Financial Accountability	公共支出と財政アカウンタビリティ論
PER	Preliminary Environmental Report	初期環境報告書
PFM	Public Financial Management	公共財政管理
PIANC	World Association for Waterborne Transport Infrastructure (former Permanent International Association of Navigation Congresses)	国際航路協会
PIU	Planning and Implementation Units	計画・実施ユニット
PL	Pit Latrine	ピット式簡易トイレ
PM	Project Manager	プロジェクトマネジャー
PO ₄ -P	Phosphate-Phosphorus	リン酸態リン
PMO	Prime Minister's Office	首相府
PMS	Performance Management System	パフォーマンスマネジメントシステム
PPG	Planning Policy Guidance	開発計画政策指針
PS	Permanent Secretary	事務次官
PVC	Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
QGIS	Quantum GIS	クウォンタムGIS
R/D	Record of Discussion	討議議事録
RN-COI	Risques Naturels de la Commission de l'Océan Indien	インド洋委員会の自然災害
SA	Sand	砂
SAREC	Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries	スウェーデン研究協力機構
SC	Steering Committee	ステアリングコミッティ
SC	Spot Check	スポット・チェック
SC	Soft Coral	ソフト・コーラル
SCOR	Scientific Committee on Oceanic Research	海洋研究化学委員会
SIDS	Small Island Developing States	小島嶼国開発途上国
SO ₄	Sulphate	硫酸塩
SS	Sewerage System	下水道システム
SS	Suspended Solid	浮遊物質量
SSPA	Segridad Salud Proteccion Ambiental	セグリダッド サルド環境保護社
SST	Sea Surface Temperature	海面水温
ST	Septic Tank	浄化槽

略語	英語	日本語
SWAN	Simulating Waves Nearshore	沿岸波浪推算モデル
TA	Turf Algae	芝草状海草
TAS	Treasury Accounting System	財務会計システム
TC	Total Coliform	大腸菌群
TC	Technical Committee	テクニカルコミッティ
TCPA	Town and Country Planning Act	地域計画法
TDS	Total Dissolved Solid	総溶解不純物濃度
The Disasters Scheme	The Cyclone and Other Natural Disasters Scheme	サイクロンと自然災害スキーム/災害スキーム
The Project	The Project for Capacity Development on Coastal Protection and Rehabilitation in the Republic of Mauritius	本プロジェクト/モーリシャス国海岸保全・再生にかかる能力向上プロジェクト
TICAD IV	The Fourth Tokyo International Conference on African Development	第4回アフリカ開発会議
TICAD V	Fifth Tokyo International Conference on African Development	第5回 アフリカ開発会議
T-N	Total Nitrogen	全窒素
TOR	Terms of Reference	委託事項
T-P	Total Phosphorus	全リン
TSHD	Trailing Suction Hopper Dredger	トレーラーサクシオンホッパー浚渫船
TSS	Total Suspended Solid	総浮遊物質量
UNDP	The United Nations Development Programme	国連開発計画
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization -	国際連合教育科学文化機関
UoM	University of Mauritius	モーリシャス大学
USD	United States Dollar	アメリカドル
UTM	Universal Transverse Mercator	ユニバーサル横メルカトル
VAT	Value Added Tax	付加価値税
VCA	Village Council Area	村協議会エリア
VMCA	Voluntary Marine Conservation Area	自主規制保護水面
WCDR	World Conference on Disaster Reduction	国連世界防災会議
WGS	World Geodetic System	世界測地系
WMA	Wastewater Management Authority	排水管理庁
WMO	World Meteorological Organization	世界気象機関
WS	White Syndrome	ホワイト・シンドローム

要 約

モーリシャス国海岸保全・再生に関する能力向上プロジェクトは、環境・持続開発・災害・海浜管理省と独立行政法人国際協力機構との間で 2011 年締結された協議議事録に基づき 2012 年 5 月に開始された。

本レポートは開発計画調査型技術協力「モーリシャス共和国 海岸保全・再生に関する能力向上プロジェクト及び地すべり対策プロジェクト」のうち、「海岸保全・再生に関する能力向上プロジェクト（以下、本プロジェクト）」の分野における成果をファイナル・レポートとしてまとめたものである。

本プロジェクトは「モ」国における海岸が適切に保全されることを上位目標とし、次の目的を設定している。

- 1) 基礎調査により影響を受けている地域が明確化される。
- 2) モーリシャス本島における海岸保全計画が作成される。これに基づき対策が必要とされる優先海岸が選定される。
- 3) 実証事業の経験・知見が海岸保全計画へ反映され、海岸保全計画の有効性が向上する。
- 4) 環境・持続開発省及び関係機関の職員の技術能力が強化される。

プロジェクトの対象地域は、モーリシャス本島であり、ロドリゲス島に関しては技術移転を実施した。

本プロジェクトはコンポーネント 1「基礎調査」、コンポーネント 2「海岸保全計画の策定」、コンポーネント 3「実証事業の実施」及びコンポーネント 4「海岸保全管理に係わる技術移転」からなり、その概要は次の通りである。

自然・社会条件

モーリシャス本島は火山島で、面積 1,860km²で南北 60km、東西 50km を有し、周囲のほとんどがサンゴ礁で囲まれている。海岸線の総延長は約 322km、サンゴ礁の延長 150km でその面積は 243km² となっている。海岸は狭いリーフのサンゴ起源による砂浜海岸、広いリーフのシルトや礫で構成される海岸、リーフの無い崖海岸に分けられる。リーフは砂の供給源になるとともに、波浪を減衰する機能を有している。

潮汐は半日周潮が卓越し、大潮時の干満差は 0.5~0.8m である。波浪は南東貿易風によるものが卓越するが、稀に北からのサイクロンが高波浪をもたらし、また、南西からの長周期の波が来襲することがある。サイクロンは 12 月から 3 月に来襲し、1892 年、1931 年、1960 年(Carol)、1975 年(Gervaise)、1994 年(Hollanda) にサイクロンにより多大な被害が生じた。

「モ」国の人口は約 130 万人、人口密度は約 600 人/km² である。「モ」国では砂糖、繊維、観光、金融サービスが経済の基幹である。観光産業は経済の発展に大きく寄与し、海浜はその重要な資源である。観光客は年間約 100 万人、1 人当たりの滞在日数は 10 日である。海岸線の土地利用は、草地が 76km (23%)、続いてバンガロー(別荘)が 52km (16%)、ホテル 42km (13%)、続いて公共海浜公園 39km (12%)で、海岸道路は 16km (5%) である。

海岸災害と保全

古くは 1960 年のサイクロン Carol により、砂浜の侵食、崖海岸の崩壊が生じ、侵食量は最大で 13m に達した。また 1994 年のサイクロン Hollanda の侵食後、対策として蛇かご護岸が 3.5 km にわたり設置された。

その後 2003 年に Baird による調査が行われ、大部分の砂浜海岸は侵食されても回復すること、健全なサンゴ礁 - ラグーン - 海浜システムが人為的な原因で劣化すると回復しないことが指摘された。これよりサンゴ礁と海浜の変動を自然の状態に保つこととし、構造物による対策は最後の手段とした。また、サンゴ砂の採取は 2003 年に禁止された。

海岸域は「モ」国では高潮位線(HWM)より 1km 陸側及び海側を指す。HWM より 81m 岸側は Pas Geometriques とよばれ国有地で、商業や宅地目的で賃借することが可能である。HWM より 30m 陸側はセットバック域となっており、通常は建物の建設が認められない。セットバック量は 2004 年以前では 15m となっており、既存建物は契約更新時に 30m を確保するとしている。また、護岸等の保全施設の建設は EIA の認可を得る必要がある。

2006 年以降海岸侵食対策として、蛇かご護岸の撤去、玉石護岸の設置、養浜が行われ、構造物による対策は必要とされる海岸ではほとんど終了しているか実施中である。玉石護岸については、外力に対して規模が大きいこと、海浜利用や環境への配慮が無いことなどの問題を有している。

海岸保全に関係する組織は、海岸域の総合的な管理方針や計画の策定と実施の促進、関係政府機関との調整、海岸侵食対策などを行う環境・持続開発・災害・海浜管理省 (MOESDDBM) 総合海岸域課 (ICZM)、土地管理を行う住宅土地省 (MoHL)、サンゴ礁の保全を行う漁業省 (MoF)、公共海浜公園を管理する海浜庁 (BA)、気象観測を行う気象庁 (MSS) とモーリシャス海洋研究所 (MOI)、観光省 (MTL) 等多数の省庁が関係している。

海浜変形

長期的な海浜変形を把握するために、1967 年から 2012 年まで 45 年間、過去 6 時期の航空写真及び衛星写真を用いて海岸線の変化を解析した。対象としたのは延長 1 km 以上の 13 の砂浜海岸 (漂砂セル) で総延長は約 67 km になる。侵食区間は全体の 17%、堆積は 23%、安定は 59% であった。漂砂セル全体の侵食海岸は 3 海岸、一部が侵食、他で堆積している海岸は 7 海岸であった。砂浜全体の土砂収支としては堆積となっている。

長期的な変化よりも変動が大きく、その原因としてはサイクロン、サンゴ群落の生成による堆積と侵食、サンゴ・海草の消失による侵食などがある。

リーフ環境

サンゴ礁は海浜砂の供給源でもあり、来襲波を低減することでも海岸の保全に重要な役割を担っている。このため、現状で生きたサンゴの被度をスポットチェック法により合計 44 地点で調査し、サンゴの被度は平均で 27% となった。長期的な変化をアルビオン漁業研究所の資料で解析した結果、1998 年以後、海水温の上昇によると考えられる前礁の被度が 50% から継続的に低下し 20% 以下になり、リーフ内の背礁、岸礁でも 2009 年の海水温上昇により被度が 20% から 10% に急激に低下している。

サンゴの劣化の原因の一つと考えられる水質については、窒素・リンの分析精度が低く、富栄養化の状況は把握できていない。現地の調査結果では、海水の濁度、クロロフィル a、窒素、リンは、その濃度が高くなるとサンゴの被度が減少する傾向にある。

海岸保全計画の策定

海岸保全計画については、課題を基礎調査結果から抽出し、海岸域のリスクを評価し、それに基づいて海岸保全戦略を策定した。対象海岸として「モ」国から要請のあった 58 海岸から、20 の基礎調査海岸を選定し、その中から侵食等の状況、背後地の重要性等を考慮して、14 海岸を選定し、これらの優先海岸について保全計画を策定した。また、関連する海岸維持管理計画、リーフ環境保全計画、能力向上計画等を取りまとめた。

海岸保全戦略

基礎調査の結果と関連する課題の抽出に基づき、災害防止、環境保全、海岸域利用を総合的に図ることを念頭に次のように取りまとめた。

- 「モ」国海岸の自然状態を保ち、自然の特性を生かす。
- 将来の自然条件、社会条件変化への対応能力を強化する。
- 多様な関係者の協同により、海岸管理の総合化を図る。

海岸保全計画

海岸保全計画及び海岸維持管理計画に関しては、基礎調査結果に基づき海岸保全の観点から計画を必要とする 14 海岸を特定し、それぞれの海岸に関して課題を抽出し、類型化するとともに対策の検討を行った。

海岸保全計画は、基礎調査の結果によると海岸侵食は限定されること、自然の砂浜は貴重な観光資源であることから、構造物による対策は限定され、養浜やセットバックにより現状の自然状態を保持し、必要に応じて再生を図ることとした。また、海浜砂の主要な供給源であり、かつ来襲波を減衰する機能を有するリーフ環境が劣化していることが明らかになり、これについて保全計画で対応することとした。

海岸侵食の形態として、一連の砂浜海岸で全体的に侵食されている場合は、主に養浜で対応することとした。海岸としては **Mon Choisy** が対応する。なお、この場合に侵食量としては年間 500m^3 程度であり、対応可能な量であり、また海浜の利用等を阻害しない。また、**Pte. aux Cannoniers** のように一部突堤を併用する場合もある。

全体としては安定または堆積している海岸については、その原因や変形特性に応じて、サンドリサイクル、サンゴの移植、海草の移植などで対応することとする。サンゴ、海草、マングローブの消失により部分的に侵食が生じ、他の場所で堆積が生じている場合には、堆積域から侵食域へのサンドリサイクルを必要に応じて行い、長期的にはその原因となったサンゴ、海草、マングローブの再生、移植を図る。海岸としては、**Bras d'Eau**、**Flic en Flac**、**Pte. aux Sables** などが挙げられる。**Ile aux Cerfs** においては、地形的な特性から堆積による水路の閉塞と周辺海岸の侵食が問題であり、ここでは水路の浚渫とその砂を用いた養浜、サンドリサイクルを行う。また、導流堤により沿岸漂砂が阻止され、侵食と堆積が生じている **Le Morne** ではサンドバイパスにより対応する。

海浜変形がサイクロン、サンゴの消長や海草の消失等により生じている場合には、セットバックによる変動に対応することも必要である。既存の資料では現在のセットバック量 30m はほぼ妥当であるが、今後地形変化をモニタリングして、その改定を図ることも必要である。また、なお、崖海岸についてもセットバック量を設定する方法について **Albion** を事例に検討した。このほか、

侵食や洗掘を助長する直立構造物の緩傾斜化やセットバック内の影響を構造物については、その撤去を図ることとした。

サンゴ礁が広く、海岸が礫やシルトで形成されている海岸では地盤が低く、高波浪及び波によるセットアップ、また将来の海面上昇の影響を受け、越波の問題を抱えている。このような海岸では、現地の地形を模した砕石を活用したフレキシブルな護岸を提案した。これは、Grand Sable を例として、その妥当性を実証事業で確認した。

サンゴは漂砂の供給源であり、消波機能も有しておりながら、海水温の上昇により劣化が始まっている。したがって、その回復を図るために、環境条件である水質環境を改善し、人為的な影響を規制し、サンゴの移植を図ることとした。

海岸保全計画の策定に際しては、関係機関の能力向上を図ることを目的に、テクニカル・コミティ等によりそれぞれの担当者との協議を実施した。また、海岸保全計画は限られて情報に基づいていることから、実証事業及び継続的なモニタリングに基づき計画の更新及び実施を行うこととした。

海浜維持管理

維持管理として、砂浜海岸でサイクロンが来襲すると浜崖が出来やすく、海浜の回復と利用者の安全確保のための必要に応じた海浜整形の実施、直立構造物による前面洗掘と周辺海岸への影響防止のための緩傾斜堤への改築、セットバック内の不法構造物のモニタリングと管理、清掃に伴う砂の海浜からの持ち出し防止を提案した。

リーフ環境保全

航空写真、衛星写真の時系列的解析から、礁湖内のサンゴ群集や海草藻場の存在が海浜の侵食や堆積に深く関与していることが示唆された。「モ」国サンゴ礁においては2000年以降、サンゴ礁の劣化が進み、その総合評価が“良好”から“不良”へと下落している。その原因として、礁湖内の富栄養化、土砂の流入、礁湖内での漁業及びマリンスポーツ等の人為的な原因の他に、オニヒトデ等の生物的要因、地球温暖化に伴う海水温の上昇の結果起こるサンゴの白化現象等が挙げられる。

これらの問題に対応するため、リーフ環境保全計画では、航空写真、シートルース、水質分析等リーフ環境のモニタリングを通して、現況把握／解析を図るとともに、礁湖内の水質の制御、人間活動の制御、サンゴ及び海草の移植等の具体的な対策を通して、サンゴ礁及び海草藻場の再生を実現し、ひいては海浜の安定化に向けた行動計画について提言を行った。

海岸管理制度等

海岸管理制度・体制、情報・教育・報道(IEC)に関する計画に関しては、すでに総合的海岸管理に関連した提言がなされており、その実行が課題であることから重点的に実施すべき項目として、担当者の業務を通じた技術的能力向上と、関係者の情報交換による「モ」国の特性に応じた創造的対応を提案した。

実証事業

物理的実証事業として、「モ」国の自然特性を生かし、環境及び利用に配慮した越波防止、将来の海面上昇などの条件変化への対応も容易な砕石および砂を用いたフレキシブル護岸を提案し、その効果や影響を評価するとともに、能力向上を図ることを目的として実施した。

対象海岸を「モ」国南東部に位置する Grand Sable とした。ここは地盤が低く、主要な海岸道路が走り、越波や将来の海面上昇の影響を受けやすい状況にある。延長約 400m の海岸に天端高 2m、天端幅 10m、法こう配 1/5 の形状の護岸を計画し、その一部 240m について工事を実施した。能力向上の一環として、計画、設計、施工監理を C/P と共に実施した。また、地元住民の合意及び維持管理を図るため、住民協議会や海浜清掃のイベントを開催した。

工事实施後のモニタリングによると、碎石はほとんど安定であり、砂は未施工区間に一部移動しているが特に問題とはならない。海浜は施工前に比較してごみ等の投棄が少なく、海浜は漁船のアクセス、釣り、子供の遊びなどに活用されており、また悪臭や水質の改善が見られた。海浜の清掃及びモニタリングが、地元住民の参加により自主的に実施されている。これらの成果は、今後類似の海岸に適用されると考えられる。

非物理的実証事業は、海岸保全を関係者及び住民による合意形成を基に計画することを目的として実施した。対象とした海岸は「モ」国の南東に位置する Pte. d'Esny である。この海岸は背後が別荘や住宅、一部ホテルが位置し、過去の侵食や越波への対応として、借地人が建設した突堤や護岸が設置されている状況にある。また、海岸全体としては堆積であるが部分的に侵食が生じ、構造物の侵食への影響も想定されている。

課題としては、借地契約、セットバック、既存の構造物の効果と影響、海岸侵食の機構、海岸全体の保全と借地人の利害対立などがあり、これらに関する合意形成を図る必要があった。

海岸侵食の状況を基に、全体としての方向付けを行い、既設構造物の再配置と養浜を主体とした対策を提案し、関係者との協議を行った。地元住民との協議会を開催し、借地人それぞれの意見を考慮して、修正案を提示することを数回実施したが、全体の合意を得るには至らなかった。

合意形成の主要な問題は、既存の構造物撤去であり、撤去しても影響がないことを具体的に示すことが求められる。これに関しては、類似事例に関して、現地でのモニタリングを継続し、資料の集積を図り、理解を得ることが必要と考えられる。

技術移転

海岸保全に関する技術的能力向上のために、実務上必要となる工学知識の習得を目的として技術移転を実施した。本プロジェクトの実施に際し、現地調査、モニタリング、データ解析、課題分析、計画策定、実証事業の実施等を通じた OJT を主体とし、関連するガイドラインを策定し、合わせてワークショップ、セミナー、本邦研修、技術交流を組わせて実施した。また、「モ」国に必要な技術項目とレベルに適合するよう心掛けた。

技術ガイドラインは、海岸保全事業を実施する際に必要となる自然及び設計条件、保全施設の計画、設計、施工および維持管理、海浜及びサンゴモニタリング、水質分析、サンゴの移植、海岸保全事業に関する EIA のそれぞれについて策定した。

ワークショップは海岸保全計画の策定に際して、関係機関および住民の参加により、その内容の検討及び現地での確認等を実施した。また、セミナーにおいてはプロジェクト開始時の全体説明と、終了時にプロジェクトの成果を説明した。また、技術交流として、類似のプロジェクトを実施しているセーシェル国でのセミナーに参加し、「モ」国の状況を報告するとともに、関係者との議論を行った。

Chapter 1

序論

Introduction

1 序論

1.1 概要

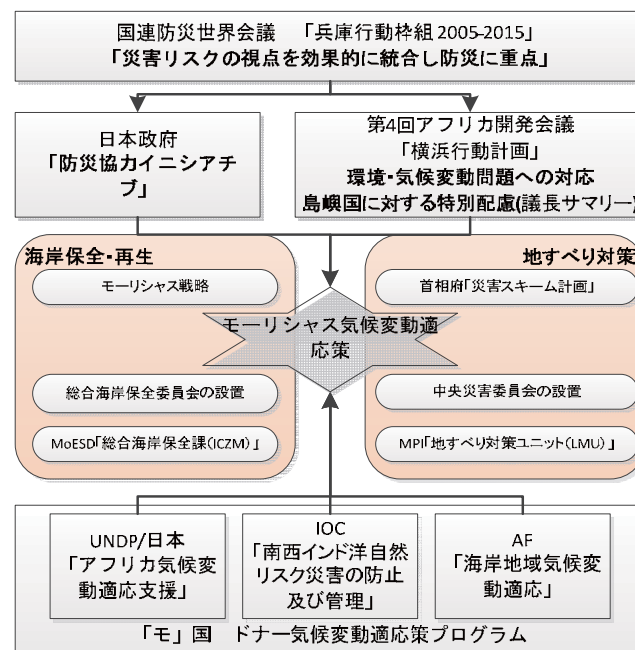
本プロジェクトはモーリシャス国(以下「モ」国)の海岸保全・再生に関する能力向上を図るため、環境・持続開発・災害・海浜管理省(Ministry of Environment, Sustainable Development, Disaster and Beach Management、以下 MOESDDBM と表記)と独立行政法人国際協力機構(Japanese International Cooperation Agency、以下 JICA と表記)との間で締結された協議議事録(M/M: Minutes of Meeting、以下 M/M と表記)に基づき開始された。

JICA は 16 名からなる海岸保全の調査・解析・設計・施工に係る専門家 (JICA Expert Team、以下 JET と表記) を派遣し、2012 年 5 月から調査を開始した。調査は MOESDDBM の職員からなるカウンターパート(Counterpart、以下 C/P と表記)との協力によって実施した。

本レポートはファイナル・レポート(Final Report、以降 FR と表記)であり、基礎調査、海岸保全計画、実証事業、技術移転の結果を述べている。

1.2 プロジェクトの背景

国連世界防災会議 (WCDR: World Conference on Disaster Reduction) 「兵庫行動枠組 (HFA: Hyogo Framework for Action)」で加盟国は「災害リスクの視点を効果的に統合し防災に重点をおく」ことを戦略目標とし、この枠組で 10 年間にわたる防災活動を行うこととなった。これを受け、日本政府は防災協カイニシアチブに重点をおき、かつ第 4 回アフリカ開発会議 (TICAD IV: Tokyo International Conference on African Development IV) 「横浜行動計画」で環境・気候変動問題への対応を優先事項とし、同会議「議長サマリー」においては、開発途上の島嶼国に対する特別な配慮につき言及した。(図 1.2.1 参照)



出典：JICA 調査団

図 1.2.1 「モ」国/日本/世界の気候変動適応策取組み

これらの環境・気候変動対策に関して表 1.2.1 に示すように、「モ」国は国家気候委員会を設立 (1990 年) し、国連気候変動枠組条約に沿って 1998 年には気候変動行動計画 (A Climate Change Action Plan) を策定した。その中で海岸保全・再生、サンゴ礁保護などが気候変動適応策の国家戦略として位置づけられ、政策の推進のため、2002 年に総合海岸域管理委員会(Integrated Coastal Zone Management [以下 ICZM と表記] Committee)が設立され、実施部隊として MOESDDBM 内に ICZM 課が設置された。

「モ」国は気候変動に対し脆弱であり、特に自然災害による海岸侵食が深刻化している。また、人間活動がサンゴ礁の生態系を悪化させている。これに対し「モ」国は科学的・技術的根拠に基づき、計画を策定し、実施したいと考えている。しかしながら国際機関や地元の関係者は、そのための必要な能力を有していない。これまでのところ、「モ」国は 1990 年代から表 1.2.1 に示すように、災害防止に取り組んできた。これに関連し、日本政府は「モ」国政府の要請による海岸保全と再生に関する技術協力を実施することに合意した。

表 1.2.1 「モ」国における海岸保全・再生の活動概要

西暦	海岸保全・再生
1990	国家気候委員会を設立
1998	「気候変動行動計画」作成(国家気候委員会)
2000	環境・持続開発省に総合海岸域管理課(ICZM課)設置
2002	総合海岸域管理委員会(ICZM Committee)設置
2003	海岸侵食現状把握及び対策策定のための調査開始(Baird, 2003) MOESDDBMのICZMによる海岸侵食対策の実施
2005	島嶼国の持続発展行動プログラムであるモーリシャス戦略を策定
2010	「モーリシャス戦略国別評価報告書」作成 ICZMの枠組み調査 環境に敏感な地域調査

出典：JICA 調査団

1.3 プロジェクトの目的

1.3.1 ゴール

本プロジェクトのゴールは「モ」国政府により実施される「海岸保全計画」を策定することである。

1.3.2 プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は次の通りである。

- 1) 基礎調査により、影響を受けている地域が明確になる。
- 2) モーリシャス本島の、海岸保全計画が作成される。
- 3) 対策を必要とする優先海岸が選定される。
- 4) 実証事業として、詳細調査、事業、モニタリングが実施される。
- 5) 海岸保全・再生に関する、関係政府機関の技術能力が、強化される。

1.3.3 プロジェクトの成果

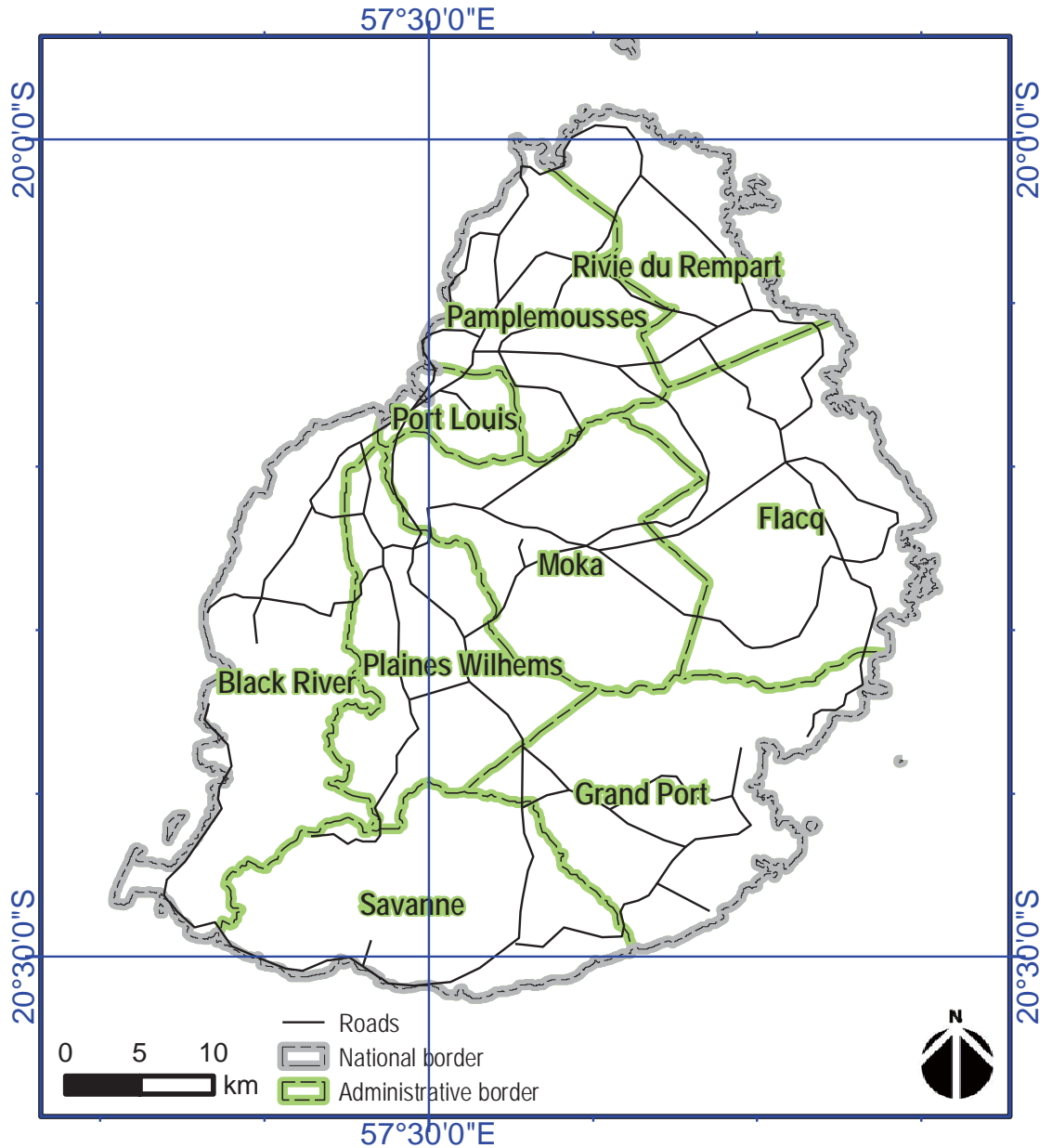
期待される成果は次の通りである。

- 1) 基礎調査により、侵食の影響を受けている地域が特定される。
- 2) モーリシャス本島の海岸保全計画が策定される。
- 3) 実証事業を通して、海岸保全計画の有効性が証明される。
- 4) MOESDDBM と関係機関職員の技術的能力が強化される。

1.4 プロジェクトの範囲

1.4.1 対象地域

プロジェクトの対象地域は、図 1.4.1に示すモーリシャス本島であり、ロドリゲス島に関しては技術移転を実施する。



出典：JICA 調査団

図 1.4.1 調査対象地域

1.4.2 カウンターパートと調査団

本プロジェクトのカウンターパート機関は MOESDDBM であり、C/P はその中の環境局、ICZM 課の職員からなる。

JET と C/P の名簿を表 1.4.1に示す。

表 1.4.1 調査団とC/Pの名簿

No.	調査団	専門	カウンターパート (MOESDDBM)
1	市川 建介	総括	Mr. Rajiv BEEDASSY Mr. Ramchurn SEENAUTH Mr. Luqman MAGHO Mrs. S R Nashreen Banu SOOGUN Mr. Amit JHEENGUT Ms. Henna RAMDOUR Mrs. Indramatee AULIAR Mrs. Sandhya JOWAHIR Ms. Sivajyodee Sannassy PILLY Mr. Anand DHOOMUN
2	橋本 宏	副総括/海岸保全計画	
3	大中 晋	海岸侵食対策/モニタリング	
4	伍井 稔	海岸地形変形解析	
5	遠藤 秀文	海岸空間管理	
6	鷲田 正樹	設計1(基本設計)	
7	藤田 知己	設計2(詳細設計)/積算	
8	白鳥 正裕	施工監理	
9	市川 真吾	参加型海岸管理/IEC	
10	櫻庭 雅明	自然条件調査/解析	
11	野島 哲	サンゴ礁保全	
12	高風 博行	経済/財政分析	
13	齋藤 公美/ 市川 真吾	組織/制度分析/キャパビル	
14	杉田 昌美	GIS/測量	
15	倉田 隆喜	水質管理/環境社会配慮	
16	吉田 悠	業務調整	
17	Ms. Shalina MUNGROO Mr. Nissar SUMODHEE	助手	

出典：JICA 調査団

1.5 実施項目と工程

1.5.1 実施項目

本プロジェクトはコンポーネント1「基礎調査」、コンポーネント2「海岸保全計画の策定」、コンポーネント3「実証事業の実施」及びコンポーネント4「海岸保全管理に係わる技術移転」からなる。

a. コンポーネント1 基礎調査

基礎調査は海岸域の現状と課題の把握を目的として、総合的海岸域管理に係わる政策、組織また自然及び社会経済条件、過去の海岸災害についての資料を収集するとともに、海岸線の変化を解析し、リスクを評価し、海岸保全に関する課題を抽出した。これらは次の項目からなる。

- 1) 基礎情報・資料の収集・整理・分析
- 2) 地形判読、水質・底質調査モニタリング
- 3) データ分析・解析
- 4) 現状及びリスクの把握
- 5) 海岸侵食およびサンゴ礁の衰退の影響を受けた地域の特定
- 6) 海岸環境データベースの構築

b. コンポーネント2 海岸保全計画策定

海岸保全計画の策定は基礎調査により抽出された課題を基に、海岸保全のための計画を策定するもので、次の項目からなる。

- 1) 海岸保全戦略の作成
- 2) 海岸保全・再生計画の作成
- 3) 海岸空間管理計画の作成
- 4) リーフ環境保全計画の作成
- 5) 海岸管理制度・体制計画の作成
- 6) IEC(情報・教育・コミュニケーション)計画の作成
- 7) 優先海岸の特定による実証事業対象地域の選定
- 8) 海岸保全計画の総合評価

c. コンポーネント3 実証事業の実施

実証事業の実施は海岸保全計画案の有効性、実施可能性の検証とフィードバック及び人材育成を目的として、優先海岸に対する実証事業及び継続的なモニタリングを実施するもので、次の項目からなる。

- 1) 詳細調査の実施

- 2) 物理的な対策の計画作成
- 3) 物理的な対策の実施
- 4) 非物理的な対策の計画作成
- 5) 非物理的な対策の実施
- 6) 実証事業のモニタリング・評価
- 7) 継続的なモニタリングの実施及び対策の提案

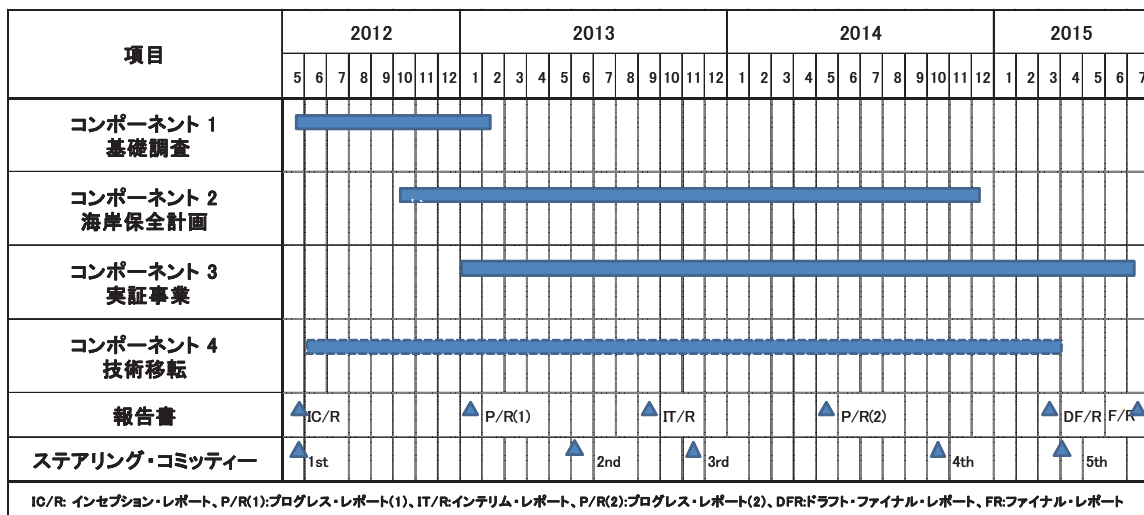
d. コンポーネント4 技術移転

海岸保全管理に係わる技術移転は、「モ」国の工学教育のレベルを勘案し、政府関係機関を対象に、実務上必要になる工学知識の習得を図るもので、次の項目からなる。

- 1) 海岸保全対策事業に関する技術ガイドラインの作成
- 2) 海浜変形のモニタリングに関する技術ガイドラインの作成
- 3) 海岸リーフ環境のモニタリングに関する技術ガイドラインの作成
- 4) 海岸保全事業に関する EIA ガイドラインの作成
- 5) ワークショップ・セミナー、本邦研修、技術交流の実施

1.5.2 実施工程

各コンポーネントの実施工程は図 1.5.1に示すとおりである。



出典：JICA 調査団

図 1.5.1 プロジェクト実施のフローチャート

Chapter 2

基礎調査

Basic Study

2 基礎調査

本プロジェクトは「モ」国の海岸が適切に保全されることを目標とし、海岸侵食等の影響を受けている海岸の明確化、海岸保全計画の策定、対策を必要とする優先海岸の選定と関連する実証事業を実施し、MOESDDBM 及び関係機関の能力向上を目的としている。

基礎調査は、これらの検討を実施するため、自然条件、社会経済条件、政策・法制・組織等の把握を行い、海岸侵食や海岸災害の実態を把握し、関連するサンゴ礁の水質及びサンゴの状況を調査し、影響を受けている海岸を特定し、課題を抽出するとともに結果を海岸環境データベースとして取りまとめるものである。下記 2.1 章に基礎調査結果の概要を、それ以降に各調査の結果の詳細を示す。

2.1 概要

基礎調査結果の概要を下表に取りまとめる。なお、各基礎調査項目の詳細は後述する。

表 2.1.1 基礎調査結果の概要

章番号	概要
2.2 自然条件	<p>(1) 地形・地質</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 地形：海岸線延長は322km、ラグーン面積は243km²、リーフ延長は150km。海岸形態は砂浜、礫浜、泥浜、湿地、崖、石灰質およびそれらの混合海岸から形成される。 ➤ 地質：北東部の一部は2万年以上前の溶岩質、その他は10万年以上前の溶岩質である。 <p>(2) 海岸地形</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 海岸地形：北部・西部のリーフ幅は100m～1km、東部は5kmを超える広いリーフが広がる。「モ」国の海岸地形はType A：狭いリーフの最新地層海岸、Type B：広いリーフの最新地層海岸、Type C：リーフの無い最新地層海岸、Type D：古地層海岸の4種類に分類されている。詳細は2.2.2を参照。 ➤ 底質特性：主な海岸での中央粒径(D50)は、Mon Choisy、Flic en Flac 及びPoint d’Esnyで0.2～0.34mm、Le Morneで0.5～0.8mm、Point aux Pimentで0.4～1.4mm。また、リーフ沖側での粒径はTrou aux Biches やLe Morneで中央粒径が0.5mm以上と養浜砂として利用できることが確認できた。 <p>(3) 気候</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 気象・降雨：熱帯気候に属し、11月～4月に降雨が多い。雨期と乾期の区分はないが、12月～5月で年間雨量の2/3を占める。 ➤ 風況：11月～2月はENE～SSE、5月～8月はSSEの風が卓越する。 ➤ サイクロン：サイクロンは12月～3月の期間に多く来襲する。これまで特に規模の大きいサイクロンは、1960年のAlix、Carol、1975年のGervaise、1994年のHollanda、2002年のDinaが挙げられる。 ➤ 海象：潮位は半日周期であり、平均潮位は1～3月で高く、5月～10月で低い傾向にある。過去30年間のPort Louisでの潮位観測では3.9mm/年の海面上昇傾向となっている。平均的な有義波は主にSSW～ESE方向の夏季で1.5～2.5m、冬季で2.5～3.5mである。リーフ内の有義波高は0.3m程度。水深(d)と波高(H)の関係は$H=0.07\sim 0.09d$である。Pte. d’Esnyでのリーフ内の流れは10cm/s以下である。

章番号	概要
2.3 社会経済状況、政策、法制、組織	(1) 社会経済状況 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 経済状況：GDPの伸び率は6%で、製造業が全体の16%を占め、観光産業は6%である。 ➤ 観光産業：観光客の伸び率は約4%、年間の観光客数は104万人(2014年)。ホテル数は112で、その内客室80を超えるホテルは53軒で、総ベッド数の75%を占める。 ➤ 財政状況：MOESDDBMの2013年度の予算は約5億7千万ルピーで、その内、環境保護・保全に対する予算は約2億ルピーである。2014から2016年にかけて職員人件費の増額が見込まれている。 ➤ 経済評価：2013年の観光収入額は405億ルピーとGDPの12%を占める。その割合は年々増加している。沿岸域の土地利用は23%が農地、ついでバンガロー、ホテルとなっている。 (2) 政策、法制、組織 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 国家政策：国家発展戦略および国家環境政策の中で、総合的海岸管理に関わる国家目標が掲げられている。 ➤ 法制度：①沿岸域の定義、②沿岸域の土地所有権、③沿岸域の分類、④沿岸域におけるセットバック規制、⑤海岸背後の構造物規制、⑥環境影響評価の手続きなどの法規が規定されている。 ➤ 組織：総合的海岸管理については、25の府省から構成されている。基礎調査、海岸保全計画、設計・施工、海岸管理・モニタリングによって、詳細に役割分担が設定されている。
2.4 過去の海岸災害と対策	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 海岸災害：これまで来襲したサイクロンの中で、甚大な災害に至ったものとしては、Carol(1960)、Hollanda(1994)、Dina(2002)が挙げられる。 ➤ 海岸構造物の変遷：1960年以降の海岸構造物の変遷としては、1960年～1993年で小規模構造物、1994年～2003年で蛇籠、2003年～2013年で巨石護岸である。
2.5 海岸特性・変化解析	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 空中写真による侵食把握：解析に使用した空中写真は、1967年、1975年、1991年、1997-1999年、2008年、2012年である。2008年および2012年は衛星写真、その他は航空写真である。 ➤ 方法：GISを活用した空中写真の地形判読 ➤ 結果：長期的な海岸侵食は17%、安定海岸は59%、堆積海岸は23%である。0.2m/年以上の長期的な侵食を示しているのは18海岸である。短期的な変動の平均値は0.5m/年である。 ➤ 考察：全般的には長期的な変化よりも短期的な変動が大きく、サイクロンによる地形変化の影響が顕著であると考えられる。
2.6 リーフ環境	(1) 水質環境 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 水質モニタリングの現状：水質モニタリングは、ラグーン内がアルビオン水産研究所(AFRC)、表流水(河川、池等)が環境省国立環境実験所(NEL)、下水処理水が排水管理庁(WMA)、飲料用井戸水が中央水庁(CWA)で行われている。ラグーン内で水質汚濁が著しい海岸は、2007年以降でPointe aux Sables、Albion、Bird Sanctuary、Riviere Noireで、特に対象海岸でもあるPointe aux Sablesで大腸菌濃度が著しく高い。

章番号	概要
	<p>➤ 本プロジェクトでの水質調査：砂浜が存在しリーフおよび将来的に観光開発が想定される8海岸において水質調査を行った。その結果、ラグーン内では濁度、クロロフィルa、窒素、リンの濃度が高くなるにつれて、サンゴの被度が低下する。背後地の河川や湿地帯からの窒素、リンの流入負荷が大きく起因していると考えられる。これより、流入負荷の削減対策、富栄養化対策がリーフ環境保全で重要である。</p> <p>(2) サンゴ環境</p> <p>➤ サンゴの現状調査：スポット・チェック法により、50箇所においてサンゴの調査を行った。その結果、生きたサンゴの被度は44地点の平均で27%とサンゴ礁の評価基準では不良と評価。透明度とサンゴの被度は正の関係に有り、シルト分の堆積との関係は負の関係。平均被度は2000年の51%に比べ、2010年で19%と著しく低下。</p> <p>➤ サンゴ礁における現状と課題：主な問題としては、礁湖・礁池内での①サンゴの長期的な減少傾向、②サンゴ礁への稚サンゴ加入量の低下、③かつて占有していた卓上サンゴの急減、④いくつかの種の地域的消滅、⑤2003、2004、2009年の度重なる白化現象、⑥富栄養化、⑦夏季の微小藻類の異常発生、⑧シルト分の堆積、⑨透明度の低下、⑩地引き網漁が挙げられる。</p>
2.7 住民意識	<p>➤ アンケート調査の主な内容：①過去のサイクロンによる海岸域の被害実態把握、②長期的な海岸の侵食傾向、③将来の気候変動に伴って起こりうる海岸災害に対する意識、④気候変動に伴う海岸災害に対する望ましい対応策、⑤望ましい海岸保全施設と海岸保全対策に対する支払い意志</p> <p>➤ アンケートの主な結果：①全体的に大きな規模の侵食は認識されていない、②海岸保全対策に対する支払い意志は1/4程度、③防護面だけでなく環境面の意識の高さを確認、④ハード構造物による保全対策が5割、養浜が3割など</p>
2.8 海岸環境データベース	<p>➤ 既存データベース：既存データはいくつかの座標系で作成されていることから、WGS84、UTM座標、ゾーン40Sに統一した。既存のデータとしては、行政区域図、インフラデータ、地質図、土壌図、土地利用図、マングローブ分布図、等高線、各種観測地点、自然保護区域図、海浜公園区域図などがある。</p> <p>➤ 本調査での新たなGIS化：13の対象海岸において、1967、1975、1991年および1997年～2000年の航空写真、2008年、2011～2012年の衛星データを用い、幾何補正および海岸線データの作成を行った。このデータに基づき、各海岸の土砂収支の検討を行っている。</p>

出典：JICA調査団

2.2 自然条件

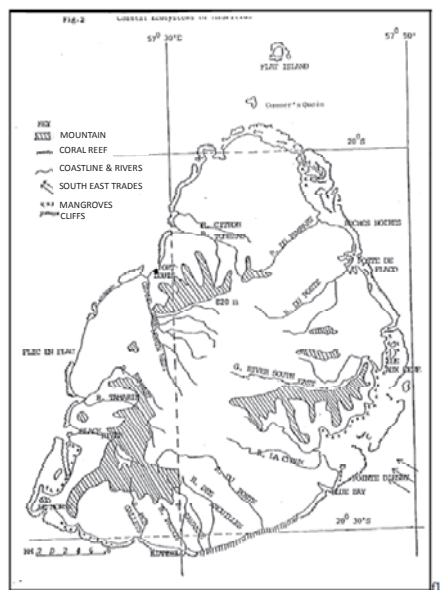
2.2.1 地形・地質

a. 地形

「モ」国は、南緯 20°、東経 57° に位置するマダガスカルから 800km 南東にあるインド洋に面した火山島である。島の面積は 1,860km²、最大の南北延長は 60km、東西延長は 50km、最大標高は 817m、島内に約 50 の河川がある。離島を含めた全海岸線延長は約 496km である。海岸線から 20km 沖合までには水深 3,000m を超えるような大陸棚は存在しないモーリシャス本島における海岸線延長は 322km、ラグーン（リーフで囲まれた沿岸海域）の面積は 243km²、リーフの延長は 150km である。また、一部の河口域周辺にはマングローブを有し、その面積は 14 km² である。モーリシャス島における海岸形態は、砂浜、礫浜、泥浜、湿地、崖、石灰質海岸およびそれらの混合海岸から成っており、非常に多様性に富んだ海岸形態を示している。

b. 地質

「モ」国の地質図を図 2.2.1 に示す。「モ」国は、1000 万～600 万年前が火山の活動期であり、その後静穏と活動を繰り返した地形である。南西部の沿岸は、700 万年以上前の溶岩質であり、北東部の一部は、2 万年以上前の溶岩質、そのほかは 10 万年以上前の溶岩によるものが占める。



海岸地形



地質

出典：IOC-UNEP-WMO-SAREC, Planning Workshop on An Integrated Approach to Coastal Erosion, Sea Level Changes and Their Impacts

出典：Mauritius A Geomorphological Analysis

図 2.2.1 「モ」国における海岸地形および地質

2.2.2 海岸地形

a. 海岸の種類と地形

図 2.2.2は「モ」国の代表地点での海岸写真を示す。「モ」国は海底火山の隆起によってできた火山島であるが、海岸部の大部分は、図 2.2.2の北部や西部に見られるようなサンゴ起源の堆積物で形成されている。北部および西部のリーフ幅は、一部を除いて100～1km以下である。一方東部の海岸は、北部や西部に比べてリーフ幅が広く、リーフ幅が5kmを超えるような海岸もある。そのような海岸では、シルトや腐植土、一部礫で構成されている海岸も見られる。南部では、南西部の一部を除いてサンゴ礁は見られず、岩礁海岸が支配的である。また一部で礫海岸も見られる。

サンゴ砂の主要な供給源としては、礁縁において高波浪により破壊されたサンゴおよびサンゴ礫と考えられ、これがリーフ内を移動し海浜を形成しているものと考えられる。



北部：Pte. aux Cannoniers



南部：Reviere des Galets



西部：Flic en Flac



東部：Grand Sable

出典：JICA調査団

図 2.2.2 「モ」国の典型的な海岸地形

海岸侵食とその対策に関連し、海浜地形解析等の基礎調査を実施するために、「モ」国の海岸特性を分類し、20の基礎調査海岸を選定した。海岸侵食を考慮した「モ」国における海岸は、その地質、地形特性から次の4種類に分類される。(Saddul, Prem: Mauritius, A Geomorphological Analysis, Mahatma Gandhi Institute, Rev. 2002)

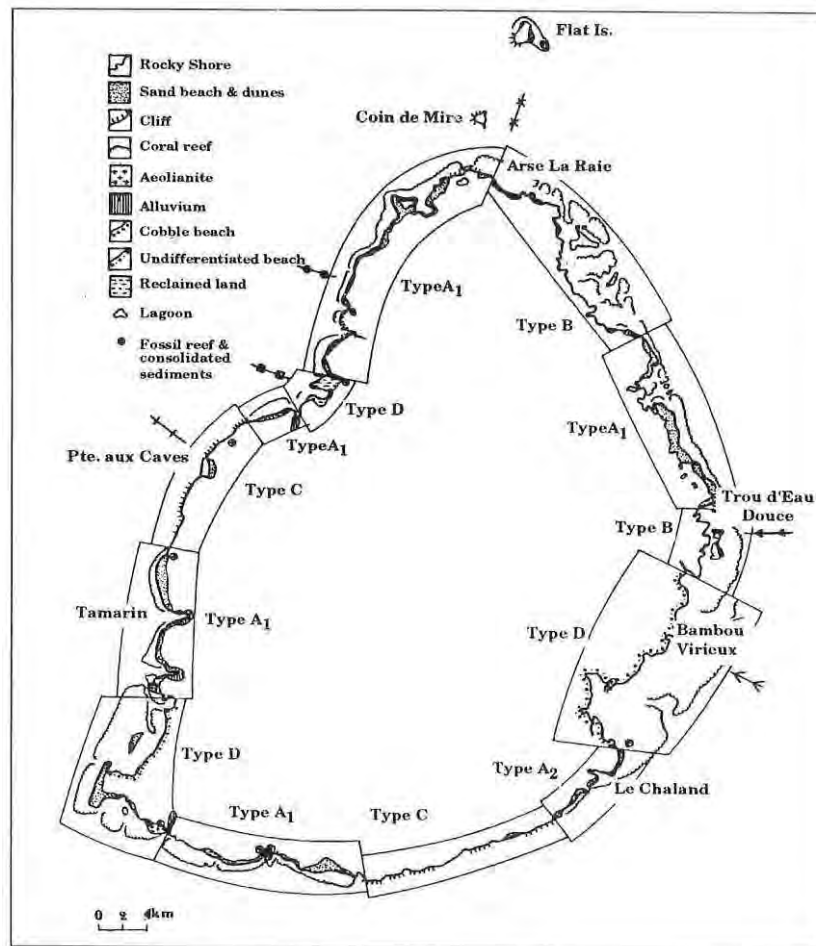
Type A: 狭いリーフの最新地層海岸(Type A1 と Type A2 を含む)

Type B: 広いリーフの最新地層海岸

Type C: リーフの無い最新地層海岸

Type D: 古地層海岸

これらの海岸の配置を図 2.2.3に、地質及び地形特性を含めた自然条件、利用等の社会環境条件、海岸侵食問題、事例海岸を取りまとめた結果を表 2.2.1に示す。



出典: Saddul, P.: Mauritius, A Geomorphological Analysis, Mahatma Gandhi Institute, rev. 2002)

図 2.2.3 海岸分類

表 2.2.1 「モ」国の海岸分類

項目	説明
分類	Type A: 狭いリーフの最新地層海岸
自然条件	幅1km以下のリーフで、波の作用により生産され、運搬されたサンゴ砂から海浜は形成されている。砕波により生じた海浜流により岸方向及び沿岸方向に砂が輸送される。
社会経済条件	砂浜は重要な観光資源であり、北、北東及び西海岸においては、海水浴やボートによる活動が行われ、またホテル、レストラン、バンガロー、土産物店が存在する。南の海岸は自然状態が保たれているが、将来の開発による環境への負荷が懸念される。
海岸侵食問題	基本的に海浜砂はリーフから供給され、全体としては増加している。しかし、来襲波の季節変化があり、ある海岸の侵食と隣接する他の海岸の堆積をもたらす。また、サイクロンが沖方向漂砂による侵食をもたらす。海岸構造物や砂採取が侵食問題を発生させる。
事例海岸	Baie de Tombeau から Cap Malheureux、Points Roches Noires から Trou d'Edau Douce、Pte. d'Esny から Ilot Brocus、Petite Riviere Noire Bay から Flic en Flac、Pionte aux Sables

項目	説明
分類	Type B: 広いリーフの最新地層海岸
自然条件	一般に海岸には砂浜が存在せず、玄武岩の玉石が頻繁にみられる。砂浜はPoudre d'Orのように稀な場所にしか無い。リーフは海岸から2から5km沖に存在する。
社会経済条件	海岸に沿ってはホテルやバンガローが存在している。
海岸侵食問題	基本的に底質移動が少ないことから海岸侵食の問題は少ない。
事例海岸	Cap Malheureux から Roches Noires、GRSE から Trou d'Edau Douce

項目	説明
分類	Type C: リーフの無い最新地層海岸
自然条件	海岸は崖で、前面に波で削られた平地があり、リーフは存在しない。通常、崖の高さは約30mである。
社会経済条件	崖の上はサトウキビ畑が展開されている。ある場所では住宅開発が行われている。
海岸侵食問題	崖は浸透水による風化と、波による侵食を受けている。しかし、砂浜海岸に比較して、その速度は小さい。
事例海岸	Le Souffleru から Souillac、Albion Bayの南と北

項目	説明
分類	Type D: 古地層海岸
自然条件	広いリーフが5 km以上広がり、岸から離れた沖に底質が堆積し、サンゴ礁をはるか沖へ押しやっている。海岸には砂浜は存在しない。石灰質の砂は深い水路に堆積し、海岸への到達が妨げられている。
社会経済条件	海岸に沿って道路が走っている。
海岸侵食問題	基本的に海岸侵食の問題は無い。しかし、海岸道路の高さが低い場合、将来越波の問題が生じると考えられる。
事例海岸	GRSE から Mahebourg、Baie du Cap から Petite Riviere Noire Bay、GRNWから Riviere Terre Rouge

出典：JICA調査団

b. 底質特性

「モ」国の海岸は、地域別の海岸の地形・地質について分類されているが、海岸地形と底質の関係については調査されていない。そこで本調査において、いくつかの代表海岸にて底質調査を行い、海岸特性との関係を検討した。底質調査は、以下の3つの目的で行われた。

- ① 海浜部における粒径と海浜勾配との関係を調べ、モーリシャスにおける養浜計画・設計に対する基礎情報を得る。
- ② ラグーン内での岸沖方向の底質分布特性を調べ、サンゴ礁海岸におけるリーフ上の砂の移動特性を調べる。
- ③ リーフギャップ周辺でのリーフ外の底質状況を調べ、養浜砂への適用の可能性を検討する。

それぞれの調査、目的および対象海岸を以下に示す。

表 2.2.2 底質調査の方法・目的

調査分類	目的	対象海岸
Item1 : 海岸の勾配および底質の調査	海浜勾配の基本的な情報を把握するとともに、現地底質材料と海底勾配の関係について検討する。サンプリング地点での簡易的な縦断測量（浜勾配の計測）を行う。	Mon Choisy Pte. aux Piments Flic en Flac Le Morne Pte. d'Esny
Item2 : ラグーン内における底質の調査	リーフエッジから海岸付近に至る岸沖方向でのリーフ上における底質サンプリングおよび粒度解析を行う。1 海岸当たり 2 ライン程度を設け、各ライン上でリーフエッジ付近から海浜部付近に至る 4~5 点で底質採取を行う。	Grand Sable Le Morne Albion
Item3 : リーフギャップ周辺における底質の調査	リーフ外における底質の状況を確認して、養浜砂への適用性の可能性を考察する。	Grand Sable Flic en Flac Trou aux Biches Le Morne Albion

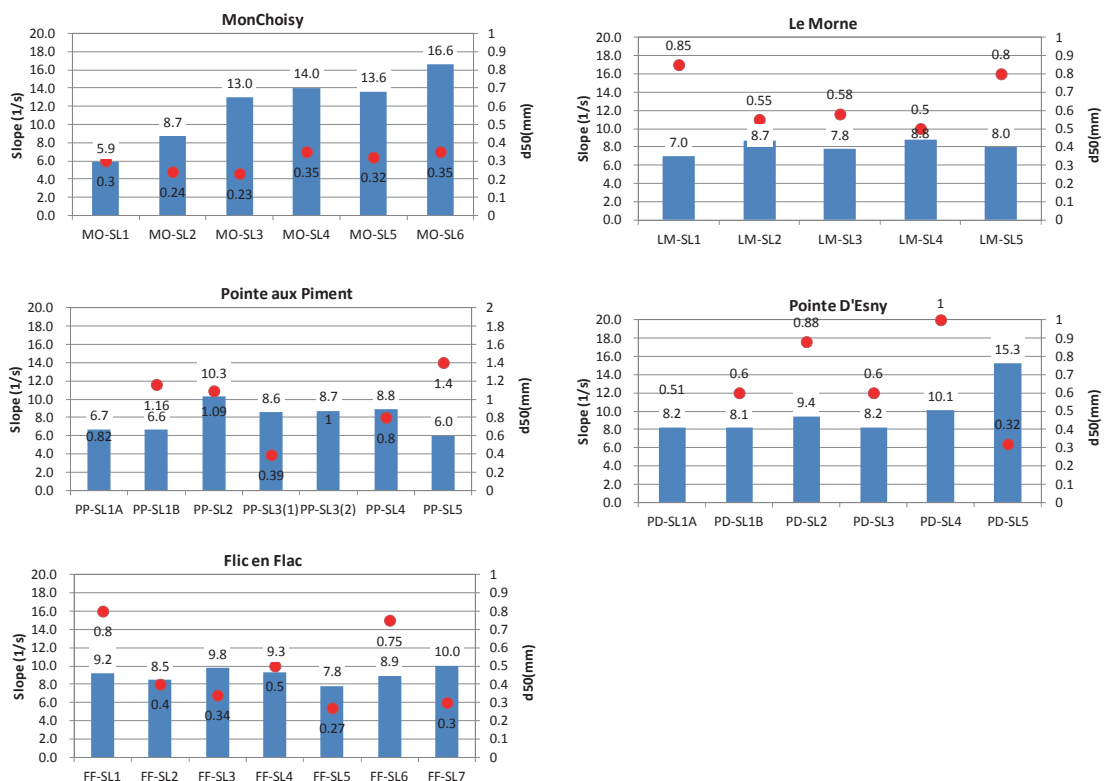
出典：JICA調査団

前浜勾配の特徴（図 2.2.4参照）

- ① Mon Coisy については、北に向かうにつれて勾配が緩やかになっている。北側が安定な勾配に近づくことを踏まえると漂砂の方向は北向きであると考えられる。
- ② Pointe aux Pimente および Le Morne は場所により大きな差はない。概ね 1/7 程度となる。Flic en Flac も沿岸方向に差は見られないが、概ね 1/10 程度である。他の海岸に比べて比較的勾配が緩い。
- ③ Pte. d'Esny についても北側に向かうにつれて勾配が緩やかになる傾向である。Mon Choisy に比べてその傾向は小さいが、細かい砂の成分が輸送されていると考えられる。

前浜における粒径分布の特徴 (図 2.2.4参照)

- ① Mon Choisy、Flic en Flac 及び Point d'Esny については中央粒径が 0.2~0.34mm 程度であり、モ国の中では細かい砂が分布する海岸である。
- ② Le Morne はは 0.5~0.8mm 程度である。沿岸方向に特に大きな変化は見られていないが、北側が若干粗い成分になる。
- ③ Pointe aux Piment は粒径にばらつきが見られるが、中央粒径で 0.4~1.4mm 程度である。沿岸漂砂の移動により粒径が変化する傾向は見られない。

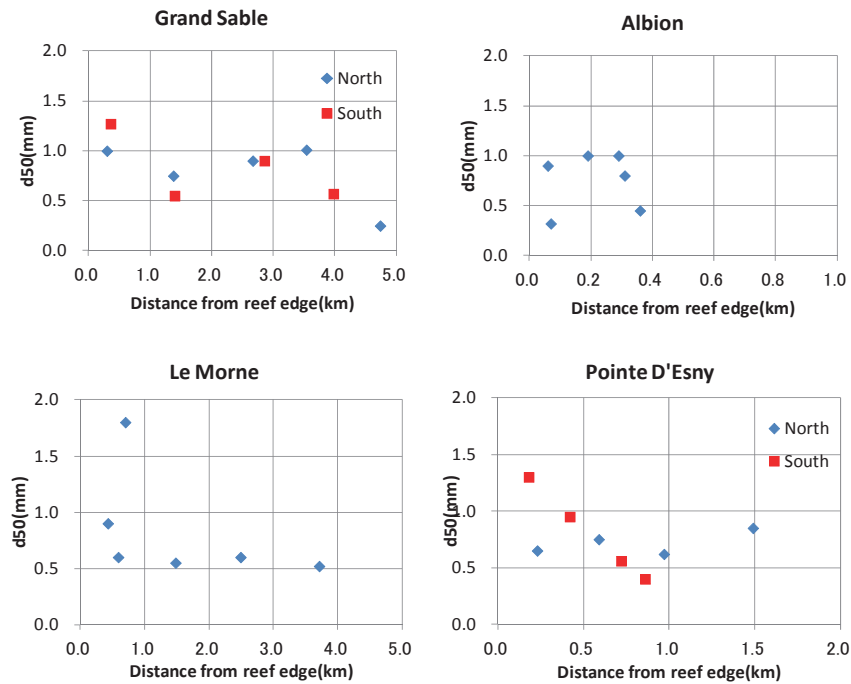


出典：JICA調査団

図 2.2.4 前浜勾配と粒径の関係

リーフ幅、距離と粒径の関係 (図 2.2.5参照)

- ① Grand Sable はリーフ幅が約 5km であり、ほぼ一様幅である。南北地点ともリーフエッジからの距離が大きくなるに従って、粒径が小さくなる傾向である。リーフエッジから 4km 程度離れた地点で若干粒径が大きくなるが、ここは南北方向に水路があり、その移動の影響により、一部粒径に変化が生じていると考えられる。
- ② Pte. d'Esny は、北側でリーフ幅が 2km 程度、南側で 0.5km 程度と変化している。南側はリーフエッジから遠くなると粒径が半分以下になるが、北側ではこの傾向は見られない。これは、沖側の波が砕波して伝播する距離が違うため、粒径の変化に違いが見られたものと考えられることができる。
- ③ Le Morne および Albion は距離による大きな違いはあまり見られない。Le Morne にわずかに距離により粒径が小さくなる傾向となる。



出典：JICA調査団

図 2.2.5 リーフエッジからの距離と粒径の関係

リーフ沖側における粒径の特徴：

リーフ沖側の調査結果より、場所により粒径が異なる結果となった。また、場所により（例えば Flic en Flac や Mon Choisy）底質採取ができない箇所があった。養浜砂として適していると考えられる中央粒径が 0.5mm を越える地点は、調査地点では限られた場所であり、Le Morne の 1 地点および Trou aux Biches の 1 地点であった。

リーフ沖側における底質採取の結果より、中央粒径 0.3mm 以上の砂が多く採取できる地点および 0.3mm 以下の砂もしくは全く採取できない地点に分類すると図 2.2.6 のような結果となった。Trou aux Biches および Le Morne の沖合では比較的粗い（中央粒径 0.5mm 程度）ものが採取できる地点もあり、養浜砂として利用できる場所であることが確認できた。



出典：Google map をベースに JICA 調査団が加工

図 2.2.6 底質採取地点と養浜砂として可能性の分類

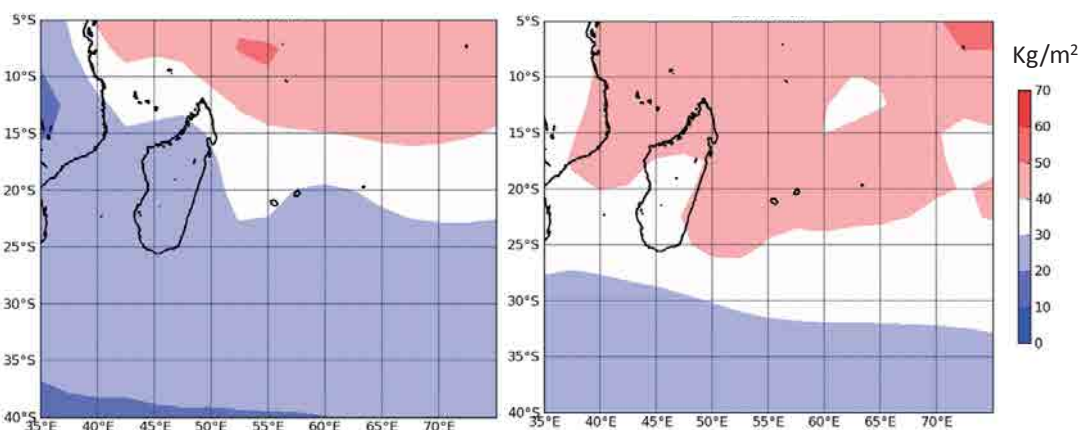
2.2.3 気象

「モ」国は南回帰線の近くに位置し、熱帯気候に属する。季節は二つある。11月から4月までが暖かく湿った夏であり、夏の平均気温は24.7℃である。6月から9月が比較的涼しい乾燥した冬であり、冬の平均気温は20.4℃である。季節間の平均気温の差はわずかに4.3℃である。最も暖かい月は1月と2月であり、日最高気温の平均は29.2℃に達する。一方、最も寒い月は7月と8月で、夜間の最低気温の平均が16.4℃まで下がる。年間降水量は海岸沿いの900ミリメートルから中央高原の1500ミリメートルの範囲である。顕著な雨季はないが、降雨のほとんどは夏の数ヶ月に起こる。ラグーンの水体温は22℃から27℃の間である。中央高原は、周囲の沿岸域よりも涼しく、また雨量は沿岸域の二倍になる場所もある。マスカリン高気圧由来の南東貿易風が卓越し、島の東側は他の地域と比べると低温かつ雨になりがち傾向にある。また、島の両側で気温や降水量が著しく違う場合もある。時折襲来する熱帯低気圧は、一般的には1月から3月の間に発生し、この地域には約3日間だけ悪天をもたらすほか、多くの雨をもたらす傾向がある。

a. 気象・降雨

「モ」国は南緯20度付近に位置しており、熱帯気候に属する地域である。11～4月に降雨が多く、その後降雨量は少なくなる。この傾向を確認するために、「モ」国周辺における可降水量（単位気柱に含まれる水蒸気が全部凝結したと仮定したときの水の量）の分布を整理した。図2.2.7に「モ」国周辺広域（35度四方）の6月と12月の可降水量の分布（1980～2000年の平均値、NCEP(National Centers for Environmental Prediction)/NCAR(National Center for Atmospheric Research)再解析値）を示す。この結果、6月の可降水量は30kg/m²前後に対して、12月は40～50kg/m²となっており、降雨を起こす可能性が高いことがわかる。

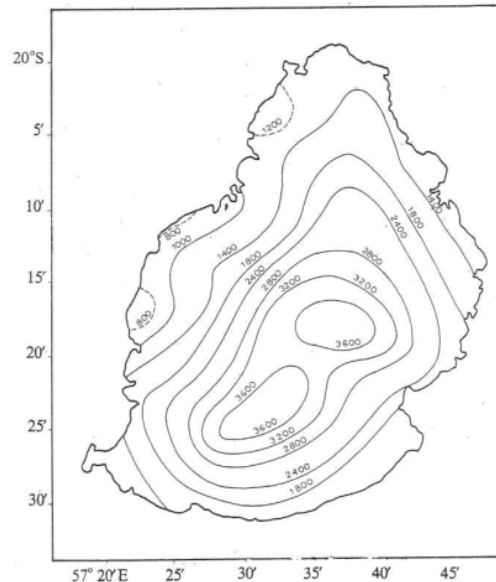
「モ」国の月平均降雨量を図2.2.8に示す。「モ」国は雨期と乾期の明確な区分はないが、降雨は暖候期である12～5月に年間雨量の2/3を占める。10月頃が最も降雨が少なく最も降雨が多いのが3月となっている。図2.2.8は、年間の降雨の分布を示したものである（1951～1980年の平均）。図より、山岳部と沿岸部での年間降雨量は3倍以上異なっている。



出典：NCEP/NCAR再解析値からJICA調査団が作成

図 2.2.7 「モ」国における月間降雨量の平均値(1979～2013年)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Year
mm	295	280	309	216	161	140	133	124	83	74	101	206	2122
% of annual	13.9	12.2	14.5	10.2	7.6	6.6	6.3	5.7	3.9	3.5	4.7	9.7	100



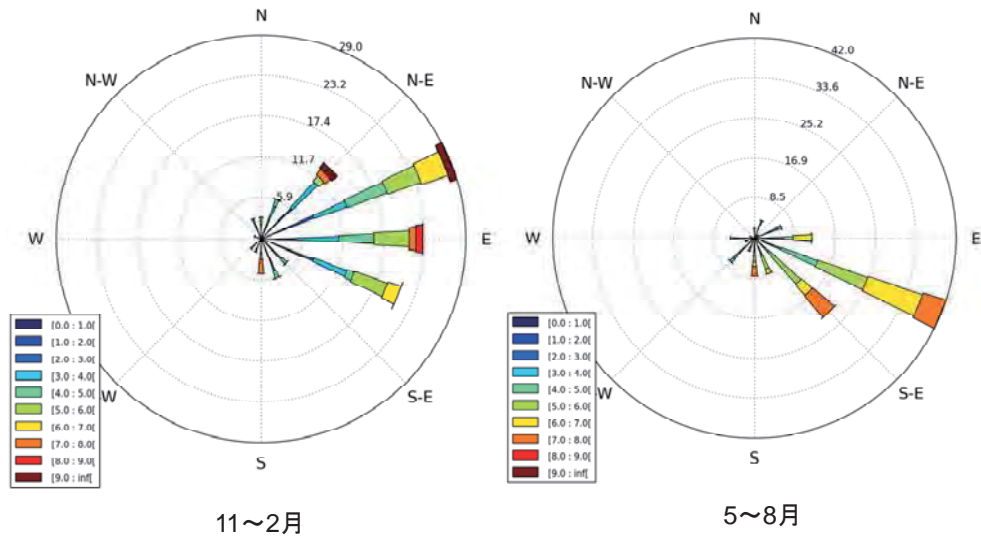
出典：Weather and Climate in Mauritius

図 2.2.8 「モ」国の平均降水量の月変化および分布

b. 風況

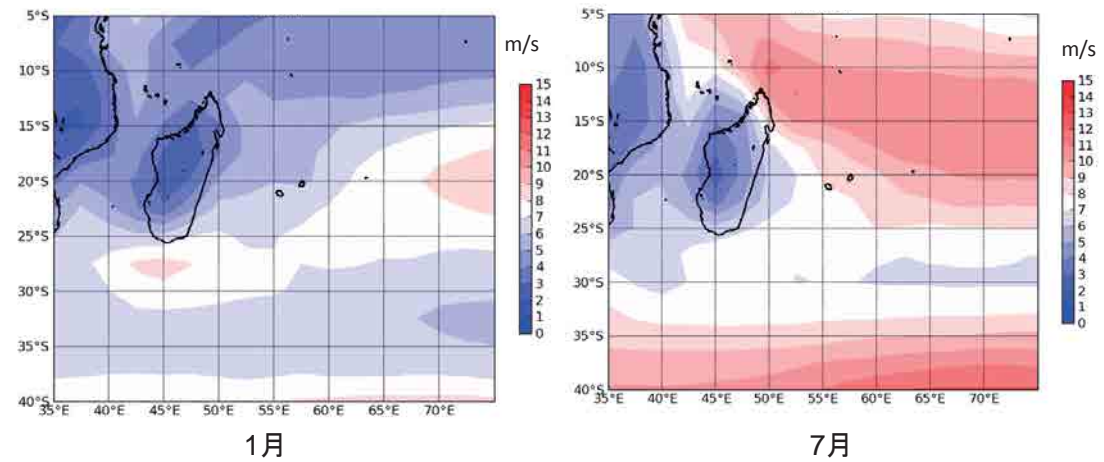
「モ」国は、夏場にサイクロンが頻繁に来襲する地域であり、冬場は南東貿易風が卓越する。図 2.2.9に Plaisance 観測所における 2013 年の風速風向の頻度分布図 (Wind rose) を示す。冬場 (11~2 月) は ENE~SSE の方向における風が卓越する。特に、ENE 寄りから来る風については風速が大きいため、サイクロンの影響によるものと考えられる。夏場 (5~8 月) については SSE 寄りの風が卓越する。これは南東貿易風の影響による風である。また、この時期は夏よりも全体的に大きな風速の頻度が多いことがわかる。また、南東貿易風の影響については、モーリシャス周辺のインド洋全体で生じている。図 2.2.10 に 1980~2000 年における風速の月平均値の 1 月と 7 月および、図 2.2.11 に 2002 年における同時期の風速分布の例を示す。この結果を見ると、冬場の風速は平均 10m/s 以上となり、夏場は 5~6m/s 程度となる。また、風向についても 6 月は南東貿易風の卓越が見られるが、12 月はほとんど見られず風速も小さい。この結果より季節的な変動として以下のことがいえる。

- 5~8 月を中心とした冬場は、南東貿易風が卓越する。特に、風向は東南東寄りが卓越するため、「モ」国南東部の風速が大きくなる。
- 12~2 月を中心とした夏場は、南東貿易風の影響が少なくなり、全体的に風速は小さくなる。
- 但し、上記の時期はサイクロンが来襲する時期である。サイクロンの経路によるが、「モ」国に来襲した場合は大きな風速となることがある。



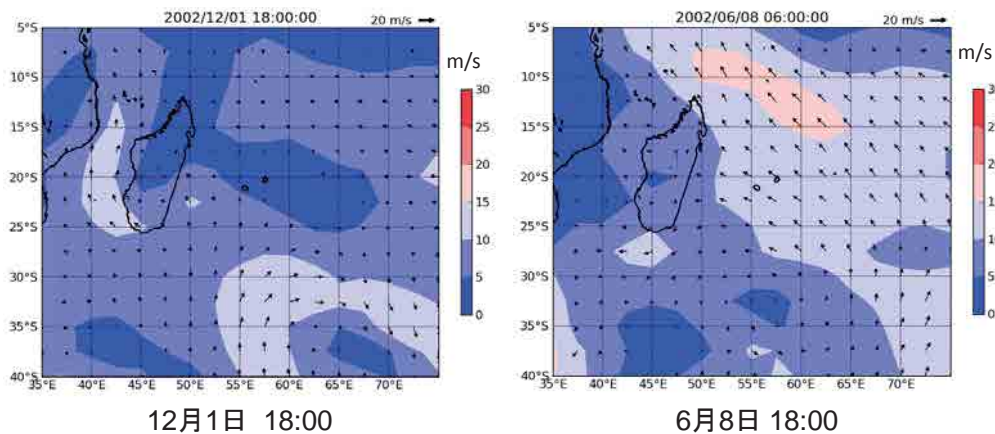
出典：Mauritius Meteorological Service のデータからJICA調査団が作成

図 2.2.9 「モ」国における風向・風速の頻度(風配図) (Plaisance,2013 年)



出典：NCEP/NCAR再解析値からJICA調査団が作成

図 2.2.10 1981～2010 年における平均風速の分布



出典：NCEP/NCAR再解析値からJICA調査団が作成

図 2.2.11 2002 年任意期間における風速・風速ベクトルの分布

c. サイクロン(極値特性および頻度)

「モ」国は、南東貿易風の影響下にあり、熱帯性気候に属する。5～11月は冬季(乾季)、11～5月は夏季(雨季)となっている。また、「モ」国に影響を及ぼす熱帯性のサイクロンは、通常緯度 30° S から 60° S の南インド洋の中緯度帯で発生する。「モ」国はサイクロンの通過する地域にあり、これまで多くのサイクロンが来襲して沿岸に被害を与えてきたと考えられる。特に年間を通して 12～3 月頃はサイクロンが多く来襲する。過去の代表的なサイクロンの来襲時期、最大風速および気圧は表 2.2.3 に示すとおりである。これらのサイクロンのうち、1960 年には Alix, Carol、1975 年に Gervaise、1994 年の Hollanda、2002 年 Dina の規模が大きい。

サイクロンは強い風と気圧降下を伴い来襲するため、高波及び高潮が発生する可能性が高い。また、高波は海岸侵食および沿岸部での越波の被害の直接的な外力となる。海岸侵食、越波の外力となるサイクロンの来襲頻度がどの程度であるかを把握するために、サイクロンの頻度特性の解析を行った。サイクロンの経路に関する情報は JTWC(Joint Typhoon Warning Center)のベストトラックアーカイブ (Southern Hemisphere (1945-2012)) をインターネットからダウンロードし、経路図を作成した。図 2.2.12 に一例として 1995～2004 年 10 年間の経路図を作成した例を示す。これらの経路のうち、「モ」国中心から 100km, 300km および 500km 圏内となるサイクロンを抽出して、年間頻度を求めた。

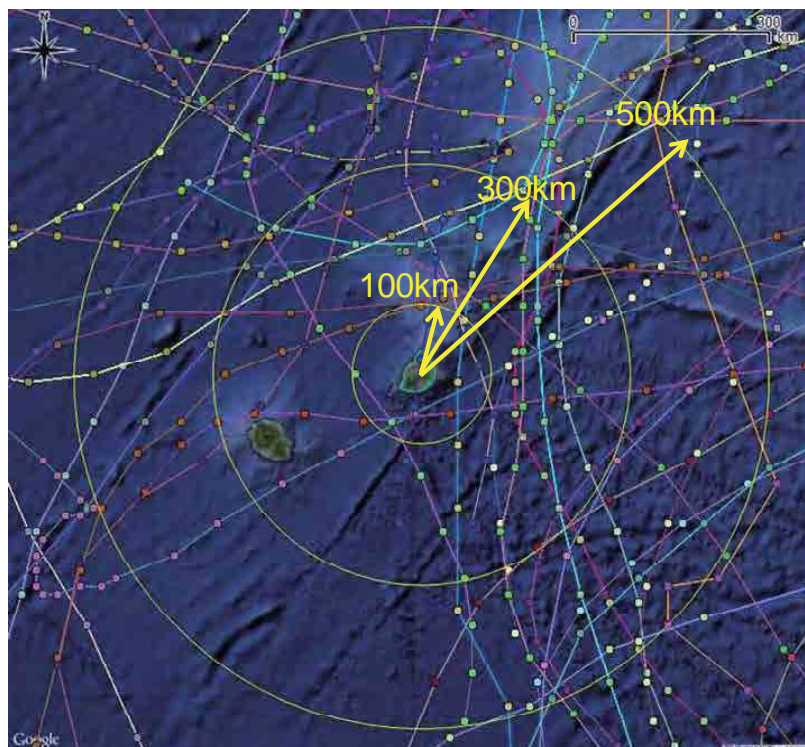
図 2.2.13 に 1945～2012 年における各半径圏内のサイクロンの発生頻度を示す。なお、この結果に代表的なサイクロンの位置を示している。この頻度より、500km、300km および 100km 圏内に 1 年間あたり通過するサイクロンの数は、平均して 3.3, 1.9 および 0.5 となった。これは半径 100km 圏内にサイクロンが平均して 2 年に 1 回来襲すると考えられる頻度である。また、代表的なサイクロンの発生間隔にばらつきはあるが、概ね 10～15 年程度となっている。なお、2002 年以降規模の大きなサイクロンは来襲していないため、発生頻度としては今後近いうちにサイクロンが来襲する可能性があると考えられる。

次にサイクロンの規模が「モ」国の周辺のどの付近で大きくなるかを解析した。中心気圧が判断できる 1980 年以降のサイクロンに対して、中心気圧が最低値になる箇所が「モ」国の南北どの程度であるかをプロットした。図 2.2.14 にその頻度分布を示す。この結果より、ほとんどのサイクロンが「モ」国の北側で勢力が最大となることがわかる。サイクロンは南緯 5～10° 付近で発生し、そのまま南下しながら勢力を増して、「モ」国付近で勢力の変曲点となるケースが多い。但し、サイクロンは規模や経路に相違があることから、かならずしもこのようにならないこともある。1960 年の Carol や 1994 年の Hollanda は「モ」国を通過している間も勢力が大きい状態が続いたものと考えられる。なお、典型的な北側で勢力が大きくなるサイクロンの経路と気圧の分布を図 2.2.15 に示す。サイクロンは北側で大きいのが典型的なパターンであるが、サイクロンの風速場の半径の影響により、北側だけでなく「モ」国沿岸全体が高波になることも考えられる。

表 2.2.3 来襲した代表的なサイクロン(赤字は規模の大きいものを示す)

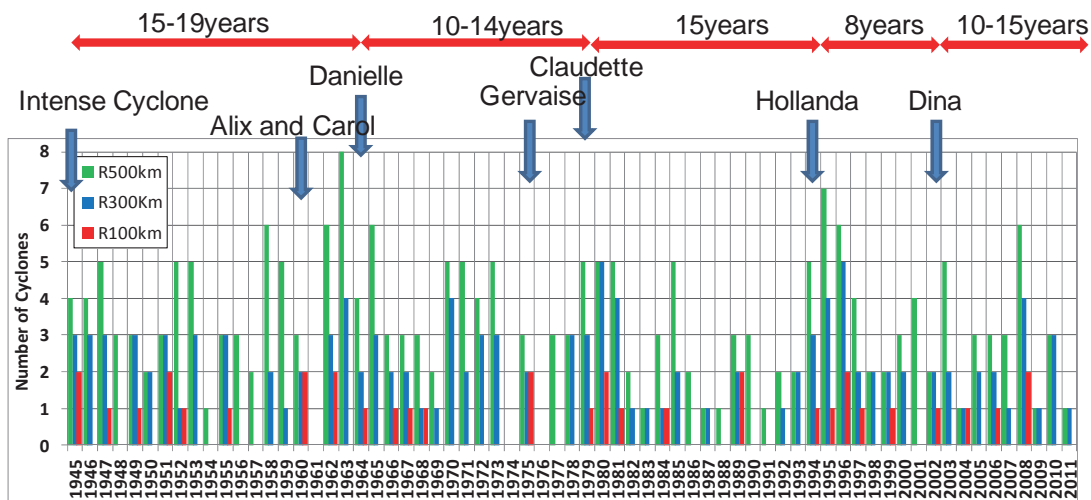
Year	Date-Month	Name	Classification	Nearest Distance from Mauritius	Highest Gusts km/h	Lowest Pressure hPa
1892	29-Apr	-	-	-	216	947
1931	5-7 Mar	-	Intense Cyclone	-	180	969
1945	16-17 Jan	-	Intense Cyclone	Over Mauritius	156	953
1945	1-2 Feb	-	Intense Cyclone	South	150	969
1946	30 Jan-1 Feb	-	Intense Cyclone	Close West	129	984
1958	6-9 Apr	-	Intense Cyclone	80 km West Reunion	129	1004
1960	16-20 Jan	Alix	Intense Cyclone	30 km off Port Louis	200	970
1960	25-29 Feb	Carol	Intense Cyclone	Over Mauritius	256	943
1961	22-26 Dec	Beryl	Intense Cyclone	30 km West	171	992
1962	27-28 Feb	Jenny	Intense Cyclone	30 km North	235	995
1964	17-20 Jan	Danielle	Intense Cyclone	40 km South West	219	974
1966	5-7 Jan	Denise	Severe Depression	65 km North West	167	1003
1967	11-14 Jan	Gilberte	Severe Depression	Centre over Eastern	142	978
1970	23-25 Jan	Hermine	Severe Depression	240 km West South	125	999
1970	27-30 Mar	Louise	Intense Cyclone	140 km East	140	988
1972	11-13 Feb	Eugenie	Severe Depression	240 km North North	132	1002
1975	5-7 Feb	Gervaise	Intense Cyclone	Over Mauritius	280	951
1978	18-21 Jan	Fleur	Intense Cyclone	80 km South East	145	986
1979	21-23 Dec	Claudette	Intense Cyclone	Over Mauritius	221	965
1980	24-28 Jan	Hyacinthe	Intense Cyclone	80 km North West	129	993
1980	3-4 Feb	Jacinthe	Intense Cyclone	150 km South East	129	992
1980	12-13 Mar	Laure	Intense Cyclone	30 km North East	201	989
1981	5-7 Jan	Florine	Intense Cyclone	80 km West	135	1003
1982	5-6 Feb	Gabrielle	Mod. Depression	100 km North West	145	1001
1983	23-26 Dec	Bakoly	Intense Cyclone	55 km South West	198	992
1989	27-29 Jan	Firinga	Cyclone	80 km North West	190	994
1989	4-6 Apr	Krissy	Severe Depression	30 km South	150	976
1994	9-11 Feb	Hollanda	Intense Cyclone	20 km North West	216	984
1995	7-8 Jan	Christelle	Mod. Depression	Over Mauritius	109	994
1995	24-27 Feb	Ingrid	Cyclone	100 km North East	153	989
1995	8-13 Mar	Kylie	Severe Depression	135 km West North	114	1005
1996	24-25 Feb	Edwige	Mod. Depression	100 km North	162	1009
1996	14-16 Apr	Itelle	Intense Cyclone	275 km North	109	1011
1996	6-8 Dec	Daniella	Intense Cyclone	40 km South West	170	998
1998	10-11 Feb	Anacelle	Cyclone	50 km East	121	985
1999	8-10 Mar	Davina	Intense Cyclone	25 km South East	173	974
2000	27-29 Jan	Connie	Intense Cyclone	200 km North West	122	1003
2000	13-15 Feb	Eline	Severe Depression	130 km North	129	1006
2002	20-22 Jan	Dina	Very Intense T.C	50 km North	228	988
2003	12-13 Feb	Gerry	Tropical Cyclone	100 km North North	143	990
2003	31 Dec 03-03 Jan 04	Darius	Severe Tropical	40 km South East	113	994
2005	22-24 Mar	Hennie	Severe Tropical	60 km South East	112	990
2006	03-04 Mar	Diwa	Severe Tropical	220 km North North	126	1005.7
2007	22-25 Feb	Gamede	Tropical Cyclone	230 km North West	158	995.5

出典 : <http://mauritiusattractions.com/cyclones-in-mauritius-i-109.html> に記載された情報を
JICA調査団により加工



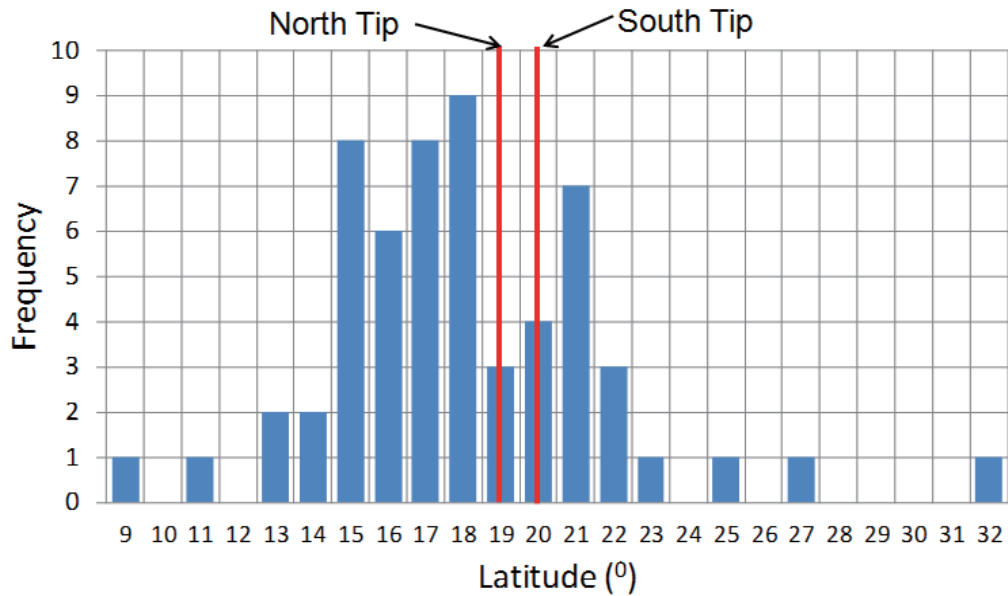
出典：JTWCのサイクロンベストトラックからJICA調査団が作成

図 2.2.12 サイクロン経路(1990~2000年)



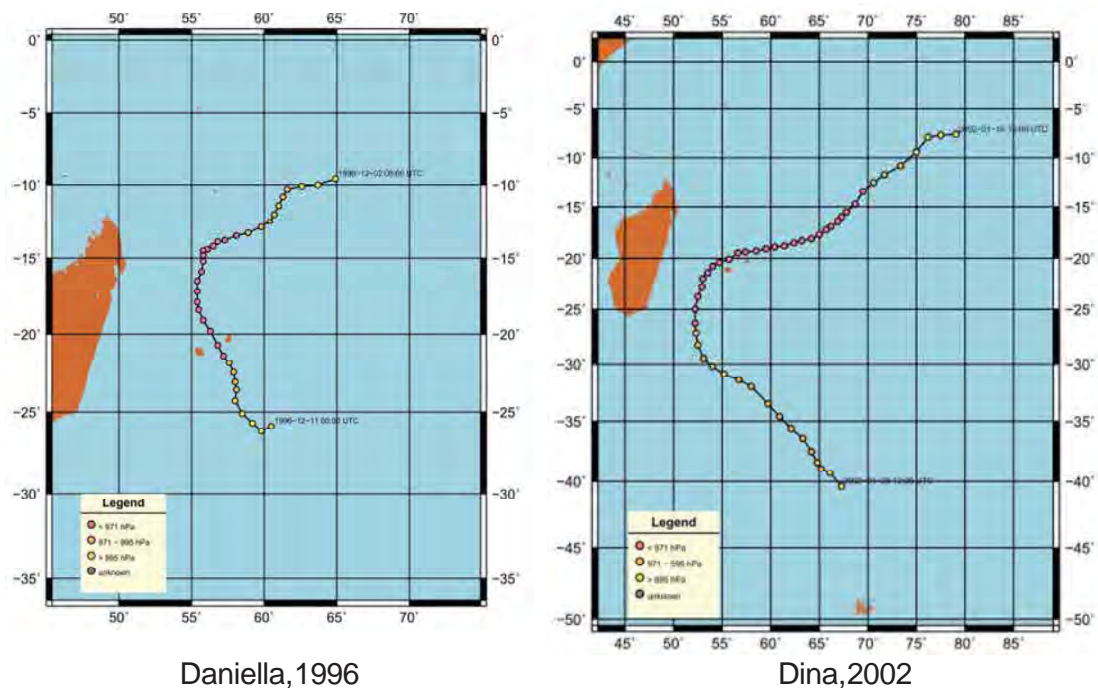
出典：JTWCのサイクロンベストトラックからJICA調査団が作成

図 2.2.13 サイクロンの来襲頻度



出典：JICA調査団

図 2.2.14 最低気圧となるサイクロンの位置(「モ」国の南北端の位置も併せて記載)



出典：http://www.bom.gov.au/cyclone/history/tracks/index.shtmlからJICA調査団が作成

図 2.2.15 「モ」国の北側で最低気圧となる典型的なサイクロンの経路と気圧分布

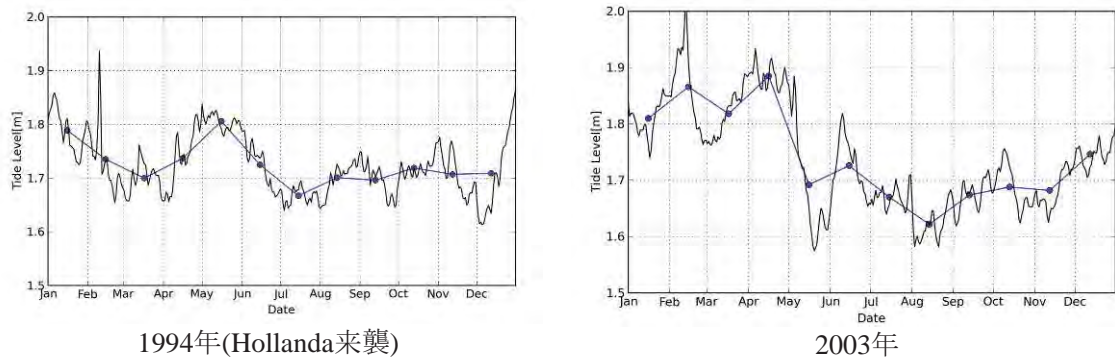
2.2.4 海象

a. 水位(天文潮位、異常潮位および気候変動に伴う水位上昇)

「モ」国は Port Louis で約 25 年間連続的に潮位が観測されており、時間、日および月平均の潮位が整理されている。月平均および日平均をプロットしたものの代表的なものを図 2.2.16に示す。年によって変動は見られるものの、1~3 月は平均的な潮位は高く、5~10 月頃は低い。これは、サイクロンが来襲する時期とほぼ同じである。

また、文献 (Tidal Analysis and Prediction in the Western Indian Ocean) では「モ」国 (Port Louis および Rodrigues) における調和分解が行われており、調和定数が提示されている。主要分潮における調和定数を表 2.2.4に示す。この結果より半日周期の潮汐が卓越していることがわかる。

過去 30 年分の日潮位の平均値をプロットすると図 2.2.17のようになる。過去約 30 年の Port Louis における潮位観測より 3.9mm/年の潮位上昇傾向となる。ただこれには地盤の変動による影響は含まれていない。なお、「モ」国では、潮位観測は実施されているが、構造物の設計に必要なような設計潮位は特に定められていない。本検討では、収集した潮位データに基づいて設計潮位を検討する。検討成果は、ガイドライン (Vol.3) の設計条件の項で示す。



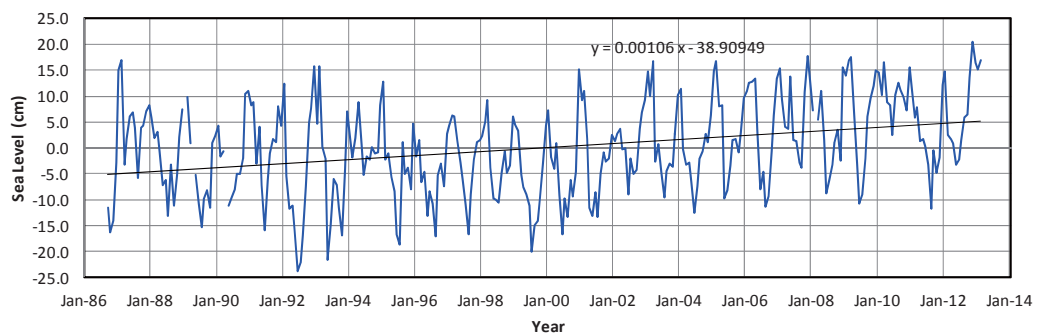
出典：The Global Sea Level Observing SystemのデータをJICA調査団が加工

図 2.2.16 年間の潮位変化(Port Louis)

表 2.2.4 主要分潮における調和定数

Symbol	Constituent name	Port Louis		Rodrigues	
		Amplitude (cm)	Phase (deg)	Amplitude (cm)	Phase (deg)
M ₂	Principal lunar semidiurnal	15.16	350.49	41.34	335.53
S ₂	Principal solar semidiurnal	10.17	38.13	25.19	43.78
N ₂	Larger lunar elliptic semidiurnal	4.29	86.51	7.59	59.48
K ₁	Luni-solar declinational diurnal	6.35	286.94	5.54	315.04
K ₂	Luni-solar declinational semi diurnal	2.23	184.67	6.12	181.61
O ₁	Lunar declinational diurnal	4.18	263.33	3.44	296.72
SA		12.14	228.34	13.43	252.07

出典：Tidal Analysis and Prediction in the Western Indian Ocean Regional Report)

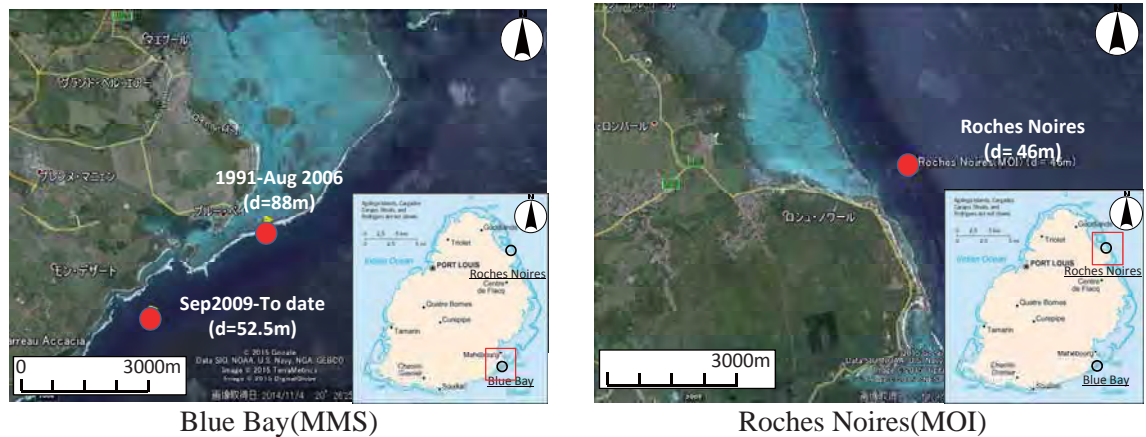


出典：The Global Sea Level Observing Systemのデータを JICA調査団が加工

図 2.2.17 Port Louis における潮位変動

b. 波浪（沖波）

「モ」国ではこれまで Blue bay でモーリシャス気象局（MMS）および Roches Noires にてモーリシャス海洋研究所（MOI）が沖での観測を行っている。観測位置図を図 2.2.18 に示す。Blue bay は 2009 年に観測所の場所を変更している。MOI は 2012 年 2 月から観測を開始している。本検討では、沖波のデータを収集して、季節的な波の特性について考察を行った。なお、データ収集状況の詳細はサポーティングレポート「9. Wave Observation Data」を参照のこと。

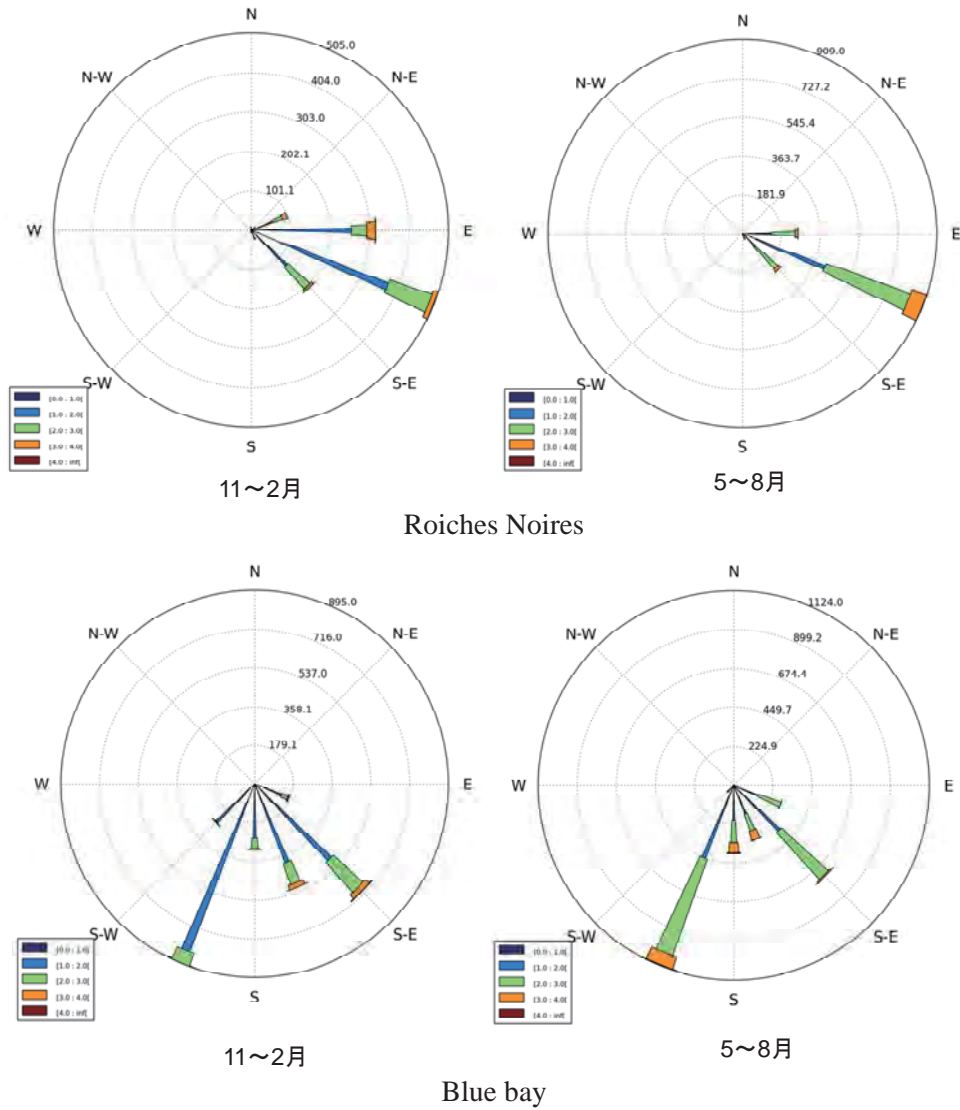


出典：GoogleマップをJICA調査団で加工

図 2.2.18 MMS および MOI の波浪観測位置

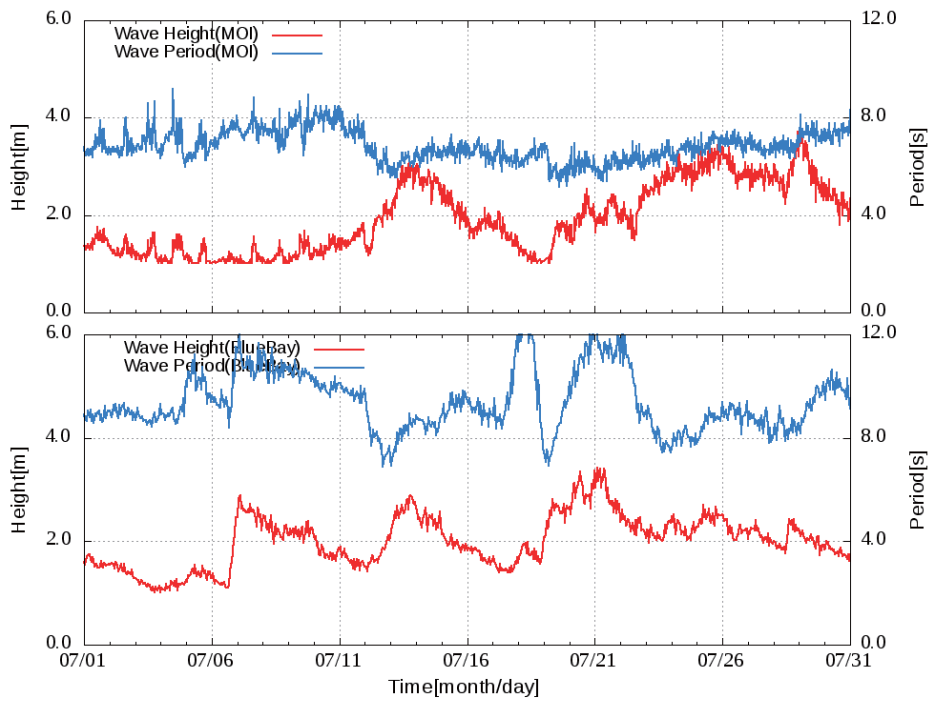
沖波の波浪観測結果の一例を図 2.2.20 に示す。冬季の 2013 年 7 月においては、有義波高が 2m 前後であり、特に Blue bay では、有義波高が 2m を越える期間が多い。なお、この時期は Blue bay および Roches Noires での波浪に強い相関は見られていない。夏期については、サイクロンの来襲により（図における 2 月にはサイクロン Edilson が来襲）、有義波高が両観測所とも 4m を越える場合がある。サイクロン通過後は有義波高が 2m 以下になる。図 2.2.19 に Roches Noires における波高・波向の頻度（Wave roses）を示す。観測地点における波向は夏季及び冬季とも ESE が卓越する。冬季は 2~3m の波高の頻度が高いのに対して、夏季は 1~2m の頻度が高いこともわかる。

以上の結果より沖波の波高は、冬季は南東貿易風による波浪が卓越し、夏季はそれが弱くなるがサイクロンが来襲した際に波高が 4m 以上になることがわかる。

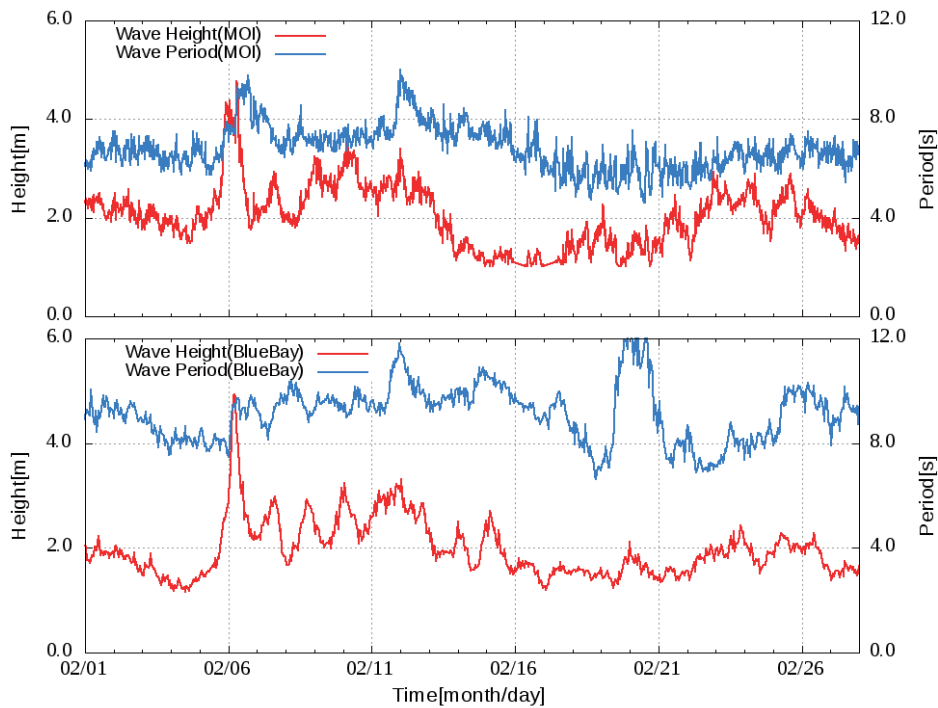


出典：JICA調査団

図 2.2.19 Roiches Noires(MOI)および Blue bay 観測地点における波高・波向の頻度分布



2013年7月

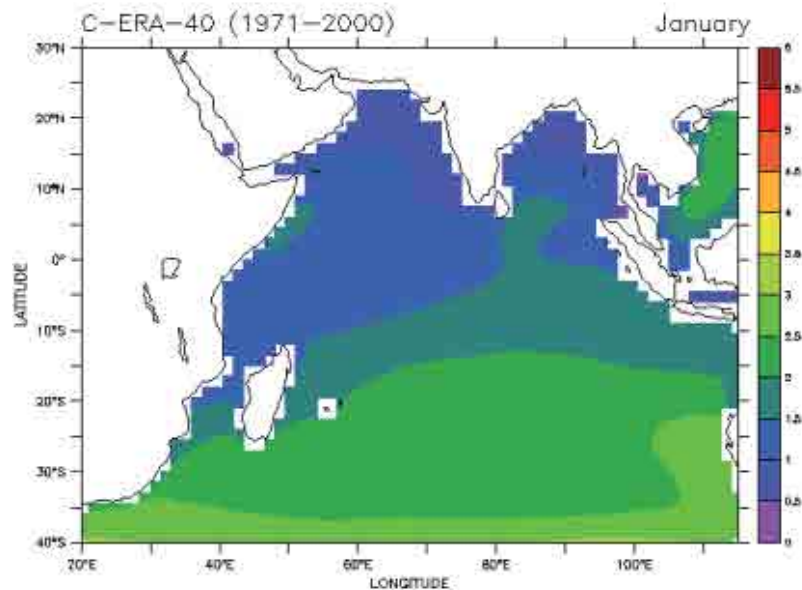


2014年2月

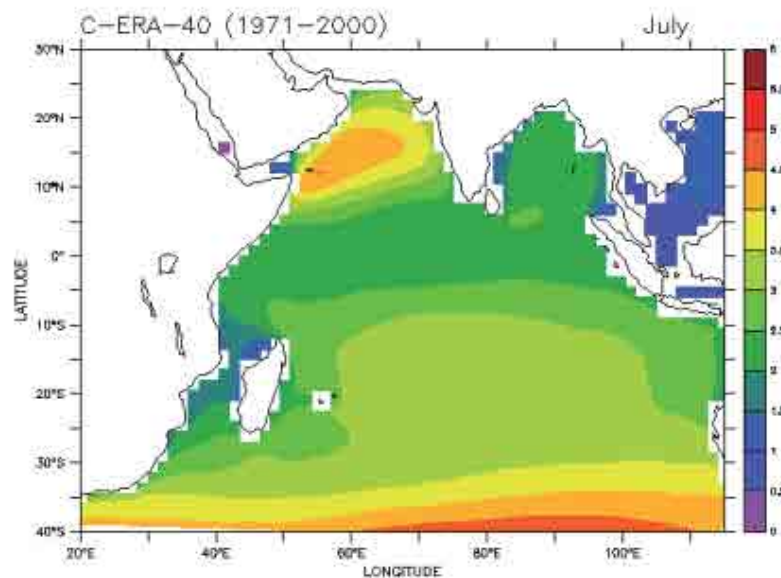
出典：JICA調査団

図 2.2.20 波浪観測結果 (Blue bay and Roches Noires)

Blue Bay (MMS)および Roches Noires (MOI)の観測結果より、冬季(5~8月)は南東貿易風の影響により、平均的に波高が高く、夏季はサイクロンの来襲を除けば風が弱くなるため、冬季に比べて静穏になることが確認できた。この結果については、ECMWF(ヨーロッパ中期予報センター)が公開している ERA-40 Atlas によれば、代表的な季節における有義波高は図 2.2.21のように解析(過去の気象データに基づき再解析を行った結果)されている。この結果より、夏季の平均的に有義波は 1.5~2.5m 程度、冬季は 2.5~3.5m 程度であり、ほぼ観測結果の平均的な値と同等である。なお、冬季は南東貿易風の影響により全体的に東側の波高が大きい。サイクロンが来襲しない通常の波浪分布は夏季と冬季で異なることがこの結果からも確認できる。



1月の平均値



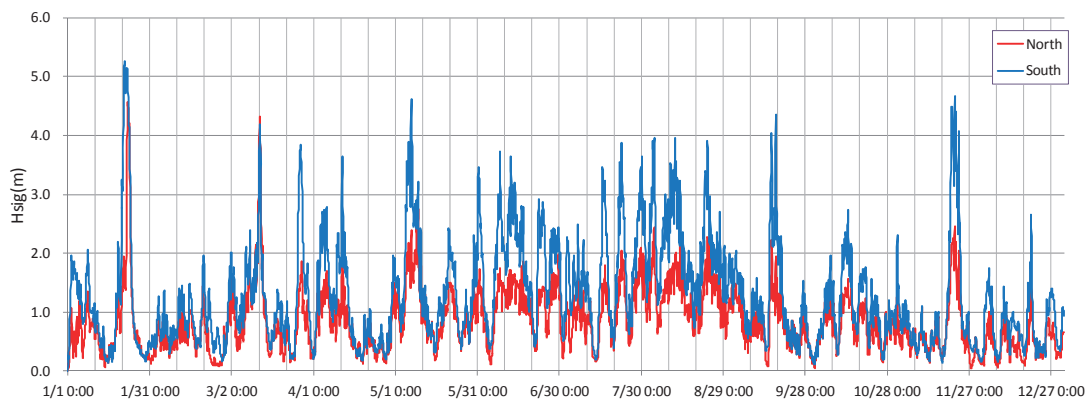
7月の平均値

出典: ECMWF, ERA-40 Atlas

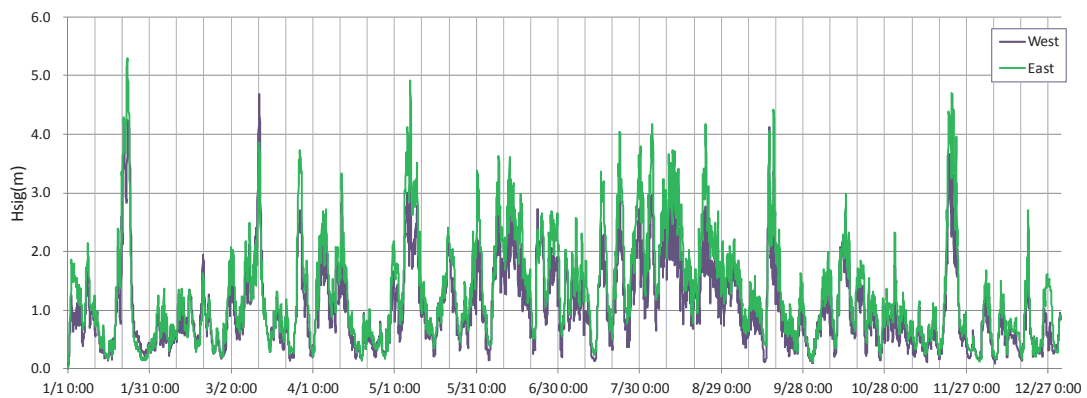
図 2.2.21 有義波高の平均値の分布(1971~2000年:ERA-40による再解析値)

「モ」国周辺における波浪の年間の特性を把握することを目的として、波浪推算により 1 年間の波浪分布の変化を推定した。波浪推算に用いる風の分布は、先述の NCEP/NCAR 再解析値とした。NCEP/NCAR 再解析値は、過去 50 年以上の気候変化をデータベース化しているが、本検討では最近の記録のうち「モ」国に來襲した代表的サイクロン Dina が含まれる 2002 年の 1 年間を対象とした。「モ」国の東西南北沖合における有義波高の変化を図 2.2.22 に示す。この結果より、南北の沿岸の波高を比較すると夏場においては、南側が北側に比べて大きくなる結果である。これは図 2.2.11 に示す風速分布からも分かるように、「モ」国の南部の風速が大きくなるためである。東西を比較すると、南北ほどの差異は見られないが、東側が大きくなることわかる。特に冬場は、南北・東西に対して南東貿易風の影響により頻りに波高が 2m を越える。夏場は 1.0~1.5m が平均的であるが、サイクロンや低気圧の影響により 4m を越える波も來襲するときがある。なお、サイクロン Dina は 1 月に來襲しており、南部で 5m 以上となる。サイクロンの局所的な風の影響により実際は更に大きいと考えられる。

また、この波浪推算の結果の代表的な時期における波高分布を図 2.2.23 に示す。サイクロンや低気圧の來襲時に「モ」国周辺で高い波の分布となっていることがわかる。



南北地点



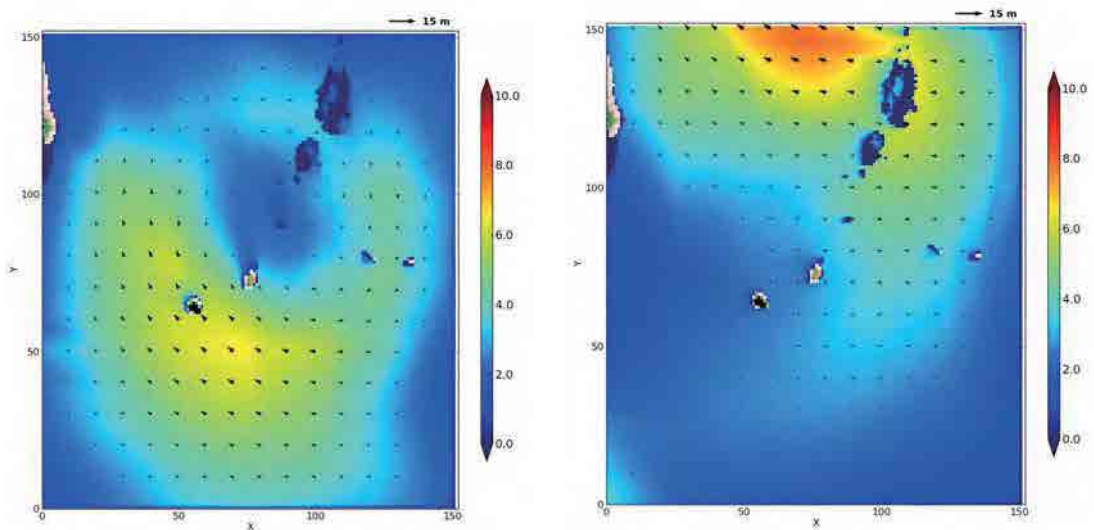
東西地点

出典JICA調査団

図 2.2.22 波浪推算による「モ」国東西南北沖合における波高の時間変化

波浪推算による時刻歴および波高分布より、「モ」国における年間の波浪の特性は以下となる。

- 東西南北地点とも、5～9月における有義波高は2mを頻繁にこえる。特に南・東はその頻度は高く、南東貿易風の影響による波浪が卓越する地点となる。
- 10～4月は比較的静穏な時期であり、有義波高は1～1.5m程度となる。特に北部の波高が他に比べて小さい。
- サイクロンや低気圧は11～3月頃に多く来襲する。この影響により大きな波が「モ」国全体が来襲する。サイクロンの経路によりその大きさは異なるが有義波高5m以上になると考えられる。



サイクロン Dina 来襲時(2002/1/21)
出典：JICA調査団

冬季低気圧来襲時(2002/5/7)

図 2.2.23 波浪推算(NCEP/NCAR 再解析値の風速分布による)有義波高の分布

c. 波浪（サイクロンにより発達する高波）

前述の観測結果では2014年のサイクロン Edilson により沖波の有義波高が4m以上となった。過去においては、「モ」国の近傍を通過したサイクロンにより10m以上の高波が来襲したケースもある。特に、海岸侵食の要因はサイクロンによる高波で短時間に生じているケースが多い。本検討では、過去のサイクロンの経路および気圧から風速分布を算定して波浪推算を行った。波浪推算にあたっては、波浪推算モデル(SWAN)より「モ」国の東西南北地点における最大となる有義波高を推算した。波浪推算のモデル検証および風速場のチューニングのため、実測データのある2012年サイクロン Giovanna で実測と検証した。図 2.2.24に波高の検証結果を示す。周期については、サイクロンが来襲する前まで過小評価であるが、ピーク時（サイクロン来襲時）には波高・周期とも再現性は確保できている。

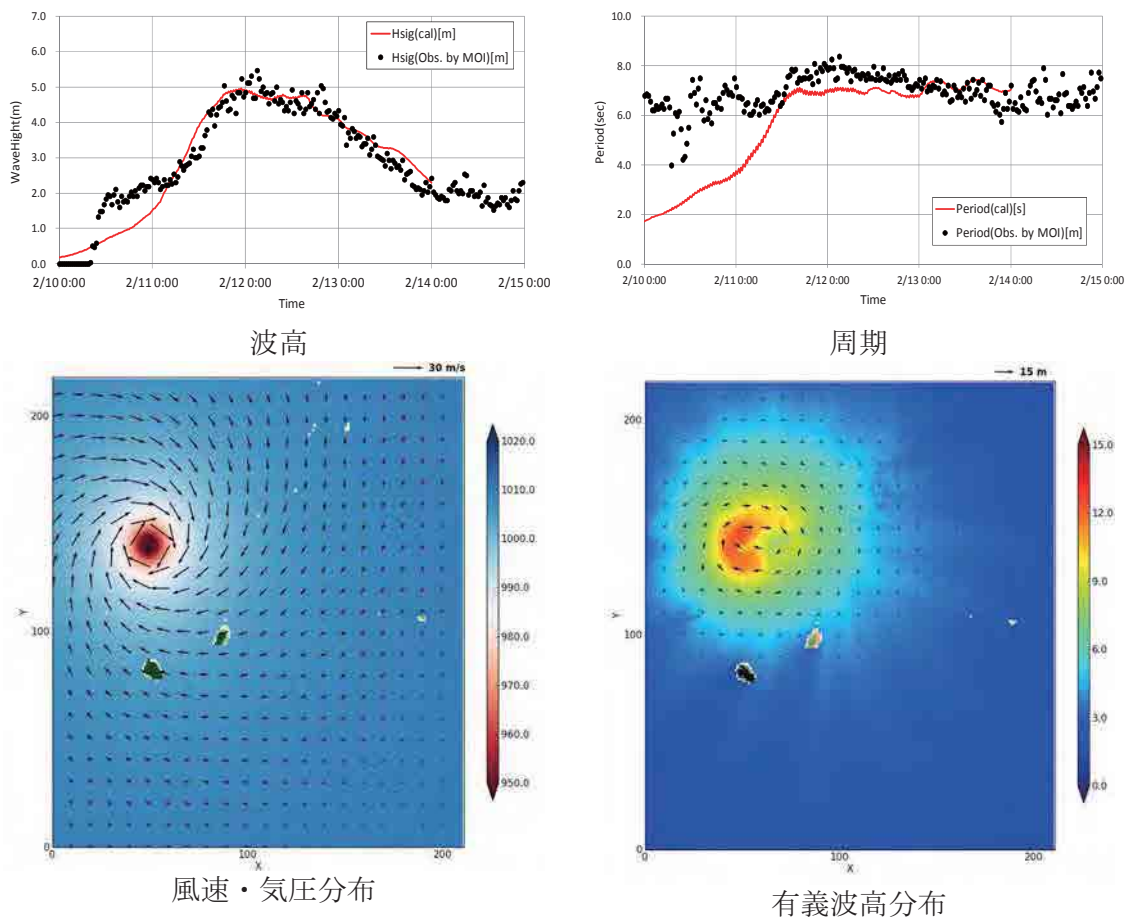
このモデルを用いて、代表的なサイクロンの経路（JTWC）から、気圧経度風および気圧分布を計算して、代表地点における波高の時間変化を算定した。時間変化の結果の最大値をサイクロン毎に表 2.2.5に示す。1960年 Carol、1994年 Hollanda、2002年 Dina で全方位で10mを越える有義波と推算された。なお、前述ではサイクロンは北部で勢力が

大きいとしているが、波浪推算結果では南側の結果が大きい場合もある。これは、サイクロンが「モ」国の沿岸を通過した際に、時計回りの風が「モ」国南部で強風域にあたるため波浪が十分に発達したものと考えることができる。また、前述の Era-40 の波浪推算の結果はサイクロン以外の状況も含めた通常時の波浪であり、これらの結果より、常時は季節により波浪分布に傾向が見られるが、サイクロンが来襲するような場合はその経路と規模に依存するものと考えられる。

表 2.2.5 各サイクロンにおける波浪推算結果(有義波の最大値)

Cyclone	Maximum significant wave height (m)			
	N	S	E	W
1960-Carol	12.51	10.94	14.00	12.61
1989-Krisy	5.07	5.76	6.26	5.44
1994-Hollandia	10.66	12.94	13.51	10.49
1995-Ingrid	6.13	8.68	8.37	6.94
1996-Bonita	5.91	4.08	5.25	4.28
1996-Daniella	7.38	6.02	7.69	10.28
1996-Flossy	3.66	5.42	5.19	4.25
1998-Anacelle	7.45	9.63	9.90	8.11
1999-Davina	7.79	9.49	10.59	11.37
2000-Connie	8.67	12.29	12.94	8.72
2002-Dina	11.78	10.12	11.49	7.41
2002-Guillaume	8.67	12.29	12.94	8.72
2003-Gerry	8.92	8.60	10.44	6.71
2005-Hennie	5.40	5.67	6.17	4.78
2007-Gamede	5.22	3.53	4.53	4.37
2008-Hondo	2.90	2.17	2.86	2.40
2009-Gael	3.12	2.21	2.86	2.95
2010-Gelane	3.32	3.17	3.65	2.15
2012-Giovanna	5.13	3.69	4.84	3.81
2013-Dumile	2.52	2.06	2.37	2.98
2013-Imelda	3.19	2.83	3.31	2.20

出典：JICA調査団

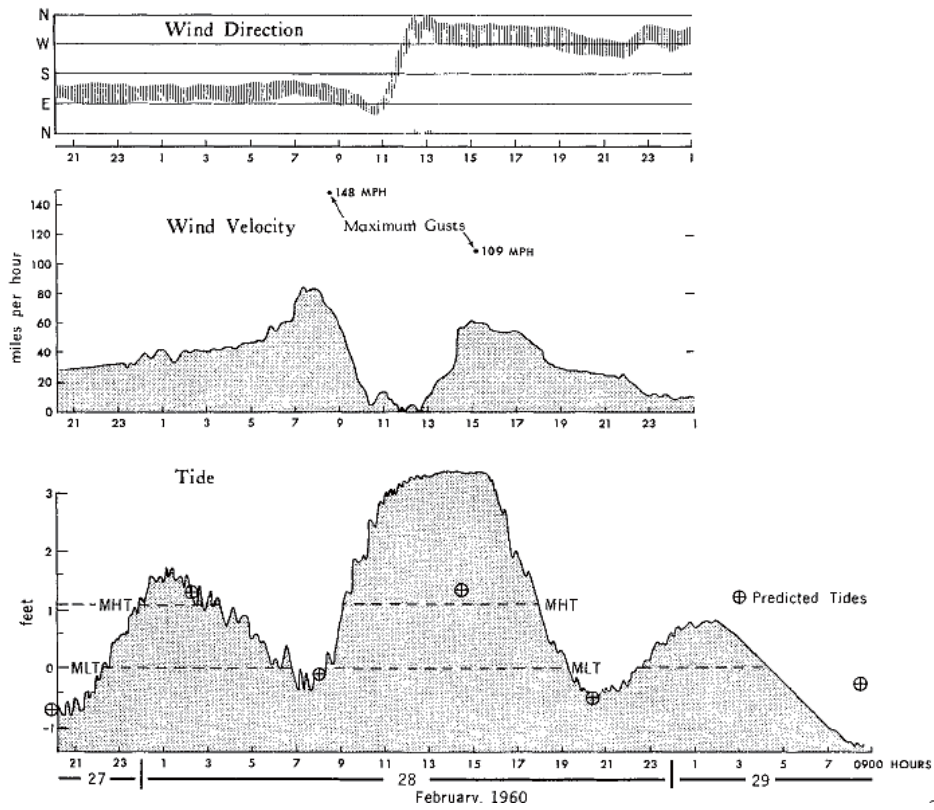


出典：JICA調査団

図 2.2.24 サイクロン Giovanna の検証結果

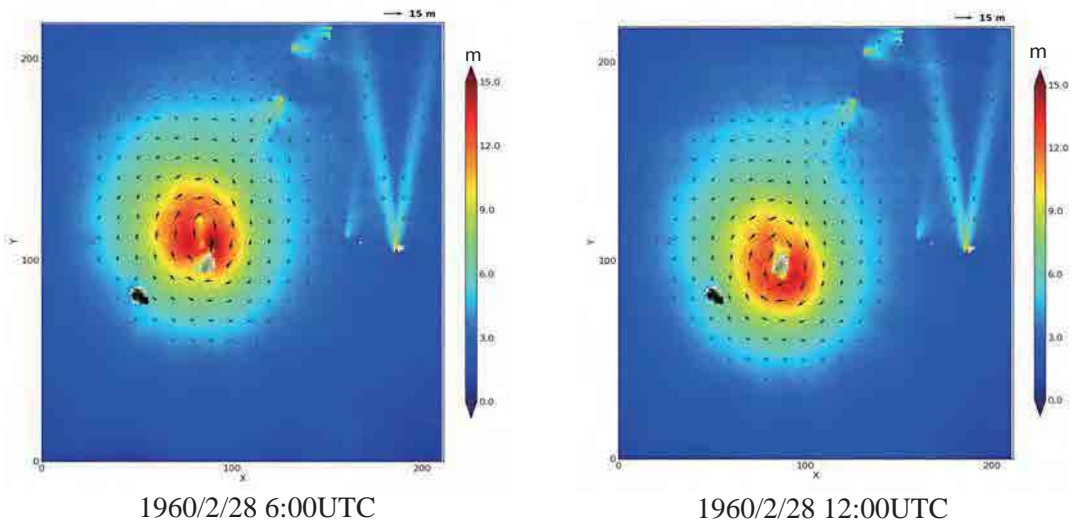
「モ」国に最も大きな被害を与えたサイクロン Carol (1960 年) は、「Tropical Cyclones and Coastal Morphology in Mauritius」に当時の打ち上げ高 (漂流物による痕跡)、侵食状況および観測記録 (図 2.2.25 参照) が残されている。この結果およびサイクロン JTWC によるサイクロンの経路情報を利用して Carol 来襲時の波浪推算を行った。図 2.2.26 が任意時刻の計算結果 (有義波高の分布) である。この結果からも把握できるように、サイクロンは「モ」国に上陸したときも勢力が衰えないため、北部だけでなく南部も波が高い結果であることがわかる。また、図 2.2.27 には当時の打ち上げ高を示す。沿岸の地形やリーフ幅などによりその影響は様々にはなるが、南部で 12feet の打ち上げ高が記録されている。これは、波浪推算の結果の傾向との整合がとれる結果である。

以上の検討より、「モ」国におけるサイクロンに伴う高波は、サイクロンの経路や勢力により様々であるが、有義波で 10m を越える結果も十分考えられることが確認できた。



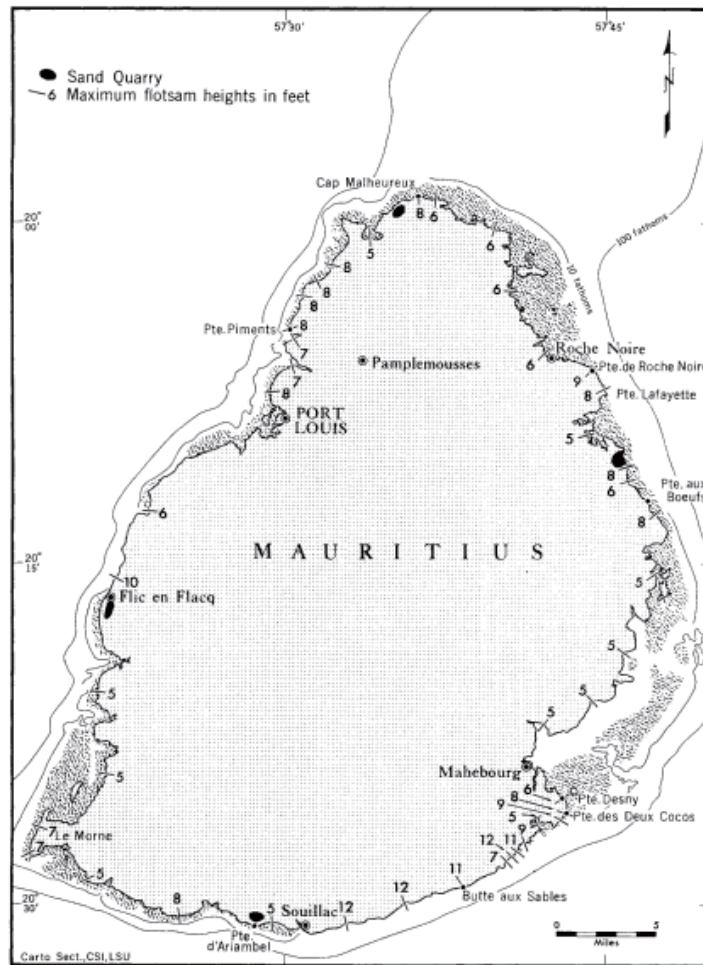
出典：Tropical Cyclones and Coastal Morphology in Mauritius

図 2.2.25 サイクロン Carol の気象観測記録



出典：JICA調査団

図 2.2.26 サイクロン Carol における有義波高の推算結果



出典：Tropical Cyclones and Coastal Morphology in Mauritius

図 2.2.27 サイクロン Carol に来襲による打ち上げ高(unit:feet)

d. 波浪（リーフ上の波）

「モ」国の ICZM 課は現在、MMS および MOI とは別途、JICA により供与された 2 台の波高計を所有している。本調査においては、波高計の取り扱いおよびデータ解析の技術移転を兼ねて波高計の設置を行った。波高計の設置目的は各種考えられるが、「モ」国及び調査団の両者のニーズを考えると以下の 2 つが挙げられる。

- ① 長期入射波浪観測（波浪観測が行われていない西側での観測）
- ② 漂砂特性把握のためのリーフ上の波と流れの観測

このうち、最初の観測として比較的現場作業が簡単な②を実施した。波高計および波高観測を補足するための流速計（調査団所有）の設置箇所については、Pte. d'Esny を採用した。リーフ上の漂砂特性の把握が必要となる海岸は他にも複数（例えば、Albion、Flic en Flac、Le Morne 等）があるが、Pte. d'Esny は南と北側とで海岸線方向が大きく屈曲し、これによるリーフエッジからの距離の違いと汀線への入射方向の違いが、当海岸付近の波・流れの違いに大きく影響し、それによる漂砂特性の違いがあると推定される。それが当海岸の海浜変形・侵食問題に影響していると考えられる。また、リーフ内の観測となるため、現場作業が比較的容易であり、技術移転としては適した場所である。また、この結果より、Blue Bay 沖における波浪との相関関係（リーフにおける波浪の減衰状況）、

リーフの距離の違いによる波浪の変化、流れ（南部と北部における流況の違い）・漂砂の方向・大きさおよび底質分布との関係を把握することにより Pte. d'Esny での海岸保全計画に資する。

現地での波高計の設置箇所および設置状況を図 2.2.28～図 2.2.29 示す。2013 年の 2 月から観測が開始されており、現在も継続的に観測が行われている。波浪観測（2013 年 2～5 月）で得られた水深と有義波高の関係を図 2.2.30 に示す。この結果より、水深変化と波高変化には相関が見られている。また、南の観測地点では水深と波高の関係は概ね、 $H = 0.09d$ (H : wave height, d : depth) および北側の地点で $H = 0.07d$ となった。また、Blue bay と観測結果との比較を図 2.2.31 に示す。サイクロン Imelda が 4 月中旬に付近を通過しているが、このとき同様の関係が両者に見られている。

2013 年 10 月より Pte. d'Esny の波高計を 1 箇所にして、Grand Sable で 1 箇所設置した。設置状況及び設置位置を図 2.2.32 に示す。この後に 2014 年 1～2 月にかけて、2 つのサイクロンが来襲した。サイクロン Bejisa および Edilson の経路図を図 2.2.33 に示す。このときの Grand Sable および Roiches Noires の波高変化を図 2.2.34 に示す。サイクロン Bejisa 来襲時は、沖合での有義波高が 3m 程度であるの対してリーフ内有義波は 0.3m 程度である。また、サイクロン Edilson の場合は沖合で波高が 4m 以上となるが同様にリーフ内では 0.3m 程度なる。両者のサイクロンの場合でも波高がいくらか増加するがサイクロンによる大きな変化は見られない。Grand Sable は岸からリーフエッジまでが 4km 程度と長く沖の波浪が減衰する。これより、沖波の大きさにあまり関係がないことがわかる。また、サイクロン Bejisa は「モ」国の西側を通過し、サイクロン Edilson は東側を通過している。この経路の違いにより、観測地点（Roiches Noires）の波浪の発達状況が違ったと考えられる。

これらの結果より、「モ」国の波浪の特性を以下のように整理できる。

- ① 南から来襲するうねり（SSW～ESE 方向に集中、有義波高：2～3m 程度）：冬季は「モ」国南部で強い風が吹くため、うねりが来襲することが考えられる。
- ② 貿易風による波浪（SSW～ESE に集中：有義波高 2～4m）：冬場の南東貿易風の発達による波浪が沿岸で発生すると考えられる。
- ③ サイクロンによる高波（有義波高は 4～10m 程度（※大規模なサイクロンは観測期間に来襲していない）、サイクロンの経路に依存する）：サイクロンは北から南に通過するケースが多く、時計回りの風速分布で発達する波浪により高波が発生する。観測期間中は 4m を越える沖での波浪が観測されている。



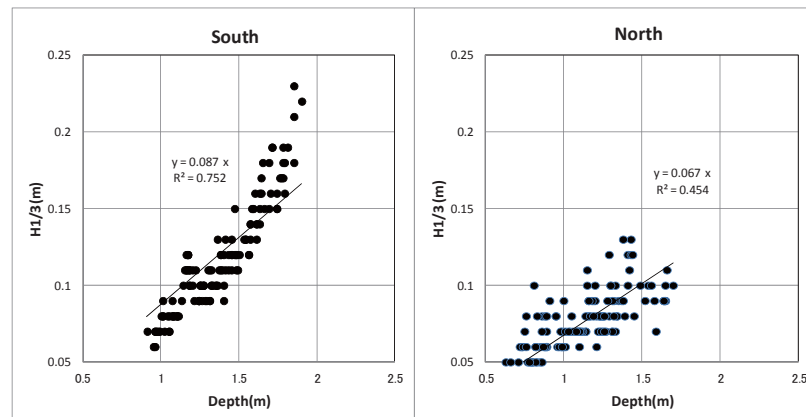
出典： JICA調査団

図 2.2.28 波高計・流速計設置箇所



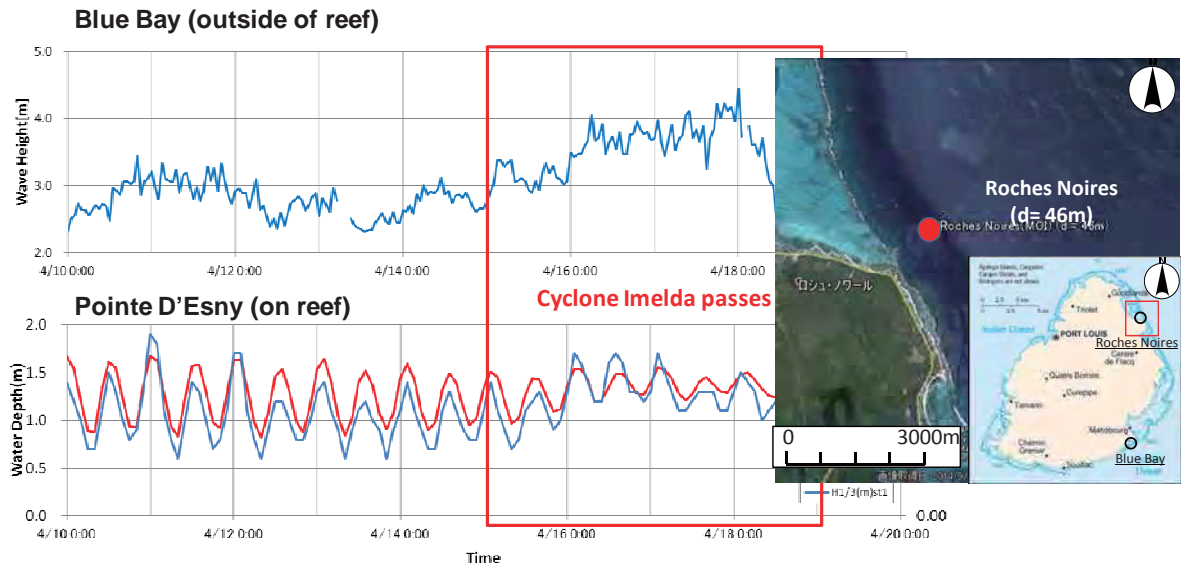
出典： JICA調査団

図 2.2.29 波高計設置状況



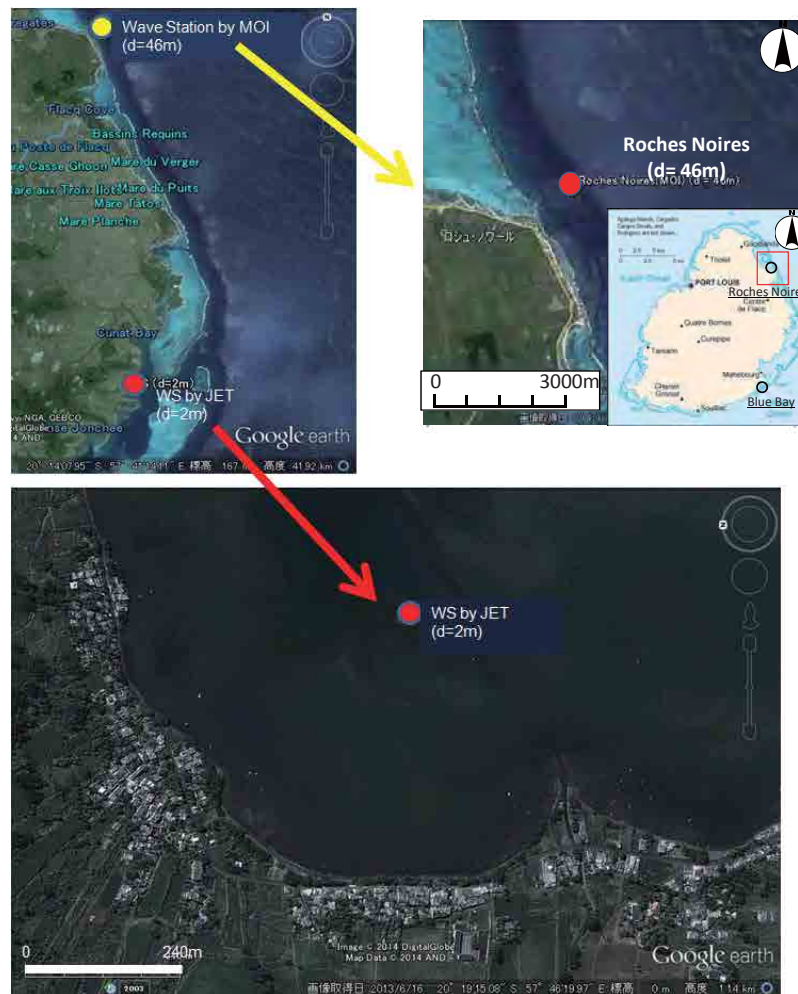
出典： JICA調査団

図 2.2.30 水深と波高の関係



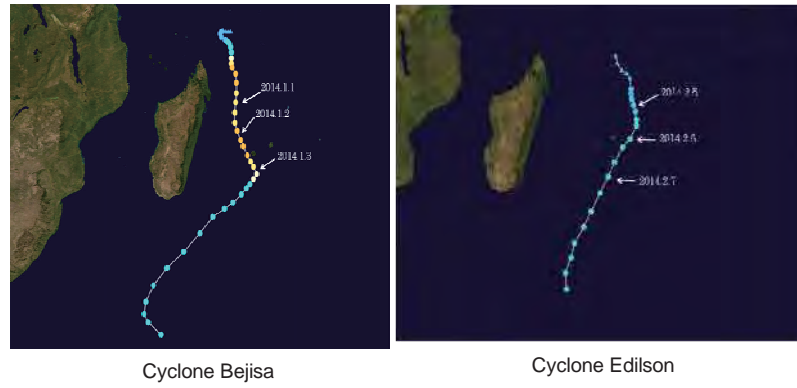
出典： JICA調査団

図 2.2.31 Blue bay および Pte. d'Esny における波浪観測の比較



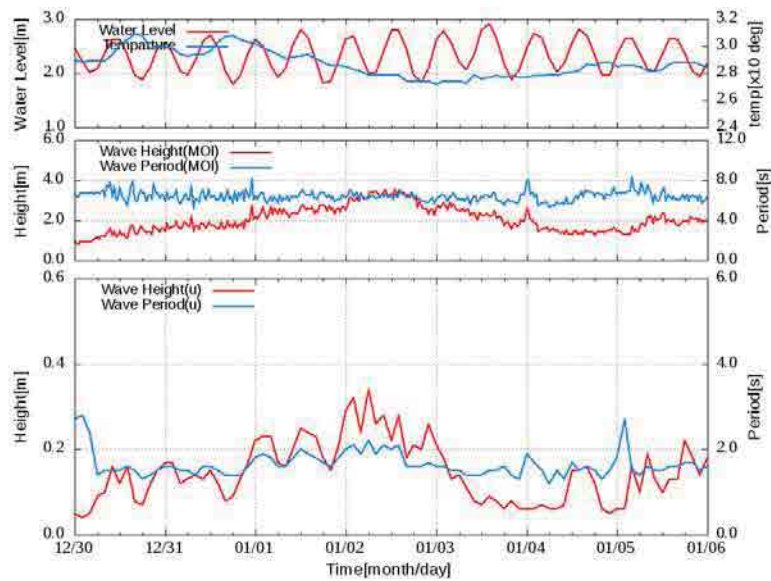
出典： GoogleマップをJICA調査団で加工

図 2.2.32 観測地点 (Roches Noires および Grand Sable)

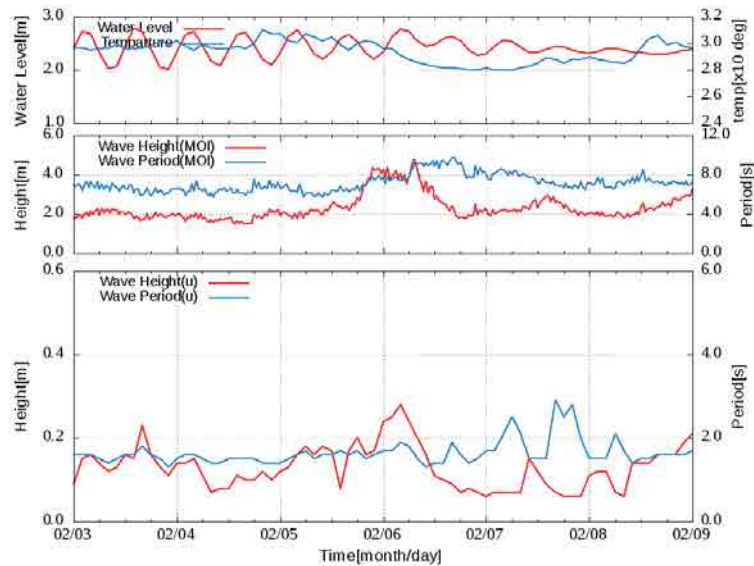


出典： JICA調査団

図 2.2.33 2014 年に来襲したサイクロン



サイクロン Bejisa 来襲時



サイクロン Edilson 来襲時

出典： JICA調査団

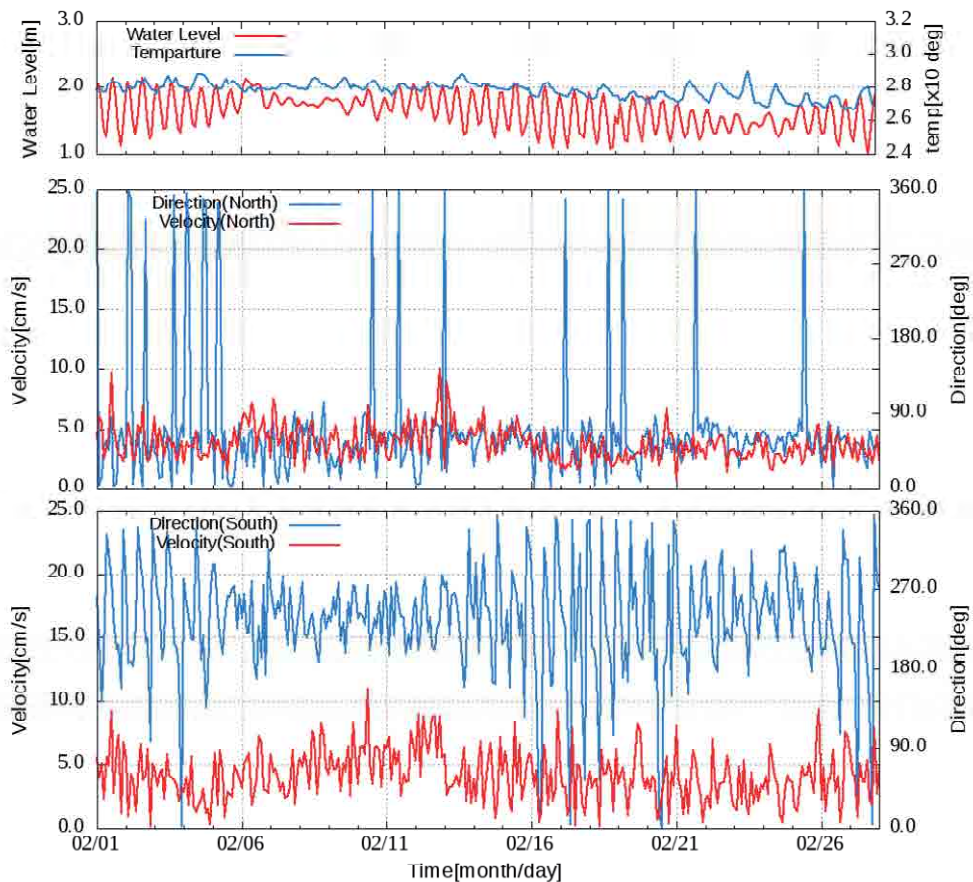
図 2.2.34 サイクロン来襲時の波浪・水位・水温の変化

e. 流れ (リーフ上の流れ)

リーフ内の流れについては、図 2.2.28に示すように Pte. d'Esny の波高計 2 カ所及び流速計 2 箇所により 2013 年 2 月から観測を行っている。このうち、2014 年 2 月のサイクロンが来襲した時の流速、流向の変化 (流速計設置箇所の 2 地点) を図 2.2.35 に示す。この結果から、サイクロン来襲した場合および来襲前後もほとんど流速に大きな変化はない。流速の変化はサイクロンの来襲によるものでなく、潮汐に連動していることがわかる。

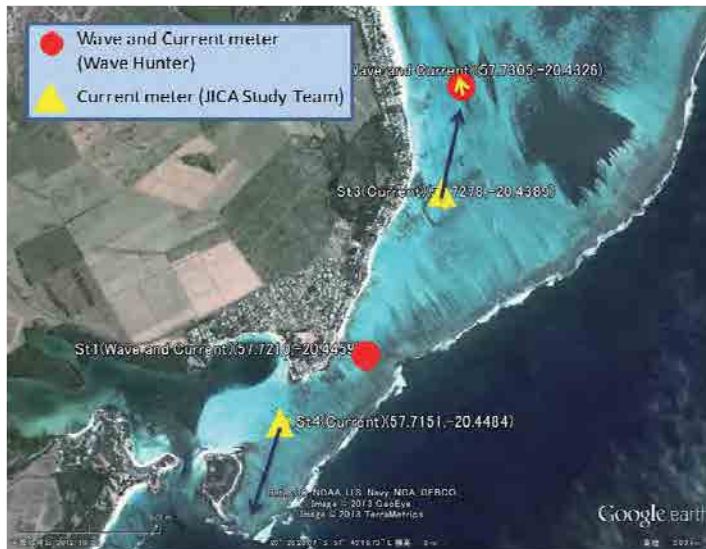
サイクロン Edilson が来襲した時の流速観測地点 4 箇所の流速ベクトルを図 2.2.36 に示す。この結果より、流速のオーダーは 10cm/s 以下がほとんどであるが、北側に設置した流速計は北向きの流向となっており、沿岸流速が発達していると考えられる。なお、南部に設置した流速計は、南向き～西向きが卓越する。これは沿岸に沿う流れでなく、潮汐による影響であると考えられる。

リーフ内の流速は全体的に小さく、沖の波浪に伴う海浜流はほとんど発生しない。潮汐による影響若しくは風による擾乱から発生する流れが支配的であると考えられる。

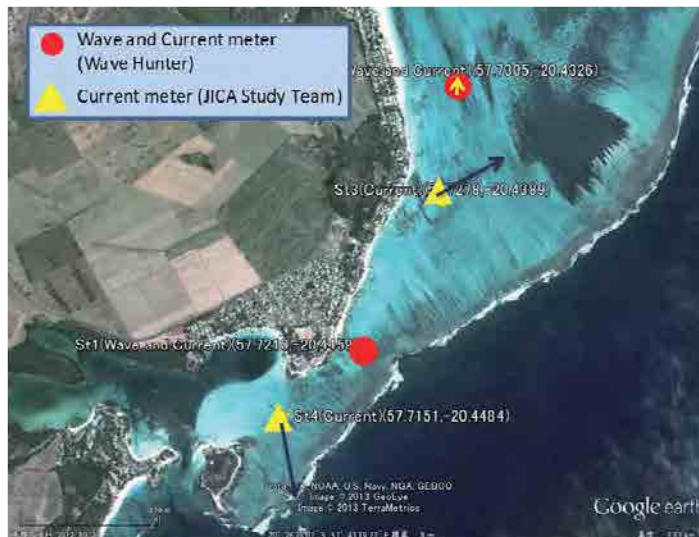


出典：JICA調査団

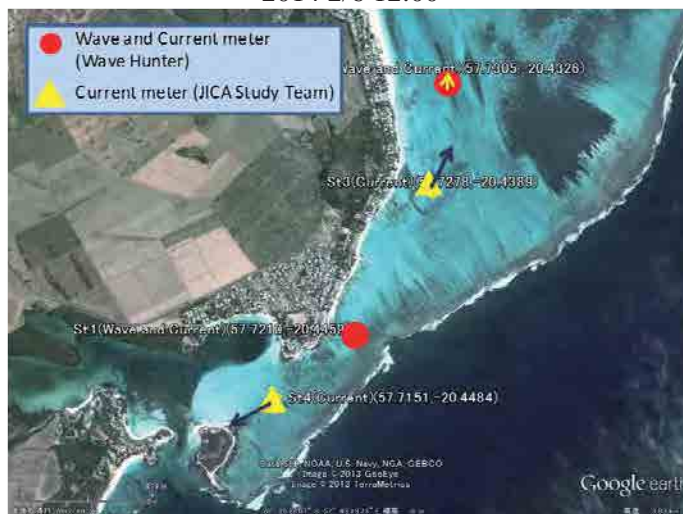
図 2.2.35 Pte. d'Esny における流速・流向の時間変化 (2014 年 2 月)



2014 2/5 8:00



2014 2/6 12:00



2014 2/7 12:00

出典：JICA調査団

図 2.2.36 サイクロン Edilson 来襲時における流速・流向の分布

2.3 社会経済状況、政策、法制、組織

2.3.1 社会経済状況

a. 経済状況

表 2.3.1 は各産業別の GDP の過去 3 年間の推移であり、年平均の伸び率は 6%程度となっている。製造業が GDP 全体の 16% (2014 年) で首位となっており、観光に関連のあるホテル・レストランについては 6%となっている。

表 2.3.1 産業別GDP (2012-2014)

単位：百万ルピー

Category	2012	2013	2014
Agriculture,forestry and fishing	10,494	10,405	10,308
Mining and quarrying	1,000	990	975
Manufacturing	50,537	55,021	56,447
Electricity, gas,steam and air conditioning supply	4,092	4,491	5,290
Waste supply; sewerage, waste management and remediation activities	1,193	1,264	1,323
Construction	19,034	17,680	16,422
Wholesale & retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	36,807	39,705	42,870
Transportation and storage	17,797	18,763	19,983
Accommodation and food service activities	21,249	19,697	21,512
Information and communication	13,478	13,938	14,663
Financial and insurance activities	31,262	32,799	35,301
Real estates activities	16,665	17,784	18,922
Professional, scientific and technical activities	13,882	15,407	17,018
Administrative and suport service activities	7,640	8,493	9,418
Public administration and defence; compulsory social security	17,984	21,283	22,743
Education	13,413	15,428	16,293
Human health and social work activities	11,698	13,768	15,245
Arts, entertainment and recreation	8,826	9,903	10,912
Other service activities	5,566	6,119	6,644
Gross Domestic Product at basic prices	302,617	322,938	342,287

出典: National Accounts, Statistics Mauritius, MoFED

b. 観光産業

b.1 観光客数

モーリシャスの観光産業は、製造業、農業に続き第 3 の基幹産業となっており、同国の経済成長に大きく寄与し、モーリシャスの経済発展には欠かせない産業となっている。表 2.3.2は 2006 年から 2014 年までの観光客数である。観光客数は年率約 4%の割合で増加傾向にある。また観光客一人当たり概ね 11 日の滞在日数となっている。

表 2.3.2 観光客数(2006-2014年)

Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
All Countries	788,276	906,971	930,456	871,356	934,827	964,642	965,441	993,106	1,038,906

出典: International Travel and Tourism Year 2014, MoFED

表 2.3.3 は観光産業による収入の経年変化で、観光レジャー省が過去に実施した調査結果であり、近年は概ね横ばい傾向にある。

表 2.3.3 観光産業による収入(2006-2014年)

単位：百万ルピー

Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Rs.Million	31,942	40,687	41,213	35,693	39,456	42,717	44,378	40,557	44,304

出典: International Travel and Tourism Year 2014, MoFED

b.2 ホテル数

2014年12月末時点で登録されたホテル数は112となっている。表 2.3.4 に示すとおり、現在稼働中のホテルの合計の部屋数は12,799であり、26,174のベッド数となっている。

表 2.3.4 ホテル数、部屋数、ベッド数(2005-2014年)

Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
No. of Hotels	99	98	97	102	101	112	109	117	107	112
No. of Rooms	10,497	10,666	10,857	11,488	11,456	12,075	11,925	12,527	12,376	12,799
No. of Bedplaces	21,072	21,403	21,788	23,095	23,235	24,698	24,242	25,496	25,105	26,174

出典: International Travel and Tourism Year 2014, MoFED

客室数 80 を超える大型ビーチホテルは 53 件あり、モーリシャス全体でのホテル件数の 47% を占める。これらの大型ホテルの部屋数の合計は 9,605 であり、ベッド総数は 19,776 となっており (2014 年)、モーリシャス全体においてそれぞれ 75% を占める。表 2.3.5 に示すように、大型ホテルの客室およびベッドの近年の稼働率はそれぞれ 65% および 57% 程度で横ばい傾向にある。

表 2.3.5 大型ホテルの客室&ベッド占有率(2007-2014年)

Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Room Occupancy	78	70	62	66	65	65	65	67
Bed Occupancy	70	62	55	58	57	57	57	60

出典: International Travel and Tourism Year 2014, MoFED

c. 財政状況

c.1 国家予算の概要

モーリシャス政府は、2006-07年に経済改革プログラムに着手し、財政改革の一環として、中期支出枠組み(MTEF)に準じたプログラムベース予算(PBB)を導入し、予算編成改革を行うことを決定した。まず初めに、2007-08年に各省庁より財務・経済開発省(MoFED)に暫定PBBが提出され、PBBの本格実施に当たり必要なシステムを構築する事になった。

その後、本格的なPBB(予算年度2008-2009)が、3か年計画(MTEF、2008-2009、2009-2010)に組み込まれた。MTEFをベースとした予算は、全体の優先順位に基づき、各省庁の人的リソースと整合性がとれている必要がある。また、各省庁の「戦略プラン」は現在の中央政府の経済改革の優先事項と整合性がとれている必要がある。戦略プランをベースに、各省庁は妥当性のある総合的予算を作成する必要がある。

PBB はプログラムレベルの成果やサブプログラムレベルの結果であり、各省庁は毎年 3 会計年度分の計画を策定し、声明を準備する事になる。なお、PBB は以下の 3 つの部分を含め、各省庁から提出する。

- パート A : パフォーマンス情報
- パート B : 財務情報
- パート C : 人的リソース情報

c.2 MOESDDBMの予算

c.2.1 予算プログラム

PBB (2014) によると、2014-2016 年の MOESDDBM の戦略的方向性に準じ、2014 年から 2016 年の間に優先的に実施すべきプログラムは以下のとおりである。

プログラム 401 : 環境政策とマネジメント

プログラム 402 : 環境保護・保全

プログラム 403 : 物理的環境の啓蒙

プログラム 406 : 持続可能な開発

c.2.2 MOESDDBMの予算概要

上述した 4 つの主要プログラムの実施のため、今後 3 か年の予算は表 2.3.6 に示す通りとなっている。また、プログラム 402 「環境保護・保全」の中で、海岸の改善・向上・再生の予算が組まれており、2013 年度は約 2 億ルピー、2014 年から 2016 年にかけては約 2.5 億ルピーの予算が見込まれている。プログラム 404 「コミュニティベースのインフラ整備、キャパビル」、プログラム 405 「陸上排水」については、2010 会計年度までは MOESDDBM にて予算化を行っていたが、2011 会計年度以降は公共インフラ省 (MPI) で予算化している。

表 2.3.6 MOESDDBMの予算概要(会計年度別)

単位：ルピー

Code	Programmes	2013 Est.	2014 Est.	2015 Planned	2016 Planned
401	Environmental Policy and Management	168,361,000	74,622,000	74,255,000	75,941,000
402	Environmental Protection and Conservation	201,418,000	259,030,000	258,088,000	242,761,000
403	Monitoring, Uplifting and Embellishment of the Environment	198,890,000	234,918,000	224,684,000	239,548,000
406	Sustainable Development and Climate Change	7,164,000	7,739,000	2,828,000	2,919,000
	Total	575,833,000	576,309,000	559,855,000	561,169,000

出典: PBB2014, MoFED

表 2.3.7 は 3 か年の会計年度予算を支出タイプ別に示したものである。2014 年から 2016 年にかけて、職員人件費の増額が見込まれている。

表 2.3.7 MOESDDBMの予算概要(支出タイプ別)

単位：ルピー

Code	Programmes	2013 Est.	2014 Est.	2015 Planned	2016 Planned
21	Compensation of Employees	219,780,000	227,685,000	235,692,000	243,079,000
22	Goods and Services	89,512,000	118,634,000	115,930,000	109,199,000
26	Grants	102,141,000	2,231,000	2,231,000	2,231,000
31	Acquisition of Non-Financial Assets	164,400,000	227,759,000	206,002,000	206,660,000
	Total	575,833,000	576,309,000	559,855,000	561,169,000

出典: PBB2014, MoFED

表 2.3.8 は 2014 会計年度のカテゴリー別の予算内容である。予算全体 (576 百万ルピー) の中でも、職員の人件費が約 230 百万ルピーと全体の 40%を占めている。

表 2.3.8 MOESDDBMの予算概要(2014会計年度、カテゴリー別)

単位：ルピー

Code	Programmes	Compensation of Employees	Goods and Services	Subsidies/ Grants	Acquisition of Assets
401	Environmental Policy and Management	45,500,000	24,891,000	2,231,000	2,000,000
402	Environmental Protection and Conservation	51,318,000	59,653,000	0	148,059,000
403	Monitoring, Uplifting and Embellishment of the Environment	128,198,000	29,020,000	0	77,700,000
406	Sustainable Development and Climate Change	2,669,000	5,070,000	0	0
	Total	227,685,000	118,634,000	2,231,000	227,759,000

出典: PBB2014, MoFED

d. 経済評価

d.1 海岸域の経済的価値

モーリシャス銀行(Bank of Mauritius)によると 2013 年の観光収入額は約 405 億ルピー (2013 年) であり、同年の GDP(3,287 億ルピー)の約 12%を占める。なお、1997 年は GDP の 5.6%、2008 年は 8.7%である事を考慮すると、GDP に占める割合が年々増加していることが分かる。

2009 年に Landell Mill 社によって、海岸地域の経済価値算定に関するスタディが ICZM の枠組みの一環として実施された。海岸地域の観光産業の貢献は顕著であるが、海岸地域に対する年次予算の割り当てが政府予算の数%程度と非常に少ない。海岸地域の経済価値については、1)海岸地域での観光、漁業等による収入、2)ホテル、別荘、借地などのリース、土地の価格、3)トラベルコスト等が含まれ、表 2.3.9 のように算定されている。

表 2.3.9 海岸地域の経済価格予想

Source	Rs	% of Total
Annual Revenue Stream	405,163,754,703	37.4 %
Leasehold Premium	126,810,297,827	11.7 %
Travel Cost	270,255,034,966	24.9 %
Hedonic Pricing	75,089,632,008	6.9 %
Total Property Value on the Coast	207,196,867,685	19.1 %
Existence Value	237,787,940	0.022 %
Total Economic Value	1,084,753,375,129	100 %

出典: Development of ICZM Framework (Landell Mills, 2009)

d.2 海岸保全事業の効果

海岸保全事業の効果は、海岸保全施設が背後地の資産等を防護する効果と、海岸の利用促進、環境を維持・保全・改善する海岸利用・海岸環境保全の効果に大別される。

海岸保全施設を整備する事により、高潮・波浪等から背後地が防護されるため、建物の消失が回避される。Grand Sable にて代表されるように、海岸道路、バス停などの公共施設や背後住民への被害を減少させ、背後地での商業活動への影響（損失）が軽減される。また、地域の安全性や利便性の向上により、土地としての魅力が高まり、資産価値が上昇していく事が想定される。

環境面では、砂浜の消失を防止し、波浪が低減すると共に良好な景観が保全・形成される事になる。また、水質の改善によっては、多様な生物の生息環境が向上し、その結果として漁場等が形成される可能性もある。利用面においては、観光業が重要な産業となっているモーリシャスにとっては、海浜の整備により当該海岸での観光客やレクリエーション利用者の増加に寄与する事が挙げられる。

なお、選定されたモーリシャスの 12 海岸の保全計画の策定に当たり、このような海岸事業の効果を想定し、今後の方向性を述べている。モーリシャスの海岸においては、観光地としての価値が高い事から、自然の海浜を維持する方向とし、構造物による対策を極力回避した対策を提案している。

e. 沿岸域の土地利用状況

公共海岸庁によると、モーリシャスには公共海岸公園が 90 サイトあり、海岸線延長は 39.3 km と全体の 12% を占めている。沿岸の土地利用状況は、表 2.3.10 に示すように全体の 23% が農地として最も長く、第 2 位がバンガロー、第 3 位がホテルとなっている。

表 2.3.10 沿岸域の土地利用状況

Usage	Coastline (km)	%
Public Beaches	39.3	12%
Hotel Sites	41.9	13%
Bungalow Sites	52.0	16%
Building Sites	25.0	7%
Diverse Activities	12.8	4%
Agriculture	17.0	5%
Grazing	28.7	9%
Under Vegetation	76.2	23%
Coastal Road	16.1	5%
Cliffs	10.2	3%
Criffs/Grazing	11.5	3%
St. Antoine Sugar Estate	4.5	1%
Total	335.2	1.0

出典: 公共海岸庁

また、海洋保護区の候補地が 20 サイトあり、順次、公共海岸公園として指定していく予定となっている。公共海岸公園は、砂浜海岸、砂泥海岸、岩礁海岸などに立地しており、それぞれ立地条件に合わせて利用者が楽しんでいる。海岸沿いの施設も整備され、

メンテナンスも行き届いており、海岸の清掃は公共海岸庁が民間会社と契約して行っている。

2.3.2 政策、法制、組織

a. 総合的海岸管理に係る国家政策

海岸域保全と災害管理に関連する代表的な国家政策として、国家発展戦略(NDS: 2005)および国家環境政策(NES: 2007)が挙げられる。これら国家政策において、総合的海岸管理を通じた海岸域での持続可能な利用と発展に関連する内容として、以下の国家目標が掲げられている。

<総合的海岸管理に係る国家目標>

- 1) マングローブと海岸湿地を含む海岸域の生態系の総合的な保護
- 2) ラグーンエリアのゾーニング
- 3) 海洋保護区の増進
- 4) サンゴ礁生態系の生態系の評価とモニタリング
- 5) ラグーンの水質環境の改善
- 6) 主要な海浜への公衆のアクセスの確保
- 7) 公共海岸公園の施設の整備とその質の向上
- 8) 適切な技術を用いた海岸侵食の制御
- 9) 環境能力を考慮した海岸周辺環境と開発との調和
- 10) 観光及び観光関連事業の環境ラベルの採用と環境管理システムの実施
- 11) 船舶による水質汚染の最小化
- 12) 島嶼地域の管理と開発
- 13) 海岸遺産(資源)の保護とその促進

b. 国家政策に対応した法制度

上述の国家目標に対応した法制度は、複数の既存関連法規を基本として構成されている。総合的海岸管理に係る主な項目別にその法規の内容を以下に示す。

b.1 海岸域(Coastal Zone)の定義

海岸域は、高潮位地点より 1km の陸側および海側の区域を指す(Environment Protection Act 2002 (EPA 2002))。なお、ここでの「高潮位地点」とは、「モ」国では HWM(High Water Mark)と呼ばれており、実質的には潮位ではなく波浪を伴う痕跡高を指し、そのため場所・時間等によって変化する特徴を持つ。

b.2 海岸域の土地所有権

「モ」国においては、海岸域を含む全国土は国有地であり(State Lands Act 1982)、MHL の管轄下にある。海岸域においては、海岸への公衆のアクセス権が保証されており、土地の私有化、譲渡は認められていない(Pas Géométriques Act 1874, State Lands Act 1982)。ただし、住宅・土地省が公共の利益等の観点で妥当と認めた場合には、商業目的・宅地目的などで、海岸域を貸借する事が可能である。

b.3 海岸域の分類

「モ」国の海岸域は、1) Public beach, 2) Leased area, 3) Vested area, 4) Uncommitted area の4種類に分類される。このうち Public beach とは、低潮位地点と高潮位地点の間の土地、及びそこから 100m の海水域を指す(Beach Authority Act 2004)。「モ」国の Public beach は MHL によって指定され、その日常的な管理は 2002 年から海浜庁(Beach Authority)によって実施されている。海岸域の分類別の概要および海岸整備、維持管理に係る主体を示す。

表 2.3.11 海岸域の分類別の概要および海岸整備、維持管理に係る主体

分類	概要	主体	
		海岸整備	維持管理
1) Public beach	公共海岸公園	政府(MOESDDBM)	Beach Authority
2) Leased area	個人・企業などへの貸地	借主(個人・企業)	借主(個人・企業)
3) Vested area	政府機関への貸地	借主(政府)	借主(政府)
4) Uncommitted area	上記のいずれにも該当しない土地	政府(MOESDDBM)	District Council

出典: JICA調査団

b.4 海岸域における高潮位点(HWM)より陸側の構造物の規制

2004 年に公布された国家開発計画における海岸住宅デザインシート(Design Sheet, Residential Coastal Development)において、海岸域における陸側の開発規制が示されている。これにより、セットバック域(構造物の建造が認められない範囲)が 2004 年以前の HWM から陸側に 15m から 30m へと変更となった。新規借地契約においては本法規が適用されるとともに、既存借地においてもその更新時期に本セットバック域の確保を目指すこととされている。また、既存借地においては、2020 年末において本セットバック域 (30m) に満たない海岸は自動的に公共海岸公園と規定する、とされているが、MHL においてその強制権はなく、実質的には勧告レベルの規制となっている。なお、例外的にセットバック域内に設置が認められる構造物としては、1)杭式栈橋、2)コンクリート基礎を持たない木製ビーチパラソル、3)20cm の高さを超えない船の上下架施設が挙げられる。

表 2.3.12 海岸域における陸側の構造物の規制

Residential development	A	B	C
	Coastal Frontage	Coastal Road	Inland
Maximum Building height	G+1+33% (G)	G+2	G+2+50% (G)
Max Building Height in meters	13 m	15 m	18 m
Max Plot Coverage	20 %	40 %	40 %
General setbacks	No less than 30 m from HWM	No less than 30 m from HWM	
From main road (Class A + B)	6 m	6 m	6 m
Access Roads	4.5 m	4.5 m	4.5 m
Lightly trafficked roads	3.0 m	3.0 m	3.0 m
Side and rear boundaries	3.0 m	2.0 m	2.0 m

Note = G(Ground Floor Area)

出典: "Design Sheet, Residential Coastal Development, November 2004", MoHL

b.5 海岸域における高潮位点(HWM)より海側の構造物の規制

漁業・海洋資源法(Fisheries and Marine Resources Act, 2007)において、領海法(Maritime Zones Act 2005)に規定される海岸域を含む海域内においては、漁業・海洋資源省の許可なくしては、いかなる構造物の建設も認められないと規定されている。

b.6 環境影響評価(Environmental Impact Assessment, EIA)の手続き

「モ」国において初めて環境影響評価が導入されたのは、1991年に制定された環境保護法(EPA 1991)であった。2002年に制定されたEPA 2002において、更に初期環境報告書(PER)の提出義務が加えられた。EIA および PER の認可手順の概要は下表のようになる。

表2.3.13 EIAの審査手続き

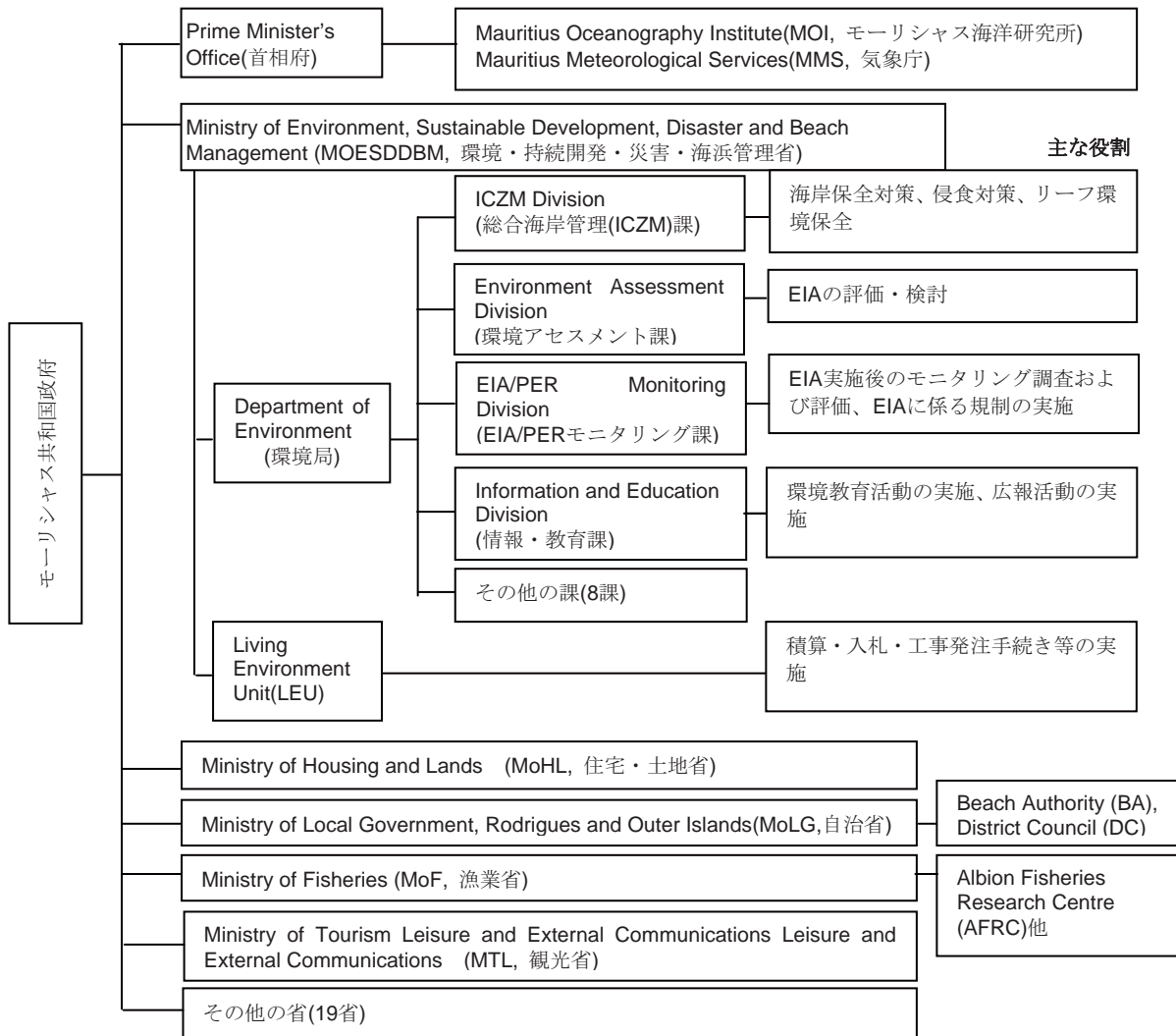
段階	概要	所要日数の目安
第1段階:初期審査	EIA 課 (MOESDDBM) の担当者による提出書類 (PER及びEIA)の審査	(内容により異なる)
第2段階:一般国民審査	MOESDDBMのDirectorがEIAの内容について新聞等へ公示し、一般国民から意見の徴収を行う	28日間以内
第3段階:現地確認および技術検討委員会の実施	MOESDDBMのDirectorが関係者に現地確認を指示し、意見を徴収する。また、必要に応じ関係者を集め技術検討会を開催し、意見を徴収する。	42日間以内
第4段階: EIA 審議会 の開催	MOESDDBMのDirectorがEIA 報告書をEIA 審議会の検査に諮る。	14日間以内
最終段階: 認可	MOESDDBMのMinisterがEIA 審議会による検査結果を参考に、認可の可否を決定する。	7日間
合計		56日~98日程度

出典: “Development of an Integrated Coastal Zone Management Framework (ICZM) for the Republic of Mauritius, Landell Mills, 2009を元にJICA調査団が作成

c. 組織・体制

c.1 組織図

「モ」国政府は25の府省(Ministry)から構成されている。そのうち、主として総合的海岸管理に関連する政府機関の組織図を以下に示す。なお、本組織図は能力向上計画策定のための基礎資料として活用したことから、計画策定時の2013年時点の組織図を示す。



出典: “Development of an Integrated Coastal Zone Management Framework (ICZM) for the Republic of Mauritius, Landell Mills, 2009を元にJICA調査団が作成

図 2.3.1 総合的海岸管理に関連する政府機関の組織図

c.2 海岸保全に係る政府の役割と主な担当機関

前述の法規制および組織体制を元に、本業務の実施目的である海岸保全に係る能力向上の観点から、海岸保全に係る一般的な項目とそれに対応した政府の役割・主担当を以下に整理した。能力向上においては、本表の役割・主担当を考慮のうえ実施する事とし、実証事業を通じてその組織体制(担当体制)の妥当性を評価し、必要に応じて体制の改善を提案するものとする。

表 2.3.14 一般的な海岸保全の項目とそれに対応した政府の役割・担当

項目	詳細	政府の役割	政府の主担当
基礎調査	海岸地形調査	調査・測量	BA, MHL, MOI
	サンゴ礁・水質調査	〃	MoF(AFRC)
	波浪・流況調査	〃	MoF(AFRC), MOESDDBM, MMS
海岸保全計画	海岸防護計画	策定/妥当性の評価	MOESDDBM
	海岸利用計画	〃	BA, MOESDDBM, MTL
	土地利用計画	〃	MHL, MOESDDBM
	環境保全計画	〃	MoF(AFRC), MOESDDBM
	関係者との合意形成	合意形成の実施	MOESDDBM
設計・施工	基本設計	妥当性の評価	MOESDDBM
	詳細設計	〃	MOESDDBM
	施工計画	〃	MOESDDBM
	環境影響評価(EIA)	審査および認可	MOESDDBM(EIA課)
	関係者との合意形成	合意形成の実施	MOESDDBM, MoLG(DC)
	入札・発注手続き	入札図書の作成	MOESDDBM(LEU)
	施工	施工中の問題への対応	MOESDDBM
維持管理・モニタリング	既存の海岸保全施設 ^{*1} の維持管理	メンテナンスの実施	MoLG (BA, DC), MOESDDBM
	海岸公共施設の維持管理	〃	MoLG (BA, DC), MOESDDBM
	地形モニタリング ^{*1}	実施、評価および計画へのフィードバック	MHL, MoLG(BA), MOI, MOESDDBM
	サンゴ礁・水質モニタリング	〃	MoF(AFRC), MOESDDBM
	土地利用管理 ^{*1}	構造物建造の許認可	MoLG(DC)
		構造物建設後の管理	(実施無し)
海岸利用管理	違法行為等の管理	MoLG(BA)	

^{*1}借地エリアにおいては借主が責任を負う、^{*}特に記載のない場合MOESDDBMは主としてICZM課を指す。

^{*}DC: District Council、BA: Beach Authority

出典:JICA調査団

2.4 過去の海岸災害と対策

「モ」国において、海岸事業のターニングポイントとなった事例を調べ、その対策について、海岸保全施設を対象に調査し、課題を抽出した。

2.4.1 海岸災害

下表に「モ」国に来襲（上陸、または近接）した代表的なサイクロンを示す。「モ」国の海岸とその対策を考える上で、特に重要なサイクロンに下線を引いている。ここでは、3つのサイクロンについて整理した。

表 2.4.1 モーリシャスに来襲した代表的なサイクロン

Cyclone	Maximum significant wave height (m)			
	N	S	E	W
1960-Carol	12.51	10.94	14.00	12.61
1989-Krisy	5.07	5.76	6.26	5.44
1994-Hollandia	10.66	12.94	13.51	10.49
1995-Ingrid	6.13	8.68	8.37	6.94
1996-Bonita	5.91	4.08	5.25	4.28
1996-Daniella	7.38	6.02	7.69	10.28
1996-Flossy	3.66	5.42	5.19	4.25
1998-Anacelle	7.45	9.63	9.90	8.11
1999-Davina	7.79	9.49	10.59	11.37
2000-Connie	8.67	12.29	12.94	8.72
2002-Dina	11.78	10.12	11.49	7.41
2002-Guillaume	8.67	12.29	12.94	8.72
2003-Gerry	8.92	8.60	10.44	6.71
2005-Hennie	5.40	5.67	6.17	4.78
2007-Gamede	5.22	3.53	4.53	4.37
2008-Hondo	2.90	2.17	2.86	2.40
2009-Gael	3.12	2.21	2.86	2.95
2010-Gelane	3.32	3.17	3.65	2.15
2012-Giovanna	5.13	3.69	4.84	3.81
2013-Dumile	2.52	2.06	2.37	2.98
2013-Imelda	3.19	2.83	3.31	2.20

出典：JICA調査団

a. Carol (1960)

1960年 Carol は、「モ」国に越波と海岸侵食をもたらし、沿岸の土地利用を考えていく上で、契機となったサイクロンである。この後、小規模な護岸が建設されていくことになる。

b. Hollandia (1994)

1994年 Hollandia は、1960年以降建設されてきた小規模構造物周辺での被災や、砂浜海岸で浜崖が生じたサイクロンであった、この対策として1996年から政府の海岸事業が実施されることになり、対策工として蛇籠が導入されている。

c. Dina (2002)

2002年 Dina も大規模なサイクロンであった。これを受けて、2003年の Baird の提案に沿って、巨石護岸が「モ」国全域に導入されている。またこの時、養浜も導入され海岸保全対策として、柔軟な対策が導入されるようになった。

2.4.2 海岸構造物の変遷

年代別に、海岸保全の考え方と構造物の変遷をとりまとめた結果を以下に示す。

表 2.4.2 モーリシャスの構造物の変遷

		60s	70s	80s	90s	2000s	2010s and later
Typical events		1960 Carol (Cyclone)			1994 Hollanda(Cyclone)	2002 Dina Very Intense	
Direction of the coastal protection	Hard Soft	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----
Structure	① Stone piled revetment ② Gabion ③ Nourishment ④ Big Stone piled revetment ⑤ Flexible revetment	----- ----- ----- ----- -----	----- ----- ----- ----- -----	----- ----- ----- ----- -----	----- ----- ----- ----- -----	----- ----- ----- ----- -----	----- ----- ----- ----- -----

出典：JICA調査団

1960年代から、小規模な護岸が海岸沿いに建設されるようになった。土地の防護を主眼としており、海岸構造物として設計されておらず、土地所有者によって建設されたものが大半を占める。

Hollanda (1994) の災害を復旧するにあたり、1996年に導入されたのが蛇籠である。侵食された海浜や護岸の復旧に、蛇籠を用いることで一定の成果を上げた。構造物によって海岸を防護するという考え方が明確化された時期であった。

Dina (2002) の災害を復旧するにあたり、2003年 Baird の提案がなされた。巨石護岸によりさらに強固に海岸を防護する考え方と、養浜を主体とする柔軟性に富んだ現地材料を主体とする防護の考え方が導入された。

さらに、2012年から調査を行ってきた JICA によって、さらに柔軟性に富んだ考え方が導入され、フレキシブル護岸が 2013 年以降、建設されていくことになる。

今までの海岸構造物は、建設された年代、形式から大きく三つに大別できる。

- a. 1960年以降の構造物：小規模構造物
- b. 1994年～2003年の構造物：蛇籠
- c. 2003年～2013年の構造物：巨石護岸 (Bairdの提案)

a. 1960年以降の構造物：小規模構造物

・護岸

小規模護岸防は、粗石材またはコンクリートで作られた直立構造物である。国内のいたるところにみられるが、概ね 2m 程度までの高さで、構造物としては大きくない。

・突堤

小規模突堤は、Pte. d'Esny に建設されている。その中でも小規模なものは突堤としての役割ではなく、土地境界を明確にするために設置されているが、いくつかは突堤の役割を果たしている。1996 年以降政府の指導により、沖合先端を低く改良するなど、過度に沿岸漂砂を止めないような配慮がなされている。

b. 1994年～2003年の構造物：蛇籠

蛇籠は、災害復旧や緊急を要する場所で採用されてきた。高いところで3m程度の高さがある。設置後20年程度経過しており、鉄線が錆により破断しているものがある。

c. 2003年～2013年の構造物：巨石護岸 (Bairdの提案)

1 ton を超えるような大きさの石材を材料とする、高さ数 m の傾斜型護岸である。2003年以降、Baird の提案に沿って、「モ」国で多く建設されてきた。2014 年も東海岸で建設されている。

2.4.3 過去の対策

能力向上に関しては(1)EIA、(2)技術的能力、(3)技術ガイドラインの3項目が主要な課題と考えられる。

a. 1960年以降の構造物：小規模構造物

・護岸

Riviere des Creoles の例に見るように、老朽化の進行、変形も散見される。Riviere des Creoles では、堆積土が発生し、カニの遡上阻害などの問題があり、日本のアドバイスにより2014年に碎石によるフレキシブル護岸に改修された。



出典：JICA調査団

図 2.4.1 Riviere des Creoles の護岸

・突堤

小規模突堤は、Pte. d'Esny に建設されている。海岸をリースしている地権者により建設された。構造は練石積形式で、天端幅1.5m程度である。大部分は高さ1m未満である。しかし、数基は砂浜部で高さ3m程度あり、土地境界の役割も果たしている。

Pte. d'Esny では、部分的に侵食が生じ、砂浜部の突堤によりアクセスが分断されている場所があり、砂浜上を沿岸方向に連続して歩くことができない。海岸管理上、また海岸利用上問題が生じている。



出典：JICA調査団

図 2.4.2 Pte. d'Esny の突堤

b. 1994年～2003年の構造物：蛇籠

Saint Felix の蛇籠を示すが、1994 年に来襲したサイクロンの後、95 年から 96 年にかけて建設された。高いところで 5m 程度の高さがある。2012 年の調査では鉄線が破断し、中詰石が砂浜に散乱していることが確認された。



出典：JICA調査団

図 2.4.3 Saint Felix の蛇籠

c. 2003年～2013年の構造物：巨石護岸 (Bairdの提案)

・ Pte. aux Sables

Sables の巨石護岸を示すが、高さは 2m を超え砂浜を覆うように建設されている。比較的新しい構造物で、十分な石材の質量があることから、護岸に石材の移動などの問題は生じていない。しかし、護岸法線が海側にセットされていることから、砂浜を覆うことで、沿岸漂砂の動きを阻害している可能性がある。隣接する海岸では汀線が後退し、小規模護岸が被災していた。上面は歩きにくく、前面の砂浜が狭いことから、護岸斜面を降りて、海にアクセスしにくくなっている。



出典：JICA調査団

図 2.4.4 Pte. aux Sables の巨石護岸

・ Grand Sableの南側

Grand Sable の南側の巨石護岸は、Sables よりも小規模で、天端に遊歩道が設置されている。しかし法先は完全に海中であり、石積法面の半分程度までは潮位が上がっている痕跡があった。滑面もあり、海へのアクセスはできない状況であった。



出典：JICA調査団

図 2.4.5 Grand Sable(南側)の巨石護岸

2.4.4 海岸保全の課題

a. 連続性の確保

海浜は海から陸への遷移帯として重要な役割を果たしている。緩やかにそして連続して変化することが重要で、ここに明確な境界や移動しない領域が出現すると、さまざまな問題が生じる。

Riviere des Creoles では、カニの遡上や、植生の変化などの問題が生じた。また、Pte. aux Sables や Grand Sable 南側では、護岸が海浜とのアクセスを妨げている。

さらに、Pte. aux Sables の巨石護岸は砂浜を覆うように建設されたために、沿岸漂砂を減少させ、漂砂の下手側で海岸侵食を引き起こしている可能性がある。

生態系や利用、そして漂砂に際し、海岸保全施設が固定化した境界となって、海浜のもつ連続性が確保されていないことが課題である。

b. 材料

本来、海岸に存在しない材料を持ち込んで、構造物を建設する場合には、特に注意が必要である。Saint Felix では、鉄と石という2つの遺物を持ち込んだが、錆によって鉄線は破断し、砂浜に粗石が散乱する結果となった。

また巨石は、岩礁海岸で岩が点在しているのであれば、なじみやすいが、砂浜海岸に整然と並べると違和感が大きい。海浜に存在する材料、またはなじみやすい材用を用いて構造物を建設していないことが課題である。

c. コスト

リーフに守られた海岸に対して、大きすぎる諸元の部材が用いられている。巨石護岸について、設計資料も確認したが、設計上必要な大きさに対し、3倍ほどの石材が用いられている。過大な部材によって不必要に大きな断面となり、高コストな構造物となっていることが課題である。

d. 適用方法

これまで「モ」国で採用されてきた、小規模護岸、蛇籠、巨石護岸は海岸保全工法として実績のある工法である。しかし、上述したような課題が浮き彫りになるのは、工法の適用に問題があると考えられる。

外国からの提案があると、対象地点の特性や問題点を解明することなしに、新しい工法を適用しているように思われる。誤った対策工法の適用は、問題をさらに大きくすることがある。対策の適用方法が課題である。

2.5 海岸特性・変化解析

2.5.1 長期海岸線変化(空中写真による海岸侵食状況の把握)

海岸の侵食状況を把握するために、空中写真の地形判読（海岸線判読）による地形変化解析を行う。収集した空中写真の撮影時期は、表 2.5.1に示すとおりである。

「モ」国では、これまでに Baird(2003)などで一部の海岸について空中写真による地形判読が行われたが、この方法により全体の海岸についての侵食状況を客観的に把握した実績はない。ここでの結果は、本プロジェクトで策定される保全計画に活用されるだけでなく、データベースとして蓄積され、今後 C/P によって更新することが可能である。その結果、海岸の維持管理全般に対する C/P の知識及び能力の向上に繋がるものとなる。

表 2.5.1 収集した空中写真の撮影時期

No.	Year	Source
1	1967	Ministry of Housing & Lands
2	1975	Ministry of Housing & Lands
3	1991	Ministry of Housing & Lands
4	1997-1999	Ministry of Housing & Lands
5	2008	Ministry of Housing & Lands (Satellite Images)
6	2012	Google Earth

出典：JICA調査団

a. 要約

表 2.5.2 海岸侵食状況の調査結果要約

目的	海岸の侵食状況の把握
方法	GIS を活用した空中写真の地形判読（海岸線判読）
結果	<ul style="list-style-type: none"> • 長期的な侵食海岸は 17%、安定海岸は 59%、堆積海岸は 23%。 • 0.2m/year 以上の長期的な侵食を示している海岸は、計 18 か所。 • 短期的な変動の平均値は 0.5m/year。
考察・結論	<ul style="list-style-type: none"> • 全般的には長期的な変化よりも短期的な変動の方が大きく、サイクロンによる地形変化の影響であると考えられる。

出典：JICA調査団

b. 解析範囲

基礎調査 20 海岸のうち 13 の漂砂系（Sediment Cell No.1 – No.13）を対象として地形変化解析を行った。さらに、それぞれの Sediment Cell について、岩礁となっている岬、河口部、突堤、海岸線変化の変曲点などを区切りとして、いくつかの Sub Cell に分割した。

解析範囲は合計 105 である（表 2.5.3参照）。また、対象とした海岸線の総延長は約 67 km である。解析範囲の一例（モーリシャス島西部の Pte. aux Sables 周辺）を図 2.5.1に示す。その他の全ての解析範囲については巻末資料 2.5.1 に示す。

表 2.5.3 解析範囲

Sediment Cell No.	細分化数 (Sub-Cell の数)	海岸名 ()内の数字は該当する Sub-Cell No.
1	4	Baie du Tombeau (1-4)
2	16	Pte. aux Cannoniers (1-4), Mon Choisy (5-7), Trou aux Biches (8-9), Pte. aux Piments (10-16)
3	6	Roches Noires (1-6)
4	5	Bras d'Eau (1-2), Part of P.G. Choisy (3-5)
5	16	Belle Mare (1-4), Palmar (5-10), Q. Cocos Vge (11-12), T. d'Eau Douce (13-16)
6	7	Île aux Cerfs (1-7)
7	8	Pte. d'Esny (1-4), Blue bay (5-8)
8	7	Souillac (1-3), Saint Felix (4-7)
9	5	Bel Ombre (1-5)
10	7	P.G. Le Morne (1-5), Le Morne Brabant (6-7)
11	13	Flic en Flac (1-3), Wolmar (4-5) Tamarin (6-9), La Preneuse (10-13)
12	5	Albion (1-5)
13	6	Pte. aux Sables (1-6)
計	105	

出典：JICA調査団



出典：JICA調査団

図 2.5.1 解析範囲の一例(Pte. aux Sables)

c. 解析方法

空中写真のデジタルデータを GIS により幾何補正を行った後、海岸線を判読した。次に、陸側に基準線を設け、それと各年次の海岸線の範囲を求積した。海岸線の前進・後退量については、面積の変化量を海岸線延長で除して算定した。ここで、海岸線の延長については、最も解像度の高い 2008 年の空中写真による解析結果を代表値とした。なお、「モ」国の沿岸での潮汐変化は小さいことから、海岸線位置の潮位補正は行わなかった。

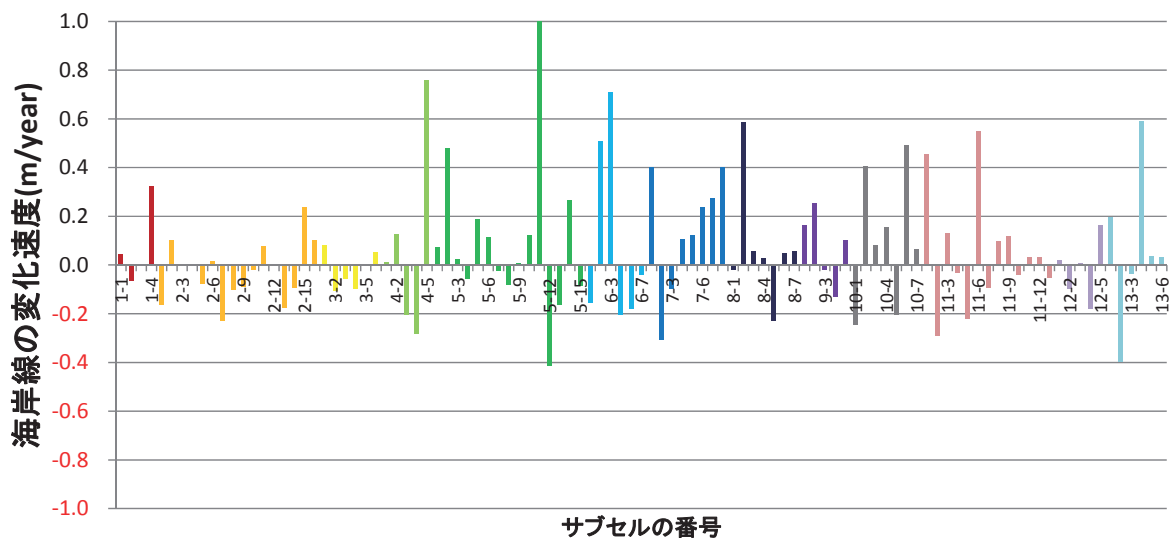
これらの作業は全て GIS を用いて簡単に行うことができ、今後新たな空中写真が収集された場合にも C/P が継続的に実施できることに配慮した。

上記の方法により算定された海岸線の変化量をもとに、長期的な変化と変動の大きさを整理した。前者については 1967 年から 2012 年までの 45 年間の平均の変化速度 (m/year)、後者については連続する 5 期間の変化速度の標準偏差を指標とした。

d. 解析結果 (全般)

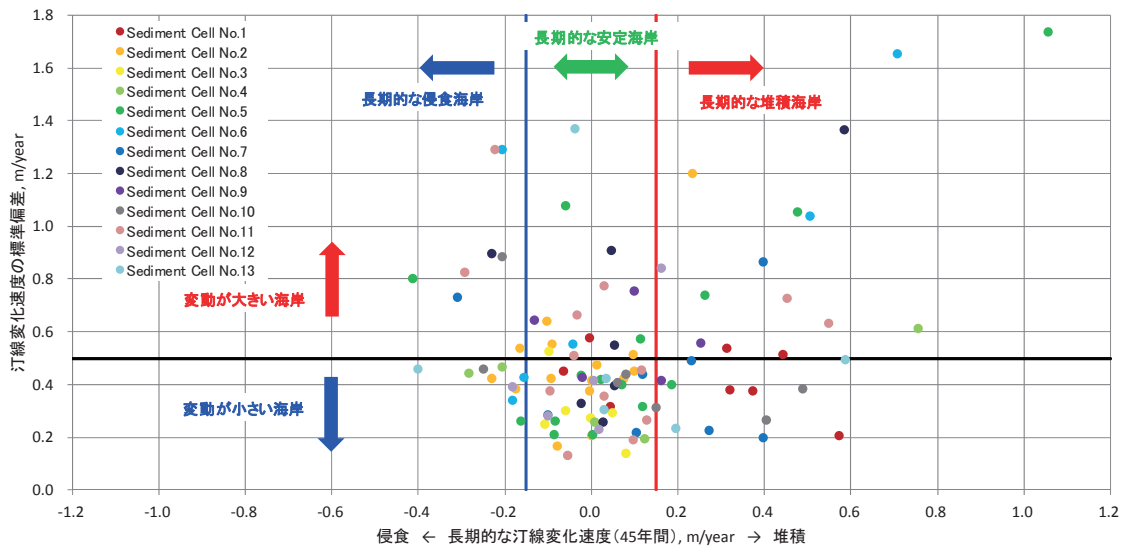
個別の海岸の地形変化最近約 50 年間で 10m 未満の変化 ($\pm 0.2\text{m/year}$) を安定な海岸と定義し、空中写真の判読精度を考慮して $\pm 0.15\text{m/year}$ を指標とすると、長期的な侵食海岸は 17%、安定海岸は 59%、堆積海岸は 23% となる。したがって、長期的には全体として安定または堆積する海岸が多く、侵食海岸は限定される。

また、5 期間の海岸線変化速度の標準偏差 (変動量) を全海岸で平均すると、約 0.5m/year であった。したがって、全体としては、長期的な変化よりも変動の方が大きい。これは、不定期に来襲するサイクロンによる地形変化の影響であると考えられる。



出典：JICA調査団

図 2.5.2 サブセルの長期的海岸線変化



出典：JICA調査団

図 2.5.3 サブセルの長期的海岸線変化と変動量

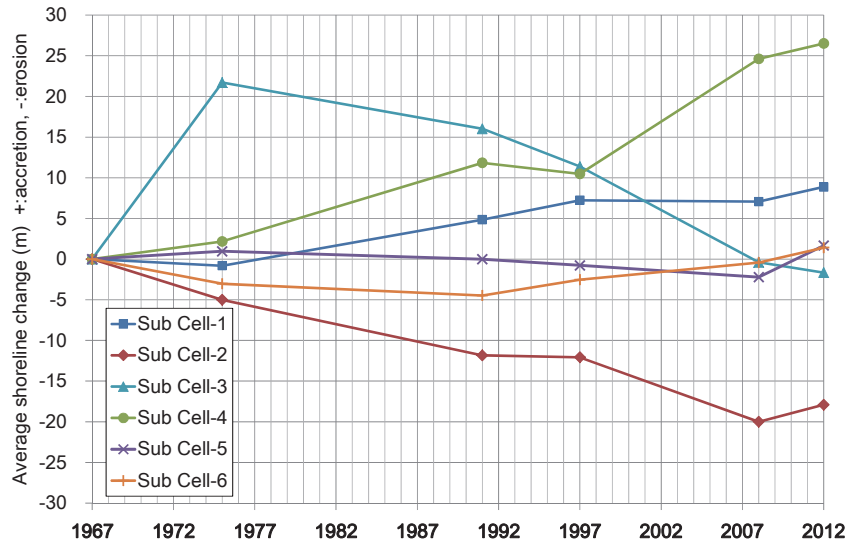
e. 個別の海岸の地形変化

一例として、図 2.5.1に示した Pte. aux Sables 周辺の海岸 (Sediment Cell No.13) について、1967 年を基準とした海岸線の前進・後退量の区間平均を整理した結果を図 2.5.4に示す。その他の全ての海岸線の結果については、巻末資料 2.5.2 に示す。

上記の Pte. aux Sables 周辺について、代表的な 3 時期の空中写真及び海岸線を図 2.5.6 に示す。2010 年に築造された石積護岸の西側約 600m の範囲 (Sub Cell-2) は経年的に侵食が進んでおり、変動は比較的小さい。一方、東側 Sub Cell-4 の約 1km の範囲は経年的に堆積しており、同様に変動は比較的小さい。Cell-2 から Cell-4 に向かう沿岸漂砂が卓越しており、サイクロンによる一時的な地形変化の影響が小さいために、変動が小さいものと考えられる。

両者の間の局所的な範囲 (Sub Cell-3) は、図 2.5.5の写真に示すように現在は住居前の砂浜が消失していて、越波等のリスクが大きい状況である。過去の空中写真の解析結果によれば、1975 年以降、石積護岸の築造 (2010 年) の前から長期的に侵食が続いている。護岸の築造により海浜が今後回復する可能性は低く、護岸西側の広い侵食域とともに保全対策が必要である。

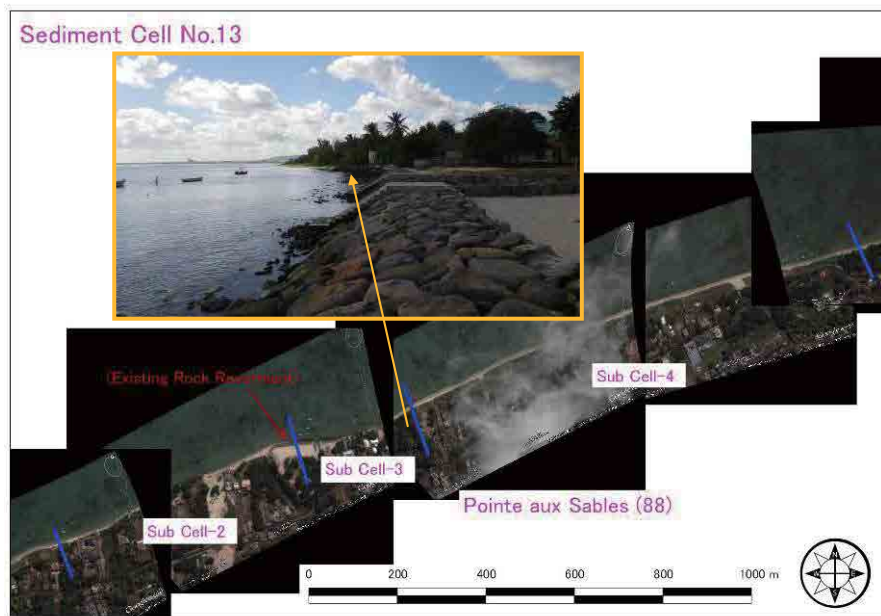
各海岸の変化速度とその標準偏差を表 2.5.4に示す。ここで、空中写真の判読精度を考慮して、少数第 2 位を四捨五入している。0.2m/year 以上の長期的な侵食を示している海岸は、計 18 であった。



出典：JICA調査団

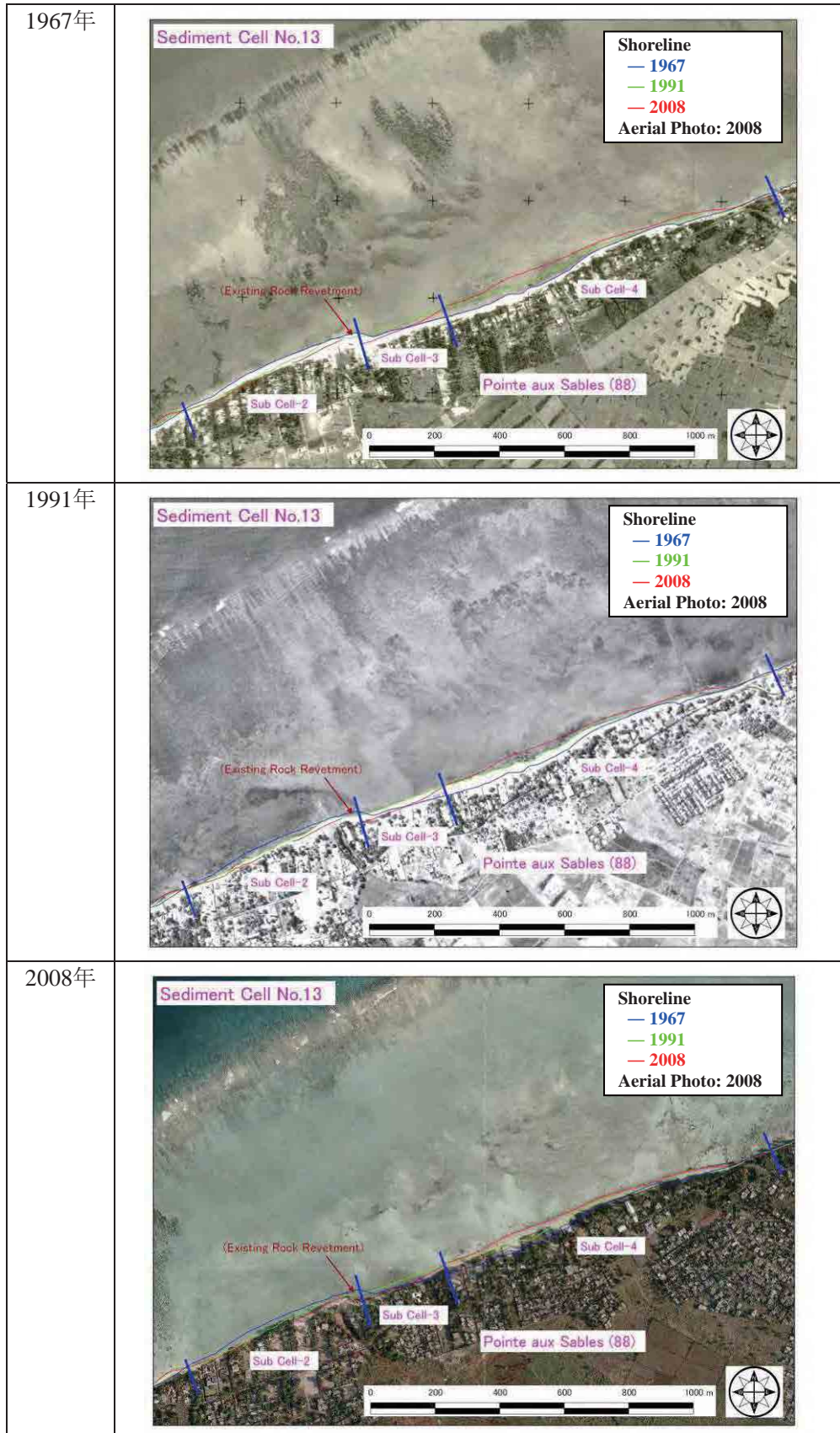
(1967年を基準とする)

図 2.5.4 海岸線変化の解析結果の一例(Sediment Cell No.13: Poite aux Sables 周辺, 図 2.5.1参照)



出典：JICA調査団

図 2.5.5 現在(2012年)の Pte. aux Sables の石積護岸周辺



出典：JICA調査団

図 2.5.6 Pte. aux Sables における海岸線の変化

表 2.5.4 海岸線の変化速度とその標準偏差

単位：m/year

サブセル の番号	長期的な 変化速度	変化速度の 標準偏差	海岸名	サブセル の番号	長期的な 変化速度	変化速度の 標準偏差	海岸名
1-1	0.0	0.3	Baie du Tombeau	7-1	0.4	0.9	Pte. d'Esny
1-2	-0.1	0.4	Baie du Tombeau	7-2	-0.3	0.7	Pte. d'Esny
1-3	0.0	0.6	Baie du Tombeau	7-3	-0.1	0.3	Pte. d'Esny
1-4	0.3	0.4	Baie du Tombeau	7-4	0.1	0.2	Pte. d'Esny
2-1	-0.2	0.5	Pte. aux Cannoniers	7-5	0.1	0.4	Blue bay
2-2	0.1	0.5	Pte. aux Cannoniers	7-6	0.2	0.5	Blue bay
2-3	0.0	0.2	Pte. aux Cannoniers	7-7	0.3	0.2	Blue bay
2-4	0.0	0.4	Pte. aux Cannoniers	7-8	0.4	0.2	Blue bay
2-5	-0.1	0.2	Mon Choisy	8-1	0.0	0.3	Souillac
2-6	0.0	0.5	Mon Choisy	8-2	0.6	1.4	Souillac
2-7	-0.2	0.4	Mon Choisy	8-3	0.1	0.5	Souillac
2-8	-0.1	0.6	Trou aux Biches	8-4	0.0	0.3	Saint Felix
2-9	-0.1	0.6	Trou aux Biches	8-5	-0.2	0.9	Saint Felix
2-10	0.0	-	Pte. aux Piments	8-6	0.0	0.9	Saint Felix
2-11	0.1	0.4	Pte. aux Piments	8-7	0.1	0.4	Saint Felix
2-12	0.0	0.4	Pte. aux Piments	9-1	0.2	0.4	Bel Ombre
2-13	-0.2	0.4	Pte. aux Piments	9-2	0.3	0.6	Bel Ombre
2-14	-0.1	0.4	Pte. aux Piments	9-3	0.0	0.4	Bel Ombre
2-15	0.2	1.2	Pte. aux Piments	9-4	-0.1	0.6	Bel Ombre
2-16	0.1	0.4	Pte. aux Piments	9-5	0.1	0.8	Bel Ombre
3-1	0.1	0.1	Roches Noires	10-1	-0.2	0.5	P.G. Le Morne
3-2	-0.1	0.2	Roches Noires	10-2	0.4	0.3	P.G. Le Morne
3-3	-0.1	0.3	Roches Noires	10-3	0.1	0.4	P.G. Le Morne
3-4	-0.1	0.5	Roches Noires	10-4	0.2	0.3	P.G. Le Morne
3-5	0.0	0.3	Roches Noires	10-5	-0.2	0.9	P.G. Le Morne
3-6	0.1	0.3	Roches Noires	10-6	0.5	0.4	Le Morne Brabant
4-1	0.0	0.3	Bras d'Eau	10-7	0.1	0.4	Le Morne Brabant
4-2	0.1	0.2	Bras d'Eau	11-1	0.5	0.7	Flic en Flac
4-3	-0.2	0.5	Part of P.G. Choisy	11-2	-0.3	0.8	Flic en Flac
4-4	-0.3	0.4	Part of P.G. Choisy	11-3	0.1	0.3	Flic en Flac
4-5	0.8	0.6	Part of P.G. Choisy	11-4	0.0	0.7	Wolmar
5-1	0.1	0.4	Belle Mare	11-5	-0.2	1.3	Wolmar
5-2	0.5	1.1	Belle Mare	11-6	0.6	0.6	Tamarin
5-3	0.0	0.4	Belle Mare	11-7	-0.1	0.4	Tamarin
5-4	-0.1	1.1	Belle Mare	11-8	0.1	0.2	Tamarin
5-5	0.2	0.4	Palmar	11-9	0.1	0.5	Tamarin
5-6	0.1	0.6	Palmar	11-10	0.0	0.5	La Preneuse
5-7	0.0	0.4	Palmar	11-11	0.0	0.8	La Preneuse
5-8	-0.1	0.3	Palmar	11-12	0.0	0.4	La Preneuse
5-9	0.0	0.2	Palmar	11-13	-0.1	0.1	La Preneuse
5-10	0.1	0.3	Palmar	12-1	0.0	0.2	Albion
5-11	1.1	1.7	Q. Cocos Vge	12-2	-0.1	0.3	Albion
5-12	-0.4	0.8	Q. Cocos Vge	12-3	0.0	0.4	Albion
5-13	-0.2	0.3	T. d'Eau Douce	12-4	-0.2	0.4	Albion
5-14	0.3	0.7	T. d'Eau Douce	12-5	0.2	0.8	Albion
5-15	-0.1	0.2	T. d'Eau Douce	13-1	0.2	0.2	Pte. aux Sables
6-1	-0.2	0.4	Île aux Cerfs	13-2	-0.4	0.5	Pte. aux Sables
6-2	0.5	1.0	Île aux Cerfs	13-3	0.0	1.4	Pte. aux Sables
6-3	0.7	1.6	Île aux Cerfs	13-4	0.6	0.5	Pte. aux Sables
6-5	-0.2	1.3	Île aux Cerfs	13-5	0.0	0.4	Pte. aux Sables
6-6	-0.2	0.3	Île aux Cerfs	13-6	0.0	0.3	Pte. aux Sables
6-7	0.0	0.5	Île aux Cerfs				

※網掛けは0.2m/year以上の長期的な侵食海岸
出典：JICA調査団

2.5.2 海岸土砂収支(土砂収支、土砂供給源、土砂流出)

前項で把握した海岸侵食状況をもとに、土砂の移動量を解析する。ここで得られる成果により、例えば、侵食域と堆積域が隣接する区間の土砂収支を比較することで沿岸漂砂量を推定することが可能であり、対策として考えられる養浜やサンドリサイクルの適用性、その必要量を計画するための基礎資料となる。また、突堤や護岸の築造による対策の効果や影響を推定することが可能となる。

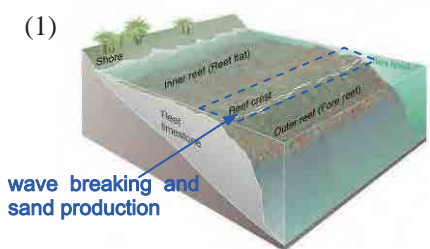
この結果もまた、今後 C/P によって更新することが可能であり、海岸の維持管理全般に対する C/P の知識及び能力の向上に繋がるものとなる。

解析にあたって、海岸地形の土砂収支の変化・変動に係わる事象を以下に示す。

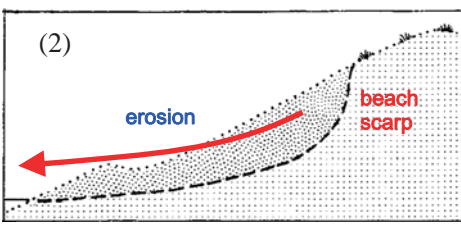
表 2.5.5 海岸地形の土砂収支の変化・変動に係わる事象

事象	説明	図
サンゴ砂の生産	サンゴ礁礁縁部で波によって削られてサンゴ片などが発生する。その後、リーフ内の波や流れによって海浜に打ち寄せられるとともに細粒化されて海浜材料となる。	(1)
海浜流による移動	リーフ内の流れは主として波の作用による。空中写真の筋目(砂の筋)で確認することができる。	(3) (4)
沿岸漂砂	海岸線に対して斜めに波が入射する場合などに海岸線に沿った向きの漂砂が発生する。	(3)
岸沖漂砂	高波浪時には海浜が削られて沖側へ砂が流出する。海浜には浜崖 (beach scarp) が形成される。	(2)
リーフ外への流出	リーフの切れ目などでは一般的にリーフ外に向かう海浜流が発生していて、リーフ内の砂が沖側へ流出する。	(4)
流下土砂	河口部では出水に伴って土砂が供給される。	(4)
人工的な土砂採取	「モ」国では、かつて全土でサンゴ砂が採取されていた。	-

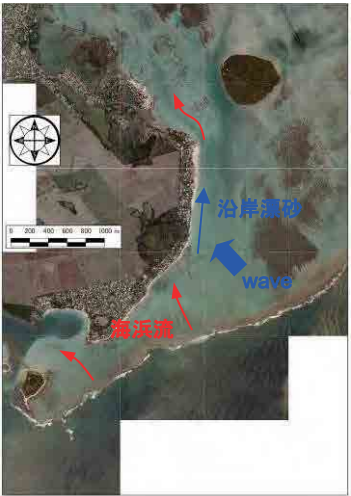
(1)




(2)



(3)



(4)



出典：JICA調査団

a. 要約

表 2.5.6 海岸土砂収支の調査結果要約

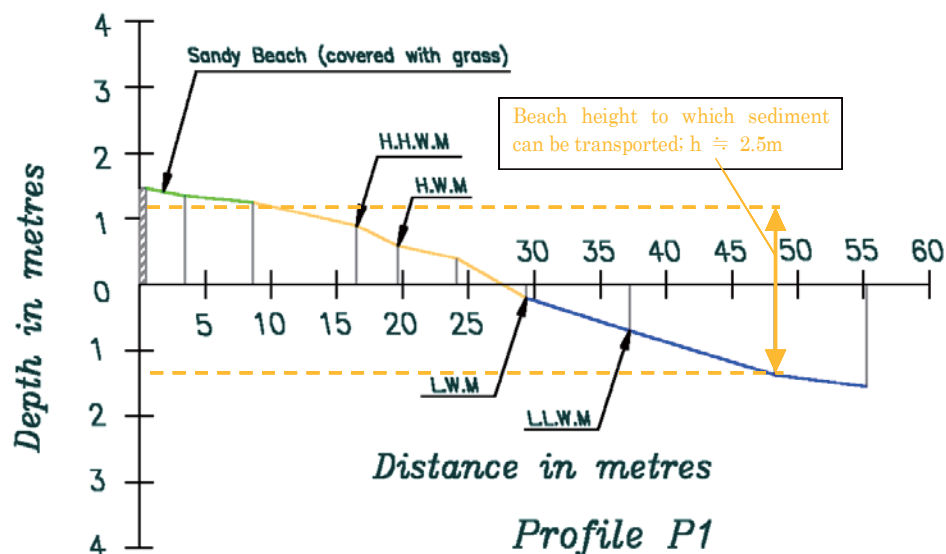
目的	海岸の土砂収支を解析して漂砂量を推定し、養浜やサンドリサイクル等の海岸保全計画の基礎資料とする。また、過去のサンゴ砂採取の影響、サンゴ砂の生産の海岸土砂収支への寄与率などを検討する。
方法	漂砂の移動高さを推定して、前項の空中写真による砂浜の面積変化をもとに土量変化を算定する。サンゴの採取量及び生産量については、既往の資料を収集整理する。
結果	<ul style="list-style-type: none"> 沿岸漂砂量は、最も多い所で $1,500\text{m}^3/\text{year}$ 程度である。 過去の土砂採取は、近年の海岸地形変化への影響は小さい。 全般的には海岸の土砂は長期的に増加（堆積）しており、サンゴ砂の生産量の 1/4 程度に相当する。 侵食された海岸の砂の一部は、リーフ外へ流出している。
考察・結論	<ul style="list-style-type: none"> 侵食は長期的な変化も重要もあるが、サイクロンによる短期的な変動も大きな問題である。 前面のラグーンが広い海岸でリーフ内にサンゴ砂が堆積している場合、将来の土砂採取の可能性を秘めていると考えられる。 サンゴの保全は、海岸保全計画の重要な要素である。 リーフ外へ流出した土砂を採取し、養浜材として利用できる可能性がある。

出典：JICA調査団

b. 解析方法

土砂量の変化については、前項での海岸の面積の変化量に海岸の高さ（Beach height）を掛けて算定した。ここで、海岸の高さは、既往の断面測量結果をもとに設定した。

Pte. d'Esnyにおける断面測量結果を図 2.5.7に示す。この図より、漂砂の移動高さは2.5m程度と推定される。他の地点での海岸断面でも概ね同等であったので、ここでの解析では、全ての地域で海岸の高さは2.5mとした。



出典：JICA調査団

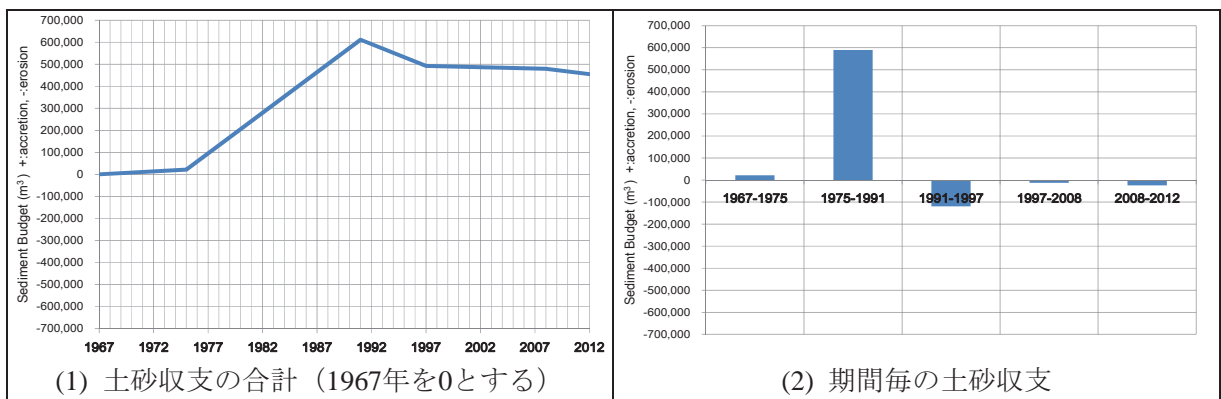
図 2.5.7 Pte. d'Esny (Baird, 2003)の断面地形

c. 解析結果 (全般)

解析を行った総延長 67km の海岸の土砂収支を図 2.5.8に示す。長期的には堆積傾向であり、特に 1975 年～1991 年の堆積が顕著である。しかし、近年では侵食と堆積は概ね平衡状態である。長期的な堆積傾向はサンゴの生産によるもの考えられ、次項で検証する。

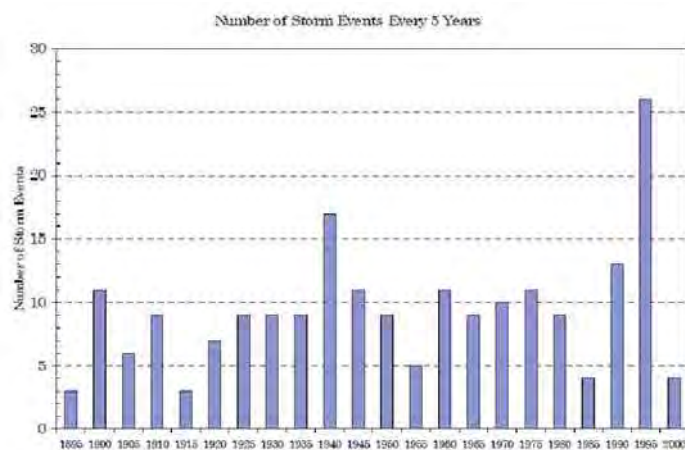
5 年毎のサイクロンの発生個数を図 2.5.9に示す。土砂収支との関係性は不明瞭であるが、堆積が顕著である 1975 年～1991 年はサイクロンの発生個数はやや少なく、高波浪による岸沖漂砂で侵食された土量が少なかった可能性はある。また、侵食量が比較的多かった 1991 年～1997 年はサイクロンの発生個数が突出している。

侵食は長期的な変化も重要もあるが、サイクロンによる短期的な変動も大きな問題である。サイクロン来襲時には、「2.2.2 波浪解析」に示した計算例のように高波浪と wave-setup が伴い越波災害が生じる場合がある。この対策としては、セットバックが有効である。また、次項「過去の海岸災害」に示すように、サイクロン来襲時には海浜断面が大きく変化する。このような一時的な海浜変形に対しては、海浜整形が有効である。



出典：JICA調査団

図 2.5.8 全海岸の土砂収支



出典：JICA調査団

図 2.5.9 モーリシャス付近のサイクロンの発生個数

d. サンゴ砂の採取 (Coral Sand Mining)

過去、1900年代の初めより、砂糖の精製および建設資材としての石灰の精製、埋め立てのためにサンゴ塊およびサンゴ砂が用いられた。1970年代以前は全土で採取が行われていたが、1980年以降はラグーンの広い北部から東部の4サイトのみで許可されていた。AWACS (1993)によれば、サンゴ砂の採取はリーフ内の窪地において主に行われており、1993年当時の実績で500,000 tones / year程度 ($\approx 300,000\text{m}^3/\text{year}$)の総量であった。サンゴ砂の採取は2000年に禁止され(サンゴ塊の採取は1980年に禁止)、現在では一部を除き行われていない。

ラグーンが広すぎると波の減衰が大きく、断片化されたサンゴ(サンゴ砂)を海岸に漂着させるまでに至らず、生産されたサンゴ砂はリーフ内の窪地などに溜まっているものと考えられる。過去の土砂採取は近年の海岸地形変化への影響は小さいが、前面のラグーンが広い海岸でリーフ内にサンゴ砂が堆積している場合、将来の土砂採取の可能性を秘めていると考えられる。

e. サンゴ砂の生産量

サンゴ砂の生産量は文献により大きく異なるが、Montaggioni (1988)によれば、 $4.5\text{kg}/\text{m}^2/\text{year}$ と報告されている。モーリシャス島南西部にあるLagoon at La Prairieを対象としたSSPA Sweden AB (2003)の検討では、上記のレポートを参照とした上で同じ原単位を用いており、幅37.5m、延長約9kmのサンゴ礁より年間1500トン(850m^3)の生産量を概算している。さらに、石灰藻(calcareous algae)や緑藻類(Halimeda: サボテングサ属)を考慮すると $6\text{kg}/\text{m}^2/\text{year}$ 、域内の合計2000トン(1100m^3)/yearの生産量を推定している。

Baird (2003)でも上記と同等の $5\text{kg}/\text{m}^2/\text{year}$ の生産量を仮定し、Flic en Flac北部の約3.2kmの海岸(ラグーン内)における土砂収支解析において $1600\text{m}^3/\text{year}$ ($0.43\text{-}0.84\text{ m}^3/\text{m}/\text{year}$)の土砂生産量を推定している。同報告書では、他にBelle Mareの海岸について $1.2\text{-}1.75\text{ m}^3/\text{m}/\text{year}$ 、Palmarの海岸について $0.6\text{-}1.0\text{ m}^3/\text{m}/\text{year}$ のサンゴ砂の生産量を見積もっている。

上記のFlic en Flacの解析事例を参考として原単位を $0.6\text{ m}^3/\text{m}/\text{year}$ と仮定し、土砂収支を行った計67kmの砂浜海岸での45年間(1967~2012年)のサンゴ砂の生産量を計算すると、 $0.6\text{ m}^3/\text{m}/\text{year} \times 67,000\text{ m} \times 45\text{ year} \approx 1,800,000\text{ m}^3$ となる。したがって、図2.5.8に示した空中写真の判読結果に基づく解析結果の約4倍となる。すなわち、長期的にはサンゴ砂の生産量の約1/4が海岸に打ち寄せられて、砂浜が堆積傾向となっているものと推定できる。なお、16年間で計算するとサンゴ砂の生産量は約 $640,000\text{ m}^3$ となり、図2.5.8に示した1975年~1991年の土砂収支と概ね合致する。

サンゴ砂の採取が禁止されて以降、全般的には海岸は堆積傾向である。しかし、一部の海岸の前面ではサンゴが劣化しており、サンゴの保全は、海岸保全計画の重要な要素である。

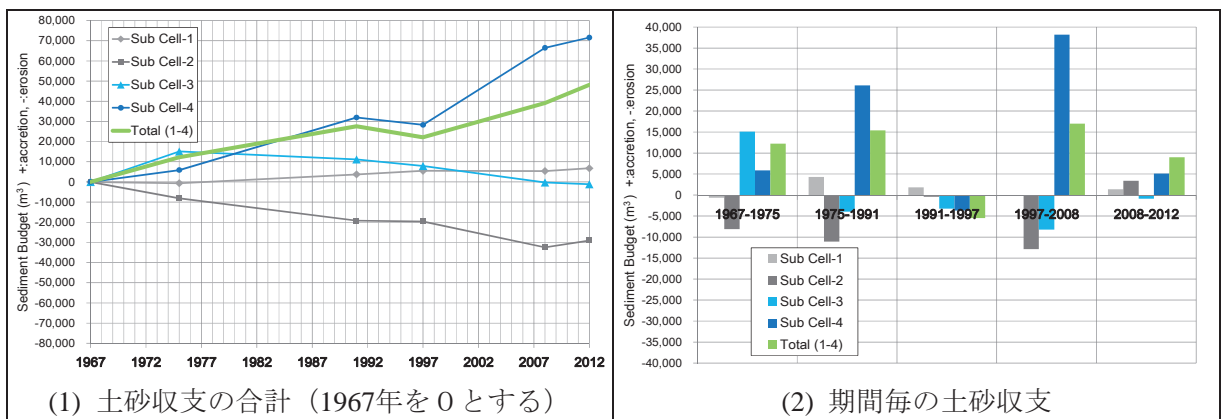
f. 個別の海岸の土砂収支

一例として、図2.5.1に示したPte. aux Sablesの土砂収支解析結果を図2.5.10に示す。前述した沿岸漂砂に伴うCell-2の侵食とCell-4の堆積は、完全には釣り合っておらず、合計では堆積が優っている。これは、前項で示したサンゴ砂の供給が一つの要因であると考えられる。両区域の侵食量と堆積量の平均から、沿岸漂砂量は約 $1,100\text{m}^3/\text{year}$ と推察される。

土砂収支解析結果から沿岸漂砂による侵食・堆積が推定される海岸と沿岸漂砂量を表 2.5.7に示す。沿岸漂砂量は、地形と波の特性によって場所により大きく異なるが、多くても年間 1,500m³ 程度である。

表 2.5.4に示した侵食海岸のうち、沿岸漂砂以外の要因で侵食が見られる海岸の一例 (Albion) の土砂収支解析結果を図 2.5.11に示す。Albion の南側 Cell-4 (12-4) では顕著な侵食が見られるが、これはリーフギャップから進入した波が屈折して収斂するためであると考えられる。これと隣接する最南端の Cell-5 (12-5) は、河口からの流下土砂のために海岸線の変動 (標準偏差) が大きく (表 2.5.4参照)、長期的な侵食は見られない。全体 (Total 1-5) をみると、長期的に侵食傾向であり、前面海域でのサンゴの劣化の影響が示唆される。

なお、全ての海岸の土砂収支解析結果については、巻末資料 2.5.3 に示している。



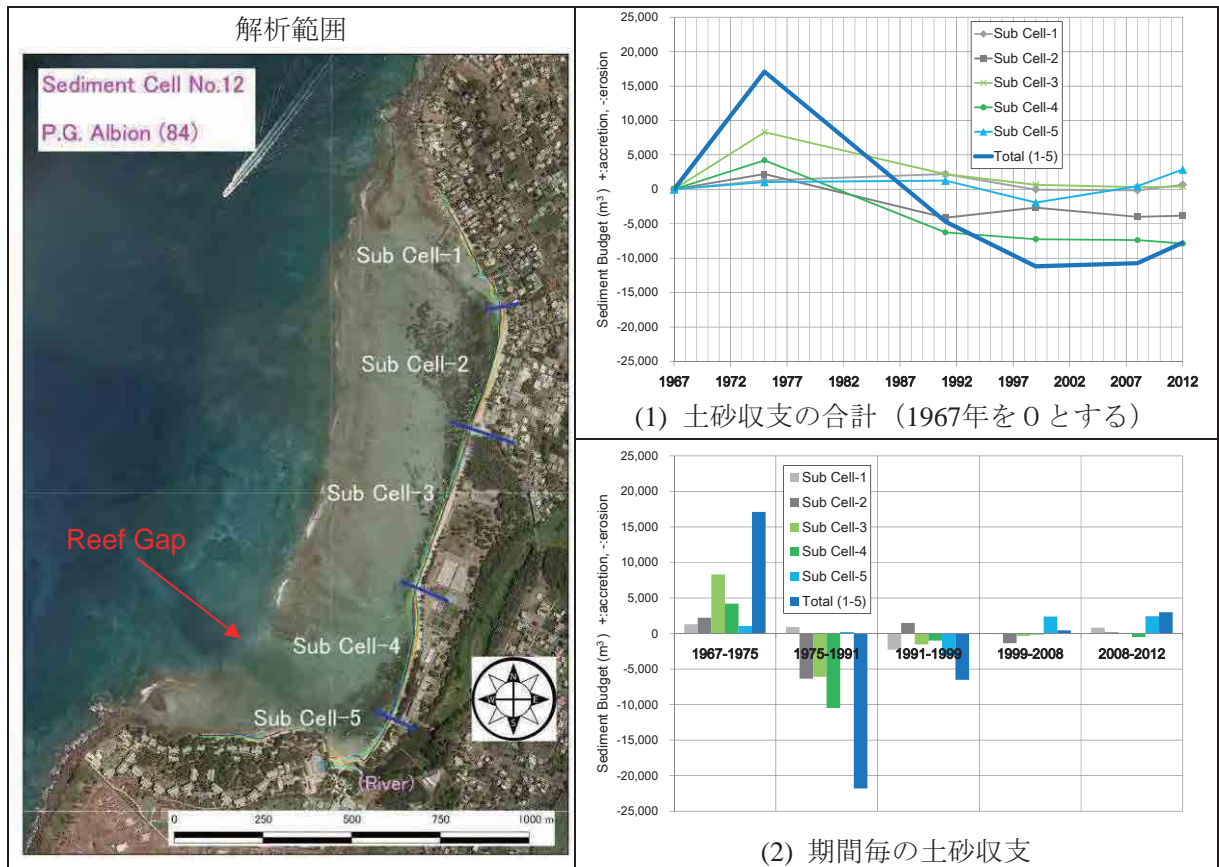
出典：JICA調査団

図 2.5.10 Pte. aux Sables の土砂収支

表 2.5.7 土砂収支解析結果から推定される沿岸漂砂量

海岸名	サブセルと沿岸漂砂の方向	沿岸漂砂量の概算値 (m ³ /year)
Part of P.G. Choisy	4-3 and 4-4 → 4-5	300
Palmar	5-7 and 5-8 → 5-9 and 5-10	150
Q. Cocos Vge	5-12 → 5-11	700
T. d'Eau Douce	5-13 → 5-14	200
T. d'Eau Douce	5-15 → 5-16	150
Pte. d'Esny	7-2 and 7-3 → 7-1	900
P.G. Le Morne	10-2 → 10-1	800
Flic en Flac	11-2 → 11-1	1,500
Pte. aux Sables	13-2 → 13-4	1,100

出典：JICA調査団



出典：JICA調査団

図 2.5.11 Albion の土砂収支

g. リーフ外への土砂の流出

前項で示した Albion の南側 Cell-4 (12-4) で侵食された土砂は、リーフギャップからリーフ外へ流出しているものと考えられる。

Baird(2003)では、Flic en Flac 北部での土砂収支解析において、リーフ外 (offshore sinks) への土砂の流出が 1,000-1,500m³/year であると推定している。また、MOI(2010)による Flic en Flac 中部から南部の海底調査結果によれば、リーフギャップ近傍の内側 1 地点 (水深 3m) で 2,760m³ の砂の堆積、別のリーフ外 2 地点 (水深 13~17.5m) で 12,240m³ 及び 5,000m³ の砂の堆積が確認されている。底質性状は、fine sand 及び coarse sand であった。

本プロジェクトの底質調査結果においても、Le Morne 及び Trou aux Biches のリーフ外で比較的粗い底質 (中央粒径 0.5mm 程度) を採取し、リーフギャップを通した土砂の流出を確認することができた。沖での堆積土砂を採取し、養浜材として利用できる可能性がある。これらはテクニカル・コミッティーを通じて関係機関で情報共有が図られており、現在、MOI による新たな調査が別途行われている。

2.6 リーフ環境

2.6.1 水質環境

「モ」国では、サンゴ礁、礁湖、海浜を一つのシステムとしてとらえ、海岸保全を実施していこうとしており、サンゴ礁の状態や水質のモニタリングを実施しているが、断片的にしかモニタリングされていないため、十分それが果たされていない。そこで、海岸保全およびサンゴ礁保全に関連し、「モ」国における各水域の水質の現状把握と将来のモニタリングの基礎資料を得るために、水質モニタリングの既存資料を収集した。また、既存調査結果を受けて、最近サンゴの劣化が著しいサンゴ礁を中心に海水中の栄養塩の濃度を測定するとともに、サンゴ礁に流入する河川や排水路において水質調査を行った。

a. 「モ」国の水質モニタリングの現状と課題

a.1 既存データによる「モ」国の水質状況

現在、「モ」国において水質モニタリングの実施機関は 4 機関あり、ラグーン内の沿岸海水は水産省アルビオン水産研究所(Albion Fisheries Research Centre、以下 AFRC と表記)、表流水(河川、池等)は環境省国立環境実験所(National Environmental Laboratory、以下 NEL と表記)、下水処理水は排水管理庁(WMA: Wastewater Management Authority)の実験所、飲料用井戸水(掘削井戸)は中央水庁(CWA: Central Water Authority)の実験所で実施されている。

ラグーン内の水質モニタリングについて、主要な水質パラメータは、栄養塩類が硝酸塩とリン酸塩、有機汚濁の指標となる COD、そして大腸菌および糞便性大腸菌である。

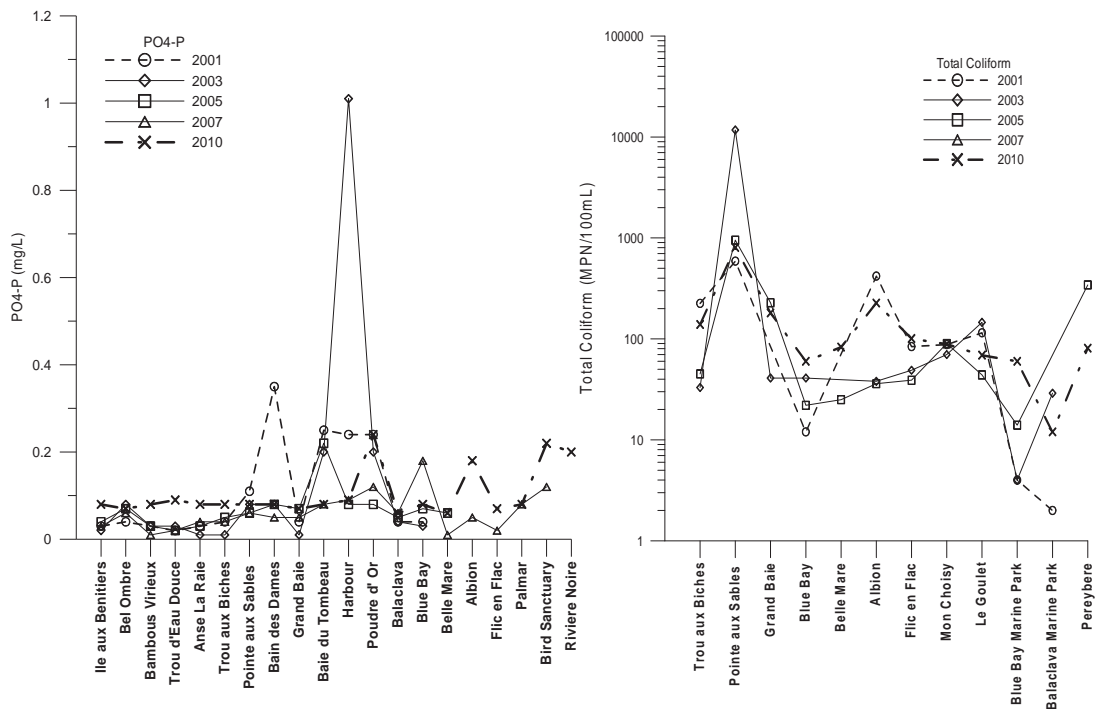
図 2.6.1 には、AFRC によるモニタリング地点を示す。



出典：AFRC

図 2.6.1 AFRC によるラグーンの水質モニタリング地点

図 2.6.2には、2001年～2010年にかけての PO₄-P と total coliform の水質状況を示す。なお、図中の各水質値は各年度の最高値が示されている。



出典：MOFによるAnnual Report(2001～2010)からJICA調査チーム作成

図 2.6.2 AFRC によりモニタリングされているラグーンの水質状況

ラグーンの水質汚濁が著しい海岸としては、西側では2000年初期(2001～2003年)には Bain des Dames, Baie du Tombeau, Harbour, Pointe aux Sables であり、2007年以降では Pointe aux Sables, Albion, Bird Sanctuary, Riviere Noire となっている。特に Pointe aux Sables は大腸菌濃度が非常に高く、家庭系汚濁負荷による水質汚染が進行していることが伺える。

一方、東側におけるラグーンの水質汚濁が著しい海岸としては、2000年初期には Poudre d'Or であり、2007年以降には Poudre d'Or, Blue bay となっている。特に、Poudre d'Or は、2000年にテキスタイル工場からの水質汚染が著しく、海岸部のヘドロ除去や排水処理施設の設置が実施されている。その後、水質は徐々に改善されてきている。しかしながら、後述の 2.7.4 (サンゴ調査) で述べるように、サンゴの被度は0%であり、この工場による水質汚染が大きくサンゴの衰退を招いたものと推察される。

a.2 「モ」国における水質モニタリングの課題

表 2.6.1には、各機関による水質モニタリング状況(測定頻度、測定項目)をとりまとめている。「モ」国における水質モニタリングの課題を整理すると次のとおりである。

- 陸域と海域での水質モニタリングにおいて、全体の状況把握およびサンゴへの影響把握のための共通のパラメータは極めて少ない。陸域からの汚濁負荷による海域の汚染状況を把握するには、基本的に陸域と海域で共通のパラメータをモニタリングする必要がある。
- 海域の富栄養化状態を評価するうえで重要な窒素とリンについては、測定項目が少ない(窒素は無機態の NO₃-N のみ、全窒素、全リンは測定されていない)。そのため、これらの水中での存在形態(無機態と有機態の割合等)が不明であり、

サンゴに対して富栄養化にあるかどうか判断出来ない。既存モニタリング項目に加えて、無機態の NH₄-N、NO₂-N、全窒素、全リンをモニタリング項目に加えることが必要である。

- 一般にサンゴ礁は栄養塩類濃度が低い貧栄養環境 (oligotrophic environment) を好むと言われている。そのため、人為的な影響に伴うサンゴの生息環境の変化を把握するためには、栄養塩類を初めとして海域の水質を精度よく測定することが必要である。しかしながら、現在の海域の水質モニタリングで行われている栄養塩類 (窒素、リン) の分析精度は低く、低レベルの栄養塩類濃度が把握出来ない。そのため、栄養塩類の分析精度の改善が必要である。

表 2.6.1 「モ」国における水質モニタリングの実施状況

Parameters	Coastal Water by AFRC	River Water by NEL	Treated Wastewater by WMA	Borehole Water by CWA)
	Quarterly	Annually	1-2 Monthly	2 Yearly
Temperature	○	○	○	
pH	○	○	○	○
Salinity/Conductivity	○	○	○	○
DO	○	○		
COD	○		○	○
BOD			○	
NO ₃ -N	○	○	○	○
NO ₂ -N		○	○	○
NH ₄ -N			○	○
K-N		○		
T-N				
PO ₄ -P/ Reactive P	○		○	○
T-P				
Total coliform(TC)	○	○	○	
Feecal coliform(FC)	○		○	
E. Coli		○		
SO ₄		○		○
Mg		○		
Na		○		
K		○		
TSS			○	
TDS		○		
Oil & Grease			○	

出典：Report [Independent Environment Audit on Wastewater Projects (2010~2011)]

b. 本プロジェクトによる水質調査

本調査では、富栄養化やサンゴ礁の健全度の指標となる、クロロフィル a、濁度、窒素およびリンに着目し、最近「モ」国においてサンゴ礁の劣化が著しいラグーンを中心に、これらの海水中の濃度レベルを把握し、サンゴ礁の劣化と富栄養化の関係について追求した。また、対象ラグーンに流入する河川や排水路において水質調査を行った。なお、本調査の水質調査結果は、サポーティングレポートに詳述する。

表 2.6.2 水質環境の調査結果要約

目的	海岸保全計画およびリーフ環境保全計画の策定の基礎資料を得るために、「モ」国における各水域の水質の現状把握、今後の水質モニタリングのあり方、並びにサンゴの衰退に影響を及ぼす水質要因について検討する。
方法	既存の水質モニタリングデータを収集するとともに、最近サンゴ礁の衰退が著しいラグーンを中心に海水および流入河川の水質調査を行う。
結果	<ul style="list-style-type: none"> 現在の海域の水質モニタリングは、栄養塩類（窒素、リン）の分析精度が低く、ラグーンの富栄養化状態について十分把握出来ていない。 ラグーンの水質は、河川と比較すると、窒素は数倍から数十倍高く、リンは同程度となっている。 濁度、クロロフィルa、窒素（NO₃-N）、リン（PO₄-P）については、その濃度が高くなるとサンゴの被度は指数関数的に減少する サンゴの衰退は、「モ」国のサンゴ礁保全のための水質ガイドライン値に比べ、より低い濃度レベルで生じている。
考察・結論	<ul style="list-style-type: none"> 栄養塩類濃度が低い環境を好むサンゴ礁に対して、その生息状況と水質との関係を把握するには、精度の高い水質モニタリングが必要である。 サンゴの保全を図るには、ラグーン内のクロロフィルa、濁度、窒素およびリン濃度を低下させることが必要であり、特に、クロロフィルaを低下させるには、背後地からの窒素およびリンの流入負荷の削減対策を推進することが必要である。

出典：JICA調査団

b.1 調査地点

海岸保全の観点より砂浜が存在するリーフおよび将来的に観光開発が想定される海岸を有するラグーンを対象に、次のような最近サンゴ礁の劣化が著しく、富栄養化のタイプが異なる代表的なラグーンにおいて水質調査を実施した。

1. Pte. aux Sables
2. Albion
3. Le Morne/ Ile aux Benitiers
4. Bel Ombre
5. Blue bay
6. Ile de l'Est and Ile aux Cerfs
7. Trou d'Eau Douce
8. Bell Mare/ Palmar

ラグーン全体の水質状況が把握できるよう、各ラグーンにおいて3測線程度を設定し、縦断方向については Shore reef から Back reef 付近までの水質状況を把握出来るよう、海岸部、ラグーン中央部、リーフエッジ周辺部において3~4地点程度を設定した。

b.2 調査方法

ラグーン

河川や排水等の影響が海域に現れやすい高潮時から低潮時にかけて水質調査を実施した。また、ラグーン全体の広域の水質状況の把握は、簡易水質計（多項目水質計）を主体に行い、採水による水質分析はラグーンの中央部において実施した。調査頻度は、波

浪の季節変化（南東貿易風による風波、南西からのうねり、サイクロンにより波(12月～3月)）や降雨（河川の流出）の季節変化（雨季と乾季）を考慮し、年2回実施した。

[現場計測：簡易水質計]

水温、塩分、濁度、クロロフィル a、溶存酸素(DO)、pH.

[室内分析]

T-N*, NO₃-N, NO₂-N*, NH₄-N*, T-P*, PO₄-P, クロロフィル a*, 溶存酸素(DO)*

*：現在モーリシャスでモニタリングされていない項目

河川及び排水路

ラグーンに流入する河川及び排水路の水質調査は、Pte. aux Sables 以外は大きな河川よりも排水路による影響が大きいと考えられ、次のようなリーフに流入する河川および排水路について調査した。

1. Bel Ombre small river

2. Riviere Noir river

3. Albion small river

4. GRNW river

[現場計測]

河川幅、平均水深、流速、水温、塩分、濁度、溶存酸素(DO)、pH

[室内分析]

T-N*, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N*, T-P*, PO₄-P

*：現在モーリシャスでモニタリングされていない項目

b.3 調査結果

ラグーンの水質とサンゴの劣化との関係およびラグーンの水質汚濁源について整理すると、以下のとおりである。

- ラグーンの水質調査結果に関して、濁度、クロロフィル a、窒素 (NO₃-N)、リン (PO₄-P)については、その濃度が高くなるとサンゴの被度は指数関数的に減少することが明らかになった。
- サンゴの被度とこれらの水質パラメータとの相関関係から、サンゴの生息（被度）レベルに対応した各パラメータの濃度レベルを求めた（表 2.6.3）。その結果、ラグーンのサンゴ礁を健全な状態（1998 年当時のサンゴの状況を健全と仮定すると：サンゴ被度は 50%以上）で維持するには、クロロフィル a で 0.2ug/L 未満、濁度で 0.5NTU 未満、NO₃-N で 0.012mg/L、PO₄-P で 0.007mg/L 未満まで低下させることが示唆された。
- サンゴの衰退は、「モ」国のサンゴ礁保全(類型 A1)のための水質ガイドライン値（NO₃-N : 0.2mg/L、PO₄-P : 0.04mg/L）に比べ、より低い濃度レベルで生じることが分かった。今後、この水質ガイドライン値を見直すとともに、サンゴの生息状況を的確に把握できるよう、水質モニタリングはクロロフィル a や濁度などのパラメータを追加するとともに、窒素やリンについて高い分析精度で実施すること

が必要である。

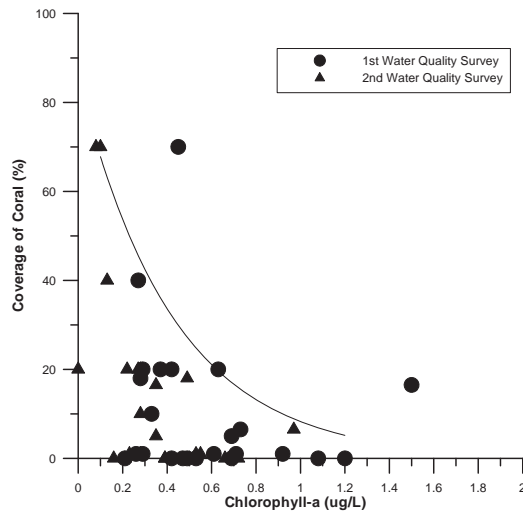
- クロロフィル a は、植物プランクトンの量 (多さ) を表す指標であり、その濃度が高いと富栄養化が進行していることを表す。調査した海岸の中でクロロフィル a 濃度が高い海岸としては、人口が密集している海岸 (Pte. aux Sables、Baie du Tombeau)、Hotel・Villa や畑地が密集している海岸 (Mon Choisy、Pte. aux Cannoniers、Bell Mare/Palmar) である。これらの海岸では、背後地の生活系、観光系の排水や畑地からの肥料流出が富栄養化を起こしていると考えられる。

以上より、サンゴの保全を図るには、ラグーン内のクロロフィル a、濁度、窒素およびリン濃度を低下させることが必要であり、特に、クロロフィル a を低下させるには、背後地からの窒素およびリンの流入負荷の削減対策を推進することが必要である。

表 2.6.3 水質環境の調査結果要約

Coverage of living corals	Chlorophyll-a (ug/L)	Turbidity (NTU)	NO3-N (mg/L)	PO4-P (mg/L)
>50%	<0.2	<0.5	<0.012	<0.007
20-50%	0.2-0.6	0.5-1.36	0.012-0.051	0.007-0.016
10-20%	0.6-0.9	1.3-1.9	0.051-0.081	0.016-0.023
<10%	>0.9	>1.9	>0.081	>0.023

出典：JICA調査団



出典：JICA調査団

図 2.6.3 クロロフィル a とサンゴ被度との関係

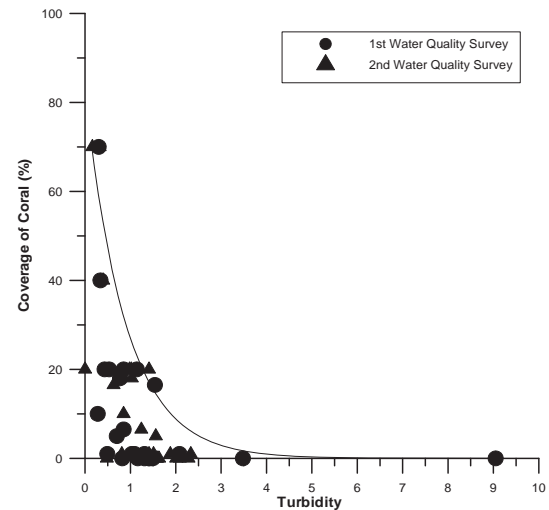


図 2.6.4 濁度 a とサンゴ被度との関係

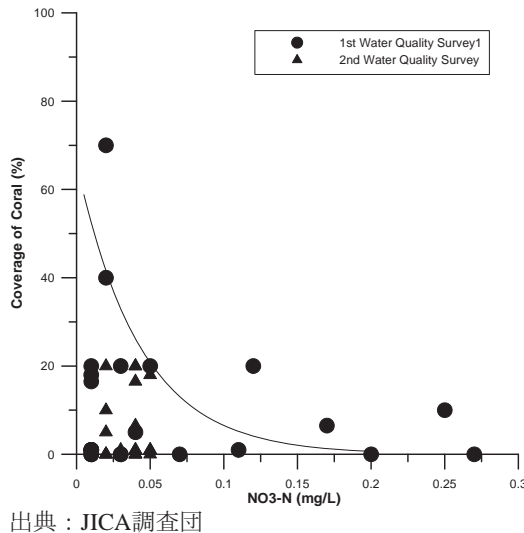


図 2.6.5 NO₃-N とサンゴ被度との関係

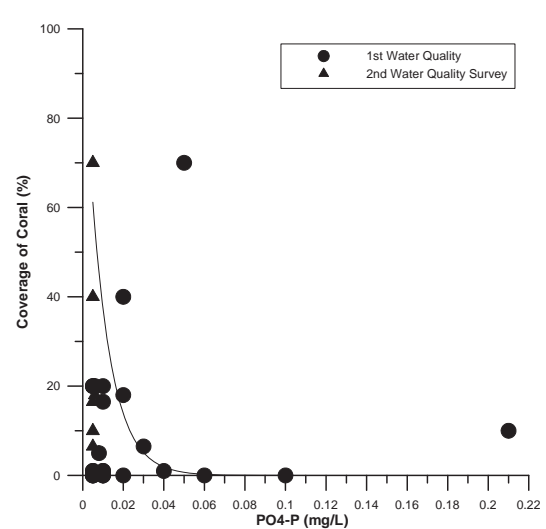


図 2.6.6 PO₄-P とサンゴ被度との関係

2.6.2 サンゴ環境

サンゴ礁を形成する造礁サンゴは、体内に褐虫藻という単細胞の植物が共生している。サンゴは褐虫藻に栄養塩を供給し、褐虫藻はサンゴに光合成産物を供給することで、相互依存の共生関係が成り立っている。そのため、貧栄養の海域においても両者は共存することができる。したがって、水中で光合成を行うためにはサンゴは貧栄養の海水中で、濁りがなく、光の充分にとどく浅い海に生息するという条件が非常に重要である。

今回サンゴ礁の現状調査では、1) 貧栄養で、2) 光が十分に届く、という造礁サンゴの生息要求条件をふまえたうえで、短期間に広範囲のモーリシャス（以下「モ」国）のサンゴ礁の礁湖において現状把握し、その上で問題点を検出するという方法を選択した。

今回の基礎調査のもう1つの目的は、調査を通じて MOESDDBM の C/P への調査方法及びその結果の解析についての技術移転を目的として実施した。

表 2.6.4 サンゴ環境調査結果要約

目的	サンゴ礁の現状と問題点の把握及び技術移転
方法	スポット・チェック法（日本の環境省,2004）によるモニタリング調査
結果	<ul style="list-style-type: none"> • 生きたサンゴの被度は44地点の平均で、27.2%とサンゴ礁の評価基準では不良と評価 • 透明度とサンゴの被度は正の関係にあり、シルト分の堆積との関係は負の関係 • AFRCの長期モニタリング調査結果の解析では平均被度は2000年の51.4%から2010年には19.2%に減少
考察・結論	<ul style="list-style-type: none"> • 礁湖内のサンゴ礁は、サンゴの白化現象、富栄養化、シルト分の堆積、礁湖内での漁業活動が当面のサンゴの脅威 • これらは長期にわたる人間活動の影響

出典：JICA調査団

a. スポット・チェック法による現状調査

a.1 調査方法

2012年6月と10月、及び2013年2月に「モ」周辺のサンゴ礁、50カ所においてスポット・チェック法（環境省：日本のサンゴ礁、2004、以降SC法）によるサンゴ礁の現状調査を行った。SC法は日本の環境省の「モニタリング・サイト1000」プロジェクトでサンゴ礁・サンゴ群集調査に採用されている。スノーケリングにて15分間対象海域を遊泳し、その海域の底質、水深、生きたサンゴの被度（海底面積に対する生きたサンゴの投影面積を百分率で表したもの）、優占するサンゴの生育型を記録するものである。この他の項目として、直径5cm以下の稚サンゴの密度、テーブル状サンゴの最大直径（上位から5群体）、15分間に観察したオニヒトデの個体数、優占するサイズ、被食されたサンゴの%、サンゴ食巻貝の相対密度、巻貝に被食されたサンゴの%、30cm以上の魚類について、記録した。

この他、調査地点での透視度（通常は透明度に当たるものだが、水深が浅いため、水平軸に対してどこまで見えるかを大まかに測定した）、シルト分の堆積状況、大型海藻の被度（海底面積に占める海藻の投影面積の百分率で表す）等も同時に記録した。この方法は基本的にはスノーケリングにより行うために、調査者のダイビング・ライセンスについては特に必要としないという利点がある。

今回の調査は、基本的に船舶を使用しないビーチ・エントリーとしたため、モーリシャスのパブリック・ビーチ（全て地図上に記載され、通し番号が付けてある）からスノーケリングで到達できる海域に限定された。調査地点は事前に得たMOI、AFRCのサイエンティフィック・オフィサーからの情報をもとに、C/PであるMOESDDBMのオフィサーと協議して選択した。

選択したのは55地点であったが、サイクロンや強風のため調査できない海域があり、最終的には50地点において調査を実施した。C/Pとともに近くのパブリック・ビーチに赴き、GPSで緯度経度を測定し、それを基にGoogle Earthを利用して、調査海域の厳密な緯度経度を画像解析した。

a.2 調査結果の概要

2012年6月（19地点）、10月（18地点）及び2013年2月（13地点）にモーリシャス周辺のサンゴ礁の礁池・礁湖、合計50地点において、C/PとともにSC法によるサンゴ礁の現状調査を行った。50地点のうち、6地点は海草で覆われた海草藻場で、サンゴ分布域もしくはかつてのサンゴ分布域と思われた場所は44地点であった。

海草藻場の6地点を除く44地点の生きたサンゴの平均被度は27.2%であった。SC法の指針では、被度80%以上が優良、50%以上80%未満が良、30%以上50%未満がやや不良、10%以上30%未満は不良、10%未満は極めて不良と評価されている。したがって、平均被度27.2%という数値は、現時点での「モ」国のサンゴ礁は“不良”と評価される。

表2.6.5～表2.6.7に、それぞれ2012年6月と10月、2013年2月に行ったモニタリング調査の調査地点と、実際に調査を実施した調査海域の緯度経度を示す。また、表2.6.8～表2.6.10にはそれぞれの調査結果を示す。表中の赤い文字の調査地点は物理的実証事業、非物理的実証事業、継続的モニタリング実施海岸（7海岸）を示している。

生きたサンゴの被度でみると、50%以上の良好な調査地点が、44地点のうち14地点を数えた。この内、6月の調査で50%以上の被度があった3地点の内、Cap Malheureux (No.

20)、Butte a l'Herbe (No. 23) の2地点では、調査範囲に巨大なアザミサンゴの群落が含まれたため、それぞれ 50 % 及び 70 % という高い被度になっている。また、もう1つの地点の T. d'Eau Douce (Shore reef) (No. 46)では、調査範囲の全てが、シコロサンゴ、コノハシコロサンゴを中心とする複合した巨大群体上であったため、90 % という非常に被度の高い結果となった(表 2.6.8)。各調査地点の No. は MOESDDBM に登録されている Public Beach の通し番号である。

表 2.6.5 2012年6月の調査地点と緯度経度

No.*	Name of Beach	Latitude	Longitude	Observed day	Remarks
19	Bain Boeuf	19° 59'00.51"S	57° 36'15.60"E	12-Jun	
20	Cap Malhaereux	19° 59'05.94"S	57° 37'25.03"E	12-Jun	
27	Grand Gaube	19° 59'41.82"S	57° 39'10.61"E	13-Jun	
29	Poudre d'Or	20° 00'41.73"S	57° 41'05.17"E	13-Jun	No observation
45	T. d'Eau Daue (Le Tropical Hotel)	20° 14'11.12"S	57° 48'16.64"E	19-Jun	
47	GRSE	20° 17'36.56"S	57° 47'10.92"E	19-Jun	
	Baie du Cap Public Beach (close 71)	20° 30'07.45"S	57° 23'44.37"E	14-Jun	
72	P. G. L'Embrasure/ Le Morne	20° 28'06.51"S	57° 20'26.22"E	14-Jun	Seagrass bed
57	Blue Bay 1	20° 26'39.12"S	57° 42'44.52"E	15-Jun	
	Blue Bay 2	20° 26'39.85"S	57° 42'37.16"E	15-Jun	
67	Saint Felix	20° 30'35.47"S	57° 27'52.31"E	18-Jun	
70	Bel Ombre	20° 30'22.55"S	57° 24'05.05"E	18-Jun	Seagrass bed
77	La Prenause	20° 21'21.18"S	57° 21'33.39"E	11-Jun	
84	P. G. Albion (Shore reef)	20° 12'41.92"S	57° 24'06.05"E	11-Jun	
	P. G. Albion (Back reef)	20° 12'44.44"S	57° 24'00.39"E	11-Jun	
82	Flic en Flac	20° 16'41.98"S	57° 21'54.05"E	17-Jun	
46	Trou d'Eau Douce (patch reef)	20° 14'37.02"S	57° 47'54.05"E	20-Jun	Boat
46	Trou d'Eau Douce (shore reef)	20° 14'22.93"S	57° 47'39.82"E	20-Jun	Boat
	Ile aux Benitiers	20° 24'17.40"S	57° 24'04.20"E	21-Jun	Boat

* No. is followed by the decreared public beaches of Mauritius.

出典：JICA調査団

10月の調査地点のうち、サンゴの被度が 50 % 以上は、Petit Verger (No. 87)、Baie du Tombeau (No. 無し)、Trou aux Biches (No. 12)、Pointe du Diable (No. 49)、Belle Mare の2地点 (Nos. 39, 49)、Ile aux Aigrettes (No. 無し) の7地点であった(表 2.6.9)。この内、Baie du Tombeau (No. 無し) は Shore reef で大きなハマサンゴ、ユビエダハマサンゴが優占し、これに枝状ミドリイシが混在する群落である。また、Pointe du Diable (No. 49)の調査地点は Shore reef の礁縁部にあたり、塊状のハマサンゴとユビエダハマサンゴにハナヤサイサンゴや他の数多くのサンゴが混在して、種多様性が比較的高い場所である。他の5地点は礁池内の砂または礫の上に、枝状のミドリイシが優占する群落である。

10年前はこれにテーブル状ミドリイシが混在する群落を形成していたが、Ile aux Aigrettes (No. 無し) 以外では殆どが死滅し、遺骸のみが残されている。このような群落が残っている場所は Petit Verger (No. 87) を除いて、リーフの幅が狭く、比較的透視度も良く、シルテーションは少なく、潮の流れも速いという特徴がある。Belle Mare の2地点 (Nos. 39, 40) では枝ミドリイシが優占し、60%の高い被度を示したが、透視度は意外と低く、海岸付近の枝ミドリイシは糸状の緑藻に覆われ、一部は死んでいた(表 2.6.9)。

2013年2月の調査では、被度が50%を超えたのは4地点で、Pte. d'Esny (Back reef)、Blue bay Entrance、Ile aux Aigrettes 周辺の2カ所で、いずれもテーブル状ミドリイシと枝状ミドリイシが優占するサンゴ群落で構成されている。この4地点は島の南東海岸に位置し、いずれも隣接する海域である。2000年以前は「モ」国の多くのサンゴ礁域でこのようなサンゴ群集が広がっていたが、テーブル状ミドリイシと枝状ミドリイシが優占する大規

模なサンゴ群落はこの海域のみになった。(表 2.6.10)。この海域では比較的流れが強いためか透視度も良く、シルト分の堆積は少ない。

逆に、海草藻場以外で生きたサンゴの被度が1%以下または0%のところは6月に5地点、ほぼ3分の1を占めた。Poudre d'Or (No. 29) もその一つであるが、調査日が東の風が強かったせいか、透視度が1m以下で、泥底の上を大型海藻が覆い、シルテーションの巻き上げがひどく、サンゴの生育場所としては最も条件が悪い海域であった。目視での観察は限度があり、被度も正確な値は得られなかった。GRSE (No. 47) も透視度が低く、またシルテーションも高い海域で、泥底の上の転石にホンダワラ属の大型海藻が繁茂していた。岩礁域の周辺でも生きたサンゴは殆ど見られなかった。No. 77 の La Preneuse は近くにリゾートホテルもあり、海水浴客でにぎわっていたが、かつては枝状ミドリイシやテーブル状ミドリイシが群落を作っていたと思われるところに、その残骸が広がり、その上にウミウチワなどの海藻が繁茂していた。T. d'Eau Douce (patch reef) (No.46) ではかつてはハマサンゴや枝状ミドリイシが優占する群落があったという痕跡がみられたが、現在は海藻やソフトコーラルがみられるのみである。透視度は5mでシルテーションは少なかった。Ile aux Benitiers (番号無し) は10年前までは、枝状ミドリイシ、テーブル状ミドリイシが優占する典型的な Back reef であった。現在では生きたサンゴは僅かにミレポラ属のサンゴがみられるのみである。かつての枝状及びテーブル状ミドリイシの遺骸の上には海藻のウミウチワが繁茂する。

10月の調査では、被度が0又は1%の地点は4地点であった。Wolmar (No. 79) ではかつては枝状ミドリイシ、テーブル状ミドリイシが優占する群落があったと思われるが、現在はサンゴの遺骸の上にウミウチワ、ラップモクなど様々な種類の海藻が繁茂する。Pte. aux Sables (No. 89) は水産省分室 (Fisheries Post) の突堤の沖合に位置するパッチリーフである。首都 Port Louis の港に隣接する湾内にある。湾内にあるためか透視度が低く、またシルト分の堆積も多い。かつては枝状ミドリイシが優占したと思われる痕跡があるが、現在は生きたサンゴは殆どみられない。P.G. Le Morne (No. 75) は南西海岸に面し、透視度も良く、シルテーションも殆どない。礁池内には死んだ枝ミドリイシ、テーブル状ミドリイシの遺骸が散在し、生きたサンゴはみられない。遺骸の上にはホンダワラなどの褐藻類が生え、また岸近くには緑藻類がみられる。Anse La Raie は岸より1km以上先にサンゴ群集が、広がっていたと思われるが、周辺の岩礁周辺では Thalassodendron の海草群落や大型海藻などがパッチ状に散在し、サンゴは殆どみられない。

2013年2月の調査では調査した13地点のうち2地点は海草藻場であった。これを除いた11地点のうち、生きたサンゴの被度が0及び1%の地点は、Pte. d'Esny (Mort)、The Vale、South of Q. Cocos、Grand Sable の4地点であった。Pte. d'Esny (Mort) については、透視度は比較的良好であるが、枝状のミドリイシが散在するのみである。The Vale は沖合のサンゴ礁の発達が悪く、北からの波浪が直接海岸を洗う。海岸近くにはボウバアマモやホンダワラ属の海藻が繁茂している。Shore reef にはサンゴの遺骸が多く見られるが、生きたサンゴは殆ど見られない。South of Q. Cocos は小さな岬の突端付近に位置するが、火山岩の岩礁上にはウミウチワの仲間が繁茂し、生きたサンゴは殆ど見られない。Grand Sable 沖では透視度が極めて悪く、シルト分の堆積も多く、還元層の砂泥底が広がっている。物理的実証事業 (Grand Sable)、非物理的実証事業 (Pte. d'Esny)、継続的モニタリング実施海岸 (Mon Choisy, Ile aux Cerfs, Flic en Flac, Albion, Pte. aux Sables) では Pte. d'Esny の Back reef を除いていずれも生きたサンゴの被度は5%以下となっている。

表 2.6.6 2012年10月の調査地点と緯度経度

No.*	Name of Beach	Latitude	Longitude	Conducted day	Remarks
78	Tamarin	20° 19' 35.13"S	57° 22' 22.39"E	1-Oct	
79	Wolmar	20° 18' 24.48"S	57° 21' 45.77"E	1-Oct	
	Ile aux Cerfs			2-Oct	Too rough
87	Petit Verger	20° 10' 20.53"S	57° 26' 17.85"E	5-Oct	
89	Pointe aux Sables (near Fisheies Post)	20° 09' 42.63"S	57° 28' 01.89"E	5-Oct	
	Baie du Tombeau	20° 06' 31.46"S	57° 30' 35.68"E	3-Oct	
1	Le Goulet	20° 06' 10.66"S	57° 30' 50.52"E	3-Oct	
4	Pointe aux Piments (Le Meridien Hotel)	20° 02' 03.85"S	57° 32' 30.18"E	4-Oct	
12	Trou aux Biches (in front of Police st.)	20° 04' 18.10"S	57° 30' 45.11"E	4-Oct	
75	P. G. Le Morne (near Barjaya Hotel)	20° 27' 01.46"S	57° 18' 29.77"E	8-Oct	
66	Riambel	20° 31' 17.92"S	57° 30' 32.77"E	8-Oct	Seagrass
49	Pointe du Diable	20° 20' 10.77"S	57° 46' 53.55"E	9-Oct	
50	Pointe des Bambous	20° 20' 53.54"S	57° 46' 05.84"E	9-Oct	
22	Anse La Raie	19° 59' 20.26"S	57° 38' 15.93"E	10-Oct	Algal bed
25	Belle Vue Cugnet	19° 59' 58.58"S	57° 39' 22.85"E	10-Oct	No survey
33	Poste Lafayette	20° 07' 49.30"S	57° 45' 26.44"E	12-Oct	
35	Poste Lafayette	20° 08' 32.89"S	57° 44' 49.63"E	12-Oct	Seagrass
39	Belle Mare (nr Residence Hotel)	20° 11' 39.31"S	57° 46' 39.79"E	11-Oct	
40	Belle Mare (nr R. Thalasse Hotel)	20° 12' 02.51"S	57° 47' 15.02"E	11-Oct	
	Ile aux Aigrettes	20° 24' 49.80"S	57° 43' 37.62"E	15-Oct	Boat

* No. is followed by the decreaced public beaches of Mauritius.

出典：JICA調査団

表 2.6.7 2013年2月の調査地点と緯度経度

No.*	Name of Beach	Latitude	Longitude	Sheduled day	Remarks
	Ple. D'Esny (Moat)	20° 26' 28.24"S	57° 43' 28.54"E	Feb. 15	
	Ple. D'Esny (Back reef)	20° 26' 47.81"S	57° 43' 13.90"E	Feb. 15	
	Blue Bay Entrance	20° 26' 53.11"S	57° 42' 52.86"E	Feb. 15	
	Close to No.71	20° 29' 11.35"S	57° 21' 10.91"E	Feb. 19	
14	Mon Choisy	20° 00' 57.18"S	57° 33' 22.19"E	Feb. 20	Seagrass bed
15	The Vale	20° 00' 07.75"S	57° 24' 10.09"E	Feb. 20	
44	Q. Cocos	20° 14' 03.50"S	57° 48' 22.68"E	Feb. 21	
	South of Q. Cocos	20° 14' 19.12"S	57° 48' 11.22"E	Feb. 21	Rock reef
	Ile aux Cerfs	20° 15' 52.12"S	57° 48' 21.34"E	Feb. 22	Seagrass bed
	Ile aux Cerfs (Rock reef)	20° 15' 50.18"S	57° 48' 25.89"E	Feb. 22	Rock reef
48	Grand Sable	20° 19' 13.35"S	57° 46' 18.02"E	Feb. 25	
	Ile aux Aigrettes (South)	20° 25' 46.87"S	57° 44' 12.55"E	Feb. 27	
	Ile aux Aigrettes (North)	20° 24' 47.70"S	57° 43' 35.53"E	Feb. 27	

* No. is followed by the decreaced public beaches of Mauritius.

出典：JICA調査団

表 2.6.8 2012年6月の調査結果(抜粋)

No.*	Name of Beach	Types of bottom	Depth(m)	Coverage (%)	Transparency (m)	Juvenile corals	Siltation
19	Bain Boeuf	sand	1 - 2 m	30%	3 m	0 / m ²	high
20	Cap Malheureux	sand, patch reef	1 - 3 m	50%	2 m	0 / m ²	high
27	Grand Gaube	sand, patch reef	1 - 2 m	70%	less than 2 m	0 / m ²	high
29	Poudre d'Or	sand & mud	0.5 - 3 m	0%	less than 1 m	?	very high
45	T. d'Eau Dauce (Le Tropical Hotel)	coral cobble	1 - 3 m	10%	3 m	0 / m ²	high
47	GRSE	mud	1 - 2 m	0%	2 m	0 / m ²	high
	Baie du Cap Public Beach (close 71)	sand	0.5 - 2 m	30%	10 m	0 / m ²	low
72	P. G. L'Embrasure/ Le Morne	Seagrass	0.5 - 3 m	less than 1 %	5 m	0 / m ²	middle
57	Blue Bay 1	sand	1 - 3 m	10%	10m	0 / m ²	middle
57	Blue Bay 2	sand	1 - 4 m	20%	20m	0 / m ²	middle
67	Saint Felix	sand	1 - 2 m	30%	5 m	0 / m ²	middle
70	Bel Ombre	Seagrass	1 - 2 m	0%	5 m	0 / m ²	low
77	La Prenause	sand, c cobble	0.5 - 1.5 m	less than 1 %	2.5 m	0 / m ²	high
84	P. G. Albion Shore reef	coral cobble	less than 1 m	2%	3 m	0.1	low
84	P. G. Albion Back reef	coral cobble	1 m	33%	3 m	0 / m ²	low
82	Flic en Flac	sand	1 - 2 m	30%	5 m	0 / m ²	low
46	Trou d'Douce (patch reef)	coral cobble	1 - 3 m	less than 1 %	5 m	0 / m ²	low
46	Trou d'Douce (shore reef)	patch reef	1 - 3 m	90%	5 m	0 / m ²	low
	Ile aux Benitiers	sand	1 - 2 m	less than 1 %	5 m	0 / m ²	middle

* No. is followed by the decreaced public beaches of Mauritius.

Green shade means seagrass bed.

出典：JICA調査団

表 2.6.9 2012年10月の調査結果(抜粋)

No.*	Name of Beach	Types of bottom	Depth(m)	Coverage (%)	Transparency (m)	Juvenile corals	Siltation
78	Tamarin	Shore reef	1 - 3 m	15%	8 m	0.7 / m ²	No
79	Wolmar	Back reef	1 m	1%	8 m	0 / m ²	No
87	Petit Verger	Moat, sand	1 m	60%	3 m	0 / m ²	High
89	Pointe aux Sables (near Fischeis Post)	Coral cobble	1 - 2 m	1%	3 m	0 / m ²	High
	Baie du Tombeau	Shore reef	1 - 3 m	60%	10 m	0 / m ²	Low
1	Le Goulet	Shore reef	1 - 2 m	15%	1.5 m	0 / m ²	Very high
4	Pointe aux Piments (Le Meridien Hotel)	Back reef	1 - 2 m	10%	5 m	0 / m ²	Middle
12	Trou aux Biches (in front of Police st.)	Back reef	1 m	60%	10 m	0 / m ²	No
75	P. G. Le Morne (near Barjaya Hotel)	Back reef	1 m	0%	15 m	0 / m ²	No
66	Riambel	Seagrass	1 m	0%	10 m	0 / m ²	No
49	Pointe du Diable	Shore reef	1 - 3 m	60%	5 m	0 / m ²	Low
50	Pointe des Bambous	Shore reef	1 - 2 m	30%	10 m	0.1 / m ²	Low
22	Anse La Raie	Moat, sand	1 - 2 m	0%	2 m	0 / m ²	Middle
33	Poste Lafayette	Back reef	1 - 3 m	30%	20 m	0.8 / m ²	No
35	Poste Lafayette	Seagrass	1 m	0%	2 m	0 / m ²	Low
39	Belle Mare (nr Residence Hotel)	Moat, sand	1 - 2 m	60%	5 m	0 / m ²	Low
40	Belle Mare (nr R. Thalasse Hotel)	Moat, sand	1 - 2 m	60%	10 m	0.1 / m ²	Low
	Ile aux Aigrettes	Moat, sand	1 - 2 m	50%	25 m	0	No

* No. is followed by the decreaced public beaches of Mauritius.

Green shade means seagrass bed.

出典：JICA調査団

表 2.6.10 2013年2月の調査結果(抜粋)

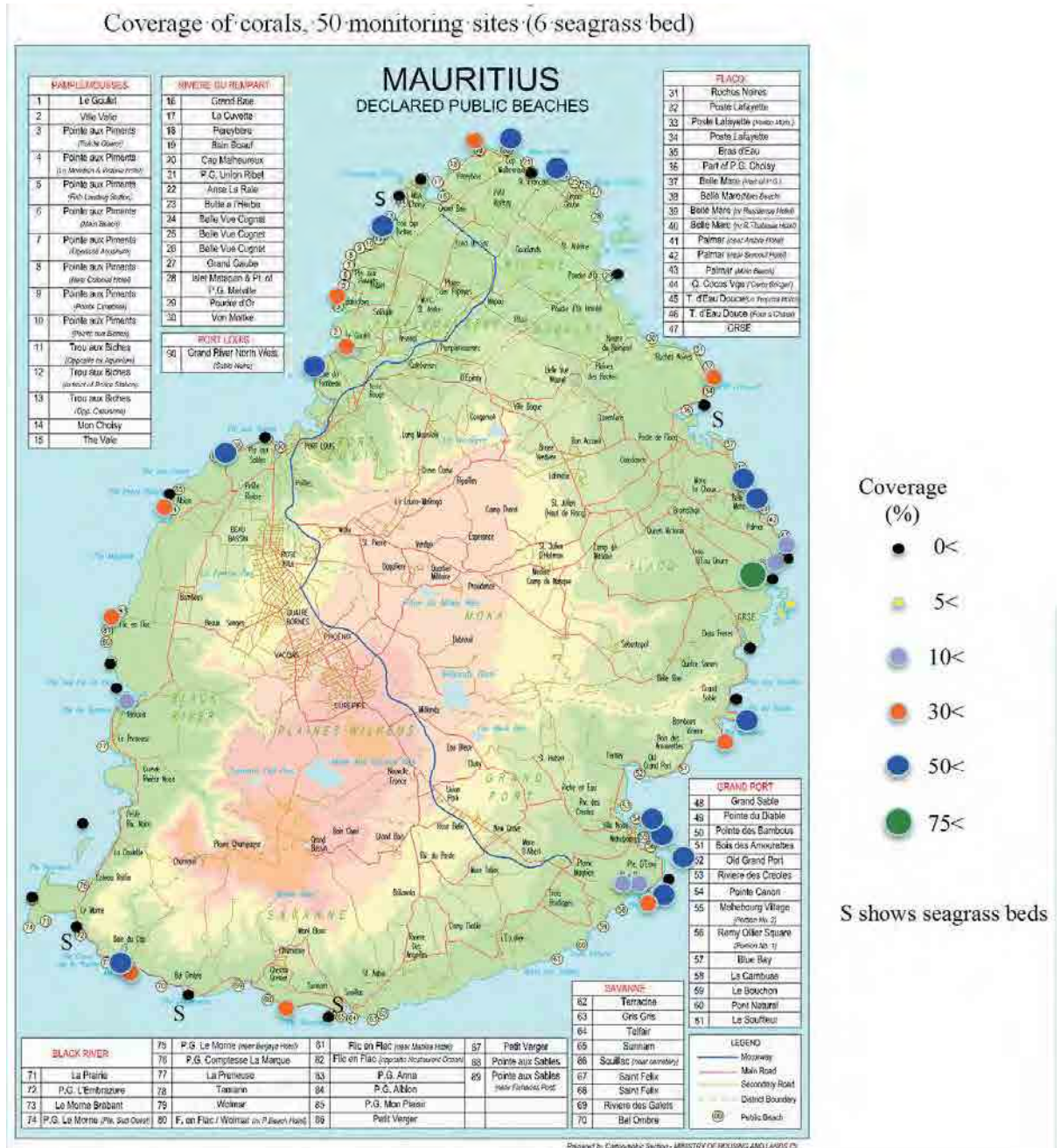
No.*	Name of Beach	Types of bottom	Depth(m)	Coverage (%)	Transparency (m)	Juvenile corals	Siltation
	Pte. D'Esny (Moat)	Sand	1-2 m	1%	10 m	0 / m ²	No
	Pte. D'Esny (Back reef)	Back reef	1-2 m	70%	15 m	1.1 / m ²	No
	Blue Bay Entrance	Patch reef	1-3 m	40%	15 m	0 / m ²	No
	Close to No.71	Shore reef	1m	50%	15 m	0.3 / m ²	No
14	Mon Choisy	Seagrass bed	1-2 m	0%	1 m	0 / m ²	High
15	The Vale	Shore reef	1-3 m	1%	3 m	0.1 / m ²	Low
44	Q. Cocos	Patch reef	2 m	10%	10 m	0 / m ²	No
	South of Q. Cocos	Shore reef	2 m	0%	5 m	0 / m ²	Low
	Ile aux Cerfs	Seagrass bed	0.5-1 m	0%	3 m	0 / m ²	Middle
	Ile aux Cerfs (Rock reef)	Rock reef	1-2 m	5%	3 m	0.5 / m ²	Middle
48	Grand Sable	Sand/ Mud	1-2 m	0%	1m	0 / m ²	Very high
	Ile aux Aigrettes (South)	Patch reef/Sand	1-2 m	60%	20 m	0 / m ²	No
	Ile aux Aigrettes (North)	Patch reef/Sand	1 m	70%	20 m	0 / m ²	No

* No. is followed by the decreaced public beaches of Mauritius.

Green shade means seagrass bed.

出典：JICA調査団

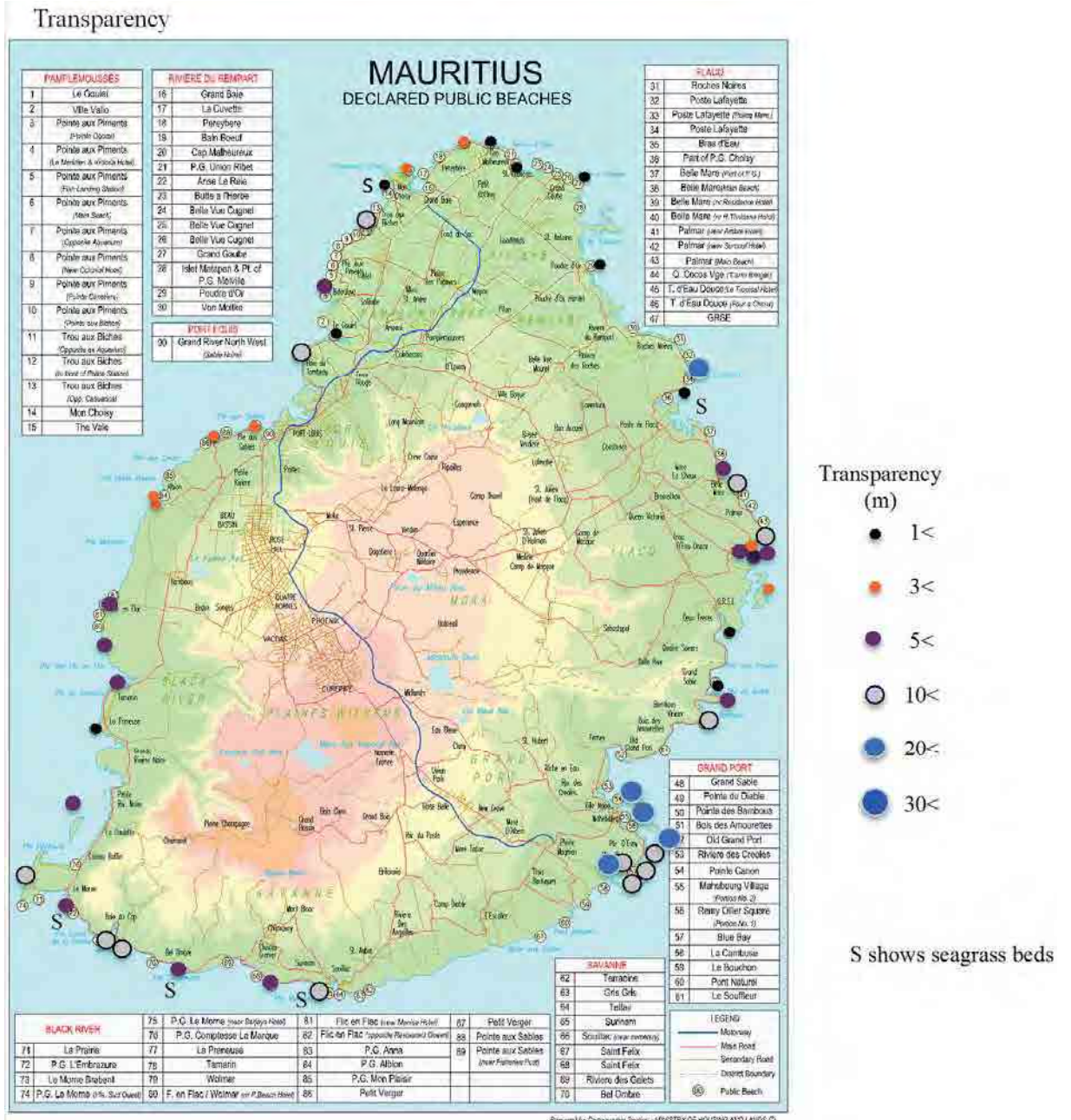
図 2.6.7は、各調査地点におけるサンゴの被度分布である。被度 50%以上の調査地点は概ね、島の北西部～北部～東部～南東部にかけて分布し、南西部～南部にかけては被度が低くなっている。上述したように南東部の Ile aux Aigrette～Pte. d'Esny～Blue bay 入口付近にかけての海域は、2000 年以前に「モ」国沿岸のサンゴ礁で優占していた枝状及びテーブル状ミドリシの混在するサンゴ群集がみられる唯一の場所となっている。



出典：JICA調査団

図 2.6.7 サンゴの被度分布(図中の s は海草藻場を示す)

図 2.6.8は、各調査地点での調査時の透視度 (m) を示している。健全なサンゴ礁では透視度は一般的に 30 m 以上となっているが、礁池や礁湖ではこの値よりやや低くなる傾向がある。モーリシャスの礁湖内では調査した 50 地点の内、10 m を超えたのは 18 地点で、ほぼ 1/3 に過ぎなかった。同じサンゴ礁域の石西礁湖では 97% が 10 m 以上であることを考えると、モーリシャスの礁湖の透視度が非常に悪化していることがわかる。

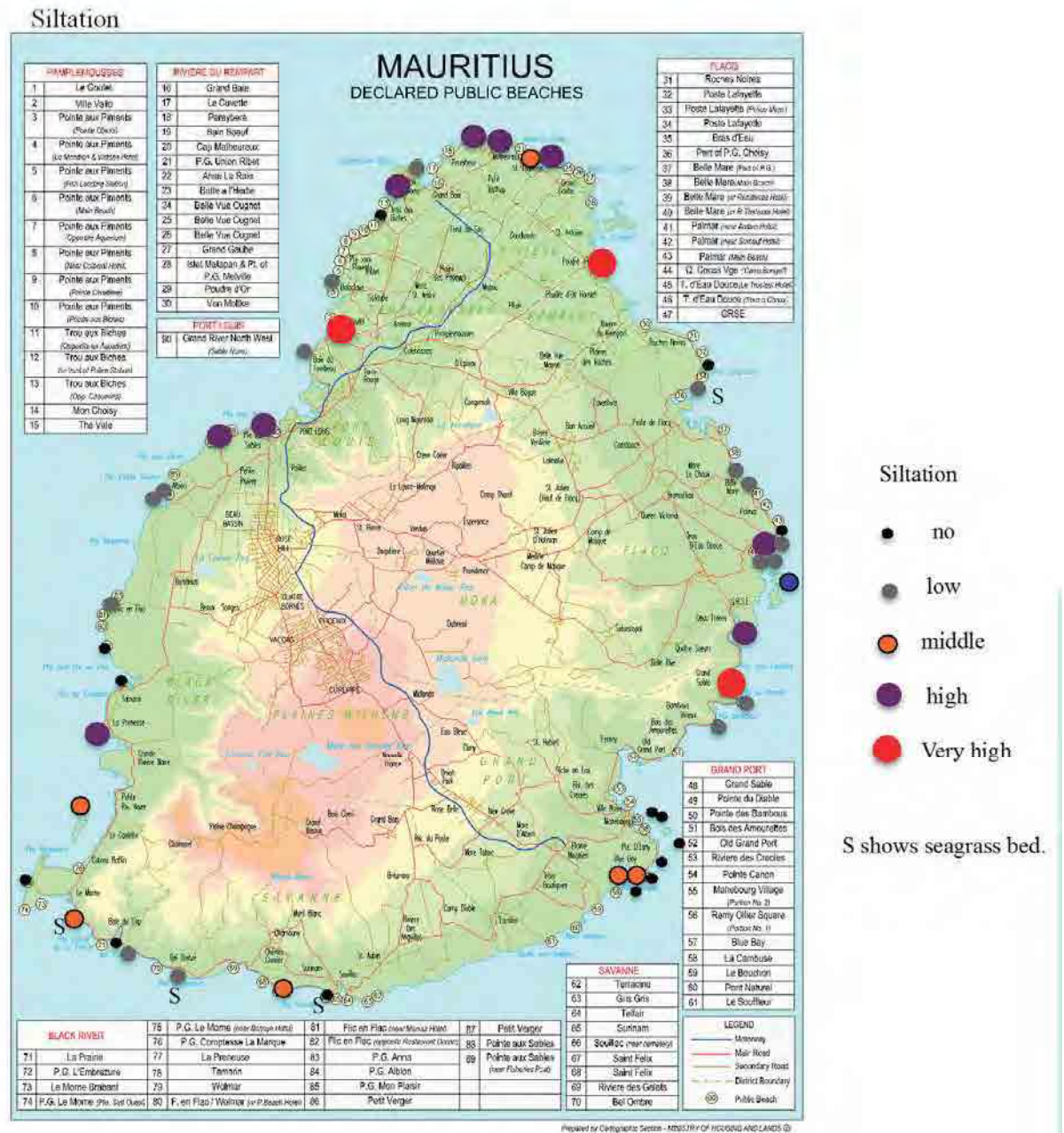


出典：JICA調査団

図 2.6.8 各調査地点での透視度(m)

図 2.6.9に各調査地点でのシルト分の堆積状況を5つのランクに区分して示す。シルト分が生きたサンゴの上に堆積するとサンゴ自身が窒息し、また体内の褐虫藻の光合成活性を低下させる。サンゴはこれを防ぐために粘液を分泌して、表面に堆積したシルト分を除去しようとするが、種類によってこの除去方法に差が見られ、シルト分の除去が下手な種類もみられる。

通常、健全なサンゴ礁ではシルト分の堆積は殆ど見られない。シルト分の堆積が見られなかったのは50調査地点のうち僅か14地点で、逆に多いまたは非常に多い地点は50地点のうち12地点であった。シルト分の堆積という点からみても、モーリシャスのサンゴ礁はサンゴにとって非常に厳しい生息環境にある。



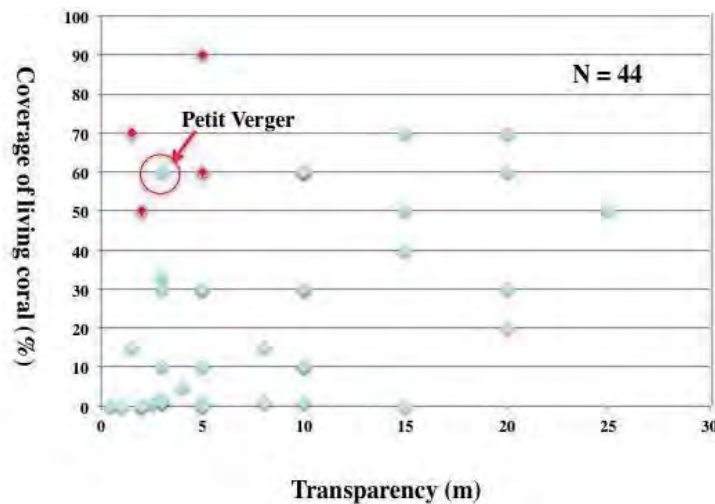
出典：JICA調査団

図 2.6.9 各調査地点でのシルト分の堆積状況

図 2.6.10は各地点の生きたサンゴの被度と透視度との相関を見たものである。赤いプロットは汚濁に強いサンゴ群集で一応これを除外して考える。残りの群集はかつてモーリシャスの礁湖にみられたテーブル状と枝状のミドリイシが優占する群集である。Petit Verger を除くと、サンゴの被度と透視度の間には正の相関が見受けられる。すなわち、透視度の高い海域ほど、生きたサンゴの被度が高いという結果を示している。

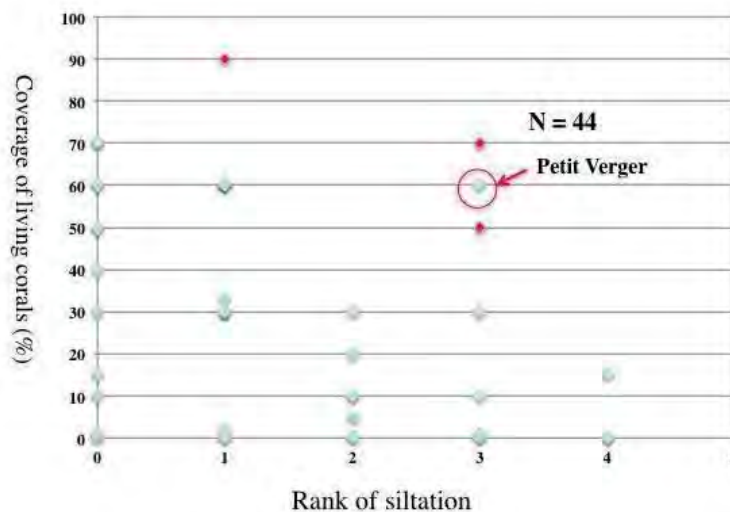
上述したように、健全なサンゴ礁ではサンゴの生息に悪影響を与えるシルト分の堆積は見られない。図 2.6.11は生きたサンゴの被度とシルト分の堆積状況との相関をみたものである。

赤いプロットは汚濁に強いサンゴ群集で一応これを除外して考える。残りの群集は、かつてモーリシャスの礁湖にみられたテーブル状と枝状のミドリイシが優占する群集である。Petit Verger を除くと、シルト分の堆積が多い地点ほどサンゴの被度が低くなる傾向がみられ、シルト分の堆積がサンゴの生息に悪影響を与えているということを示唆している。



出典：JICA調査団

図 2.6.10 サンゴの被度と透視度との関係



出典：JICA調査団

図 2.6.11 サンゴの被度とシルト分の堆積ランクとの関係

今回の基礎調査では、C/P への技術移転がもう一つの目的であったが、初期の目標は達成することが出来た。日本の環境省に採択されたスポット・チェック法はアマチュアのダイバーでも参加できるように方法的には非常に簡便である。しかしながら調査項目のうち、サンゴ、ソフト・コーラル及び海藻の被度については、方法が簡易なだけに、信頼される数値が得られるようになるためには、今後も調査経験を積む必要がある。

b. 「モ」国サンゴ礁における長期モニタリング結果 (AFRCデータより)

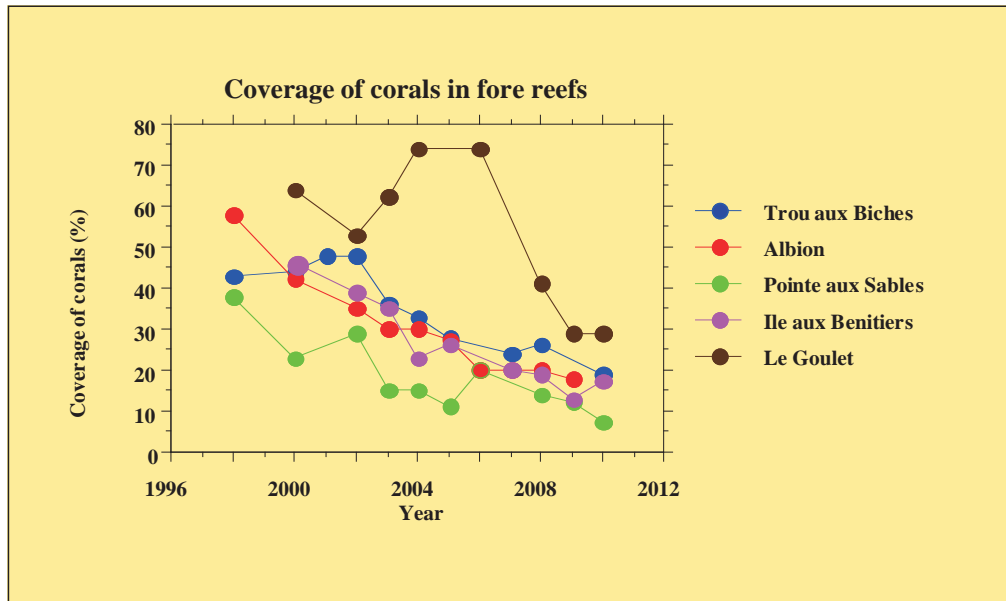
AFRC では 1998 年より、ライン・トランジェクト法によるサンゴの被度調査を開始し、基本的に 21 地点において毎年一回の調査が行われている。この項では、AFRC の長期モニタリングのデータを借用し、「モ」国サンゴ礁における生きたサンゴの被度の年次変動についてみた。このモニタリングは 1995-2002 に当時の AFRC に対して実施された JICA 「モーリシャス沿岸資源・環境保全計画」の技術移転の結果として開始、継続されているもので、かつてのプロジェクトが残した成果の一つである。

b.1 調査方法

モーリシャスサンゴ礁の長期モニタリング調査方法として、AFRC によりライン・トランジェクト法 (Line intercept transects (LIT)) が採用された。この方法は予め選定された調査地点のサンゴ礁生態系の底生生物群集の被度調査に使用される。事前に海岸開発、農業地、都市化、観光活動などを考慮し、23 の永久モニタリング調査地点 (前礁、5 地点 ; 背礁、13 地点 ; 岸礁、5 地点) を選定した。各モニタリング調査地点では GPS で位置情報を得て、3 本の 20 m のライン・トランジェクトを設置し、蛍光テープで目印を付けた鉄棒をライン・トランジェクトの両端に設置した。20 m のトランジェクト・テープが底質上に設置され、そのテープ下のそれぞれのカテゴリー (枝状ミドリイシ/ACB; 葉状サンゴ/CF; 塊状サンゴ/CM; 死んだサンゴ/DC; ソフト・コーラル/SC; 芝草状海草/TA; 砂/SA; その他) に区分され、それぞれのカテゴリー毎に切片の長さが、集計された。最終的に、サンゴの合計の長さを全体の長さ (60m) で除し、生きたサンゴの被度を百分率で表す。以下の結果は AFRC によって 1998 年より 2010 年にかけて得られたモニタリング調査をもとに解析を行ったものである。また、被度の変化の要因については AFRC の Mrs. Meera Koonjul 氏へのインタビューによるものである。

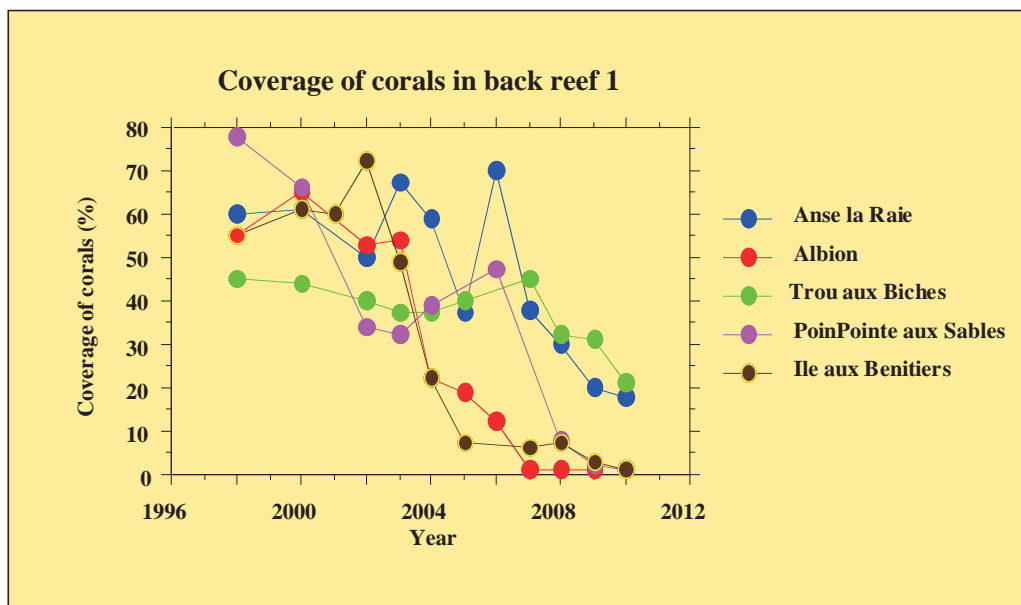
b.2 調査結果

図 2.6.12 に Fore Reef の 5 地点のサンゴ被度の年次変動を示す。調査を行った Fore reef は Trou aux Biches, Albion, Pte. aux Sables, Ile aux Benitiers, le Goulet の 5 地点である。Fore reef (礁縁部) は外海に面しているため、一般に礁湖や礁池と比べて、水質環境はサンゴの生育にとってより好適である。しかしながら同図に示した 5 地点の生きたサンゴの被度はいずれの地点でも減少しており、2000 年の半分以下となっている。このことは、最も好適な環境にある礁縁部でも、少しずつサンゴが死滅していることを示している。5 つの調査地点のうち、Le Goulet では一旦被度は増加していたが、陸上からの土砂により調査地点のサンゴが死滅したため、2007 年以降調査地点を変更している。



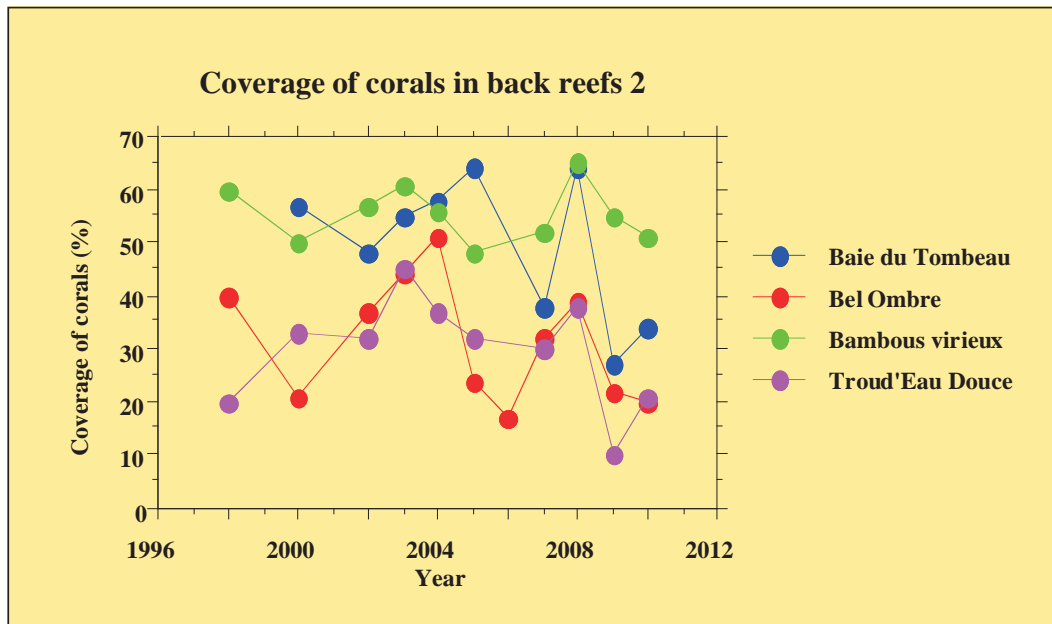
出典：AFRC

図 2.6.12 Fore reef (礁縁部)のサンゴ被度の年次変動



出典：AFRC

図 2.6.13 Back reef(礁のすぐ内側)のサンゴ被度の年次変化(その1)



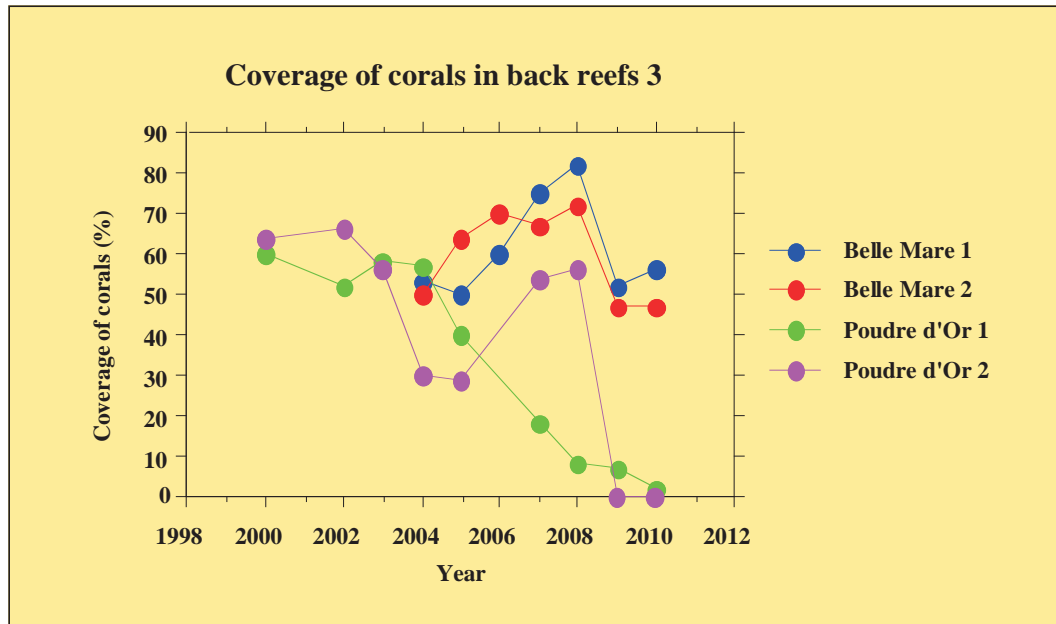
出典：AFRC

図 2.6.14 Back reef(礁のすぐ内側)のサンゴ被度の年次変化(その2)

図 2.6.13、図 2.6.14、図 2.6.15に Back reef (礁のすぐ内側の海域) の 13 地点の生きたサンゴの被度の年次変動を示す。図 2.6.13には、Anse la Raie, Albion, Trau aux Biches, Pte. aux Sables, Ile aux Benitiers の 5 地点の結果を示す。Albion, Pte. aux Sables, Ile aux Benitiers の 3 地点では 1998 年にはいずれも 50%を超える被度があったにもかかわらず、現在では殆ど 0%となっている。この原因として、Albion 及び Pte. aux Sables では 2003, 2004 年の高水温によるサンゴの白化現象と、シルト等の堆積、礁池内での地引き網が原因と考えられている。1998 年にモニタリング調査を開始した時点では、Ile aux Benitiers は対照区として選択された場所で、サンゴの被度も高く、モーリシャスを代表するサンゴ礁海域であった。しかしながら、2003 年、2004 年のサンゴの白化現象により、大部分のサンゴが死滅し、現在ではほぼ壊滅状態にある。Anse la Raie では 2004 年の白化現象が原因で被度の低下が見られるが、2006 年には 70%まで回復し、2007 年に再び減少している。Mrs. Meera Koonjul 氏に確認したところ、恐らくデータ入力時の間違いではないかとのことであった。また、この地点では 2011 年に微細藻類の Algal bloom が起き、生きたサンゴの上を覆いつくして、短期間のうちにサンゴが壊滅したとのことである。従って、この 5 地点のうち、現在もサンゴが生き残っているのは Trou aux Biches (21%) のみである。

図 2.6.14には Baie du Tombeau, Bel Ombre, Bambous virieux, Trou d'Eau Douce の 4 地点の結果を示す。Baie du Tombeau, Bel Ombre, Trou d'Eau Douce の 3 地点は被度が上下動を繰り返しながら、最近はやや減少傾向にあると言える。Bambous virieux では 2010 年現在も、10 年前と同じく 50%を超える被度を保っているが、最近では Back reef におけるシルトの堆積が問題になっているようである。

図 2.6.15に示したのは Belle Mare の 2 地点と、Poudre d'Or の 2 地点のモニタリング結果である。Poudre d'Or では 2000 年にはいずれの地点も 60%と高い被度を示したが、2010 年にはいずれも 0%に近い値となっている。主な原因としては、Poudre d'Or 1 では 2004 年の白化現象が、Poudre d'Or 2 では 2009 年の微小藻類の大発生 (Algal bloom) が挙げられている (写真 2.6.1)。Belle Mare の 2 地点では枝状のミドリイシを優占種とするサンゴ群集が現在も被度 50%を維持している。しかしながら、栄養塩の増加により糸状の緑藻類が繁茂し、一部の枝状ミドリイシが死亡しているのが確認されている (写真 2.6.2)。



出典：AFRC

図 2.6.15 Back reef(礁のすぐ内側)のサンゴ被度の年次変化(その3)

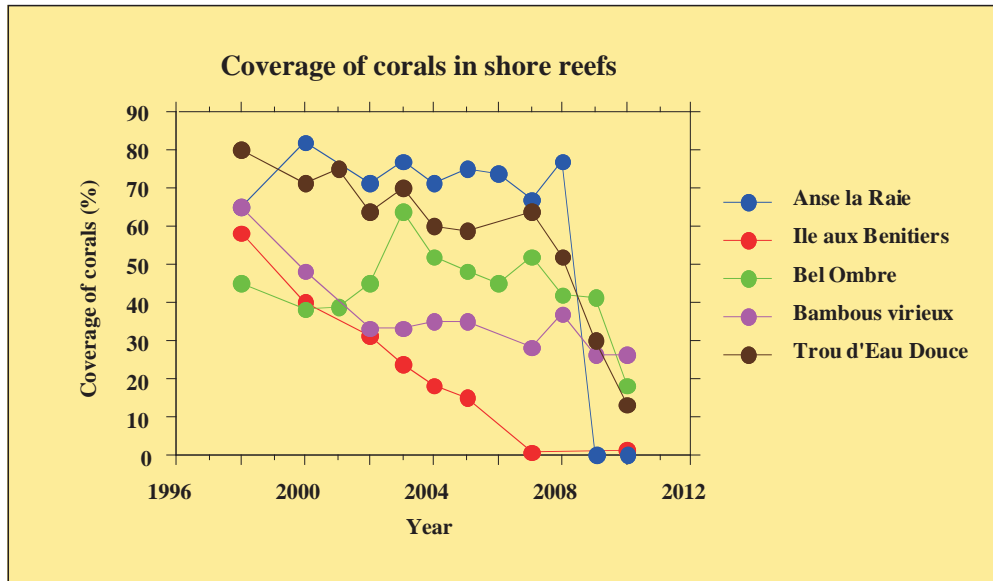


写真 2.6.1 海藻の異常発生の様子

(写真は Mrs. Meera Koonjul氏)



写真 2.6.2 サンゴを覆う緑藻類



出典：AFRC

図 2.6.16 Shore reef(岸沿いに発達したサンゴ礁)のサンゴ被度の年次変動

Shore reef は海岸線の近くに発達するために、陸域からの影響や様々な人為的影響を受けやすい位置にある。図 2.6.16は Anse la Raie, Ile aux Benitiers, Bel Ombre, Bambous virieux, Trou d'Eau Douce の 5 地点での調査結果を示している。調査が始まった 1998 年当時は、被度は 45～80%と高い値を示したが、Anse la Raie, Ile aux Benitiers では 2010 年には、ほぼ 0%となっている。この原因として、Anse la Raie では 2009 年の夏に起こった Algal Bloom (微小藻類の異常発生) が原因で、Ile aux Benitiers では 2003 年に起こったサンゴの白化現象が原因とされている。他の 3 地点では長期減少傾向を示しながらも、2010 年には何とか 10～30%の被度を保っている。長期減少傾向の主な原因として、Bel Ombre では度重なるサンゴの白化現象、Bambous virieux では陸域からの土砂の流入と、海藻による被覆、Trou d'Eau Douce では白化現象とシルト分の堆積が指摘されている。

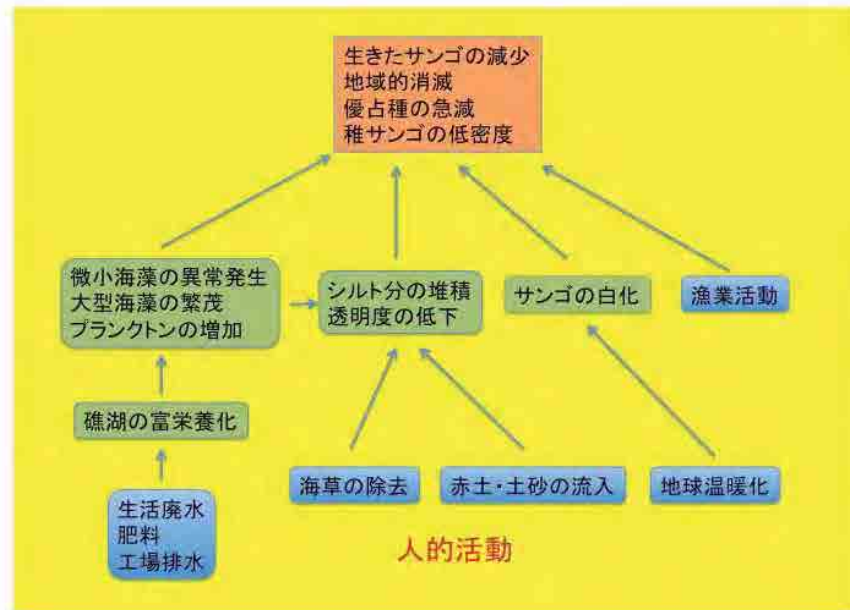
c. 「モ」国サンゴ礁における現状と課題

AFRC の長期モニタリングによると、2000 年には平均で 51.4%であったが、2010 年にはわずか 19.2%に減少した。また、今回 (2012 年 6 月 & 10 月、2013 年 2 月) のスポット・チェック法による被度調査結果では平均被度が 27.2%であった。これらの結果を総合的に判断すると、「モ」国のサンゴ礁は明らかに疲弊しつつあり、健全なサンゴ礁とはいえない。10 年後の 2020 年においては外挿法での予想では 7%前後と、更に問題が深刻化することが予想される。サンゴの長期的な減少傾向で、その原因を推定するために AFRC の Mrs. Meera Koonjul 氏、MIO の Dr. Ruby M. Pillay 氏から貴重なコメントを頂いた。両氏はかつて AFRC に所属し、現在各部署に移動して活躍している他の多くのメンバーとともに JICA 「モーリシャス沿岸資源・環境保全計画」のかつての C/P である。

今回の現地調査及び聞き取り調査を通して、浮かび上がった問題点を以下に列挙する。

- (1) 生きたサンゴの長期減少傾向
- (2) 礁湖・礁池内サンゴ礁への稚サンゴ加入量の低下
- (3) かつて優占した卓状サンゴの急減
- (4) いくつかの種の地域的消滅

- (5) 2003, 2004, 2009年の度重なる白化現象。
- (6) 礁湖・礁池内の富栄養化
- (7) 夏期の微細藻類の異常発生 (Algal bloom)
- (8) 大型藻類 (サンゴの競争者) の繁茂
- (9) 礁湖・礁池内のシルト分の堆積
- (10) 礁湖・礁池内の透明度の低下
- (11) 礁湖・礁池内の地引き網漁



出典：JICA調査団

図 2.6.17 問題点の関係図

調査を通して示唆された問題点とその原因を整理したものが図 2.6.17である。サンゴ礁における様々な問題点の背景には、人間の生活活動があることは否めない事実である。長期にわたる人間活動が、少しずつサンゴ礁を疲弊させている。

(1) 生きたサンゴの長期減少傾向

AFRC の長期モニタリングでも示されたように、「モ」国サンゴ礁では 2000 年からの 10 年で生きたサンゴの平均被度は 51.4% の良好な状態から不良といわれる 19.2% にまで減少した。また、今回のモニタリング調査でも 27.2% という平均被度を得た。いずれも 30% の限界ラインより下方にあり、サンゴ礁としては“不良”と評価される。いずれにしても観光立国を目指す「モ」国にあって、重要な観光資源となるサンゴ礁が危機的状況にある。

(2) 礁湖・礁池内サンゴ礁への稚サンゴ加入量の低下

「モ」国のサンゴ礁域、特に Back reef, Shore reef でのミドリイシ属稚サンゴの加入量 (直径 5 cm 以上の稚サンゴ数/m²) は他のサンゴ礁と比較して極端に少なかった。海草藻場を除く 44 カ所の調査地点のうち、稚サンゴの見られたのはわずか 9 カ所で、うち 4 カ所は 0.1/m² であった。密度が最も高かったのは Pte. d'Esny (Back reef) の 1.1/m² で、次いで Porte Lafayette の 0.8/m²、Tamarin の 0.7/m² であった (表 2.6.8～表 2.6.10)。これ

までの経験的な値では、10/ m²の加入が数年続くと、10年後には被度50%以上のサンゴ礁に回復すると言われている。この加入密度と比較すると、「モ」国サンゴ礁ではサンゴの天然更新の可能性が非常に低いものと推察される。

(3) かつて優占した卓状サンゴの急減

10年前以前は、礁湖・礁池のサンゴ礁には卓状のサンゴ、ハナバチミドリイシ (*Acropora cytherea*) が優占していた。「モ」国の海中公園となっている Blue bay には直径が16mを超える巨大な群体が見られた。しかしながら、この巨大な群体も含めたハナバチミドリイシの多くの群体が、2009年の白化によりほぼ壊滅した。同じく周辺の礁湖・礁池のサンゴ礁でもハナバチミドリイシは急減し、今回の44カ所の調査地点(海草藻場を除く)のうち、15分間の調査時間内にハナバチミドリイシが5群体以上見られたのはわずか13カ所のみであった。少なくとも半分以上の群体が生存しているのは島の南東部にある Ile aux Aigrettes 及び Pte. d'Esny (Back reef)、Blue Bay 入口周辺海域のみであった。上述したように、礁湖・礁池内のサンゴ礁には稚サンゴの加入が非常に少なく、かつて優占したハナバチミドリイシの自然再生は非常に難しい状況にあるといえる。

(4) いくつかの種の地域的消滅

今回の調査で、ハナヤサイサンゴ科のハナヤサイサンゴは多くの地点で生き残った大型の群体や新規加入個体を直接観察することができた。しかしながら、同じハナヤサイサンゴ科のトゲサンゴは1群体もみる機会がなかった。両種とも幼生放出型の生殖方法を持つサンゴで、サンゴ礁には普通にみられる種である。両種ともサンゴの白化現象には弱く、特にトゲサンゴは最も白化しやすい種である。

MOI の Dr. Ruby M. Pillay 氏によると、この種はすでに「モ」国サンゴ礁域からの絶滅危惧種であり、地域的消滅が危ぶまれているとのことである。この他にも絶滅が危ぶまれている種は何種もあり(トゲサンゴ属の数種など)、屋内水槽での飼育等早急な対応をせまられている。

(5) 2003, 2004, 2009年の度重なる白化現象

夏期に30℃以上の水温が数週間続くと、サンゴ体内に共生する褐虫藻が体外に吐出されるか、体内で死んでしまう。結果的に透明なサンゴのポリプを透して、炭酸カルシウムでできた、白い外骨格が見えるので“白化”の名前がある。この状態が長く続くとサンゴは餓死してしまう。一般にサンゴが成熟するには5~10年を要し、白化現象が数年の間隔でおこれば、産卵を行う成熟したサンゴがいなくなる。背景には高水温のみならず、紫外線の影響もあると考えられ、透明度の悪い場所ほど白化が起こりにくいという傾向も指摘されている。背景には地球温暖化が挙げられており、国際的な協調行動が必要で、1国で早期に対処することが出来にくい状況にある。

(6) 礁湖・礁池内の富栄養化、(8) 大型藻類の繁茂

本来サンゴ礁は貧栄養の暖かい海に発達する。したがって、通常はプランクトンの異常発生や大型海藻等サンゴの競争者が育つことは希である。しかしながら「モ」国周辺の礁湖・礁池には大型海藻が繁茂している場所が多く、Pointe des Bambous の Shore reef では大型の褐藻類の被度が70%を占めている(写真3)。また、Poudre d'Or, Ile aux Benitiers の2カ所でも大型海藻の被度は50%を占め、被度20%のところも7カ所ある。

水質分析の結果であるクロロフィル a 値や、大型海藻の繁茂状態から見て、礁湖・礁池内の富栄養化は明らかである。大型海藻は死滅してからの分解課程で栄養塩は再び水中へ漏出してゆくの、富栄養化を進行させないためにも海域からの海藻の回収が重要である。



出典：JICA調査団

写真 2.6.3 Shore reef の大型褐藻類(Pointe des Bambous)

(7) 夏期の微小藻類の異常発生 (Algal bloom)

2009年夏、北部の Anse la Raie、及び北東部の Poudre d'Or で起った。AFRC の Mrs. Meera Koonjul 氏への聞き取り調査によると、夏期に停滞した礁湖や礁池内で極めて短期間に褐色の微小藻類が異常発生し、生きたサンゴの表面を覆って、死亡させたというものである(写真 2.6.1)。この異常発生についても背景には礁湖・礁池内の富栄養化が原因と考えられる。

(8) 礁湖・礁池内のシルト分の堆積

サンゴ礁の劣化を引き起こす要因の一つに、微細粒子(シルト・粘土分)の生きたサンゴ上への堆積が挙げられる。サンゴ礁の凹みや小穴に定着・加入した稚サンゴの重大な死亡要因としてあげられる。また、大型の塊状サンゴにおいても、健康を低下させる原因となる。表 2.6.8～表 2.6.10に示したようにシルト分の堆積が顕著な場所が、12カ所もあり、とても健全なサンゴ礁とはいえない海域がある。なかでも、Le Goulet, Poudre d'Or では劣悪な生息環境となっている。また、一大観光地となっている「モ」国北端の海域でもシルト分の堆積が著しい(図 2.6.9)。

(9) 礁湖・礁池内の透明度の低下

10数年前は、「モ」国サンゴ礁の礁湖・礁池内の透視度は少なくとも10mを超えていた。しかしながら今回の調査を行った50カ所の平均透視度は7.4mと以前と比べ、低下している。また、以前のように10m以上の地点は50カ所中18カ所の36%にとどまった。さらに、とてもサンゴ礁域とはいえないような、5m以下の地点(5mの表記地点も含む)は30カ所と60%を占めた(表 2.6.8～表 2.6.10)。「モ」国サンゴ礁では南側を除く海域でほぼ全体的に透視度が低いが、特に北側のサンゴ礁域で低い(図 2.6.8)。

図 2.6.10に示したように、透視度とサンゴの被度は正の相関関係が見られるため、透視度の改善はサンゴの生息環境にとっても重要である。聞き取り調査では、一部ホテル前での海草の除去作業が、透視度の低下、シルト分の再堆積を招いているとの指摘があった。

(10) 礁湖・礁池内の地引き網漁

聞き取り調査では、海域によっては礁湖・礁池内の地引き網漁が行われ、網や人による踏みつけ等によって、サンゴが物理的に破壊されているとのことである。将来においては禁止海域、禁漁期間を設ける等サンゴへの直接の破壊を軽減する必要がある。

最後に問題点を整理したところ、現在の「モ」国の礁湖内のサンゴ礁においては、サンゴの白化現象、富栄養化、シルト分の堆積、礁湖内での漁業活動が当面のサンゴの脅威となっていると結論された。これらはいずれも長期的にわたる人的活動の影響である(図 2.6.17)。

2.7 住民の意識

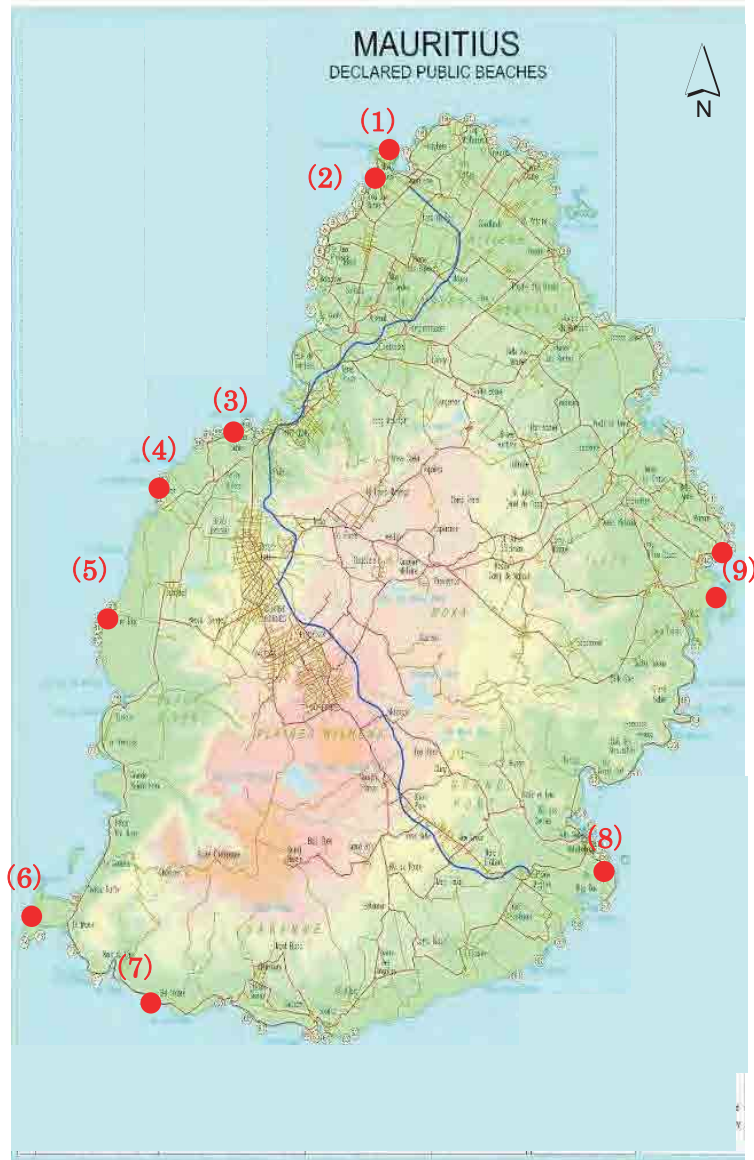
a. アンケート調査の概要

対象海岸における海岸保全計画の策定および実証事業の実施地区の選定に資するため、基礎調査海岸 12 地区のうち侵食が問題となる砂浜海岸(10 地区)について、海岸保全に対する住民の意識調査をおこなった。アンケートの実施目的および結果を以下に示す。

<アンケート調査の概要>

- 目的
 - ・ 海岸保全対策における意識、要望の確認
 - ・ サイクロンによる過去の海岸の被害状況に係る知見の収集
 - ・ 将来の気候変動に伴って起こりうる海岸域の被害についての意識向上および海岸災害への対応策についての理解度促進(IEC 活動)
 - ・ 海岸保全対策に対する支払意志の調査
- 調査対象者と調査を実施する海岸
 - ・ 本アンケートでは、過去の被害実態についての調査を実施目的の一つとしている。そのため、これら過去の被害について比較的詳しい知見を有していると考えられる地元住民を対象にアンケートを実施する。
 - ・ 「モ」国内において海岸侵食による被害が顕著な砂浜海岸(10 海岸) (図 2.7.1 を参照)。
- サンプル数: 300(各地区 30 サンプル程度)
- 実施期間: 2013 年 2 月上旬から 3 週間程度
- アンケート方法
 - ・ アンケートの質問内容に対する誤解を避け、かつ内容について十分な理解を得るため、対面式によるアンケート方法を採用
- 調査票の主な質問内容
 - ・ 調査目的に対応した質問内容の大項目は以下の通りとなる。各質問項目の詳細は巻末資料 2.5.4 を参照のこと。
 - 1) 過去のサイクロン(1イベント)による沿岸域の被害の実態把握
 - 2) 長期的な海岸の侵食傾向についての住民の認識
 - 3) 将来の気候変動に伴って起こりうる海岸災害についての意識
 - 4) 気候変動に伴う海岸災害に対する望ましい対応策について
 - 5) 望ましい海岸保全施設と海岸保全対策に対する支払意志

アンケート実施海岸 (10海岸、9地区)
(1)The Vale (Pte aux Cannoniers)
(2) Mon Choisy
(3) Pte. aux Sables
(4) Albion
(5) Flic en Flac
(6) Le Morne
(7) Bel Ombre
(8) Pte. d'Esny
(9) Q. Cocos Vge, T. d'Eau Douce, Ile aux Cerfs



出典:MOESDDBMから入手したマップをJICA調査団で加工

図 2.7.1 アンケート調査実施海岸

b. アンケート調査の概要

各設問におけるアンケートの集計結果およびその考察については、Supporting Report に示す。ここでは、その結果を受けて、特に、①海岸保全事業に対する要望の高さおよび②環境教育効果に対する評価を下表に整理する。本結果は、後述の実証事業の対象海岸を選定する際に、経済・社会面での実施の妥当性を評価する目的で使用した。

表 2.7.1 実証事業の対象海岸選定の際に用いた評価

評価項目	傾向の把握方法	全体傾向	地区傾向
① 海岸保全事業に対する要望の高さ	1) 侵食量からの把握	住民が認識している「現在までの侵食量」について、「1～5m程度」が最も多かった。地域差はあるが全体として大規模な侵食は認識されていないことがうかがえる。	以下の地区においては、認識されている侵食量が全体傾向に比べて大きかった。住民の海岸侵食に対する意識が高く、海岸保全の要望が多く聞かれた。 [対象地区] Flic en Flac, Pte aux Sables (10m以上侵食との回答が最多), Pte aux Cannonier, Mon Choisy, Pte. d’Esnay(相当量侵食との回答が最多)
	2) 支払い意志*による把握 *仮に海岸保全事業への協力金を依頼した場合の、支払い意志の有無を質問(CVM)	海岸保全対策について支払意志を示した回答者は全体の1/4程度にとどまり、それほど高くない。	以下の地区においては、支払い意志を示した回答者の割合が全体傾向に比べて高いことから、海岸保全に対する要望の高さがうかがえる。 [対象地区] Flic en Flac、Albion、Pte. aux Cannoniers
② 環境教育効果の高さ(環境面に対する意識の高さ)	1) 最も深刻と考える海岸災害の種類からの把握(防護、利用、環境の3種を対象)	「防護面」、「環境面」がそれぞれ同程度で約2割であった。「防護面」だけではなく、「環境面」に対する意識の高さがうかがえる。	以下の地区においては「環境面」への影響を懸念している割合が全体傾向に比べて高いことから、海岸環境への意識の高さがうかがえる。 [対象地区] Albion, Mon Choisy(約4割)、Pte. d’Esnay、Pte. aux Sables(約3割)
	2) 望ましい海岸保全施設の種類の把握	護岸が最も高く約5割を占め、保全施設としてハード構造物が最も望まれていることが分かる。一方養浜は3割程度であった。	以下の地区では養浜が約5割と全体傾向に比べ高いことから、自然浜の再生(自然環境の保全)に対して意識が高いと考えられる。 [対象地区] Pte. aux Cannoniers、Mon Choisy
	3) 支払い意志に係る賛同理由からの把握	「防護面が改善されるから」が約5割、続いて環境面(約3割)となった。	Flic en Flacでは「環境面の向上」が約4割と高くなっており、他地区に比べ環境面に対する意識が高いと考えられる。

出典: JICA調査団

2.8 海岸環境データベース

海岸域管理を効果的、効率的に実施するために、基礎調査で得られた海岸侵食の状況、サンゴの状態、現在の被害及将来のリスクの状況の推測、砂浜の利用、護岸等の海岸保全施設、資産や人口、社会資本の整備状況等の社会条件、海象および地形などの自然条件に関する情報と解析結果を整理し、データベース化した。データベース化は、GISを基本とし、その機能を利用して作成した。

2.8.1 既存データベースのとりまとめ

「モ」国内では、海岸に限らず、地理的情報を数多くの機関で作成し利用がなされており、それらのデータを手し取りまとめた。すべてのデータは資料編に示すが、主たるものは次のデータである。既存データはいくつかの座標系で表示されていることから、座標系を WGS84、UTM 座標、ゾーン 40South に統一した。

- (1) 行政区域図：Main land、Province、Village Council l Areas
- (2) インフラに関するデータ：道路、河川、池、橋梁など
- (3) 主題図：地質図、土壌図、土地利用図、マングローブ分布図、等高線、観測地点位置図
- (4) その他（法的規制）：自然保護区域図、海岸公園区域図および位置図

2.8.2 基礎調査で得た資料のデータベース化

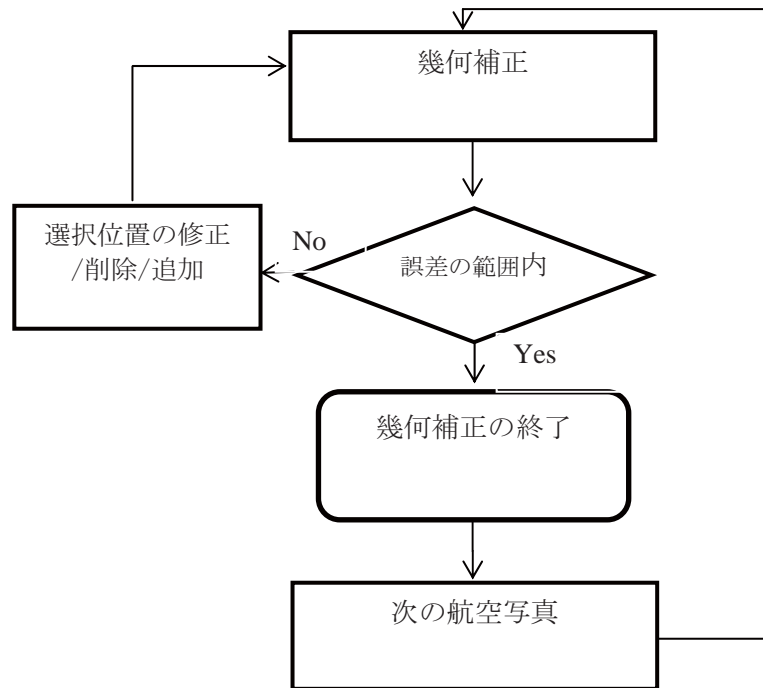
a. 汀線位置データ

選択した海岸 13 海岸について、過去の航空写真、衛星写真を利用して、海岸の汀線位置データをベクトルデータとして作成した。航空写真は、1967 年、1975 年、1991 年及び 1997~2000 年の撮影画像を利用した。また、衛星写真については 2008 年、2011~2012 年の Google 画像を利用した。作成は以下の手順で行った。

a.1 幾何補正

選択した海岸別に、且つ撮影年度ごとの航空写真 1 枚ごとに、座標設定を行った。また、座標形式は WGS84 を利用した。

幾何補正の方法は、2008 年の衛星写真はすでに座標が設定されており、この衛星写真を基準に、座標の無い航空写真の同じ地点（道路交差点や、海岸付近の岩礁など）を見出し、それぞれの写真のポイントをプロットすることで、航空写真に座標を設定することが出来る。なお、座標設定に際しては、誤差の許容範囲を最大移動誤差 1m 以内で且つ、平均誤差 0.7m 以内とした。



出典：JICA調査団

図 2.8.1 幾何補正の手順

航空写真の幾何補正を行うに当たり、航空写真は中心投影であるため、中心から離れると誤差が大きくなる（単写真のため）。そこで、今回の幾何補正は、射影変換方式を利用した。



出典：JICA調査団

図 2.8.2 幾何補正後の例



出典：JICA調査団

図 2.8.3 補正後の汀線データ

a.2 海岸線データの作成

航空写真と衛星写真の6撮影時期(1967年、1975年、1991年、1997-2000年、2008年、2011-2012年)の幾何補正の終了後、ArcGISを利用し、海岸線を各年度別に、デジタル化にて海岸線を入力、汀線データベースの作成を行った。



出典：JICA調査団

図 2.8.4 汀線データベースの作成結果

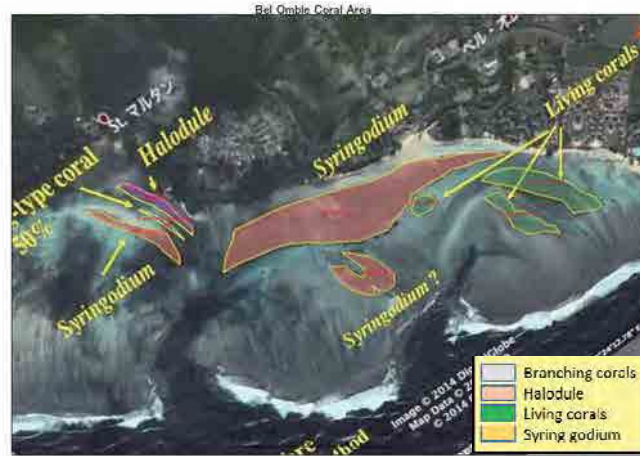
b. サンゴ、海草の分布

本プロジェクトで実施した潜水調査および航空写真からサンゴ、海草の分布を判読し(図 2.8.5)、汀線位置データと同様の方法で幾何補正、デジタル化入力(図 2.8.6)を行いデータベース化を行った。



出典：JICA調査団

図 2.8.5 サンゴ、海草の分布の判読結果

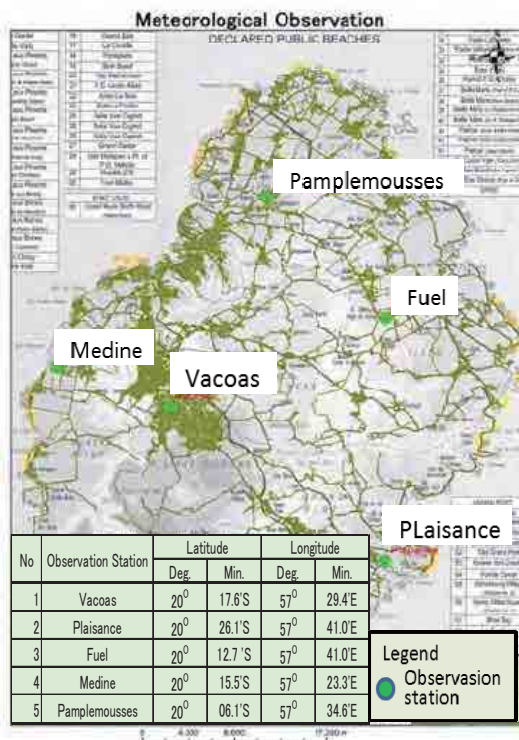


出典：JICA調査団

図 2.8.6 サンゴ、海草の分布の判読結果

c. 気温と雨量データ

5 か所の気温データと雨量データを収集し、ArcGIS で表示することを行った。作業手順は、5 か所の位置座標 (緯度経度) を座標変換ソフトで WGS84 の座標系に変換し、UTM の XY 座標を作成する。この座標系では南緯はマイナスになるため、現在「モ」国で利用している UTM の XY に変換し、利用することとした。作成した XY データを ArcGIS に読み込み、観測所位置データベースを作成した。観測位置データを表示し、1 つのポイントをマウスでヒットすることにより、観測簿 (Excel で作成) を表示する。



出典：JICA調査団

図 2.8.7 観測位置図

	Temperature				
	1	2	3	4	5
1996-01	30.3	31.0	31.5	32.0	29.5
1996-02	31.5	31.0	32.0	32.2	31.5
1996-03	32.5	30.0	30.0	31.3	31.5
1996-04	31.0	31.2	29.5	29.5	29.0
1996-05	27.2	27.5	28.0	27.0	26.5
1996-06	27.0	27.5	27.5	27.5	26.5
1996-07	25.9	24.6	24.9	25.5	25.5
1996-08	26.0	26.7	26.0	26.2	26.0
1996-09	26.1	27.0	26.7	27.0	27.2
1996-10	27.2	27.2	28.5	27.5	27.9
1996-11	28.5	29.0	29.5	31.4	31.5
1996-12	31.5	31.0	32.5	32.5	32.9
1997-01	32.4	32.0	31.5	31.9	31.5
1997-02	30.0	30.3	30.7	31.0	30.5
1997-03	30.5	31.5	31.0	32.2	29.0
1997-04	32.0	31.0	30.0	29.5	31.5
1997-05	28.5	30.0	29.2	32.5	29.5
1997-06	26.0	26.0	26.5	28.0	27.7
1997-07	25.5	26.0	25.0	25.0	26.0
1997-08	25.5	25.0	25.5	25.0	25.5
1997-09	25.5	24.0	25.5	25.0	25.5

出典：JICA調査団

図 2.8.8 観測簿の表示

2.8.3 データベースの活用方法

海岸環境データベースの活用方法の一例を掲げると、海岸侵食や災害に対しての迅速な対応、沿岸域の様々な環境の問題や課題を初期段階で抽出し、その対応を図ること、適切な海岸管理に活用することなどが挙げられる。このように総合的な海岸管理を行うためには、過去の汀線 DB (Data Base の略) や海岸構造物 DB、サンゴ状況 DB、水質底質調査 DB さらには気象・海象 DB に基づき、情報を抽出し多角的に検討することが重要となる。また、長期的な海岸線の変遷や自然環境に加え、海岸周辺の人口、産業の状況、土地利用状況等の社会環境面のデータベース化も総合的な海岸管理計画を策定する上で重要となる。これには、センサス情報、土地利用 DB、インフラ状況 DB、建物の分布 DB などが挙げられる。

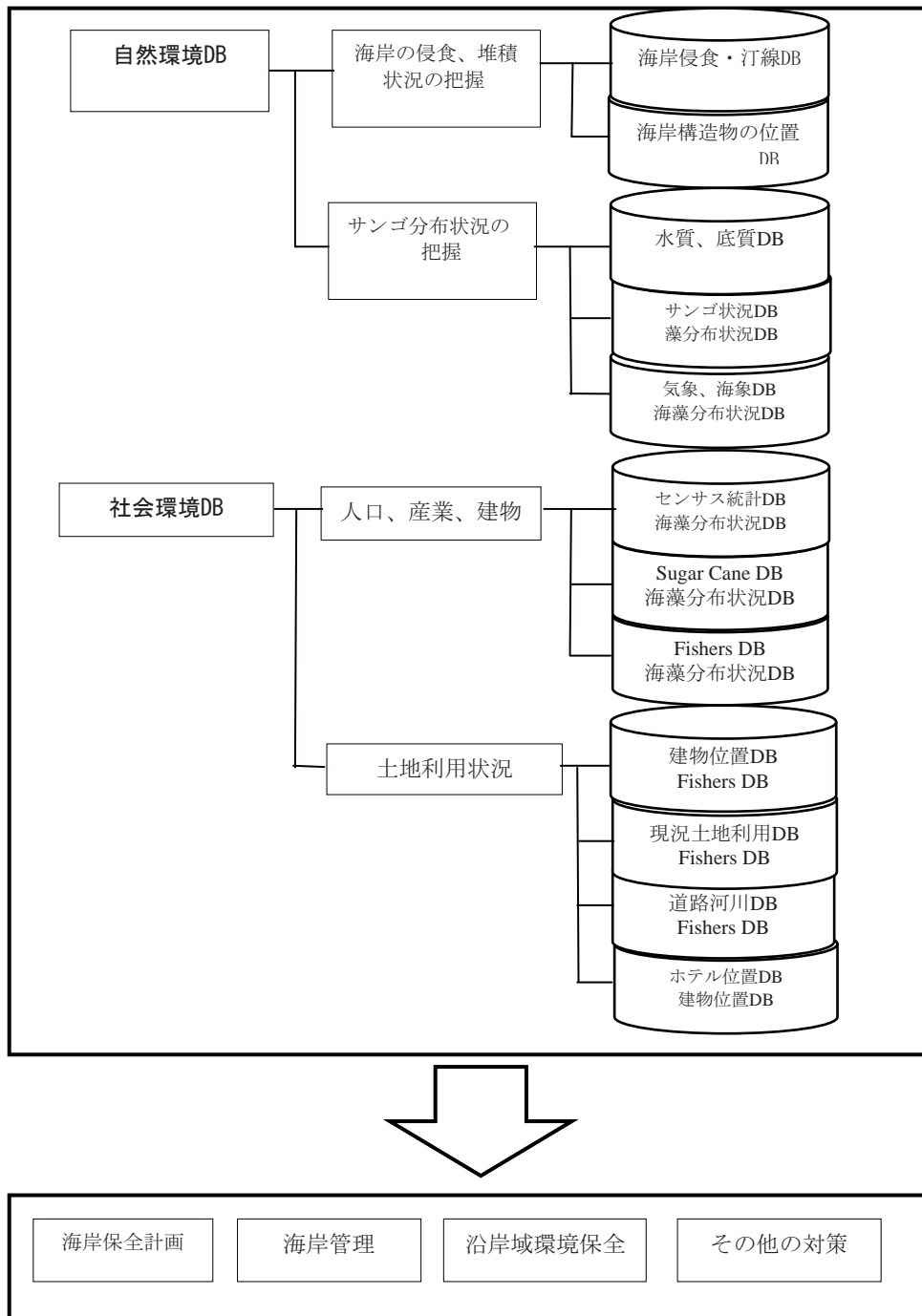
今後、特に重要になるのが継続的に実施するモニタリングの結果をデータベース化し情報を蓄積し、これらのデータを分析し、短期さらには中長期的な海岸保全計画の策定に活用することである。本事業の中で実証事業およびモニタリング海岸において汀線、サンゴおよび水質などのモニタリングが実施されるが、これらのデータの蓄積と活用しやすい環境を構築することが重要となる (図 2.8.9 参照)。

一例をあげると、礁湖内の生きたサンゴ群落と海草藻場の存在は、海浜の侵食堆積と深い関係にあることが示唆された。図 2.8.1 は Flic en Flac 礁湖の衛星画像であるが、礁湖内の陰の部分、実際には何であるのかをグラスボートで確認した詳細調査の結果である。一部は生きたサンゴの群落で、また一部は *Halodule*, *Syringodium* 等の海草藻場であった。図 2.8.10 はそれぞれの陰影部分が実際にはどのようなものであるかを示したものである。図 2.8.11 はこの詳細調査の結果をデータベース化し、QGIS 上で衛星画像上に重ねたものである。

今後行われる衛星画像、ヘリコプター、グラスボートを用いてのモニタリング調査結果も、同様に QGIS を利用してデータベース化しすることにより、各礁湖内でのサンゴや海草の分布チャート、またその時点でのサンゴや海草の面積を計測することが可能となる。同じ礁湖の時系列的なデータベースを利用して、それぞれのサンゴ群落や海草藻場の面積の年次変動等を解析することも可能となる。

今後のデータベースの利用を踏まえ、「モ国」の利用や使用目的に考慮し、「モ国」の今後の活用方法の拡大に対応すべく、単なるこちらからの説明ではなく、その部門の担当者を交え、「モ国」の海岸環境管理に必要なデータベースの作成するような、単なる技術の伝達ではない移転を行う。さらに、主に利用した ArcGIS での協議にとどまらず、フリーソフトウェアで、ArcGIS とデータがほぼ共有可能な Quantum GIS についても同じような手法で行う。

<海岸環境の課題、問題点の抽出>



出典：JICA調査団

図 2.8.9 海岸環境データベースの活用例



出典：JICA調査団

図 2.8.10 Flic en Flac 礁湖内のグラスボートによる詳細調査結果



出典：JICA調査団

図 2.8.11 Flic en Flac 礁湖の詳細調査をデータベース化した図

Chapter 3

海岸保全の方針

*Policy of Coastal Conservation
Plan*

3 海岸保全の方針

3.1 海岸保全の課題

基礎調査に基づき、海岸保全、海岸再生、能力向上に関する課題について検討した。それらを全体に関係する海岸管理、本プロジェクトの主要な課題である海岸侵食に関連する海岸保全、リーフ環境保全に関連する課題に分けて取りまとめると表 3.1.1 のようになる。

表 3.1.1 海岸保全に関する課題

項目	課題
(1) 海岸管理	海岸管理及び計画の具体的な実施不足 制度の有効性の問題、管理体制の不足 将来の気候変動、経済発展を含む変化への対応 基礎資料及びモニタリングの不足 関係機関および住民との合意形成の不足
(2) 海岸保全	防災、利用、環境の調和 養浜、セットバック サイクロンによる海浜変動 海岸侵食・堆積 <ul style="list-style-type: none"> ・ 砂浜海岸の長期的な侵食 ・ 沿岸漂砂による侵食、堆積 ・ サンゴ/海草の消長による侵食、堆積 ・ 水路の閉塞 ・ リーフ外への砂の流出 ・ 崖侵食 越波、高潮 海岸再生：構造物の撤去 リスクマップ 養浜砂の確保
(3) リーフ環境保全	リーフ環境の海浜変形への影響 サンゴの劣化 海草、マングローブの消失 リーフ内の富栄養化、濁りの発生 サンゴの移植 環境保全、漁業、レクリエーションとの競合
(4) 能力向上	EIAの評価能力不足 技術的能力不足 ガイドライン

出典：JICA 調査団

3.1.1 海岸管理の課題

海岸管理に関しては、総合的海岸域管理に関する国家目標を設定し、組織としても MOESDDBM が ICZM 課を含めて海岸域の総合的な管理の方針や計画の策定と実施の促進、関係政府機関との調整、海岸侵食対策などを行うこととなっている。また、海岸域は一般に問題が生じる HWM から 81m の範囲は国有地であるとともに、30m の範囲はセットバック範囲として構造物の建設が規制される制度もある。また、海岸域での構造物

の建設に関しては EIA の認可が必要であり、評価システムそのものは整備されている。このように海岸管理に関する制度・システム面に関しての問題は少ないと考えられる一方で、実施面において以下の課題が見られる。

海岸管理及び海岸保全に関しては戦略や計画が策定されており、総合的海岸域管理に関しての提言も行われている。一方でこれらの戦略・計画は網羅的であり、具体性に欠ける部分が見られるとともに、人材および財政不足により、その戦略・計画に基づいた実施が十分になされていない。

制度は確立されているものの、実施上の効力が十分得られていないケースが見られる。例えば 30m セットバックライン制度についても、実施面においては、必ずしもすべての海岸で適用できている、あるいは今後適用できる効力を持つものとはなっておらず、既に既存の借地権や建物等の資産がある場合、最終的には借地者との合意が得られない限り、その施行は現実的に困難であるのが現状である。また許認可および管理システムの不十分さから、新規開発の場合でも既に本制度に準拠していない海岸エリアでの施設建設が生じているケースも見られる。

気候変動に関しては温暖化による海水面の上昇、水温上昇によるサンゴの白化が現在も生じており、将来、さらに激しくなると想定される。また、一般に海岸侵食は海岸域の開発に伴って発生しており、「モ」国でも今後の経済発展を目標としていることから、海岸侵食の発生が想定される。現在はさほど問題とはなっていないが、これらの将来の想定される変化への対応が求められる。

基礎調査として海岸災害及び侵食の実態把握に努めてきたが、その基礎となる地形およびその変化、外力となる波浪、被害の状況に関する情報が少なく実態の把握が困難であった。また、サンゴ礁は海岸の保全に重要な役割を占めているが、サンゴや海草の分布状況等その環境に関する資料が少ない。モニタリングで現況を把握し、将来状況を予測し、課題を抽出し、対応策を検討し、実施するのが管理の基本であるが、その基礎となるモニタリングが不足し、計画の策定や管理の実施を困難にしている。

総合的海岸域管理の課題は海岸域の各種の利用や活動間の競合を調整し、良好な状態に保つことが目的であり、「モ」国においても MOESDDBM の ICZM 課がその役割を担い、関係政府機関との調整を実施している。しかし、一部情報の交換が不十分である。住民との合意形成に関しては、セットバックラインの設定や構造物の撤去に関して、一部不十分なところがあると考えられる。

3.1.2 海岸保全の課題

海岸保全事業として、過去にはサイクロン後の侵食に対する蛇かご護岸、最近では巨石護岸の設置が行われてきた。これらの構造物の中には、現地での海浜の利用や環境、景観への配慮が欠けているものがある。また、短期的視点での対策が多く、長期的視点に対する配慮が求められる。

海岸侵食を含めた海岸災害を防止する海岸保全に関する課題としては、侵食状況の調査結果によるとサイクロンやサンゴ、海草の消長による海浜の変動が大きく、その対応が課題である。自然の変動を許容することとしてセットバック及び構造物の撤去が行われているが、現在の 30m のセット量の妥当性や、以前のセットバック量が 15m の場合の建物の処理などの検討が求められる。

海岸の侵食及び堆積に関しては、砂浜海岸では一部で長期的に侵食されている海岸の原因解明と対策の検討、沿岸漂砂により侵食が生じている海岸での対策の検討、島間の

水路の閉塞防止、リーフ外への砂の流出現象の把握と対策が求められている。また、延長が 20 km 程ある崖海岸では侵食の問題を抱えている。

前面のリーフが広い海岸では来襲波が小さいことから低平地が形成されている海岸があり、ここは高波浪の来襲による高潮、将来の海面上昇の影響を受けやすい。その対策として現在玉石護岸が建設されているが、海浜の利用、生態環境、景観の面で問題を抱えている。

海岸を自然の状態に戻すための再生事業が実施され、構造物の撤去が行われているが、その効果と影響、特にサイクロンが来襲した場合に関しては十分な検討がなされていない。また、単に撤去するのではなく自然の特性を生かした対応も可能と考えられるが、この面の検討がなされていない。

海岸域の高潮、津波に関するリスクマップが作成されているが、基礎となった地形資料が 10m の等高線地図であり、十分な精度を有していないことから、信頼できるものになっていない。

長期的侵食対策としての養浜、一時的なサイクロンによる侵食に対する海浜整形が行われているが、陸域からの養浜砂の確保が難しくなり、新たな砂の供給源の開発が求められている。

3.1.3 リーフ環境保全の課題

リーフ内のサンゴは漂砂の供給源であり、また海草（海藻）、マングローブは波浪の減衰機能を有している。このため、その生育や消失は海浜の侵食、堆積の大きな影響を与えている。しかしその実態は十分解明されておらず、海岸保全の検討を難しくしている。

サンゴは海浜砂を供給し、波の減衰機能を有し、海岸保全上重要な役割を果たしている。しかし、長期的な観測結果によると 2000 年の被度 50% から 2010 年には 20%、また今回の調査では 27% とサンゴの被度が減少している。サンゴの劣化原因としては、海水温の上昇、ラグーン内の富栄養化、淡水及び濁水の流入、藻類の繁茂、礁湖内のレクリエーションおよび漁網を用いた漁業活動、等が指摘されているが、生態系の現象は複雑であり、簡単にその原因の解明や対策の検討は困難である。

サンゴ劣化の原因の一つとしてリーフ内の富栄養化が指摘されている。元々サンゴは貧栄養の状態では生育することから、富栄養化により海藻が繁茂するようになると生育することができない。富栄養化に係る水質を調査しているが、分析精度に問題があり、対策の検討を困難にしている。

サンゴの劣化を防止するためには、生育環境が許せば、移植する対策が考えられる。すでに移植に関する検討が進められており、有効性が確認できれば、規模を拡大して実施することが求められる。

リーフ内では漁業や観光客の各種活動が行われ、これらはサンゴや海草の保全と競合しており、その調整を図る必要がある。

3.1.4 能力向上面の課題

基本的にこのプロジェクトは能力向上を目標にしており、その中でも技術的な能力の向上が求められている。海岸の状況を自然の状態に保ち、人為的な影響を少なくするた

めには EIA が重要であり、そのシステムは整備されている。しかし、一部、構造物の建設による侵食の発生等が見られる。これは、過去の具体的な事例の調査や、基礎となる海浜変形特性が十分把握されていないことによると考えられる。

技術的な能力向上に関して、MOESDDBM は基本的に施設の計画や設計を評価する立場にあることから、海岸の基本現象に理解、侵食対策の種類や特性、対策の検討等に関して主体性をもち、合理的に思考する能力が一部欠けていると考えられる。また、一般的な海岸工学に関する知識に加えて、サンゴ礁の特性に関する知識も必要であるが、これについては十分解明されていない部分もあり、現場での観察も求められる。

「モ」国では、施設の計画、設計に際して主に英国で作成されたマニュアル、例えば Rock Manual、Beach Management Manual などが使用されている。これらは主に災害防止を目的としたものであり、海浜の利用や環境や景観保全に対しては十分配慮されていない。「モ」国では、比較的侵食が軽微であり、他の要素についても十分配慮する必要がある。この意味で、ガイドラインを必要としている。

3.2 海岸域のリスク

海岸侵食及び越波等による海岸災害に関する現状及び将来のリスクを検討した。基礎調査の結果から、想定されるリスクとしては現状での海岸侵食によるリスク、越波及び高潮によるリスクと、将来の海面上昇による影響、サンゴの劣化、経済発展による影響について検討した。将来のリスクについては、その予測に不確定性を有していることから、モニタリング等を基にした変更が必要である。

3.2.1 海岸侵食によるリスク

海岸侵食によるリスクについては、砂浜海岸では長期的な侵食によるものと、サイクロンの来襲による一時的な侵食が想定され、長期的な侵食について各海岸で侵食速度を過去 45 年間について求めた。これらの海岸については、侵食速度と期間から侵食量を求め、リスクを検討することができる。

侵食速度としては明確に侵食と判定できる 0.2m/year、ほぼ最大考えられる 0.4m/year を想定し、期間としては、一般の構造物の耐用年数や借地期間である 30 年、これより長い 50 年、100 年を想定し侵食量を求めると次のようになる。

表 3.2.1 侵食速度、期間と侵食量の関係

侵食速度/期間	30年	50年	100年
0.2m/year	6m	10m	20m
0.4m/year	12m	20m	40m

出典：JICA 調査団

サイクロンの来襲による一時的な侵食量については、定量的には 1960 年の Carol の資料しかなく、その場合の最大侵食量は約 13m であった。このサイクロンの確率規模は不明であるが、これまでの同規模のサイクロンが来襲した記録がないことから、50 年から 100 年と想定される。

「モ」国では海岸の土地はそのほとんどが国有地で、住宅やホテルは 30 年期限の借地上に建てられている。また、満潮位からセットバック量として 30m の範囲には建物を建てることできない。侵食期間を 50 年とし、長期的な侵食量が 0.3m/year の場合にサイクロンによる一時的な最大侵食 13m を加えると侵食量は 28m となり、現在のセットバック

く量以下である。すなわち、侵食量が 0.3m/year 未満の場合には侵食はセットバック量の範囲内にあり、これ以上になると侵食によるリスクが生じる。

砂浜海岸の海岸道路やこれに隣接する建物については 30m のセットバック量をとっていないために、リスクが生じる。

崖海岸については、岩質が玄武岩であり侵食に対して抵抗できることから、砂浜海岸に比較するとリスクは少ない、ただ、サイクロン時にゆるんだ岩が崩壊した例があり、リスクはあるが、具体的な状況は今後個別に検討する必要がある。

3.2.2 越波及び高潮によるリスク

サイクロンの来襲時には高波浪及び高潮により越波や浸水被害が生じるが、状況を推定できる資料が限定され、明確な結果は得られなかった。過去の資料で状況が分かるのは 1960 年のサイクロン Carol の結果であり、これによると漂流物の最大打上げ高は崖海岸で 12ft(4m)、砂浜海岸で 9ft(3m)となっている。海浜の高さがこの程度であるためリスクは存在すると考えられるが、その程度は明確でない。

広いリーフが存在する海岸では波が減衰し海岸の地盤高が 2m 以下の場所があり、これらの海岸では越波等の影響を受ける。現状の地形は過去の潮位や波浪で形成されており、地盤高が低くてもそれに応じた外力であるため、現状では特に他の砂浜海岸と比較してリスクが高いとは言えない。しかし、将来海面が上昇する場合には、影響が大きく表れると考えられる。

a. 海面上昇による影響

過去の平均海面の上昇量 3.9mm/year を適用し、将来 30 年後、50 年後、100 年後の海岸侵食に対するリスクを概略評価すると次のようになる。

表 3.2.2 将来の海面上昇による侵食量

項目/期間	30年	50年	100年
海面上昇量	0.12 m	0.20 m	0.39 m
海岸侵食量	1.2 m	2 m	4 m

出典：JICA 調査団

海面が上昇すると海岸が侵食される。その侵食量の推定方法についてはいくつかあるが、ここでは一般に用いられている Bruun の方法を用いた。これは、海面上昇量 S に対し、漂砂の移動範囲または海浜勾配から侵食量 R を次の式で求めるものである。

$$R=C*S$$

係数 C は海浜勾配に関係し、一般の海岸では 50 から 100 といわれているが、「モ」国ではサンゴ礁により移動が制限されており、海浜勾配を 1/10 とすると、係数 C は 10 となる。これを適用して侵食量を算定した。この数値等は今後の検討により変更される可能性がある。

現在、安定または堆積している海岸については、サイクロンによる変動と海面上昇による侵食を加えても、セットバック量 30m を超える海岸は少なく、リスクは少ないと考えられる。長期的な侵食海岸については、近年の海面上昇速度の増加や 100 年後を想定するとセットバック量を超える可能性があるためリスクが生じる。

海面上昇は越波や波の打上げの増加をもたらし、リスクの増加に結び付く。特に、現在来襲波が小さく、海浜の高さが低い場所では相対的に海面上昇の影響が大きく表れる。その量については、このような海岸について詳細調査で検討する必要がある。

b. サンゴの劣化

サンゴ礁は海浜砂の供給源であり、また波を減衰させるために、海岸保全に重要な役割を果たしている。現在、長期的な観測結果によると2000年の被覆度が50%から、2010年には20%、また今回の調査では27%とサンゴの生育状況が悪化している。サンゴの劣化が直ちに海岸侵食等の問題に結びつくとは考えられないが、長期的には問題を生じる。しかし、それを定量的に推定する資料が不足しており、リスクの評価は現時点では困難である。

3.2.3 リスク地域の特定

海岸の侵食、越波等によるリスクに関して検討を行い、海岸侵食については、侵食されている海岸及び現在の対策、すなわちセットバックラインの設定では被害リスクがある条件を設定することができた。また、将来の海面上昇による海岸侵食についても想定した。これらにより、具体的な海岸を特定した。

長期的な侵食については、海岸線の変化速度がマイナスの海岸、すなわち侵食海岸としてのリスク海岸は長期的な侵食速度と変動から特定できる。侵食量が0.2m/yearを超える海岸は侵食されていると考えられ、これらの海岸は表-2.2.4によると次の13海岸となる。すなわち、(1) Pte. aux Piments, (2) Mon Choisy, (3) Pte. aux Cannoniers, (4) Part of P.G. Choisy, (5) Q. Cocos Vge & T. d'Eau Douce, (6) Ile aux Cerfs, (7) Pte. d'Esny, (8) Saint Felix, (9) Le Morne, (11) Wolmar & Flic en Flac, (12) Albion, (13) Pte. aux Sables である。また、海岸線の侵食速度が0~0.2m/yearの海岸は、侵食は生じるもののセットバックによりリスクは免れている。ただ、海岸道路などでは一部30mのセットバックをとられていない個所があり、ここではリスクを生じるが、資料が不足しているため特定するには至らなかった。

海岸道路等の高さが低く、越波が問題となる海岸については、海浜地形に関する横断測定の資料が不足していることから、特定するには至らなかった。

3.3 海岸保全戦略

海岸保全の戦略は、基礎調査の結果と関連する課題の抽出に基づき、災害防止、環境保全、海岸域利用を総合的に図ることを念頭に次のように取りまとめた。

(1) 「モ」国海岸の自然の状態を保ち、自然の特性を生かす

「モ」国の砂浜海岸の侵食、堆積は、自然の回復可能な過程であり、保全のための構造物設置の必要性は少なく、自然の状態に任せることとする。自然の砂浜は「モ」国の観光産業の主要な資源であることから、その状態を維持、管理する。サンゴ礁は生態系の保全や漁業に重要な役割を占めており、また、海浜砂の主要な供給源であり、波浪の減衰機能を有していることから、その保全と再生に努める。

(2) 将来の自然条件、社会条件変化への対応能力を強化する

将来の気候変動に伴う海面上昇、海岸域の経済発展などへの適応能力の向上を図る。モニタリングによる状況把握と将来の予測、対応策の検討と実施、結果の評価による適応管理を実施する。また、関連する情報の蓄積、経験の集積・活用を図るとともに、自然の特性に基づいた対策や構造物の開発を進める。

(3) 多様な関係者との協同により海岸管理の総合化を図る

海岸保全対策や管理に関して、MOESDDBM による総合的な方向設定と調整、関係政府機関の担当分野の実施、地域住民の参画により、海岸保全対策、環境保全、海岸利用に関する総合的な達成を図る。

基礎調査結果に基づき海岸侵食に関連する課題を抽出すると、以下が主なものと考えられる。

- サイクロンによる海浜変動対策
- 劣化しつつあるサンゴ、海草を含むサンゴ礁の保全
- 今後想定される気候変動、経済発展への対応

過去に海岸侵食が問題となったのは、1960年のサイクロン Carol による侵食、蛇かご護岸を設置する契機となった1994年のサイクロン Hollanda である。航空写真による海岸線の変化についての調査でも長期的な変化より、変動の寄与が大きい。長期平均変化量より変動が一桁大きくなっている。また、長期的に侵食されている海岸は全体として少なく、むしろ砂浜は全体として堆積の傾向にある。

「モ」国の海浜は沖にサンゴ礁が存在し、これが海浜砂の供給源となり、また来襲する波を減衰する機能を有している。サンゴの状況を調査した結果、最近の10年間で被覆度は50% から20%、基礎調査でも27%と減少の傾向を示している。サンゴや海草が消失すると砂の供給の減少、波浪の減衰効果の低下となり、砂浜の維持に大きく影響を与える可能性がある。

海岸侵食に関しては変動対策とサンゴ礁の保全が課題であり、これらへの対策は自然の海浜やサンゴ礁の状態を保持し、必要に応じてその再生を図ること、また、「モ」国の主要な産業である観光や漁業においても自然環境が重要な資源であることから、この意味でも自然の状態を保ち、その特性を生かすことを戦略の第1としてあげた。

戦略の第 2 としては、将来の環境条件への対応を図るものとした。現状では海岸侵食や関連する災害はそれほどではないが、地球温暖化に伴う海面上昇による波浪や高潮災害の激化や海水温の上昇によるサンゴの劣化とその影響への対応が求められている。また、一般に海岸侵食問題は海岸域の開発によって発生する可能性が高く、「モ」国でも経済の発展に伴って影響が生じる可能性がある。海浜砂は重要な資源であり、保全対策として養浜が重要なものである。このため土砂資源の管理や開発に関する検討を進める。

過去においては、侵食問題にしても、その対策にしても単一の目的を達成することを目指すことで新たな問題を発生してきた。この意味で、総合的海岸域管理の必要性が指摘され、その実施が求められている。本プロジェクトは主に海岸侵食などの海岸災害の防止を目的としているが、防止のみならず、環境及び利用との調和を図る必要がある。この意味で戦略の第 3 として、利害関係者間の対立を解消し、総合化を図ることとした。

3.4 海岸保全対策の基本方針

上記の海岸保全の基本戦略に基づき、モーリシャスで提案する海岸保全対策の基本方針を以下にまとめる。

1. 現在まで自然の海浜が保持され、人工構造物の存在しない海岸（カテゴリーA 海岸、図 3.4.1）は、この自然環境・景観、その優位性を重視し、これを維持する唯一の対策として、養浜（または礫浜）＋維持管理（定期的な砂の補充）での保全対策を基本とし、新たなハード構造物は作らない方針とする。
2. 突堤や護岸等、侵食対策としての海岸構造物が既に存在する海岸（カテゴリーB 海岸、図 3.4.1）においても、基本的には上記と同様、養浜（または礫浜）＋維持管理（定期的な砂の補充）での保全対策を基本とする。ただし沿岸漂砂の存在等により、砂浜の安定化を図ることが難しく、多大な維持管理が予想される場合には、必要に応じて既設構造物の改良（場合によっては新たな海岸施設の追加）を行い、養浜の安定化を図る方針とする。その場合でも、既設の海岸構造物に対する再評価を行うとともに、可能な限りの既存施設または新設構造物の低減化を行い、自然環境・景観の維持を図る方針とする。その中で、既存護岸についてはできる限りのセットバックおよび不透過堤直立堤から透過堤傾斜堤への改良を促す方針とする。

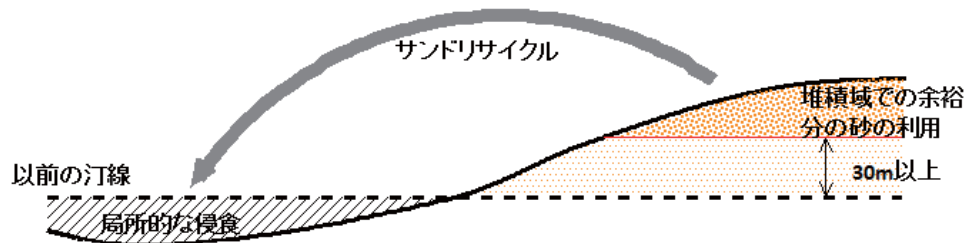


出典：JICA 調査団

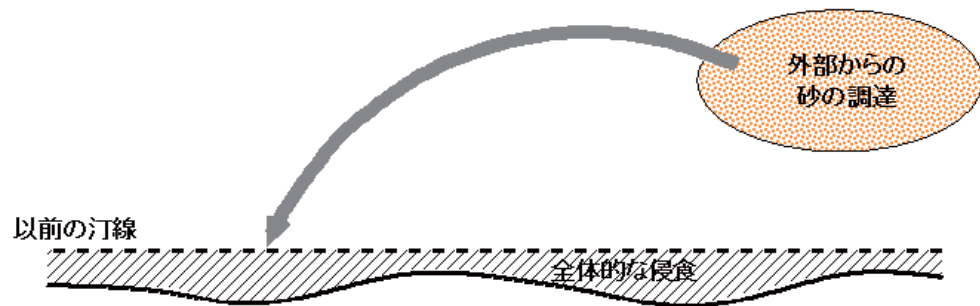
図 3.4.1 自然海岸(カテゴリーA 海岸)と構造物海岸(カテゴリーB 海岸)

3. 養浜材として用いる砂 (または礫) は、基本的には海岸に現存する砂 (または礫) と同じ組成、色を持つものを用いるものとする。特にサンゴ起源の白砂海岸で色の異なる火山岩起源の黒砂 (または礫) を用いることは決してしない。粒径については、現存する砂 (または礫) 以上のものを用いるものとする。
4. 養浜を伴わないハード構造物のみによる対策は、決して砂供給量を増幅させる対策とはならず、プラス効果を相殺するマイナス効果が生じることが、これまでの多くの事例からも示されている。特に海岸利用・環境を重視する必要性により高い観光海岸における保全対策として適さないことが示されている。これより観光海岸でのハード構造物対策のみによる対策は行わない方針とする。ただし、居住地や背後の重要公共施設等の防護のみを目的とする場合は除く。
5. 海岸全体としての土砂収支は減少しておらず、場所的な土砂の不均衡が侵食要因である海岸 (カテゴリーI、II 海岸、図 3.4.2) においては、その海岸の中で解決を図る保全対策として、堆積域から侵食域へのサンドリサイクルを推奨するものとする。ただし、堆積域からのサンドリサイクルには、十分な前浜が存在するとともに (セットバックルールに従い、少なくとも HWM から 30m 以上の浜が存在すること)、現在も明らかな堆積傾向にあり、砂の取得が新たな海岸問題を生じないことが確認されている場合に限る。
6. 全体の土砂収支が明らかに減少している海岸 (カテゴリーIII 海岸、図 3.4.2) においては、その海岸域以外から砂 (または礫材) を調達することにより、海岸維持を図る方針とする。その場合、モ国全体での海岸の土砂収支や、各海岸における漂砂移動機構を踏まえ、最も経済的な調達方法を用いるものとする。現時点では、

外部からの砂の調達、陸上の2箇所の採砂場からの調達に限られている。一方で、モ国全体での海岸土砂量は増加していることや、顕著な堆積問題が生じている海岸も存在する。これより、モ国全体の土砂管理の視点での砂の流用の可能性や、新たな砂の取得代替地の可能性も含め、より持続的かつ経済的な調達方法を早急に検討していく必要がある。



海岸全体で堆積 (カテゴリーI) またはバランスしている (カテゴリーII) 海岸
出典: JICA 調査団



海岸全体で侵食している海岸 (カテゴリーIII)

出典: JICA 調査団

図 3.4.2 海岸侵食の分類と基本対策

7. 長期的に安定した海岸維持を図っていくため、各海岸の土砂供給量の維持・増進を図るためのリーフ環境の保全・改善を図っていく方針とする。特に全体の土砂収支の減少が、供給源であるサンゴ環境の悪化に伴う海岸の場合、養浜等による物理対策とともに、リーフ環境改善を優先的に図っていく方針とする。
8. 将来的な気候変動リスクを踏まえ、長期的にはセットバックライン遵守を強化するとともに、災害リスクの高い海岸域については、必要に応じて海岸域の土地利用計画の見直しも合わせて図っていく方針とする。
9. 海岸保全対策は、次表に基づく担当組織が進めることを基本とする。

表 3.4.1 海岸保全対策の項目とそれに対応した政府の役割・担当

項目	詳細	政府の役割	政府の主担当												
			MOESDDBM	MOESDDBM (BA)	MHL	MoF(AFRC)	MLG(DC)	MTL	MMS	MOI	WMA	CWA			
基礎調査	海岸地形調査	調査・測量	✓	✓											
	サンゴ礁・水質調査	〃				✓									
	波浪・流況調査	〃	✓			✓			✓						
海岸保全計画	海岸防護計画	策定/妥当性の評価	✓												
	海岸利用計画	〃	✓	✓				✓							
	土地利用計画	〃	✓		✓										
	環境保全計画	〃	✓			✓									
	関係者との合意形成	合意形成の実施	✓												
設計・施工	基本設計	妥当性の評価	✓												
	詳細設計	〃	✓												
	施工計画	〃	✓												
	環境影響評価(EIA)	審査および認可	✓												
	関係者との合意形成	合意形成の実施	✓				✓								
	入札・発注手続き	入札図書を作成	✓												
	施工	施工監理・施工中の問題への対応	✓												
維持管理・モニタリング	既存の海岸保全施設*1の維持管理	メンテナンスの実施	✓	✓			✓								
	海岸公共施設の維持管理(駐車場、トイレ等)	〃	✓	✓			✓								
	地形モニタリング*1	実施、評価および計画へのフィードバック	✓	✓	✓						✓				
	サンゴ礁管理・モニタリング	〃	✓			✓									
	水質モニタリング	〃	✓			✓						✓	✓		
	土地利用管理*1	セットバックの管理			✓										
		構造物建造の許認可 構造物建設後の管理					✓								
	海岸利用管理	違法行為等の管理	✓	✓											

*1 借地エリアにおいては借主が責任を負う、※特に記載のない場合 MOESDDBM は主として ICZM 課を指す

※DC: District Council、BA: Beach Authority

出典:JICA 調査団

Chapter 4

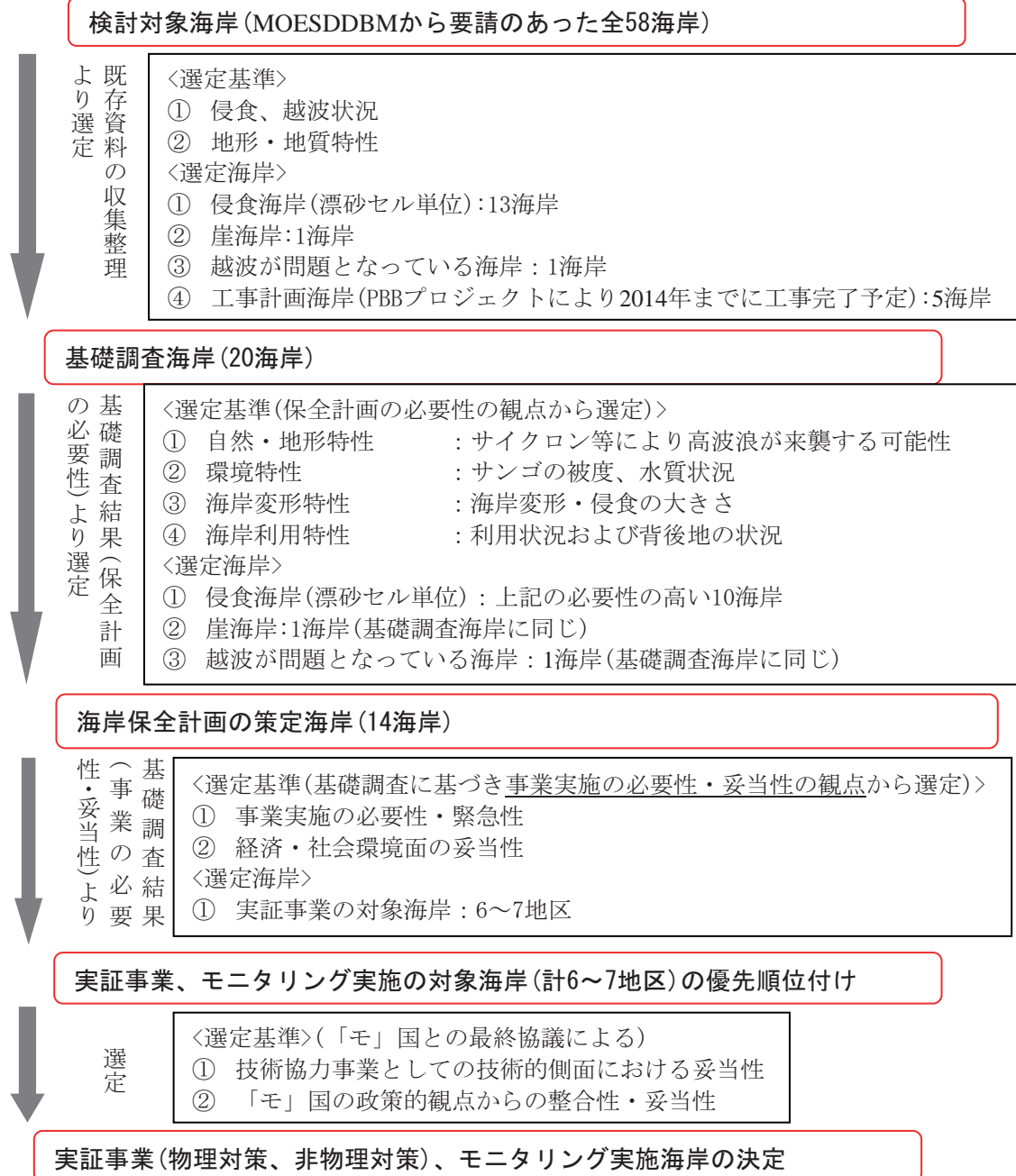
優先海岸における海岸保全計画
Coastal Conservation Plan for Priority
Coast

4 優先海岸における海岸保全計画

4.1 優先海岸の選定

4.1.1 概要

海岸保全計画を具体的に策定するために、問題があると想定される 58 海岸から 20 海岸を選定し、基礎調査を行い、その結果を基に保全計画策定のための優先海岸を選定した。また、優先海岸の中から実証事業のための海岸を選定した。その概要を図 4.1.1 に示す。



出典: JICA 調査団

図 4.1.1 優先海岸の選定フロー

4.1.2 基礎調査海岸の選定

海岸侵食とその対策に関連し、海浜地形解析等の基礎調査を実施するために、「モ」国の海岸について主に既往資料より①侵食・越波状況および②地形・地質特性で分類し、20の基礎調査海岸を選定した。それらは、侵食海岸として漂砂セル単位で13海岸、工事計画(PBB)の5海岸、越波海岸の1海岸、崖海岸の1海岸、合計20海岸である。各海岸の配置を図4.1.2に示す。



出典：MOESDDBM から入手した地図を JICA 調査団で加工

図 4.1.2 基礎調査海岸の配置

侵食海岸、13 について、漂砂セルの名称と範囲を表 4.1.1に示す。また、その他の海岸についての名称を表 4.1.2に示す。

表 4.1.1 侵食海岸が含まれる漂砂セルの名称と位置

番号	漂砂セルの名称	始点位置	終点位置
B1	Baie du Tombeau	Le Cocoterie	
B2	Pte. aux Piments / Trou aux Biches / Mon Choisy	Pte. aux Piments	Pte. aux Cannoniers
B3	Roches Noires	Bra de Mer des Fregates	Pte. de Roche Noire
B4	Bras d'Eau	Pointe	Bras d'Eau
B5	Belle Mare / Palmar	Mare	T, d'Eau Douce
B6	Ile aux Cerfs	Ile de L'est	Ile aux Lubines
B7	Pte. d'Esny	Pte. d'Esny	Blue Bay
B8	Riamble / Saint Felix / Riviere des Galets	Trou d'Esny	Riviere des Galets
B9	Bel Ombre	Beau Champ	Bel Ombre
B10	La Morne	Trou Chenilles	Pte. Pecheus
B11	La Preneuse / Tamarin / Flic en Flac	Grande Riviere Noire	Flic en Flac
B12	Albion (beach)	Albion	Pte. Petite Riviere
B13	Pte. aux Sables	Pte. aux Sables	

出典：JICA 調査団

表 4.1.2 その他の海岸の名称

番号	名称	摘要
B14	Bain Boeuf	PBB 海岸
B15	Cap Malheureux	PBB 海岸
B16	Poudre d'Or	PBB 海岸
B17	Grand River South East	PBB 海岸
B18	Baie du Cap Public Beach	PBB 海岸
B19	Grand Sable	越波海岸
B20	Albion (Cliff)	崖海岸

出典：JICA 調査団

4.1.3 優先海岸の選定

基礎調査対象海岸として 20 海岸が選択された。これらの 20 海岸について、以下の 4 つの観点により評価を行い、海岸保全計画の策定海岸として 14 海岸を選定した。

a. 自然・地形特性

各海岸において、下表に示す項目を考慮のうえ、自然・地形特性の 3 段階評価をおこなった。一例として、サイクロンの来襲する島北側や、凸海岸や沿岸漂砂が生じやすい湾の両側などは、高評価「3」となる。逆に、高波浪が来襲する可能性が低い場所で、漂砂が移動しにくい地形ほど低評価「1」とした。その中間、例えばサイクロンが来襲するが、リーフが広く波が減衰する場合には「2」としている。

表 4.1.3 自然・地形特性の評価項目

評価	1	2	3
高波浪/サイクロンの来襲	来襲しにくい	中間	来襲しやすい
漂砂の移動	移動しない(しにくい)	中間	移動しやすい
波浪減衰効果	高い(リーフ幅が広い)	中間	低い(リーフ幅が狭い)

出典：JICA 調査団

b. 環境特性

各海岸において、下表に示す項目を考慮のうえ、環境特性の 3 段階評価をおこなった。

表 4.1.4 環境特性の評価項目

評価	1	2	3
サンゴの被度*	高い(50%以上)	中間(10%-50%)	低い(10%以下)
水質状況	良好	中間 (モ国環境基準値以下)	悪い(モ国環境基準値 を超過する項目あり)

*淡水流入域の被度は対象外とする

出典：JICA 調査団

c. 海岸変形特性

各海岸において、下表に示す項目を考慮のうえ、海岸変形特性の 3 段階評価をおこなった。

表 4.1.5 海岸変形特性の評価項目

評価	1	2	3
過去の災害による被害	被害が小さい	中間	被害が大きい
侵食/越波・打ち上げ	顕著ではない	中間	顕著である

出典：JICA 調査団

d. 海岸利用特性

各海岸において、下表に示す項目を考慮のうえ、海岸利用特性の3段階評価をおこなった。

表 4.1.6 海岸利用の評価項目

評価	1	2	3
利用頻度	利用頻度低い	中間	利用頻度高い(観光利用など)
背後特性	資産少ない	中間	資産多い(観光施設含む)

出典：JICA 調査団

基礎調査結果を踏まえ、以上の1)~4)の特性について、各海岸において評価(点数化)をおこない海岸保全計画を策定する海岸を選定した結果を表 4.1.7に示す。

表 4.1.7 海岸保全計画の策定海岸の選定

番号	海岸名	自然・地形特性	環境特性	海岸変形特性	海岸利用特性	平均点	評価(2以上)
1	Baie du Tombeau	3	1	2	1	1.8	
2	Pte. Aux Piments/Trou aux Biches/Mon Cholsy	3	3	3	3	3.0	○
3	Bain Boeuf	2	2	1	2	1.8	
4	Cap Malheureux	2	1	1	2	1.5	
5	Poudre d'Or	2	3	1	1	1.8	
6	Roches Noires	2	2	2	1	1.8	
7	Bras d'Eau	2	2	2	1	1.8	
8	Belle Mare/Palmar/Trou d'Eau Douce	2	3	2	3	2.5	○
9	Ile aux Cerf	2	2	1	3	2.0	○
10	Grand River South East (GRSE)	1	3	1	2	1.8	
11	Grand Sable	1	2	2	3	2.0	●
12	Pte. d'Esny	3	1	3	3	2.5	○
13	Riamble/Saint Felix/Riviere des Galets	2	2	2	1	1.8	
14	Bel Ombre	2	3	2	2	2.3	○
15	Baie du Cap Public Beach	1	2	1	1	1.3	
16	Le Morne	2	3	2	3	2.5	○
17	La Preneuse/Tamarin/Flic en Flac	3	3	2	3	2.8	○
18	Albion (Beach)	3	3	3	2	2.8	○
19	Albion (Cliff)	1	-	-	-	1.0	●
20	Pte. aux Sables	3	3	2	2	2.5	○

○：侵食海岸として選定(平均点2点以上)

●：代表的な崖海岸、越波海岸として選定(評価点は参考)

出典：JICA 調査団

これより海岸保全・再生計画の対象海岸として、1)海岸侵食問題が生じている海岸(10海岸)、2)崖侵食に対する土地利用規制が必要な海岸(1海岸)、3)背後インフラ施設(海岸道路)への高波・越波問題が生じている海岸(1海岸)の計12海岸を選定した。また、MOESDDBMからBaie du TombeauとBras d'Eauの計画検討が要請されたため、これら2海岸も検討海岸に加えることとした。

(海岸侵食が問題となっている海岸)

- ・ Pte. aux Cannoniers (The Vale, No. B2-1)※
- ・ Mon Choisy (No. B2-5)
- ・ Q. Cocos Vge (No. B5-12), T. d'Eau Douce (No. B5-13)
- ・ Ile aux Cerfs (No. B6-1)
- ・ Pte. d'Esny (No. B7-2)
- ・ Bel Ombre (No. B9-2 & No. B9-3)
- ・ Le Morne (No. B10-1)
- ・ Flic en Flac (No. B11)
- ・ Albion (No. B12-1, No. B12-2 & No. B12-3:海浜)
- ・ Pte. aux Sables (No. B13-2)

※漂砂セルNo. B2においては地形特性よりPte aux Cannoniers (The Vale)とMon Choisyに分割

(崖侵食に対する土地利用規制が必要な海岸)

- ・ Albion (崖:灯台北部) (No. B20)

(背後インフラ施設(海岸道路)への高波・越波問題が生じている海岸)

- ・ Grand Sable (No. B19)

(MOESDDBM からの要請海岸)

- ・ Baie du Tombeau (No. B1),
- ・ Bras d'Eau (No. B4)



出典：MOESDDBM から入手したマップを JICA 調査団で加工

図 4.1.3 海岸保全計画の策定 14 海岸

4.2 優先海岸の特徴と対策方針

4.1 で選定された海岸保全対策の策定 14 海岸について、基礎調査結果を踏まえ、海岸問題の種別、海岸土砂収支、海岸状況をまとめた。これらの調査結果より、各海岸で必要とされる短期および長期対策を検討した。ここで「短期対策」は、緊急的な対応が必要な箇所を対象とした対策で、数年程度のタイムスパンでの対策を意味する。一方「長

期対策」は、10年から数十年のタイムスパンで実施すべき対策を意味する。長期対策については、現時点ではその効果が定量的に示すことが困難な対策も含まれる（例えばサンゴ移植や水質改善対策など）。しかし長期対策の実現に向けて、現段階から行動計画（アクションプラン）として実施していくことが望まれる検討項目もある（例えばモニタリングや現地実験等）。これらについては、長期対策の実施に向けた行動計画（アクションプラン）として、各海岸の海岸保全計画の中で示す。

個々の海岸における検討結果は、モ国側から今後の実施段階への成果の利用を考えて、海岸毎にすべての情報を入れ込んで独立したものとしてまとめてほしい、とMOESDDBMより強い要望があった。これより、海岸毎の個別の保全計画の検討は、Volume2として独立した形でまとめる。ここでは、その成果のサマリーとして、提案する各海岸での短期および長期対策を表4.2.1に示す。

表 4.2.1 14 海岸の種別および提案する短期および長期対策

No	海岸名	海岸問題の種別	土砂収支(基礎調査結果より)			海岸の種別 A: 自然海岸 B: 構造物海岸(部分的) C: 構造物海岸(多数)	提案する対策案	
			45年間 (1967-2012) (m3/45年)	年平均 (m3/年)	分類 I: 増加 II: 平衡 III: 減少		短期対策	長期対策
1	Baie du Tombeau	部分的侵食	17,700	390	II	B	・既存護岸改修 ・歩道橋改築	-
2a	Pte. aux Canoniers (North)	侵食	-2,400	-50	III	B	・動的養浜 ・既存護岸撤去または改修	・水質改善対策(下水整備) ・借地権更新時期でのセットバック
2b	Pte. aux Canoniers (East)	侵食	-6,900	-150	III	C	・静的養浜(突堤突堤の改修含む) ・既存護岸改修	・海岸域の土地利用計画見直し
3	Mon Choisy	侵食	-22,400	-500	III	A	・動的養浜	水質改善対策(下水整備)
4	Bras d'Eau	部分的侵食	9,300	210	II	B	・西側堆積域からのサンドリサイクル ・既存護岸改修	・公衆便所の移設 ・サンゴ・海草移植
5	Q. Cocos Vge & T. d'Eau Douce	部分的侵食	17,800	400	II	B	・既存護岸改修	借地権更新時期でのセットバック
6	Ile aux Cerfs	堆砂による水路閉塞	171,300	3,810	I	A	・水路陸上域での土砂掘削 ・掘削土砂のサンドリサイクル(一部)	総合土砂管理による土砂の有効利用
7	Pointe d'Esny	部分的侵食	17,600	390	II	C	・静的養浜(既存突堤の改修含む) ・既存護岸改修	水質改善対策(下水整備) 借地権更新時期でのセットバック
8	Bel Ombre	部分的侵食	63,400	1,410	I	B	無許可の建築物(ホテルレストラン)のセットバック	-
9	Le Morne	部分的侵食	55,900	1,240	I	A	・導流堤東から西へのサンドバイパス ・導流堤の改修	サンゴ移植
10	Flic en Flac	部分的侵食	23,800	530	II	A	北側堆積域からのサンドリサイクル	サンゴ移植
11	Albion	侵食	-7,700	-170	III	A	新規ホテル開発時のセットバック	サンゴ・海草移植
12	Pointe aux Sables	部分的侵食	53,800	1,200	I	A	・東側堆積域からのサンドリサイクル ・既存護岸の改修	・水質改善対策(下水整備) ・サンゴ移植 ・借地権更新時期でのセットバック
13	Grand Sable	越波、浸水	-	-	-	-	礫浜(フレキシブル護岸)	・沿岸道路海側居住地の移転 ・海岸道路の嵩上げ
14	Albion (Cliff)	崖侵食	-	-	-	-	-	セットバック(バッファゾーン確保)

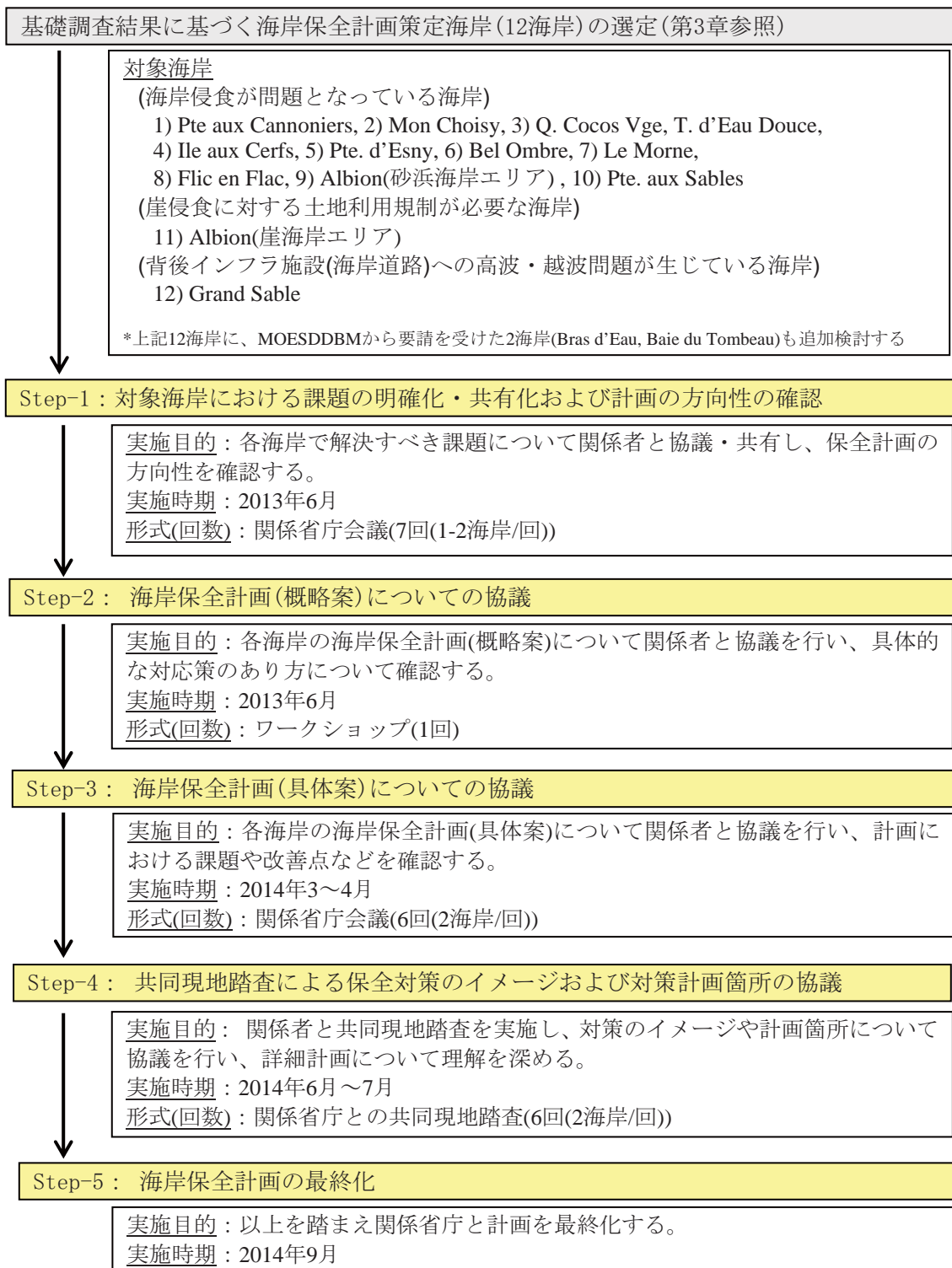
4.3 計画策定プロセス

一般に海岸保全計画は以下の3つの機能を考慮し策定する必要がある。

- ① 海岸防護： 砂浜の保全および背後域の資産(住居、ホテル、道路等のインフラ施設)の防護
- ② 海岸利用： 海洋性レクリエーションやマリンスポーツ等の海岸利用の利便性の向上
- ③ 海岸環境： 生物の多様性を育む自然環境および景観の保全

これらは互いにトレードオフの関係にあり、各地域の自然条件や土地利用の条件によって要求されるレベル(要求機能)が異なる事から、どの地域にも普遍的に適応可能な海岸保全計画(対策)は存在しない。

そのため、海岸保全計画の策定の際に最も重要なのは、まずそれぞれの地域特有の課題を明確にし、上記3つの機能の要求レベルを的確に設定したうえで計画を立案することにある。この観点から、本業務の海岸保全計画の策定においては、特に計画策定に至るまでのプロセスを重視し、本過程で各関係省庁を横断的に巻き込んだ形で能力向上を図りつつ、計画を策定する方針とした。次頁に海岸保全計画策定に係るプロセスを示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.1 関係者との計画策定プロセスの概要



(Step-1) 各海岸における課題の明確化および計画の方向性の決定のための関係者会議



(Step-2) 海岸保全計画(概略案)についてのワークショップ



(Step-3) 海岸保全計画(具体案)に係る関係者会議



(Step-4) 共同現地踏査による保全対策のイメージや対策箇所に係る協議

出典：JICA 調査団

図 4.3.2 関係者との計画策定プロセスの概要

4.4 優先海岸の保全計画

優先海岸 14 海岸の提案する保全計画は次のようになる。ここには Vol.2 で述べている、個別海岸についての海岸の防護、リーフ環境の保全、海浜管理に関する主要な対策を取りまとめて示す。

4.4.1 Baie du Tombeau

海浜は古くは侵食された時期があったが、現在はほぼ安定し、一部南側ではラグーン内 2 か所で砂州が形成され、その岸側で堆積の傾向を示す。直立護岸の損傷や樹木の倒壊が生じているが、限定的である。また、北側、公共海浜公園への歩道橋の橋台が損傷し、連絡に不便な状況である。古くは下水が放流されていたが、これは廃止になり、水質改善が期待され、また、サンゴも比較的良好な状況にある。これより、主な計画は次のようになる。

- 直立護岸の改善
- セットバックの確保
- モニタリング
- サンゴ移植

4.4.2 Pte. aux Cannoniers

北側の砂浜は現在維持されているが、一部では消失し、また、東側では半分以上の砂浜が、沿岸漂砂の供給減少により消失している。海岸の大部分である借地では、直立護岸がセットバック範囲内に存在し、これらが侵食を助長している状況が見られる。また、これらの個別の対策は、全体としての海浜安定を考慮しておらず、住民も含めた意見の集約が求められる。後背地には人口密集域があり、生活排水による富栄養化に伴うサンゴの生息環境が悪化していくことが懸念される。これより、主な計画は次のようになる。

- 養浜(北側)および突堤の併用(東側)
- 直立護岸の改善
- セットバックの確保
- 住民合意形成
- 水質改善

4.4.3 Mon Choisy

海浜は長期的には砂の供給の減少に伴う侵食の傾向を示している。これに加えて南側の侵食、北側の堆積、およびサイクロンによる一時的な浜崖の発生が生じている。海岸侵食の要因として、水質環境の悪化やサンゴや海草の消失による供給源の減少が考えられる。これより長期的対策として、リーフ環境改善による砂供給量の回復が求められる。公共海浜公園が位置していることから、海浜を良好な状態に保つ管理も求められる。これより、主な計画は次のようになる。

- 養浜と海浜整形
- 海草の移植
- 航行活動の規制
- 水質改善
- 海浜管理

4.4.4 Bras d'Eau

海岸は東に開口部を有する湾の北側に位置している。海岸に沿って公共海浜公園、ホテル、別荘が存在している。海浜はサンゴ砂からなり、いくつもの玄武岩からなる岬で分断されている。土砂収支は堆積の傾向を示す。しかし、西への沿岸漂砂と、マングローブまたは海草の消失による侵食、堆積が比較的大きい。これには現存する直立護岸の影響も考えられる。浜崖が海浜公園の公衆便所の前で見られる。これより、主な計画は次のようになる。

- セットバックの確保

- 海浜整形とサンドリサイクル
- 直立護岸の撤去
- 公衆便所の移設
- マングローブ、海草の移植
- 海浜及び海草の管理

4.4.5 Q. Cocos Vge and T. d'Eau Douce

波浪条件の変動による侵食・堆積に加えて、ラグーン内サンゴの発生による影響が重なり、大きな海浜変動、すなわち侵食と堆積が生じている。侵食対策として直立護岸や突堤が建設されている箇所では、局所的に汀線の後退が生じる可能性がある。海岸全体としては堆積であり、堆積はサンゴの生成により生じ、漂砂の下手側では侵食となっている。侵食は回復すると考えられるが、サンゴは劣化の傾向を示している。これより、主な計画は次のようになる。

- セットバックの確保
- 直立護岸の改善
- リーフ環境のモニタリング
- サンゴの保全
- 海浜及び海草の管理

4.4.6 Ile aux Cerfs

海岸は二つの島の水路を含む。白砂の海浜では多くの観光客が日光浴や水路の流れを楽しんでいる。近年、この水路が堆砂により閉塞し、海岸利用およびその周辺海岸で侵食が生じている。水路の浚渫を行ってきたが再び閉塞する状況にある。また、浚渫砂を、将来活用する可能性を有している。これより、主な計画は次のようになる。

- 水路の掘削とサンドバイパス
- 海浜モニタリング
- 土砂資源管理

4.4.7 Pte. d'Esny

海浜全体としては堆積であるが、一部で侵食が生じており、侵食域から堆積域への沿岸漂砂が存在する。また、海岸には直立護岸、突堤が設置されており、その影響で侵食が生じている可能性がある。サイクロンによる海浜の変動域を確保するセットバック内にも構造物が存在する。海岸の大部分は借地であり、対策が個別になっている。したがって全体としての海浜安定に関する対策について、関係者の合意が求められる。また、サンゴが海浜の安定に寄与しているが、気候変動により劣化の可能性があるため、その対策が求められる。これより、主な計画は次のようになる。

- 砂のリサイクル
- 突堤等の再編成と撤去
- セットバックの確保
- 住民合意形成
- サンゴの移植
- 水質改善

4.4.8 Bel Ombre

海浜全体として砂が堆積しており、侵食が生じているのは前面の海草の消長と関係があると考えられる箇所である。侵食は現在、特に大きな問題では無いが、海草の消長による変動、背後のホテルによる護岸、突堤等の設置による影響が危惧される。また、一部では低平地に住宅が位置しており、高潮の影響を受ける可能性がある。ラグーン内で

は、パラセーリングが盛んに行われており、サンゴや海草に影響を与える可能性がある。これより、主な計画は次のようになる。

- セットバックの確保
- 低平地の住居移転
- 航行活動の規制

4.4.9 Le Morne

この海岸は堆積海岸であり、特に現在問題の個所は少ないが、長期的には海浜砂の供給源であるサンゴの劣化、ラグーン内のサンゴや海草の消長により海浜変形が生じており、その動向を把握し、現在から対策を検討する必要がある。局部的にはホテルで建設した水路を維持するための導流堤が北への沿岸漂砂を止め、北側のホテルが利用している海浜で侵食、また水路の閉塞が生じている。ラグーン内の地引網やパラセーリングはサンゴや海草の環境に影響を与えている可能性がある。これより、主な計画は次のようになる。

- 砂のバイパス
- セットバックの確保
- サンゴの移植
- 海洋保護区の確立
- 航行活動の規制

4.4.10 Flic en Flac

全体としては堆積海岸である。ただ、中央付近では人為的な影響か、ラグーンの水深が深くなっており、サンゴ礁の先端からのサンゴ砂の供給があってもそれが海浜に到達せず、侵食の傾向を示している。特に、高波浪が来襲すると浜崖ができ易い。また、堆積域から侵食域への砂のリサイクルが可能と考えられる。サンゴは漂砂の供給源であり、長期的な対策が求められる。特に、侵食域前面の水深が深い範囲でのサンゴの移植による地形の回復が求められる。このためには、サンゴ、海草、水質の実態把握のためのモニタリングとその解析をまず実施する必要がある。これより、主な計画は次のようになる。

- 砂のリサイクルと海浜整形
- サンゴの移植
- 航行活動の規制
- 水質改善

4.4.11 Albion(海浜)

長期的には全体として侵食の傾向を示しており、その原因としては、海浜前面のサンゴと海草、特に海草藻場の消失が想定される。サンゴ礁の規模が小さく、また河川が流入しサンゴ礁発達が良くない。サンゴや海草の消失は海水温の上昇、サイクロンや地引網の影響を受けていると推定される。これより、主な計画は次のようになる。

- セットバックの確保
- 海草の移植
- 航行活動の規制
- サンゴの移植

4.4.12 Pte. aux Sables

海浜全体としては堆積であるが、一部西側で侵食が生じており、侵食域の東側で沿岸漂砂による堆積が生じている。これは、リーフ上のサンゴおよび海草生息状況の変化、

サンゴの生息環境の悪化に伴うリーフからの砂供給量の減少等が考えられる。またこれに加えて、侵食が顕在化した後に実施されてきた護岸や舟揚場の構築による前浜の消失、洗掘の助長等も考えられる。この海岸は、モーリシャスの他の海岸に比べて濁度や生活排水に起因すると思われる富栄養化が進み、水質悪化が顕著である。また、リーフ上ではサンゴの分布域が以前に比べて減少し、中央部の岸よりにあった海草藻場が消失している。これより、主な計画は次のようになる。

- 砂のリサイクル
- セットバックの確保
- 直立護岸の改善
- 水質改善
- サンゴの移植

4.4.13 Grand Sable

海岸は中央付近は溶岩が風化して波により侵食された地形で、両側は河川からの流出土砂により形成された地形であり、海岸侵食は法面の崩壊程度で大きな問題ではない。しかし、地盤が低い場所を海岸道路が走っており、越波の問題がある。しかも道路は空港から南東への観光地を結ぶ主要な路線となっている。この対策として、フレキシブル護岸が計画され、一部が実証事業として施工された。また、海岸はごみや海草が集積しやすく、環境上の問題がある。これより、主な計画は次のようになる。

- フレキシブル護岸の延長
- 海浜と海草の管理

4.4.14 Albion (崖)

崖侵食の事例として、Albion 海岸を選定した。崖海岸の対策として、セットバックと構造物対策が考えられる。工費や将来の変化へ対応が容易なことからセットバックが適切である。ここでは、セットバックの範囲の設定法を提案した。これより、計画は次のようになる。

- セットバックの設定

Chapter 5

海岸維持管理計画
Beach Management Plan

5 海岸維持管理計画

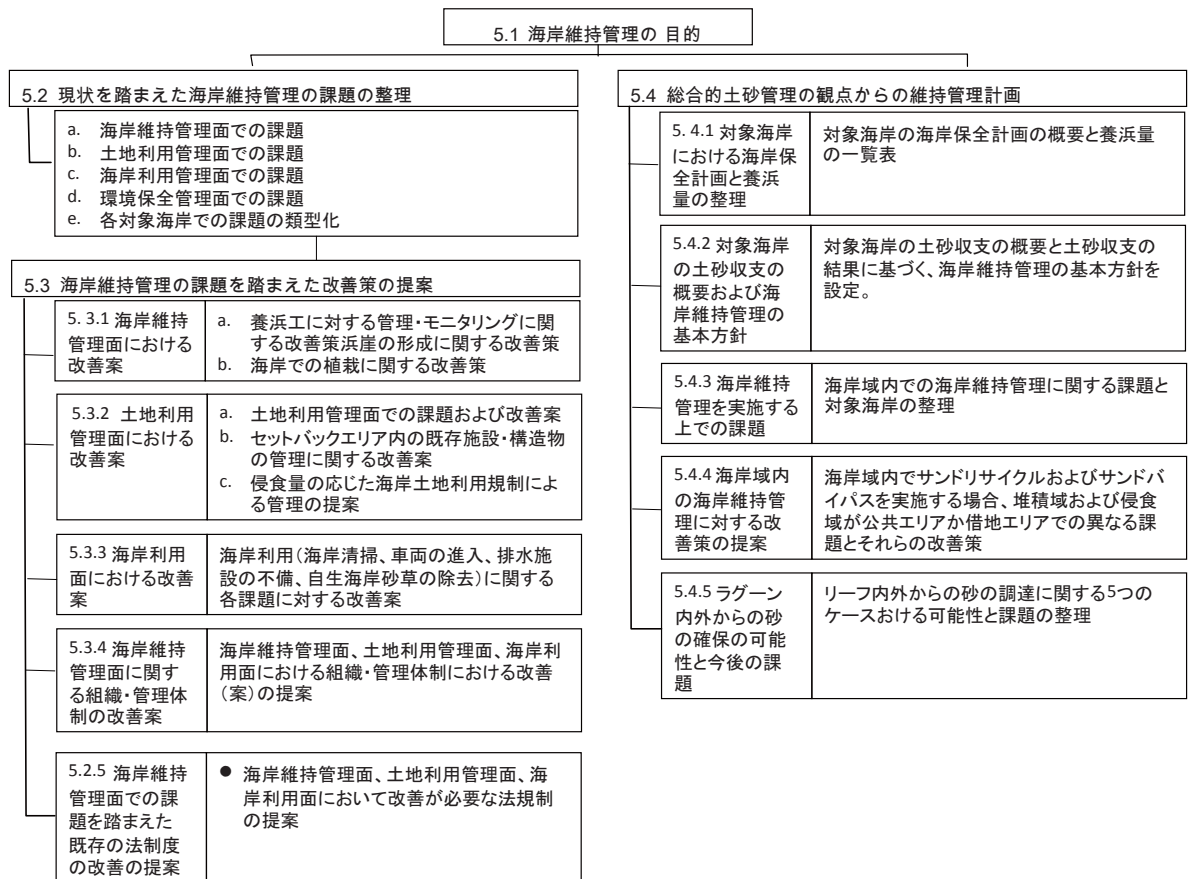
本章の海岸維持管理計画は、以下の内容から構成される。

- i. 対象海岸における現在の海岸維持管理面での問題・課題の抽出
- ii. 前述の課題を踏まえて、海岸維持管理面、土地利用管理面および海岸利用管理面における改善案の提案
- iii. 前項での改善案を踏まえて、海岸保全計画における養浜工（サンドリサイクル、サンドバイパスも含む）に焦点を当て、特に総合的土砂管理の観点から、海岸維持管理計画と将来の課題を示す。

以上より、本章の構成は以下の通りとする。

- 5.1 海岸維持管理の目的
- 5.2 現状を踏まえた海岸維持管理の課題の整理
- 5.3 海岸維持管理の課題を踏まえた改善策の提案
- 5.4 総合的土砂管理の観点からの海岸維持管理計画

また、本章の全体の構成と内容を以下に要約する。



出典：JICA 調査団

図 5.1.1 海岸維持管理に関する検討内容一覧

5.1 海岸維持管理の目的

海岸域では多くの人々が生活・活動し、各種の利用・活動が様々な形で競合するため、資源や空間の有効活用および保全の面から継続的に海岸域を維持管理することが必要である。「モ」国における海岸管理の現状は、概ね良好であるが海岸利用、環境、侵食対策、景観等それぞれの観点で各海岸を観察すると、改善を必要とする箇所が散見される。

本章の海岸維持管理では、現地踏査、既往資料・情報の整理・分析に基づき、①海岸維持管理面、②土地利用管理面、③海岸利用管理面および④環境保全管理面の4つの視点から、対象海岸の課題の抽出した上で、改善案を示し維持管理計画に反映することを目的とする。なお、環境保全管理については、6章のリーフ環境保全で詳述する。

海岸維持管理の範囲としては、海域に流入する河川から海岸およびその背後地、サンゴ礁までの空間とする。上記の4つの管理面で考えられる管理項目を下表の通り取り纏める。これらの管理項目を念頭に置き、各対象海岸の現状を踏まえ、具体的な課題を抽出した上で、改善案を示す。

表 5.1.1 海岸維持管理の項目と内容

管理項目	管理内容
海岸維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 海岸のモニタリング、メンテナンス ● 既存海岸保全施設(突堤、護岸等)のモニタリングとメンテナンス ● 新規の海岸保全施設の計画、設計、施工 ● 既存の海岸公共施設(駐車場、街灯、ベンチ、遊歩道等)のモニタリングとメンテナンス ● 新規の海岸公共施設の計画、設計、施工 ● 上記の新規海岸保全施設、海岸公共施設の EIA ● 施設建設または侵食対策に関する合意形成
土地利用管理	<ul style="list-style-type: none"> ● セットバックラインの境界の管理(HWM から 30m 陸側の範囲) ● セットバックライン内での施設・構造物建設の取り締まり ● セットバックラインの更新の手続き ● 様々な条件下における適切なセットバックラインの設定 ● マングローブを含む植栽の管理
海岸利用管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 公共海浜公園での様々な活動のモニタリング、取り締まり ● ごみ、漂着海草などの清掃管理 ● 海岸上のサンゴ、海草、海藻の除去に関する管理
環境保全管理	<ul style="list-style-type: none"> ● サンゴ礁そして生態系に関わるマングローブ、海草、湿地帯などモニタリングおよび保全 ● 水質汚染に関する管理 ● 海岸植生の維持管理および修復 ● 海岸の景観管理 ● 法的処置 ● 意識の高揚

出典：JICA 調査団

5.2 現状を踏まえた海岸維持管理の課題の整理

Suppoting Report_Chapter 3 で挙げた対象海岸の維持管理面での様々な問題に基づき、海岸維持管理面、土地利用管理面および海岸利用面における課題を対象海岸毎に類型化した。

① 海岸維持管理面

- 養浜工に対する維持管理、モニタリング
- 浜崖の形成
- 海岸での植栽における課題

② 土地利用管理面

- 既存の海岸構造物
- 海岸エリアでの浚渫
- 動的海岸域（セットバックエリアを含む）の既存施設・構造物の建設
- 動的海岸域（セットバックエリアを含む）での構造物の新設

③ 海岸利用面

- 海岸清掃の不備
- 公共海浜公園内の車両・オートバイの進入
- 排水施設の不備
- 自生海岸砂草の除去

その結果、以下の様な傾向が見られることが確認された。海岸維持管理面については、養浜工に対する管理、動的海岸域での不適切な植栽など、公共海浜公園において様々な課題が見られる。土地利用管理面においては、沿岸域のホテルや別荘地など個人の借地エリアにて様々な課題が見られる。海岸利用面においては、海岸清掃の不備は個人の借地エリアに加え公共海浜公園での海草に付いた砂の処分、車両の進入および排水施設の不備は公共海浜公園内で見られる。上記の傾向を踏まえ、それぞれの課題における対応策を以下に策定する。

表 5.2.1 海岸維持管理面での課題の類型化

No.	海岸名	優先	海岸維持管理面			土地利用管理面			海岸利用面				
			養浜工に対する管理、モニタリング	浜崖の形成	海岸での植栽における課題	既存の海岸構造物	海岸エリアでの浸漕	動的海岸域(セットバックエリア含む)の既存施設・構造物	動的海岸域(セットバックエリア含む)の構造物の新設	海岸清掃の不備	公共海浜公園内の車両/オートバイの進入	排水施設の不備	自生海岸砂草の除去
1	Baie du Tombeau					● (護岸)							
2	Pte. Aux Cannoniers			●		● (護岸、突堤)		● (斜路)		●			
3	Mon Choisy	優先海岸	●	●	●	● (護岸)				●	●		
4	Bras D'Eau			●		● (護岸)				●			
5	T. d'Eau Douce					● (護岸、突堤、離岸堤)		● (斜路)		●			
6	Ile aux Cerfs	優先海岸	●	●		● (突堤)							
7	Pte. D'Esny(Blue Bay)	優先海岸	●	●	●	● (護岸、突堤)				● (護岸)			●
8	Bel Ombre	優先海岸				● (突堤、護岸、離岸堤)		● (レストラン)					
9	Le Morne			●	●	● (道流堤)	● (水路内)	● (レストラン)		●		●	
10	Flic en Flac	優先海岸	●	●	●			● (ホテル、花壇、パ ラソル等)		●	●		
11	Albion			●		● (護岸)				●	●	● (水路内のゴミ)	
12	Pte. Aux Sable	優先海岸		●		● (護岸)				●			
13	Grand Sable	優先海岸								●		●	
14	Albion (Cliff)					-		-		-		-	-

備考
 ●: 公共海浜公園での課題
 ●: ホテル、住宅など借地エリアでの課題

出典: JICA 調査団

5.3 海岸維持管理の課題を踏まえた改善策の提案

5.3.1 海岸維持管理面における改善案

海岸維持管理面においては、①養浜工に対する管理・モニタリング、②浜崖の形成、③海岸での植栽に関する課題について、それらの改善案を以下に示す。

a. 養浜工に対する管理・モニタリングに関する改善案

a.1 養浜工に対する課題

上述の調査によって得られた、養浜工に対する管理・モニタリングの課題としては、以下の点が挙げられる。

- 海岸の前浜勾配が急で、海岸へのアクセスが困難である。(Mon Choisy)
- 開口部で堆積した砂を侵食域へ移動するサンドリサイクルが行われているが、その後のモニタリングが十分に行われていない。また、養浜箇所には浜崖が形成されており、養浜形状の設定と管理を行っていない可能性がある。(Ile aux Cerfs)
- 海岸環境の改善のために実施された既存護岸の撤去および養浜事業であるが、養浜の勾配が平均で1:2.6(1:1.7~1:3.8)と急勾配で、当初計画の1:6となっておらず、利用に支障を来している。これらのエリアは借地で主に借地者または漁業関係者に利用されている。(Pte. d'Esny、Blue Bay)

それぞれの課題での共通点としては、以下の点が挙げられる。

- 養浜の前浜勾配と既存の海岸との形状が大きく異なり、養浜後しばらくしてから浜崖が形成され、海岸利用と景観に支障を来している。
- 養浜工事で前浜が十分に整形されておらず、計画断面に基づく施工、施工後の出来型管理が十分に行われていない。
- 養浜直後および養浜後の定期的なモニタリングが行われておらず、養浜後の砂の流出や形状変化を評価することができない。

a.2 養浜工に対する管理・モニタリングに対する改善案

陸上の砂による養浜、堆積域の砂をサンドリサイクルまたはサンドバイパスなどで侵食域に養浜工を施す場合、今後、以下の点について十分に留意する必要がある。養浜工の詳細については、5.4 項の総合的土砂管理の観点からの維持管理計画に示す。

- 侵食箇所で養浜工を施す場合、施工前に対象エリアまたはその周辺の海浜断面を測定し、適切な前浜勾配および後浜高を設定する。養浜後の急激な断面変化や砂の流出を抑制するために、養浜形状は、既存の形状にできるだけ合わせるようにする。
- 施工の対象エリアおよびその周辺の既存の砂の粒径を確認し、養浜材料として使用予定の材料との比較を行う。砂の歩留まりを考慮し、できるだけ既存の砂の粒径と同等または大きい材料を選定することが望ましい。
- 侵食域に投入された砂は計画断面に従い整形し、整形後に養浜形状を測定(出来型検査)し、仕様を満たしているかどうか確認する。
- 養浜後の第1回目のモニタリングは1ヶ月程度、その後3ヶ月程度の頻度と

する。安定断面が確認された後に、モニタリング頻度を検討する。養浜後1～3ヶ月間は特に形状の変化が著しいことから、できるだけ密なモニタリングの頻度に心掛ける。ここで得られたデータは、次回以降の養浜計画および維持管理計画に反映することが可能である。

b. 浜崖の形成に関する改善案

b.1 浜崖形成に対する課題

上述の調査によって得られた、浜崖の形成に関する課題としては、以下の点が挙げられる。

- 以前に養浜した箇所では約2mの浜崖が形成され、背後と海岸へのアクセスのために階段が設置されている。また、養浜箇所以外でも数十センチ程度の浜崖が存在し、その場所には高木の根が露出している (Mon Choisy)。また、同様に養浜された箇所で、養浜後に1m程の浜崖が形成されている (Blue Bay)。
- 民間の借地および公共海浜公園の一部で数十センチの浜崖が形成されている。これらは、主に強雨後または高波浪/サイクロン来襲後に発生している (Pte. aux Cannoniers, Ile aux Cerfs, Le Morne, Flic en Flac, Pte. aux Sables)。
- 研究所の前面に浜崖が形成され、海岸の沿いの移動が出来ない状況であり、さらに侵食が進み樹木やフェンスが倒壊・流出する可能性がある。この浜崖はコンクリート排水施設やサンゴや海草の減少など複合的な要因により発生していると考えられる (Albion)。

それぞれの課題での共通点としては、以下の点が挙げられる。

- 浜崖は侵食傾向を示す指標となるが、長期間放置されたことにより、浜崖の範囲や高さが増大している傾向が見られる。

b.2 浜崖形成に対する改善案

浜崖形成に関しては、今後以下の点について十分に留意する必要がある。

- 定期的な海岸モニタリングの実施により、汀線変化および浜崖の形成を早期に把握することが重要である。公共海浜公園内では、海岸清掃の請負者に強雨、高波浪/サイクロン来襲後の海浜の変化を報告させることも早期の発見につながる。また、日々の海岸管理として、海岸清掃請負者は強雨や高波浪来襲後、出来るだけ早期に浜崖を補修することも重要である。また、異常気象来襲後は、海浜縦断モニタリングを関係機関により迅速かつ継続的に実施することが重要である。
- 海浜上の海岸砂草や海岸蔓草などは降雨や波による海岸地形の変化を抑制する効果があることから保全することが重要である。

c. 海岸での植栽に関する改善案

c.1 海岸での植栽に関する課題

上述の調査によって得られた、海岸での植栽に関する課題としては、以下の点が挙げられる。

- 高木 (特に外来種のモクマオウ) の海岸林が前浜や後浜に植栽されている。侵食と共に浜崖形成にも起因している。

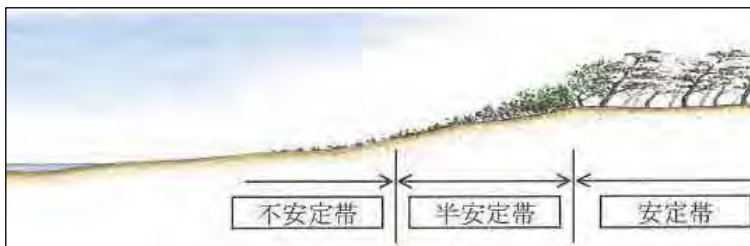
c.2 海岸での植栽に関する改善案

海岸植栽については、以下に示すような機能を有する。

- 海岸砂草は海浜の美しい景観を創出する。
- 海岸砂草や低木は砂の保持を促進する。また、亜高木や高木は飛砂、飛塩・塩風、暴風などの機能を有する。

上記より、海岸植栽については、以下の点を提案する。

- 海岸の景観・利用面の改善や上記の機能を有効に引き出すためには、海浜植生の適切な配置・構成が望ましい。また、地被植物は覆砂を維持させ、海岸砂草や海岸蔓草から高木へと徐々に植生の高さを増していくことが望ましい。
- 波の打上げ高や自然の植生状況なども考慮し、モクマオウなど根が広がる高木は前浜の不安定帯、後浜の半安定帯には植栽せず、その背後の安定帯に植栽するなど、植栽範囲を設定する必要がある
- これまで、外来種のモクマオウは早期の成長から公共海浜公園内で植栽されている。各ゾーンでの植栽種に関しては、当該国で自然環境を有する海岸（モ国南部の La Prairie）の植生の状況を踏まえ、できるだけ在来種を中心に選定する。森林管理者などの推奨を参考に、適切な樹種の選定が重要である。



出典：自然共生型海岸づくりの進め方

図 5.3.1 海浜植生の帯状分布



出典：JICA 調査団

図 5.3.2 モ国南部の自然植生 (La Prairie)


5.3.2 土地利用管理面における改善案

a. 土地利用管理面での課題および改善案

土地利用管理面においては、①既存の海岸構造物、②海岸エリアでの浚渫、③動的海岸域（セットバックエリアを含む）の既存施設・構造物、④動的海岸域（セットバックエリアを含む）での構造物の新設の 4 つの課題が挙げられる。それぞれの課題に対する改善案を以下に示す。

表 5.3.1 土地利用管理面での課題と改善案

	具体的な課題	改善案
既存の海岸構造物	● 練り石積みの直立護岸の前面には砂浜が殆ど存在せず、その両側に堆積している。直立護岸による反射波で砂が巻き上げられ、両側に散らされ、護岸前面に砂が堆積しないものと考えられる。	● 直立護岸は反射波を増幅させ、侵食を助長させることから、反射波の低減に加え、利用・景観に配慮した別の構造形式またはセットバック等を設定することが望ましい。 ● セットバックについては、2068 年ま

	具体的な課題	改善案
	<p>(Pte. aux Cannoniers, T. d'Eau Douce, Pte. d'Esny)</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● 侵食域において蛇籠や土嚢製の大小の突堤が数多く設置され、その下手側で侵食が生じている。侵食と堆積の状況から、上手側より徐々に突堤が設置され、現在の状況に至ったと推測される。また、これらの突堤群は、リーフ内の景観を阻害している(T'd Eau Douce)。 ● 土地借地者の個別の判断により、海岸上に突堤等の構造物が数多く建設されている。その結果、その下手側で侵食が進行し、前浜が完全に消失または後退した事例が各所で見られる。隣人同士での関係悪化も見受けられる(Pte. d'Esny)。 ● Bel Ombre: ホテルの前面には自然石を使用した突堤が数本配置されている。突堤の下手側は侵食傾向になっている。 	<p>での長期契約を交わしていること、多くの借地者は動的海岸域内に建物が存在することから、計画を策定し、借地者と合意に至るのは非常に困難である。そのため、直立護岸の形状を傾斜式透過タイプ(可能であれば植栽を施す)に改修し、反射波の低減とアクセス・景観の改善に繋げることが適していると考える。 ⇒構造形式の変更に関する提案は、海岸保全計画の中で詳述する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 既存突堤の多くは EIA による審査制度が制定される前に借地者の判断および負担によって建設されている。そのため、既存施設の撤去を強制することは困難である。 ● 海岸を広域的な観点から見た場合、①効果のあるもの、②殆ど効果がないもの、③施設自体が周囲への侵食を助長しているものが存在する。ここで、②および③については、効果や影響を示した上で、撤去または改修について、所有者およびその周辺のステークホルダーと合意形成を行うことが重要である。 ● 費用負担については、①所有者自身、②所有者を含む周辺のステークホルダーの共同が考えられる。これについては、新たな規制やルールを制定する必要があるため、十分な協議と合意形成が重要となる。 ⇒海岸施設の撤去・改修については、海岸保全計画および非物理的対策事業の検討の結果で提案される。
<p>海岸エリアでの浚渫</p>	<p>Le Morne 北部において、ホテル間の水路を維持するために、浚渫が行われ、浚渫した土砂が陸上にストックされている。水路の北側で侵食が生じている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 定期的なモニタリング自体はホテル側で実施し、浚渫後はモニタリングの結果を海岸管理者側(MOESDDBM)に提出し、維持管理方法の妥当性を評価してもらうことを推奨する。

	具体的な課題	改善案
	<ul style="list-style-type: none"> ● Pte. d'Esny では、北部で砂が堆積している。2008 年の契約更新時に、殆どの借地者は 1968 年に設定された HWM を更新している。このエリアでは 4 つのケースにおいては、更新時に新たな HWM の位置 (沖側に) まで延長している。 ● しかし、借地者の境界は現地では不明瞭であり、いくつかの借地者は看板などにより土地の拡張について主張している。  	<ul style="list-style-type: none"> ● 堆積域では借地エリアを沖側に延伸しないことを 2013 年の ICZM 委員会で推奨し、MHL は今後借地更新時に移動しないとした。既に借地を沖側に延長して契約が更新されたエリアについては、2013 年以前に手続きが行われた。 ● 堆積した砂は、その上手側の侵食域から供給されたものであり、公共的な目的で活用する必要がある。官民境界の明確化を行い、定期的に堆積している砂を侵食域に運搬・投入し (サンドリサイクル)、連続した海岸を適切な状態に維持することが重要である。個人の借地エリア内でのルール作りとなり、ステークホルダーとの合意形成および予算配分を設定することが今後の課題である。 <p>⇒当海岸でのサンドリサイクルについては、非物理的対策事業の検討・協議し、適切なルール作りを行う。</p>
<p>セットバックエリア内の既存施設・構造物</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● ホテルの一部ではレストランが汀線際まで張り出している(Bel Ombre)。 	<ul style="list-style-type: none"> ● レストランなどの構造物が汀線際に建設され、さらに侵食が進行した場合、構造物自体の損傷のみならず、その下手側の侵食を助長する可能性があることから、既存施設の一部撤去またはセットバックを計画的に進める必要がある。今後既往の航空写真や衛星写真より対象施設の建設年を確認し、2004 年のセットバックが制定の前後を確認し、撤去・移設の必要性について評価する。 ● 動的海岸域での構造物建設については、MHL、MOESDDBM および District Concil (DC) で定期的に検査することを提案する。
	<ul style="list-style-type: none"> ● いくつかのホテルのパラソルが汀線際に設置されている。 ● ホテル前面の植栽が前浜上に存在する。(Le Morne, Flic en Flac) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可動式の施設に関しては、HWM より 15m を超える範囲では Planning Policy Guideline(PPG)の条項より設置は可能である。しかし、樹木や基礎を有するパラソルなどは、流れを妨げ、海岸侵食に起因する可能性があることから、動的海岸域内に設置すべきではない。借地エリアでは DC や MHL による PPG、公共海浜公園では Beach Authority による十分な管理と強制が重要である。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 侵食域においてホテルが建設された (Le Morne 南部)。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 侵食域におけるホテルや家屋の建設はセットバックの規制に限定せず、将来の侵食量と海面上昇の影響等を考慮した上で、その位置を設定することが望ましい。 ● 新設の施設や建物のセットバック位

	具体的な課題	改善案
	 <ul style="list-style-type: none"> ● Albion 水産研究所 (AFRC) の北側はホテル建設の予定があるが、その背後には Wetland が存在する。ホテル建設により Wetland に影響を及ぼす可能性がある。これにより、河川からの海岸への淡水や土砂の流入のパターンが変化し、サンゴ等への影響が懸念される。 	<p>置を設定する際は、HWM からの 30m のクリアランスに加え、過去の汀線変化に基づく汀線変化量を確認し、侵食傾向にある箇所においては侵食量に応じて、余裕幅を設定することが必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Wetland は洪水に対する調整機能、水の浄化など内水が海域に流れる前に水質を改善しリーフ内やサンゴ等を保全する機能を有しており、ホテルの建設に際しては Wetland に影響のない計画となるよう十分に留意する必要がある。
<p>セットバックエリア内での構造物の新設</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Pte. d'Esny では HWM から建設中の新設の Villa までは 30m 以上のスペースが確保されている。しかし、その前面に新たな擁壁が建設された。その擁壁は HWM からの距離が 10m 以下であるため、容認できる施設でない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 借地では建設のための計画余裕幅 (Planning Clearance) を MHL により設定される。計画余裕幅に基づき、建物建設や土地利用許可が DC により発行される。 ● しかし、管理者である MHL や DC のレベルでの不十分なモニタリング体制が散見される。これより、動的海岸域での不適切な施設建設を管理するために MHL および DC による管理組織を設立することが推奨される。

出典：JICA 調査団

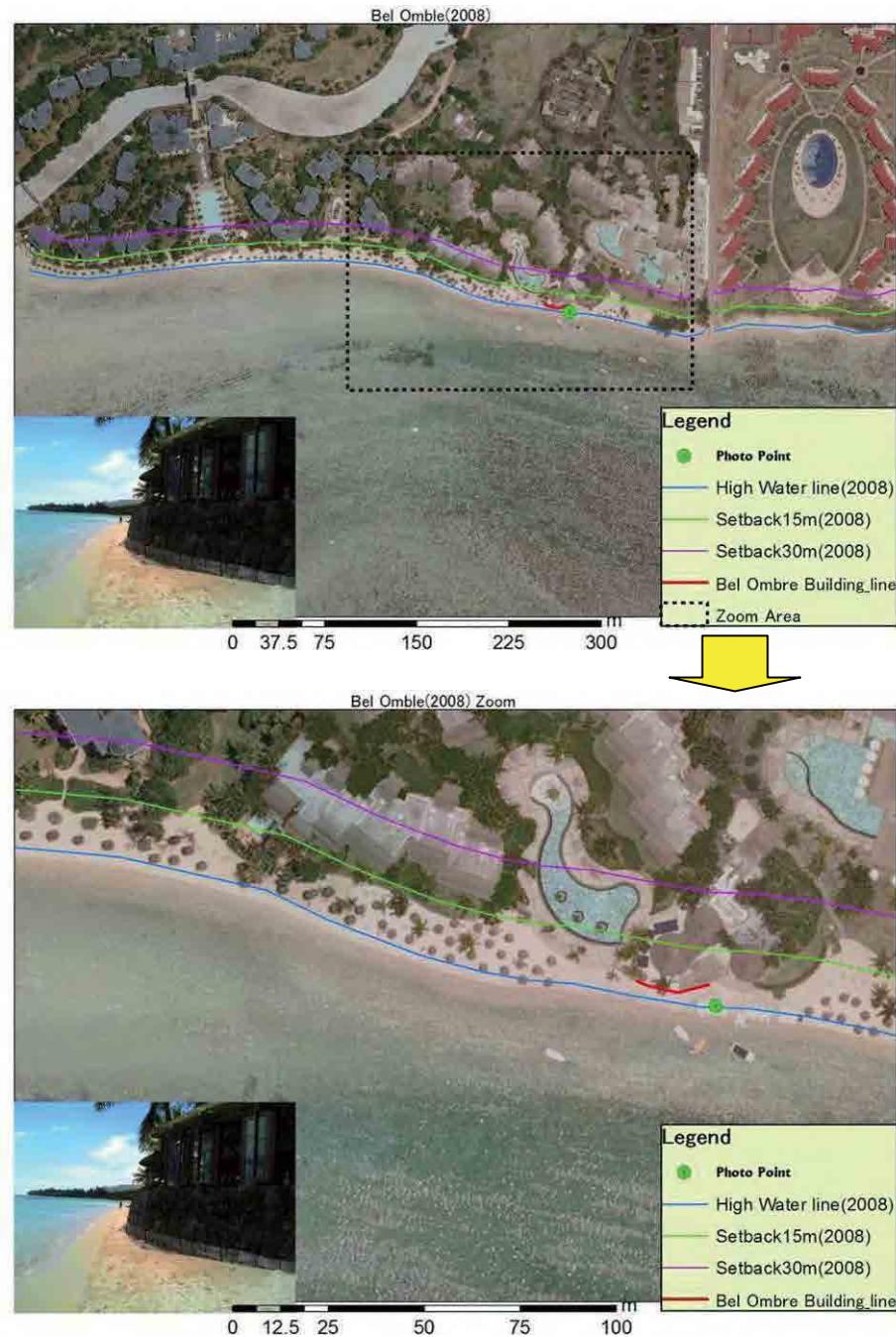
b. 動的海岸域内での既存施設・構造物の管理に関する改善案

なお、上記の動的海岸域内の既存施設・構造物に関しては、問題が指摘されている箇所について、航空写真および衛星写真により過去の建設履歴に基づき、動的海岸域内での建設、前出しの有無、その後の影響について確認する。

b.1 Bel Omble (Hotel Heritage Awali: レストラン)

当海岸の Hotel Heritage Awali の汀線の直ぐ背後にレストランが位置する。HWM 時にはレストランの前面には殆ど前浜が存在しない状況である。このレストランとセットバックラインの位置関係に過去の航空写真を用いて確認する。このレストランは、過去の航空写真や衛星写真で確認すると 1997-2000 年には存在せず、その次の 2008 年の衛星写真で確認することができる。2008 年の衛星写真に HWM を載せ、そのラインを起点として 15m および 30m 陸側にセットバックしたラインを追加する。これよりレストランは

HWM と 15m セットバックラインの間に位置し、またホテルのプールの一部もこのエリアに存在する。これより、ホテルの客室などは 15m セットバックラインの陸側に位置しているが、レストランやプールはセットバック域に存在することから、規制(MHL による Planning Permit)を順守しないで建設されたことが考えられる。また、セットバックの規制は2004年にHWMから15mから30mに変更となっており、もしこれらの施設が2004年以降に建設されている場合は、30mのセットバック域が規定されることから、前述のレストランやプールのみならず、客室の建設位置も順守されていないことになる。このホテルの各施設の建設年および EIA の承認時期などを十分に確認した上で、関係機関とホテルと協議し、今後、施設の撤去または移設などを計画的に行う必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.3.3 ホテル施設とセットバックラインとの位置関係の確認 (Bel Ombre)

b.2 Flic en Flac: Hotel Hilton

当海岸の Hilton Hotel の前面には歩道の一部が存在する。この施設は、2000年までの航空写真では確認できず、2004年の衛星写真で確認することができた。2004年のHWMのラインから15mおよび30mのセットバックラインを衛星写真上に追加する。これより、この施設は、HWM および当時の15mセットバックラインの間の区域に位置することが確認できる。

この施設は、2004年以前に制定されている15mセットバックの規制に反して建設された可能性がある。今後、この施設が沿岸漂砂の連続性の阻止に起因する可能性があるため、関係機関とホテルと協議し、施設の撤去または移設などを計画的に行う必要がある。



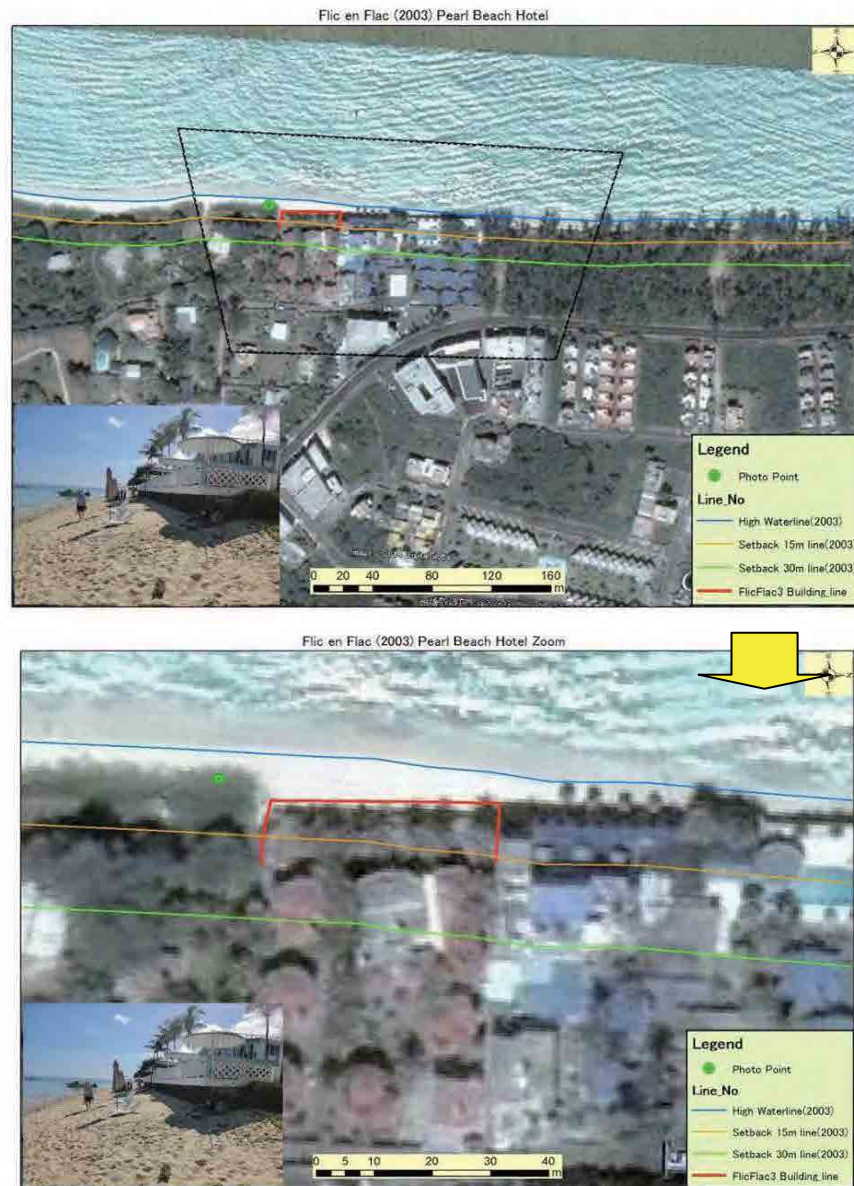
出典：JICA 調査団

図 5.3.4 ホテル施設とセットバックラインとの位置関係の確認(Flic en Flac-1)

b.3 Flic en Flac: Gold Beach Hotel

当海岸の Gold Beach Hotel の前面には前述の Hilton Hotel と同様に護岸のようなコンクリート製のデッキが存在する。この構造物は、2000 年までの航空写真では確認できず、2003 年の衛星写真で確認することができた。2003 年の HWM のラインから 15m および 30m のセットバックラインを衛星写真上に追加する。これより、この構造物は、HWM および当時の 15m セットバックラインの間の区域に位置することが確認できる。また、この護岸構造物以外に、ホテル内の建物やプールの一部もこの区域内に存在する。

これらの構造物や施設は、2004年以前に制定されている15mセットバックの規制に反して建設された可能性がある。今後、これらが沿岸漂砂の連続性の阻止に起因する可能性があるため、関係機関とホテルと協議し、施設の撤去または移設などを計画的に行う必要がある。しかし、このエリアでは既に開発が進んでおり、セットバックを強制することが困難であることから、既存の直立護岸構造物を傾斜浸透式に改修することも考慮に入れる必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.3.5 ホテル施設とセットバックラインとの位置関係の確認(Flic en Flac-2)

c. 侵食量に応じた海岸土地利用規制による管理の提案

過去の航空写真や衛星写真の判読による各海岸の侵食量の計算結果から、以下の条件に基づき、侵食域、将来的に侵食のリスクのある区域、堆積域の3つの区分に設定する。

- 侵食速度が 15cm/年以上の区域については侵食域と設定する。
- 侵食速度が-14cm～+14m/年の比較的変動が小さい区域については今後の海面上昇や波浪パターンの変化を考慮すると侵食域に転じるリスクを有することから侵食リスク区域と設定する。
- +15cm/年以上の堆積傾向にある区域については堆積域と設定する。

区域の設定例を表 5.3.2に示す。表中でピンクが侵食域、黄色が侵食リスク区域、白が堆積域を示す。また、この区分表に基づき、対象海岸毎に土地利用規制区分図を作成した。なお、各対象海岸の区分図は、次項の各対象海岸の現状と課題の中で示す。

ここで設定した区域については、

- 侵食域ではできるだけ早い時期に侵食対策を講じる必要がある。
- 侵食リスク区域では開発済の借地については更新時にセットバックラインを見直した上で再設定する。未開発地については HWM より 30m のセットバックに 5－10m の余裕幅を確保することと、汀線からセットバックライン範囲で利用規制を設定する。
- 堆積域については従来の制度に基づき、土地利用の管理を行う。

この土地利用規制計画表は 5 年に一度程度更新し、各区域の見直しを行い、長期的に適切な土地利用管理を行うことを提言する。

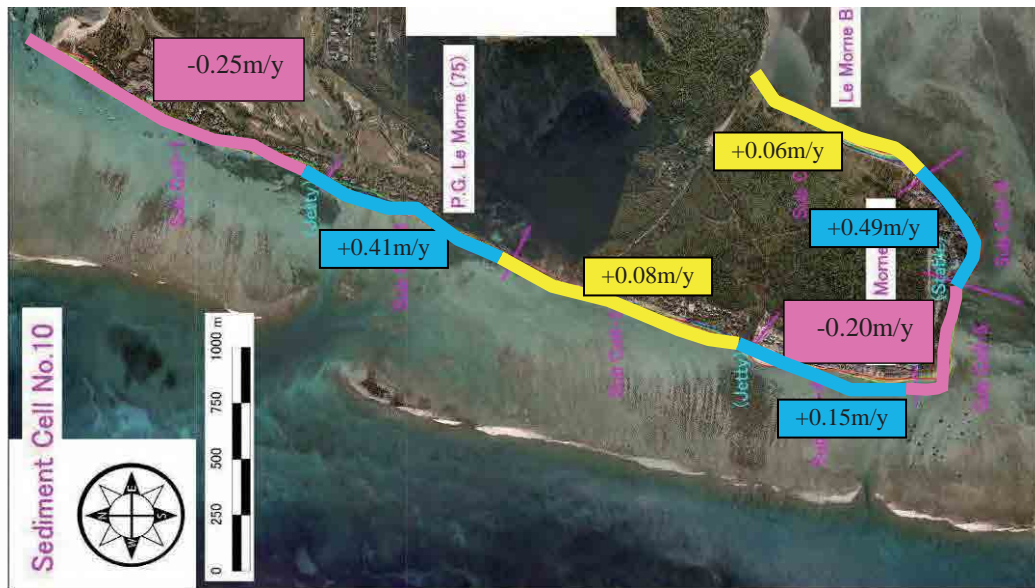
表 5.3.2 侵食およびリスク区域一覧表

Cell No.	Sub-cell No.	Erosion speed (m/Year)	Name of beach	Cell No.	Sub-cell No.	Erosion speed (m/Year)	Name of beach	Cell No.	Sub-cell No.	Erosion speed (m/Year)	Name of beach	
1	1-1	0.05	Baie du Tombeau	5	5-5	0.19	Palmar	10	10-1	-0.25	P.G. Le Morne	
	1-2	-0.06			5-6	0.12			10-2	0.41		
	1-3	0.00			5-7	-0.02			10-3	0.08		
	1-4	0.32			5-8	-0.08			10-4	0.15		
2	2-1	-0.16	The Valle	5-9	0.01	Q. Cocos Vgce	10-5		-0.20	10-6		0.49
	2-2	0.10	Mon Choisy	5-10	0.12		10-7		0.06	Flic en Flac		11-1
	2-3	0.00		5-11	1.06	11-2	-0.29					
	2-4	0.00		5-12	-0.41	11-3	0.13					
	2-5	-0.08		5-13	-0.16	11-4	-0.03					
	2-6	0.02	Trou aux Biches	5-14	0.27	T. d'Eau Douce	11-5	-0.22	Tamarin	11-6	0.55	
	2-7	-0.23		5-15	-0.08		11-7	-0.09				
	2-8	-0.10	Pointe aux Piments	6-1	-0.15	Ile aux Cerfs	11-8	0.10	La Preneuse	11-9	0.12	
	2-9	-0.09		6-2	0.51		11-10	-0.04				
	2-10	-0.02		6-3	0.71		11-11	0.03				
	2-11	0.08		6-4	-0.20	11-12	0.03					
	2-12	0.00		6-5	-0.18	11-13	-0.05					
2-13	-0.17	6-6		-0.04	Pointe d'Esny	12-1	0.02	P.G. Albion	12-2	-0.10		
2-14	-0.09	6-7	-0.04	12-3		0.01						
2-15	0.24	7-1	0.40	12-4		-0.18						
2-16	0.10	7-2	-0.31	12-5		0.16						
3	3-1	0.08	Roches Noires	7-3	-0.10	Blue Bay	13-1	0.20	Pointe aux Sables	13-2	-0.40	
	3-2	-0.11		7-4	0.11		13-3	-0.04				
	3-3	-0.06		7-5	0.12	13-4	0.59					
	3-4	-0.09		7-6	0.23	13-5	0.04					
	3-5	0.00		7-7	0.27	13-6	0.03					
	3-6	0.05		7-8	0.40	Saint Felix	1	0.00		Pte. Aux Canoniers	2	0.00
4	4-1	0.01	Bras d' Eau	8-1	-0.02		Bel Ombre	3	0.10			
	4-2	0.12	P.G. Choisy	8-2	0.59			9-1	0.16			
	4-3	-0.20		8-3	0.06		9-2	0.25				
	4-4	-0.28		8-4	0.03		9-3	-0.02				
	4-5	0.76		8-5	-0.23	9-4	-0.13					
4-5	0.76	8-6		0.05	9-5	0.10						
5	5-1	0.07	Belle Mare	8-7	0.06	14	4	-0.16				
	5-2	0.48		9-1	0.16		5	-0.10				
	5-3	0.03		9-2	0.25		6	-0.16				
	5-4	-0.06		9-3	-0.02		7	-0.03				
							8	0.04				

Legend:	
Less than -0.15 m/y	: Required countermeasures
+0.14 - -0.14m/y	: Required regulation of land use
More than +0.15m/y	: Accumulated area

出典：JICA 調査団

上記の区分の考え方にに基づき、図 5.3.6に Le Morne の土地利用規制区分図（案）を示す。この図では、赤線、黄線および青線は、それぞれ、侵食域、侵食リスク域および堆積域を示す。当海岸は侵食域と堆積域が混在する。侵食量は Sub-cell-1 および 5 でそれぞれ-0.25m/y および-0.20m/y で侵食域、Sub-cell-3 および 7 でそれぞれ+0.08 および+0.06m/y で侵食リスク区域となっている。侵食リスク区域においては、今後も定期的なモニタリングの実施、侵食域においては、短期そして中長期的な保全対策を講じることが必要である。



出典：JICA 調査団

図 5.3.6 土地利用規制区分図(案) (Le Morne)


5.3.3 海岸利用面における改善案

海岸利用面においては、①海岸清掃、②公共海浜公園内への車両進入、③排水施設の不備、④自生海岸砂草の除去に関する課題について、それらの改善案を以下に示す。

表 5.3.3 海岸利用面での改善案

	具体的な課題	改善案
海岸清掃の不備	<ul style="list-style-type: none"> ● 公共海浜公園では Beach Authority の元、海岸清掃請負者により、ごみおよび漂着海草の清掃が毎日行われている。 ● 一方で、別荘地などの民間による借地では、ゴミ、海草、海藻、サンゴ片など(以下、漂着物と称す)が放置されている。これらは、衛生面、景観面での問題となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 南部の Le Morne のホテル前面での海岸では、毎朝清掃職員が漂着した海草、海藻、サンゴ片(以下、漂着物と称す)を砂浜の中に埋め、良好な景観および衛生状態を確保している。埋めた漂着物は砂中の微生物や海生生物の餌になることから、生態系の維持にも有効である。 ● そのため、これらの取り組みを他の海岸でも適用し、徹底することで、良好な景観かつ衛生的な連続した海岸そして良好な生態系を維持することが出来る。 ● このような良い事例を特にホテル、リゾート施設、別荘などの民間の借地者に対して、リーフレットなどを用いて Local Authority または District Council や Village Council の地方政府を通じて、海岸清掃の周知徹底を行うことが重要である。また、月に1回程度は Local Authority により定期巡回を行い、海岸清掃の状況を確認し、ゴミ・海草の堆積が著しい箇所においては、海岸環境改善の一環として、借地者に対して注意勧告するなど、海岸の環境維持に努めることが望ましい。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 借地海岸の一部では、著しい漂着ごみや海草が堆積している。これは常時生活していない別荘などの前面で生じているものと推測される。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 別荘など常時生活しない借地に関しては、日々の海岸清掃が困難である。これらの問題を解決するためには、新たな海岸清掃体制または現在の清掃体制の見直しを行うことが必要である。

	具体的な課題	改善案
	<ul style="list-style-type: none"> ● ホテルに挟まれた未開発の区域では大量のごみが堆積し、また海岸草が繁茂し、海岸の景観や利用に支障を来している。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ここで、例えば借地契約書の中に、借地の海岸上にプラスチックや漂流ゴミが堆積した場合は借地者が責任を持って清掃を行うことを追加し、Beach Authority または MHL の方で定期的に状況を確認し、不備が見られた場合は注意を促すことを明記することを提案する。
	<ul style="list-style-type: none"> ● Albion の水産研究所前面の海岸では大量のごみや海草が放置されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 研究所前面 (AFRC) の海岸は、公共海浜公園と連続していることから、特に週末に多くの一般住民に利用されている。そのため、海岸管理の所在や海岸を清潔に保つために必要な対応を明確にする必要がある。
	<ul style="list-style-type: none"> ● Bras D'Eau の東部と北部では、日々多くの海藻・海草が海岸上に漂着している。また、海藻や海草には砂が付着している。集められた漂着物はトラックに積まれ、処分場へ運ばれている。日々の量は少ないが、長期間続けた場合、海岸の多くの砂が失われる可能性がある。 ● Flic en Flac では年間の海岸清掃による海草/砂/サンゴ片の処分量と維持管理として必要な砂の量は共に約 400m³ と殆ど同量である。もし、この清掃で集められた海草などを砂の中に埋めることができれば、維持管理に必要な砂は殆ど不要になると考えられる。 ● 樹木からの落葉は日々の清掃で他の場所に処分されている。 ● 日々の清掃で、海岸上の漂着物は、熊手などでをかき集められている。この作業により海岸砂草や土壌に影響を及ぼしている。その結果、海岸砂草の生育に影響を及ぼし、地表が露出した状態になっている。また、風や清掃によりモクマオウの根の露出にも起因している。根が露出した状態は、海岸利用者に支障を与えることに加え、砂の堆積にも影響を与え、海岸侵食の一つの要因になっていると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 漂着海藻類の処分による海岸の砂の消失を抑制するため、以下の対策が考えられる。 ● 集められた漂着物は HWM よりも高いところに仮置きする。そして、漂着物を数日天日干し、または浜崖や樹木の周辺の砂中に埋める。これにより、土中の栄養分は高まり、海岸砂草、低木、樹木などの生育を促進する効果が期待できる。Le Morne 南部のホテルでは清掃人によって毎朝漂着物が砂中に埋められている。漂着物の量にもよるが、漂着物を埋めることは、砂の減少の抑制、生態系の保全、維持管理費の抑制などプラスの効果が期待できる。 ● 地中海やアフリカの国々では、漂着物を海岸近くの耕作地の肥料として長い間利用されている。日本でも野菜や果物の品質向上のために使用されている。漂着物には豊富なカリウム、オーキシン、ミネラルなどの栄養素が含まれている。 ● 集められた落葉は砂中に埋めることにより、土壌を改良し、腐植形成を促進する。この腐植は土中の湿潤状態や栄養分を改善し、植物の生長を促進する。海岸砂草が生育していない場所では、最適な種の海岸砂草を植栽することが重要である。海岸砂草の改善は、砂の保持の促進、雨水の浸透、流出の抑制などの効果をもたらし、これにより洗掘、浜崖形成の抑制にも寄与する。 ● 海岸清掃に当たっては、海岸砂草に影響を及ぼさないことに十分配慮することが重要である。露出した根は、実施できる範囲で砂や海岸砂草などで覆うことが重要である。

	具体的な課題	改善案
公共海浜公園内の車両・オートバイの進入	<ul style="list-style-type: none"> ● 海岸林内は自由に車両が進入できる状態にあり、後浜上に多くの車両が駐車している。これにより海岸利用空間が制限されることと、樹木や動植物への影響、排ガス、さらには海岸利用者への安全面での問題。 ● 車両の進入は土壌を締め固め、植生環境の悪化、雨水の流出などによる洗掘などに起因する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 南部の St. Felix では海岸林の背後に駐車場を設け、海岸林および海岸への車両の乗り入れを禁止している。「モ」国の殆どの公共海浜公園では車両の乗り入れが行われているが、上述の様々な影響を考慮すると、段階的に駐車場または駐車スペースを設置し、海岸への車両の乗り入れを制限することが望ましい。 ● また、バイクなどの乗り入れも見られることから、進入防止の柵以外にも標識、注意案内などを設置することも効果があると考えられる。また、より景観に配慮して低木、花木などで駐車スペースとの境界を設けることも考慮する。さらに、駐車場から海岸までの進入口をある程度限定し、ペDESTリアンデッキや遊歩道を設け、バリアフリー対象者への配慮、オートバイの進入を抑制、海岸植栽を保全するなど考慮することも必要である。
排水施設の不備	<ul style="list-style-type: none"> ● 雨水の海岸への自然排水によって、海岸の一部で局所的な洗掘が生じている。  <ul style="list-style-type: none"> ● Albion: 海岸に接する水路内にごみが堆積しており、降雨後に海岸への流入の可能性がある。 ● Grand Sable および殆どが東海岸: 大量のごみや海草が堆積し、タイヤなどが散乱し、非常に強い臭気を発している。海草やごみの腐乱に加え、生活排水が流入しているものと考えられ、非常に劣悪な環境となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 雨水排水による海岸の洗掘が発生している箇所については、背後での道路計画・設計に合せて、排水計画を行う必要がある。 ● 雨水排水の流出を抑えるために、駐車場と道路または公共スペース間への浸透式排水の設置が有効である。 ● 海浜植生を良好な状態に保つことによって、雨水流出による洗掘などの影響を低減することができる。人為的に形成された公共海浜公園内の固化した砂は、日々のメンテナンスによってほぐすなどの改善が必要である。 ● 水路内のごみは、公共海浜公園においては Beach Authority、その他エリアにおいては District Council (DC) によって定期的なごみの除去や回収作業が必要である。 ● 実証事業によって養浜が施された箇所では、ゴミの堆積や水質の悪化が改善傾向にある。現時点では、養浜材料による浄化効果または住民が自主的に海岸清掃を行っていることによるものか定量的な評価は難しい。ただし、計画段階から住民をインボルブし、自主的な清掃や管理を実施できるように誘導することは重要である。 ● 海岸域は DC によって定期的に清掃を実施する必要がある。 ● 海岸清掃活動は村民および一般住民と共に広範囲で実施されるべきである。
自生海岸砂草の除去	<ul style="list-style-type: none"> ● Pte. d'Esny, Albion, Belle Mare その他海岸の堆積域に自生する海岸砂草が借地者の判断で除去されている区間がいくつかある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 海岸砂草は、豊かな生態系を育む一方で、波や風の外力を減じて侵食や飛砂を抑制する効果がある。また、砂浜の温度上昇を緩和する効果も有しており、快適なレクリエーション空間の提供に寄与する。 ● 上記のように、海浜植生は様々な効果を有することから、その効果をリーフレットなどにより紹介し、Local Authority または District Council や Village Council の地方政府

具体的な課題		改善案
		を通じて、借地者に対して植生の保護を周知することが重要である。

出典：JICA 調査団

5.3.4 海岸維持管理面に関する組織・管理体制の改善案

上記より、海岸維持管理面、土地利用管理面、海岸利用管理面における様々な課題に対して、改善が必要な組織・管理体制を以下に提案する。また、海岸線を適切に維持するために、特に重要な海岸維持管理項目については以下の通り網掛けする。なお、適正な海岸を長期間維持するために、特に重要な以下に示す 3 つの海岸維持管理の管理体制については、具体例を 7.3 項に提案する。

- 養浜整形による海岸維持管理体制 (7.3.6 項)
- 海岸域のリースエリアの契約・土地利用に係る管理体制 (7.3.7 項)
- 砂の再利用に係わる体制 (7.3.9 項)

表 5.3.4 組織・管理における改善(案)

管理項目	組織・管理体制における改善(案)
海岸維持管理面	養浜工に対する管理 <ul style="list-style-type: none"> ● 養浜工事にあたり、養浜前後の地形については、正確かつ公的なデータを残す必要があるため、測量士による測量が必要である。MOESDDBM内で測量士を養成するか、測量士を有するMHLにより実施するか双方での調整が必要である。 ● 定期かつ継続的な海岸モニタリングは非常に重要である。今後、継続的な縦断測量によるモニタリングをMOESDDBMのICZMで実施していく場合、経験技術者の異動・退職による品質の維持および実施可能な組織体制を維持できるか懸念される。MOESDDBM内で海岸モニタリングからGISやデータベースによるデータ管理・分析までを統括した組織の創設と継続的な予算措置が必要である。 ● サンドリサイクルやサンドバイパスのように海岸の堆積した砂を侵食域に移動する場合、堆積域の砂の官民境界を明確にすることが重要である。現在、官民境界の設定については、MHLにより管理されているが、砂移動の管理はMOESDDBMにより実施されるため、官民境界の情報や更新データについては、双方が常に情報を共有することが重要である。双方で情報が共有されることにより、迅速かつ円滑な養浜工事および維持管理が可能となる。
	浜崖形成に関する管理 <ul style="list-style-type: none"> ● 浜崖形成の有無について、その範囲の拡大を抑制するために、海岸管理者への迅速な連絡が重要となる。より連絡体制を迅速化するために、日々の海岸清掃を担うBeach Authorityが海岸管理者であるMOESDDBMに連絡する体制を整える必要がある。これにより、浜崖部の現地踏査および縦断測量を実施し、地形変化や侵食量を把握し、適切な維持管理を策定することが可能となる。被害箇所が広域に存在する場合、MHLとの連携体制で実施することが望ましい。 ● 浜崖形成の主な要因としては、①サイクロンなどの高波浪来襲後、②土砂収支の不均衡による侵食エリアでの樹木の根が残り形成されたもの、③不適切な養浜形状の設定によるものなどが挙げられる。①については、上述の通り、Beach AuthorityとMHLとの連携、②については、海岸エリアでの適切な植栽の選定になるため、できるだけ在来種を優先する。また、植栽を計画する際は、MOESDDBM、Beach AuthorityおよびForestry Service/NPCSと十分に協議した上で設定することが望ましい。③については、養浜後の出来型管理が重要で有り、計画通りの前浜勾配が確保されているかMOESDDBMにより迅速に確認することが重要である。

	管理項目	組織・管理体制における改善 (案)
土地利用管理面	既存の海岸構造物	<ul style="list-style-type: none"> ● 海岸構造物については、その効果と周辺への影響を十分に把握し、周辺海岸に影響を及ぼしている施設については、縮小または撤去するように所有者と十分に協議する必要がある。撤去のタイミングとしては、リース契約更新時、施設改修時が挙げられるが、著しく影響を及ぼす施設については早期に撤去できるように関係者との事前の調整が重要である。この場合の費用負担については、前者の時間をかけて撤去する場合は所有者負担、後者の早期の撤去が必要な場合は所有者側と十分に協議して、所有者および政府側が共同で出資するなど、費用負担のあり方について検討することが重要である。 ● 直立護岸は反射波を助長し、越波、砂の捕捉面でも支障を来している状況である。そのため、本保全計画でも挙げたように、直立護岸の撤去または傾斜浸透式への改修を段階的に進めることが望ましい。直立護岸の撤去・改修については、MOESDDBM、MHL、MLGおよびBeach Autholityと連携を十分に図り、所有者との協議、実施計画の策定、実施後の変化モニタリングなどを実施することが重要である。
	海岸エリアでの浚渫	<ul style="list-style-type: none"> ● 対象海岸において浚渫・サンドリサイクルが行われている箇所として、Le Morne、Ile aux CerfsおよびFlic en Flacが挙げられる。今後、Pte. d'Esny、Pte. aux Sables、Bel Ombre、T. d'Eau Douce、Bras d'Eau、Baie du Tombeauなどで行われる可能性が高い。 ● Le MorneおよびIle aux Cerfsについては借地者の自主的な事業であるため、MOESDDBMにより周辺の影響がないか定期的に確認する必要がある。 ● 公共海浜公園と借地エリアが混在するような箇所については、MOESDDBM、MHLおよびMLGと連携を十分に図り、官民境界の確認、実施計画の策定、採取・投入後の変化モニタリングなどを実施することが重要である。 ● 投入後の水質の変化、サンゴへの影響など、MoFやMOIとの連携も重要である。
	動的海岸域 (セットバックエリア含む) の既存施設・構造物	<ul style="list-style-type: none"> ● MOESDDBM、MHL、MLG、Beach AutholityおよびMoFの合同で、海岸上での不適切な施設建設の有無を適宜確認し、監視体制を強化する。 ● 砂の堆積エリアにおいては、将来的にサンドリサイクルやサンドバイパス用として砂を再利用する可能性が高いため、官民境界の定期的な確認と公的エリアにおける施設の建設の有無などを、MOESDDBM、MHLおよびMLGの合同で適宜監視を行う。 ● 侵食傾向にある箇所でのホテルや民家の建設の場合、EIAの際にMOESDDBMにおいてセットバック区域を侵食程度に応じて30m＋クリアランスを確保することが重要である。クリアランスについては、維持管理での対応等を考慮し、年間の侵食量に10年度程度確保することが望ましい。
	動的海岸域 (セットバックエリア含む) での構造物の新設	<ul style="list-style-type: none"> ● 沿岸域での施設の建設の際は、EIAの中でセットバックエリア内の施設の有無をMOESDDBMおよびMHLと連携し、正確に把握する。 ● 建設直前および直後には、MOESDDBM、MHL、MLG、Beach AutholityおよびMoF (必要に応じて) と合同で立会い検査を行い、計画通りの施設および位置での建設が行われたかを確認する。また、建設後の写真を残し、その後の海岸上での施設の建設の有無を確認する。

管理項目	組織・管理体制における改善 (案)	
借地エリアの契約・土地利用に係わる管理体制	<ul style="list-style-type: none"> ● 借地エリアの境界については、契約更新時に許認可機関であるMHLにより見直しを行う。 ● 堆積エリアの借地境界は、将来の砂浜の維持管理を考慮し、原契約よりも海側に拡張することを禁じる。 ● 侵食エリアの借地境界は、消失した土地については契約更新時に除外する。 ● 上記の借地の契約の更新期間は60年となっているが、中長期的な海浜変形を考慮し、10年、少なくとも20年に1度は借地境界の見直しを行うことを提案する。 ● 官民境界の明確化、海浜利用を考慮し、Public domainを確保することを考慮に入れる。 ● 上記の具体的な管理体制については、7.3.7項で詳述する。 	
海岸利用面	海岸清掃の不備	<ul style="list-style-type: none"> ● ホテル、住宅などの借地エリアについては、Beach AuthorityおよびMOESDDBMの合同による海岸美化の巡回を適宜行う。著しく海岸環境を阻害する箇所については、借地者に対して注意勧告を行い、改善を促す。また、借地契約書の中に、海岸清掃の義務について追記することも重要である ● 公共海浜公園ではBeach Authorityによって概ね海岸の美化が保たれているが、借地エリアと公共エリアの境界部などで清掃の不備が見られる。Beach AuthorityおよびMOESDDBMの合同による巡回を適宜行い、問題箇所においては借地者に連絡し、立会いの下、改善策を検討し、役割と責任を明確にする。
	公共海浜公園内の車両・オートバイの進入	<ul style="list-style-type: none"> ● 多くのオートバイや車両の乗り入れが見られるのは主に週末である。週末にBeach AuthorityおよびMOESDDBMによる合同による巡回を適宜行い、改善策を検討する。対策を施した後の状況については、合同により継続的にモニタリングを行う。
	排水施設の不備	<ul style="list-style-type: none"> ● 排水施設の不備により海岸が洗掘されている箇所、汚水の流入が確認される場合は、MOESDDBMおよび海岸背後の道路管理者または排水管理者と協議した上で、恒久的な対策を検討する。
	自然海岸砂草の除去	<ul style="list-style-type: none"> ● 上述のセットバックエリア内の既存施設・構造物におけるMOESDDBM、MHLおよびMLGの年1回程度の合同での監視の際に、海岸砂草の管理状況を確認する。

出典：JICA 調査団

上記の各管理項目に対する組織・管理体制に基づき、関係機関での役割分担および実施頻度の概要を下表の通り取り纏める。なお、表中の上段は既存、下段は提案する役割分担を示す。

表 5.3.5 関係機関の役割分担および実施頻度(案)

管理項目		実施頻度	関係機関						
			MOES DDBM	MHL	MLG	Beach Authority	Forestry Service	MoF	MOI
海岸維持管理 面	養浜工に 対する管 理	適宜	◎						
	浜崖形成 に関する 管理	適宜	◎	○		○			
土地利用管理 面	既存の海 岸構造物	適宜	○			○	◎ ◎		
	海岸エリ アでの浚 渫	適宜	◎	◎	◎(DC)	○			
	動的海岸 域内の既 存施設・構 造物	適宜	◎	◎	○			◎	△
	動的海岸 域内での 構造物の 新設	建設前後	—	—	—	—	—	—	—
海岸利用 面	海岸清掃 の不備	適宜	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎		◎ ◎	
	公共海浜 公園内の 車両の進 入	適宜	○	◎	◎	◎			
	排水施設 の不備	適宜	○		◎ ◎	◎ ◎			
	自然海岸 砂草の除 去	適宜	— ◎	—	—	◎ ◎	—	—	—

備考：◎責任者、○副責任者、△協力者、—実績なし

上段：既存の役割・分担、下段：提案する役割分担

出典：JICA 調査団

5.3.5 海岸維持管理面での課題を踏まえた既存の法規制の改善の提案

前述の通り、海岸維持管理を行う上で既存の法規制は以下が挙げられる。

- 海岸域の定義：Environmental Protection Act 2002 (EPA2002)
- 海岸域の土地所有権：State Lands Act 1982
- 公共海浜公園の定義：Beach Authority Act, 2004
- 陸側の構造物の規制：Design Sheet, Residential Coastal Development, 2004
- 海側の構造物の規制：Planning Policy Guidelines, Planning and Development Act, 2004

- Environmental Impact Assessment, : EIA, EPA2002
- 生物多様性保全 : Forest and Reseves Act, 1983, Wild life Act, 1993, Fisheries and Marine Resources Act, 2007

上記で挙げた海岸維持管理面での課題を踏まえ、適用される法規制と既存の法規制の改善案を表 5.3.6に示す。なお、表中の上段は各課題に対する適用される法規制、下段は改善が必要な法規制の案を示す。

表 5.3.6 各課題に対する法規制の改善案

管理項目		適用される法規制 改善が必要な法規制の提案
海岸維持管理面	養浜工に対する管理	<p>養浜工事の工事に関して適用される法規制なし EIAおよび管理の要求事項がEPA (Beach re-profiling and modification of shoreline) に示されている。 備考：環境に影響を及ぼす広範囲な活動と補助的な作業に分けられている。</p> <p>養浜工事はこれまで公共海浜公園のみで実施されているが、借地で養浜工事が行われる場合、施行や環境への影響を評価するEIAの審査に加え、実施体制、費用負担などのルール化が必要となる。また、円滑な事業実施のために官民連携で実施することが望ましい。</p>
	浜崖形成に関する管理	<p>浜崖形成の管理に関連する法規制なし 上述の関係機関の役割分担に示したとおり、MOESDDBM、Beach Autholity、MLGを中心とした他の関係機関との管理の連携強化が必要である。</p>
土地利用管理面	既存の海岸構造物	<p>漁業・海洋資源法(Fisheries and Marine Resources Act, 2007)、Planning and Development Act, Beach Autholity Act, EPA, 2002 既存の直立護岸、突堤などの海岸構造物は、上記の法が制定される前に、借地者の独自の判断により建設された。今後、は上記の法律に基づき、許認可無しでの構造物建設の取り締まりを強化することが重要である。</p>
	海岸エリアでの浚渫	<p>EIA (EPA2002) 、 Fisheries and Marine Resources Act, 2007、Beach Autholity Act, EPA, 2002 浚渫後の環境や周辺海岸への影響を定性かつ定量的に評価する必要がある。既に、EPAでEIAが義務づけられている。</p>
	動的海岸域内の既存施設・構造物	<p>Design Sheet, Residential Coastal Development, 2004)、Planning and Development Act (2004) 前述の通り、2004年前後に建設された施設でセットバック15mおよび30mを順守されていないのが散見される。明らかに順守されていない施設については取り壊しや移設の指導が必要である。また、Design Sheetの中に、官民境界の明確化、不法な施設の撤去、移設の許可などを追加することが望ましい。</p>
	動的海岸域内での構造物の新設	<p>前述の通り、2004年前後に建設された施設でセットバック15mおよび30mを順守されていないのが散見される。明らかに順守されていない施設については取り壊しや移設の指導が必要である。また、Design Sheetの中に、官民境界の明確化、不法な施設の撤去、移設の許可などを追加することが望ましい。</p>
海岸利用面	海岸清掃の不備	<p>Beach Authority Act, 2004、Local government Act 公共海浜公園の清掃ほどの海岸も概ね良好であるが、借地エリア、借地と公共エリアの境界などで、清掃の不備が散見される。これらの場所では、広報などによる啓蒙や新たなルール作りが必要である。</p>
	公共海浜公園内の車両・オートバイの進入	<p>Beach Authority Act, 2004 前述の通り、関係機関の連携による監視体制、進入禁止の施設や標識の設置、海岸での啓蒙活動が重要である。</p>
	排水施設の不備	<p>Beach Authority Act, 2004 Beach Autholityに対する予算措置が必要である。</p>

管理項目	適用される法規制 改善が必要な法規制の提案
	適用される法規制なし 広報などによる啓蒙やPolicy Planing Guideline (PPG)を含む 新たなルール作りが必要である。
自然海岸砂草の除去	

出典：JICA 調査団

5.4 総合的土砂管理の観点からの海岸維持管理計画

本項では、海岸保全計画の対策に基づき、砂浜海岸の維持管理として養浜工（サンドリサイクル・サンドバイパスも含む）に関することを重点に検討する。検討内容は以下の通りである。また、各海岸で個別に考慮すべき維持管理計画については、Volume2の海岸維持管理計画に示す。

- [5.4.1 項] 対象海岸における海岸保全計画と養浜量の整理
- [5.4.2 項] 対象海岸の土砂収支の概要および海岸維持管理の基本方針
- [5.4.3 項] 海岸維持管理を実施する上での課題
- [5.4.4 項] 海岸域内の海岸維持管理に対する改善策の方向性
- [5.4.5 項] ラグーン内外からの砂の調達の可能性と今後の課題

なお、前述の通り、海岸維持管理で重要な海浜整形および海岸域内のリースエリアの計画・土地利用に関する課題と今後の取り組みについては、7.3 項で提言する。

5.4.1 対象海岸における海岸保全計画と養浜量の整理

対象海岸において海岸保全対策を施した後に、中長期的に良好な状態で海岸を保持するために、どのような維持管理が必要になるか把握する必要がある。それにより、将来的にどのような維持管理、予算、さらには組織で実施するかが計画する上で必要な情報となる。以下に対象海岸における海岸保全計画の概要を整理する。

表 5.4.1 対象海岸の海岸保全計画の概要と養浜量

No.	対象海岸	海岸保全計画の概要	養浜量
1	Baie du Tombeau	<ul style="list-style-type: none"> ● 護岸改修等 ● 歩道橋改築 	—
2	Pte. aux Cannoniers	<ul style="list-style-type: none"> ● 北側侵食エリア：養浜＋磯場（必要性について要検討）、養浜エリアの護岸撤去 ● 東側侵食エリア：養浜＋突堤、養浜エリアの護岸改良 	5,000m ³ （40年間の土砂消失量） 10,000m ³ （約40年間の土砂消失量）
3	Mon Choisy	<ul style="list-style-type: none"> ● 養浜（適切な粒径）＋海浜整形 	初期投入：5,000m ³ 2回目以降：1,000m ³ /2年毎
4	Bras d'Eau	[短期対策] <ul style="list-style-type: none"> ● 海浜整形・サンドリサイクル ● マングローブ、海草の移植 [中長期対策] <ul style="list-style-type: none"> ● 公衆便所の移設 	約 200m ³ /年（浚渫とサンドリサイクル）
5	T. d'Eau Douce	<ul style="list-style-type: none"> ● セットバック ● 直立護岸の緩傾斜護岸への改修 	—

No.	対象海岸	海岸保全計画の概要	養浜量
6	Ile aux Cerfs	● 堆積土砂の浚渫+侵食域への投入 (サンドリサイクル)	約2,000m ³ /年 (浚渫と サンドリサイクル)
7	Pte. d'Esny (Blue Bay)	● 養浜 (サンドリサイクルも含む) ● 突堤等の海岸施設の再編成 ● セットバック ● 上記の組み合わせ	約 10,000m ³ (堆積域の砂 を侵食域へサンドリサイ クルまたは外部から の調達)
8	Bel Ombre	● セットバック	—
9	Le Morne	● サンドバイパス ● 導流堤の改修 ● サンゴの移植	約800 m ³ /年のサンド バイパス
10	Flic en Flac	● サンドリサイクル ● サンゴの移植	約 2,000m ³ /年 (浚渫と サンドリサイクル)
11	Albion	● セットバック ● サンゴ・海草の移植	—
12	Pte. aux Sables	● 東側堆積域から新設護岸両側侵食 域へのサンドリサイクル	初期投入：4700m ³ 定期投入：2000m ³ /2年
13	Grand Sable (物理的対策 実証事業)	[短期対策] ● フレキシブル護岸 [中長期対策] 道路嵩上げ	礫：7,700m ³ 砂：940m ³
14	Albion (Cliff)	● セットバック	—

出典：JICA 調査団

5.4.2 対象海岸の土砂収支の概要および海岸維持管理の基本方針

以下に対象海岸の土砂収支の概要を示す。

- 各対象海岸における過去 45 年間 (1967-2012 年) および過去 15 年間 (1997-2012 年) の全体土砂収支および年間土砂収支を表 5.4.2に示す。過去 45 年間の土砂収支を見ると、全体で約 39 万 m³、年平均で約 8,700m³の堆積となっている。このデータから侵食海岸は、Mon Choisy、Pte. aux Cannoniers および Albion の 3 海岸であり、最も侵食量の大きい海岸は Mon Choisy の 22,400m³で年平均で 498m³である。Pte. aux Cannoniers および Albion の年平均侵食量は 200m³前後である。
- 過去 15 年間 (1997-2012) の土砂収支を見ると、Mon Choisy および Pte. aux Cannoniers は過去 45 年間と同様に侵食傾向であり、Pte. aux Cannoniers では北側および東側で顕著で有り、年間の平均侵食量を合わせると約 1,200m³である。その他、Le Morne および Bras d Eau は過去 45 年間の長期的には堆積傾向であるが、過去 15 年間の短期的に見れば侵食傾向に転じている。一方で、Albion は長期期には侵食傾向にあったが、短期的には堆積傾向に転じている。顕著な堆積が見られたのは当海岸南側の河口部で、内陸からの砂のフラッシュによる堆積であると考えられる。堆積域以外は、全てのサブセルで侵食傾向にある。
- 対象海岸に対する海岸維持管理として、長期的な土砂収支で増加傾向にある 9 箇所の海岸については、堆積域にある砂を侵食域に投入し、定期的な維持管理により海岸全体の均衡を図ることを方針とする。ただし、短期的に侵食傾向に転じている海岸 (Le Morne および Bras d Eau) については、基本的に同

海岸でのサンドバイパスやサンドリサイクルを基本とするが、将来的に土砂収支で減少傾向が見られる場合は、外部から砂を調達して海岸を維持することも考慮に入れる。

- 長期かつ短期的に土砂収支で減少傾向にある Mon Choisy および Pte. aux Cannoniers の 2 海岸については、海岸を良好な状態に維持するために、継続的な砂の投入が必要となる。養浜に必要な砂は、当海岸以外の外部からの調達となる。外部からの調達方法については、次項に示す。
- なお、長期的に最も堆積している Ile aux Cerfs は、過去 45 年間で約 17 万 m³、年間の平均の堆積量が約 3,800m³ であり、2 つの島の間の水路を維持するために、過去に浚渫を行っており、その砂の処分に苦慮していることから、この余剰分の砂を他の侵食海岸への再利用も視野に入れることを提言する。

表 5.4.2 長期(過去 45 年間)および短期(過去 15 年間)の土砂収支

対象海岸	1967-2012(過去45年間)		1997-2012(過去15年間)	
	土砂収支(m ³)	年間土砂収支(m ³ /年)	土砂収支(m ³)	年間土砂収支(m ³ /年)
Baie du Tombeau	17,675	393	15,700	1,047
Pte. aux Cannoniers(North)	-2,425	-54	-14,025	-935
Pte. aux Cannoniers(East)	-6,925	-154	-4,975	-332
Mon Choisy	-22,400	-498	-7,650	-510
Bras d' Eau	9,283	206	-5,734	-382
T. d'Eau Douce	17,750	394	11,675	778
Ile aux Cerfs	171,250	3,806	26,850	1,790
Pointe d'Esny	17,575	391	16,625	1,108
Bel Ombre	63,350	1,408	28,225	1,882
Le Morne	55,950	1,243	-8,075	-538
Flic en Flac	23,775	528	40,725	2,715
Albion	-7,748	-172	3,447	230
Pointe aux Sables	53,750	1,194	37,400	2,493
合計	390,861	8,686	140,188	9,346

出典：JICA 調査団

5.4.3 海岸維持管理を実施する上での課題

各対象海岸において海岸保全対策を施した後に、海岸維持管理面で最も重要な点は、長期間適切に海岸を維持するために、継続的に砂を投入することや一つの海岸空間の中で適切に砂を再利用することにある。

これまで、対象海岸での海岸内でサンドリサイクルやサンドバイパスとして海岸維持管理を行った事例は 2 つ挙げられる。一つ目は、2014 年 6 月に Flic en Flac の北部に堆積した砂を採取し、ダンプトラックにより上手側の公共海浜公園の侵食域に投入したサンドリサイクルの事例である。このときの採取・投入量は約 400m³ で工事期間は 1 週間程度であった。二つ目は、Ile aux Cerfs の航路に堆積した砂を北側の下手側に移動するサンドリサイクルの事例である。一方、Le Morne の Hotel Le Paradis からのヒアリングによれば、水路内の堆積した砂の浚渫を行っており、その砂を侵食域(下手側)に投入するサンドバイパスを計画しているが、政府からの許可が下りない状況が続いている。

これらの海岸で実施できた理由として、

- Flic en Flac では堆積域および侵食域が共に公共エリアであることから、MOESDDBM 主導で計画から施工が行われ、現在に至りモニタリングを行うことが出来ている。
- Ile aux Cerfs では、堆積域および下手の侵食域は共に同じオーナーにより借地されていることから、ホテル側の予算で維持管理が行うことができる。Le Morne では、同様の状況であり、政府の許可が下りれば、上手側から下手側へのサンドバイパスが可能である。

このように、侵食域および堆積域が、双方共に公共エリアまたは同一の借地エリアではサンドリサイクルやサンドバイパスによる海岸の維持管理が可能である。しかし、堆積域と侵食域が、公共エリアと借地エリアが混在、または借地エリア内で借地者が混在する箇所ではこれまでサンドリサイクルによる維持管理は行われていない。ここでの課題は、以下のように整理される。また、前述の既の実績のある公共エリアおよび同一借地者についても主な課題を取り纏める。

表 5.4.3 海岸域内での海岸維持管理に関する課題と該当する海岸

ケース	海岸の状況		主な課題	該当する海岸
	堆積域	侵食域		
ケース-1	公共 エリア	借地 エリア	<ul style="list-style-type: none"> ● 土砂採取に関するEIAや施工費を借地者が負担すること。 ● 侵食エリアで複数の借地者が存在する場合、それぞれの負担額や施工業者の設定に関する協議や合意に至るまでの調整が困難である。 ● 継続的な維持管理が必要となるため、域内での官民連携の組織化が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ● T. d'Eau Douce(南部) ● Bel Ombre <i>備考: 将来サンドバイパスやサンドリサイクルが実施される可能性がある。</i>
ケース-2	借地 エリア	公共 エリア	<ul style="list-style-type: none"> ● 政府より借地者に対して、砂採取に関して必要性と技術的根拠に基づく影響の説明が必要。 ● 借地エリアと堆積域の境界の明確化 ● 上記説明に対する理解と合意 ● 継続的な維持管理が必要となるため、域内での官民連携の組織化が必要。 ● アクセス道路の確保 ● 施工時期と施工時間に関する借地者との協議と合意 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pte. aux Sables <i>備考: Volume2の海岸保全計画の中で提案されている。</i> ● T. d'Eau Douce(北部) <i>備考: 将来サンドバイパスやサンドリサイクルが実施される可能性がある。</i>
ケース-3	借地 エリア	借地 エリア	<ul style="list-style-type: none"> ● 堆積エリアおよび侵食エリアともに土砂の採取と投入の必要性と技術的根拠に基づくその後の影響の説明が必要。 ● 借地エリアと堆積域の境界の明確化 ● 双方のエリアでの理解と合意、さらには協力合意が必要。 ● 域内での各借地者の費用負担や施工業者の選定までの調整や手続きが必要。 ● 継続的な維持管理が必要となるため、域内での組織化が必要。 ● 将来的に円滑な維持管理を遂行するために、土砂採取から投入までの制度化が必要 ● アクセス道路の確保 ● 施工時期と施工時間に関する借地者との協議と合意 ● 上記の各種調整で官側のサポートが不可欠 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pte. d'Esny <i>備考: Volume2の海岸保全計画の中で提案されている。</i> ● Bel Ombre ● Baie du Tombeau <i>備考: 将来サンドバイパスやサンドリサイクルが実施される可能性がある。</i>

ケース	海岸の状況		主な課題	該当する海岸
	堆積域	侵食域		
	公共 エリア	公共 エリア	特に課題無し。但し、継続的なモニタリング および維持管理が必要。	● Flic en Flac ● Bras d'Eau 備考：Volume2の海 岸保全計画の中で 提案されている。
	同一の借地者		● 砂の調達に関しては特に問題なし ● 定期的なモニタリングおよび維持管理の実 施 ● 定期的な第三者（MOESDDBM）による海 岸管理状況の監視・助言	● Ile aux Cerfs ● Le Morne 備考：Volume2の海 岸保全計画の中で 提案されている。

出典：JICA 調査団

上記の通り、各ケースに対する課題を抽出したが、これら課題の改善に対する方向性は次項の“海岸域内の海岸維持管理に対する改善策の方向性”に示す。

5.4.4 海岸域内の海岸維持管理に対する改善策の提案

上述の通り、海岸域内でのサンドリサイクルおよびサンドバイパスを実施する場合、堆積域および侵食域が公共エリアか借地エリアで課題が異なる。上記で挙げた 3 つのケースに対する課題に対し、各々について改善の方向性を述べる。

- ケースー 1：堆積域⇒公共エリア、侵食域⇒借地エリア
- ケースー 2：堆積域⇒借地エリア、侵食域⇒公共エリア
- ケースー 3：堆積域⇒借地エリア、侵食域⇒借地エリア

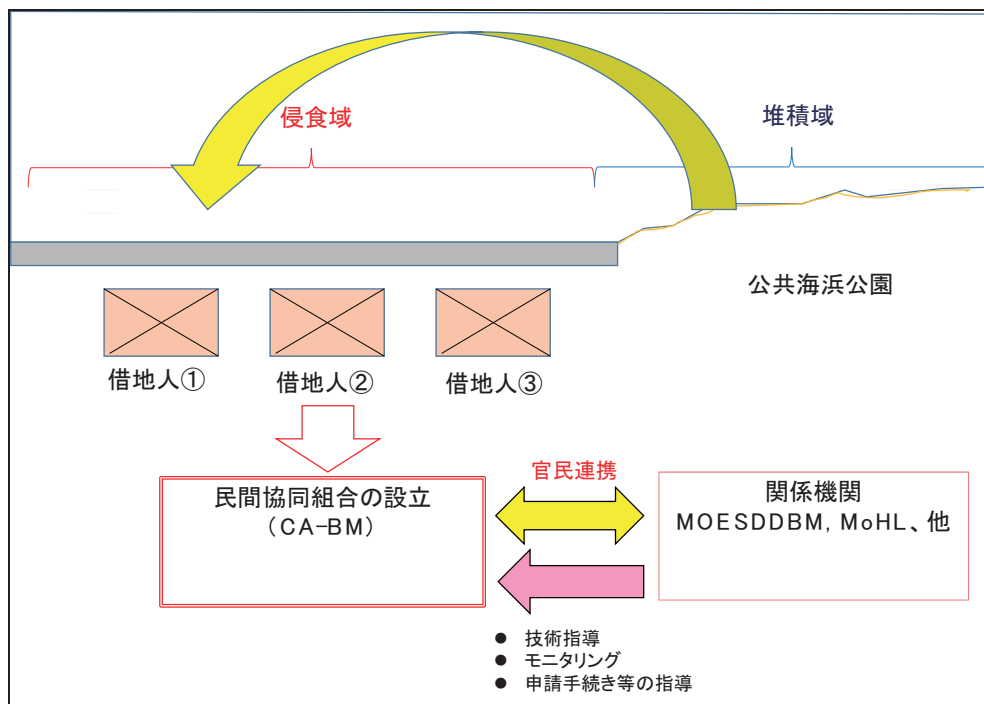
a. ケースー 1：堆積域（公共エリア）、侵食域（借地エリア）

堆積域が公共エリアおよび侵食域が借地エリアでの砂の採取および養浜工を行う上での主な課題、それに対する改善の方向性を以下に示す。また、官民連携による実施体制（案）および維持管理費の費用負担と施工の流れ（案）を各々図 5.4.1および図 5.4.2に示す。

表 5.4.4 ケースー1に関する主な課題と改善の方向性

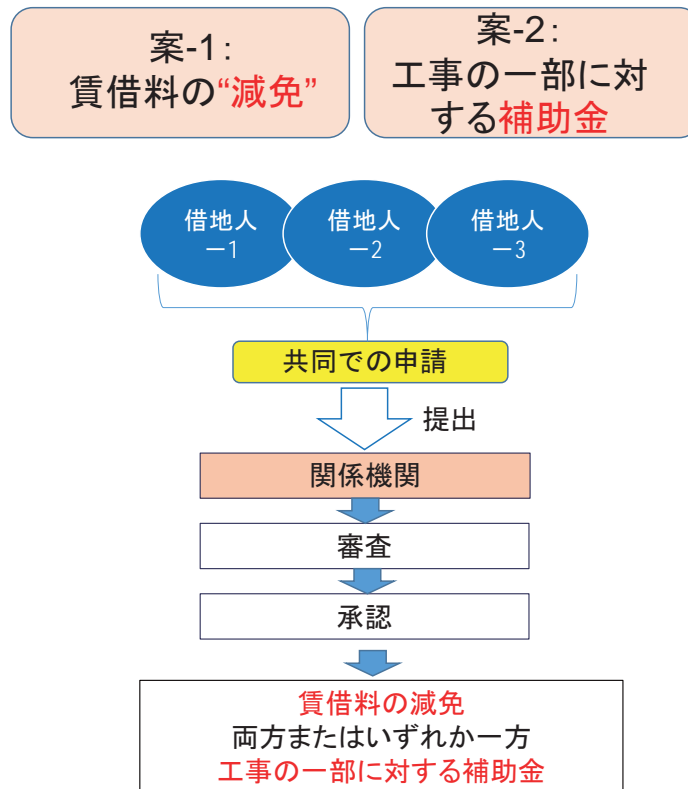
主な課題	改善の方向性
<p>採取に関するEIAや施工費を借地者が負担すること。</p> <p>侵食エリアで複数の借地者が存在する場合、それぞれの負担額や施工業者の設定に関する協議や合意に至るまでの調整が困難である。</p> <p>継続的な維持管理が必要となるため、域内での官民連携の組織化が必要。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 侵食エリアは複数の借地者が存在するケースが多い。そのため、侵食エリアにおいて管理方法、費用負担、施工業者の選定などを協議できる協議会または組合を発足する必要がある。(図 5.4.1 参照) ● 堆積域は公共エリアであることから、土砂採取に際して公共機関との調整が必要である。また、技術的な観点からの投入量や投入方法、維持管理の頻度・方法などアドバイスが重要となる。そのため、官と民との協議調整が必要であることから、官民連携の維持管理体制を構築することが必要である。(図 5.4.1参照) ● 初期の砂採取・投入および継続的な維持管理には借地者の費用の負担が大きくなる。民による自主的な海岸維持管理を後押しするために、当該エリアの借地者に対して、(案-1) 借地料の減免、または(案-2) 政府からの補助制度を適用することも考慮に入れる。ただし、複数の借地者による共同での申請を推奨する。(図 5.4.2参照)

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.4.1 ケースー1の官民連携による実施体制(案)



出典：JICA 調査団

図 5.4.2 維持管理費の補助制度(案)

b. ケースー 2：堆積域（借地エリア）、侵食域（公共エリア）

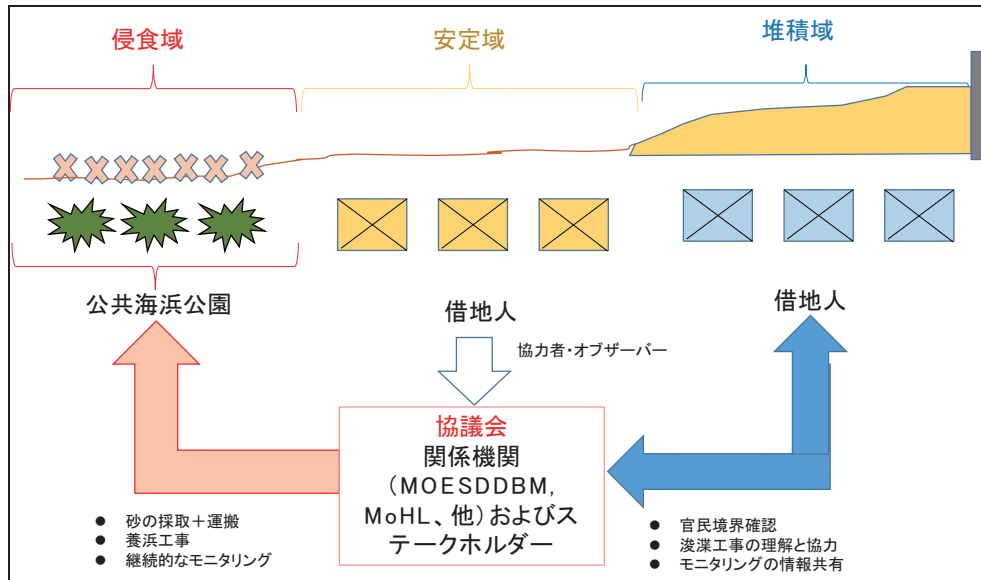
堆積域が借地エリアおよび侵食域が公共エリアでの砂の採取および養浜工を行う上での主な課題、それに対する改善の方向性を以下に示す。また、官民連携による実施体制（案）を図 5.4.3に示す。このケースの場合、砂の採取から養浜に至る維持管理費は官側が負担することになる。

表 5.4.5 ケースー2に関する主な課題と改善の方向性

主な課題	改善の方向性
砂採取に関して借地者に対する技術的根拠に基づく影響の説明。	● 関係機関（MOESDDBMなど）より、当海岸の漂砂機構、砂採取による背後への影響、環境影響、将来的な維持管理計画などの情報を提供し、借地者の理解と合意を得る。計画段階、施工前後、定期的な維持管理の説明および合意形成が必要。（図 5.4.3参照）
借地エリアと堆積域の境界の明確化。	● 借地契約に基づく、官民境界の位置を現地での官民両者での現地立会いによる確認。 ● 将来の維持管理を円滑に行うために、官民境界線上に境界杭を設置する。
上記説明に対する理解と合意	● 上記と同様
継続的な維持管理が必要となるため、域内での官民連携の組織化が必要。	● 堆積域の住民グループと関係機関（MOESDDBMなど）との間で官民連携が図れる協議会を設立 ● 協議会で維持管理の施工方法、施工期間に関する情報交換、施工

主な課題	改善の方向性
アクセス道路の確保 施工時期と施工時間に関する借地者との協議と合意	後のモニタリング結果に関する情報共有 ● 定期的なミーティングを行い、継続的かつ円滑な維持管理を行う。 (図 5.4.3参照)

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.4.3 ケース-2の官民連携による実施体制(案)

c. ケース-3：堆積域（借地エリア）、侵食域（借地エリア）

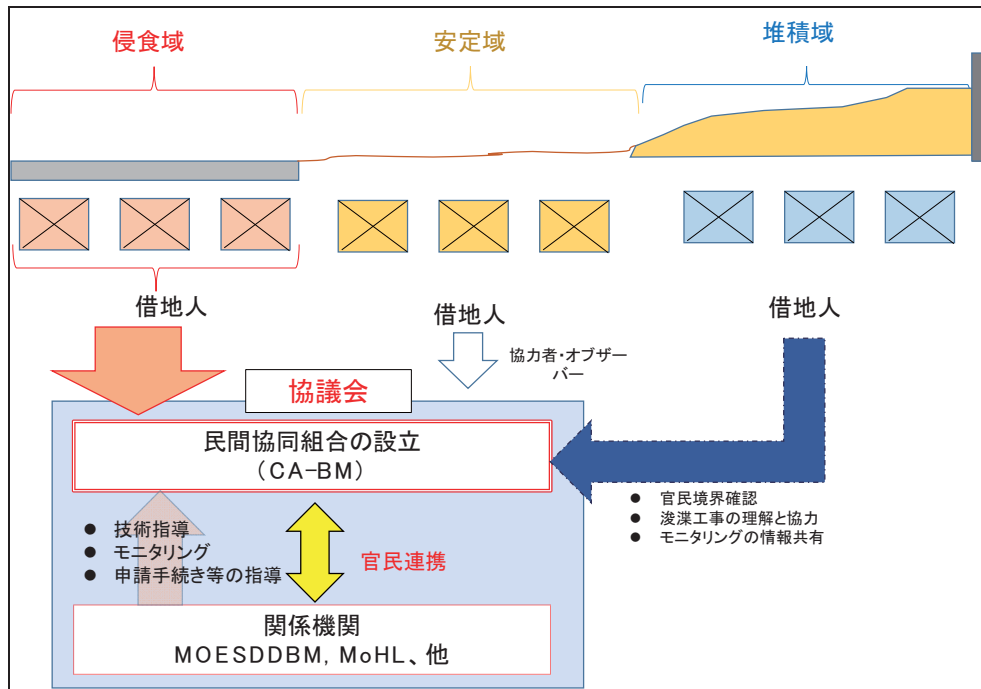
堆積域および侵食域が共に借地エリアでの砂の採取および養浜工を行う上での主な課題、それに対する改善の方向性を以下に示す。また、官民連携による実施体制（案）を図 5.4.4に示す。このケースの場合、工事に関しては借地者の負担となるため、図 5.4.2同様に補助制度の適用を提案する。

表 5.4.6 ケース-3に関する主な課題と改善の方向性

主な課題	改善の方向性
堆積エリアおよび侵食エリアともに土砂の採取と投入に関しての技術的根拠に基づく影響の説明が必要。	● 当海岸の漂砂機構、砂採取による背後への影響、環境影響、将来的な維持管理計画などの情報を提供し、堆積エリアおよび侵食エリアの借地者の理解を得るために、関係機関（MOESDDBMなど）による技術サポートが不可欠。 ● 維持管理を円滑に進めるために、関係機関（MOESDDBMなど）より、借地者に対して維持養浜後のモニタリングデータを定期的に提供し、維持管理の効果について理解を深めることが重要。 (図 5.4.4参照)

主な課題	改善の方向性
借地エリアと堆積域の境界の明確化。	<ul style="list-style-type: none"> ● 借地契約に基づく、官民境界の位置を現地での官民両者での現地立会いによる確認。 ● 将来の維持管理を円滑に行うために、官民境界線上に境界杭を設置する。 (図 5.4.4参照)
双方のエリアでの理解と合意、さらには協力合意が必要。	<ul style="list-style-type: none"> ● 侵食エリアは複数の借地者が存在するケースが多い。そのため、侵食エリアにおいて管理方法、費用負担、施工業者の選定などを協議できる協議会または組合を発足する必要がある。
継続的な維持管理が必要となるため、域内での組織化が必要。	<ul style="list-style-type: none"> ● また、堆積エリアでの砂採取や運搬などの工事、採取後の汀線の変化などの情報を堆積エリアの借地者に提供するために、彼らにはオブザーバーとして協議会に参加してもらうこととする。 (図 5.4.4参照)
域内での各借地者の費用負担や施工業者の選定までの調整や手続きが必要。	<ul style="list-style-type: none"> ● 上述と同様に、初期の砂採取・投入および継続的な維持管理には借地者の費用の負担が大きくなる。民による自主的な海岸維持管理を後押しするために、当該エリアの借地者に対して、(案1)借地料の減免、または(案-2)政府からの補助制度を適用することも考慮に入れる。ただし、侵食エリアにおける複数の借地者による共同での申請を推奨する。(図 5.4.2参照)
将来的に円滑な維持管理を遂行するために、土砂採取から投入までの制度化が必要	<ul style="list-style-type: none"> ● 施工業者の選定や補助金申請などについては、関係機関のサポートが必要である。 (図 5.4.4参照)
アクセス道路の確保 施工時期と施工時間に関する借地者との協議と合意 上記の各種調整で官側のサポートが不可欠	<ul style="list-style-type: none"> ● 堆積域の住民グループと関係機関 (MOESDDBMなど) との間で官民連携が図れる協議会を設立 ● 協議会で維持管理の施工方法、施工期間に関する情報交換、施工後のモニタリング結果に関する情報共有 ● 定期的なミーティングを行い、継続的かつ円滑な維持管理を行う。 (図 5.4.4参照)

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.4.4 ケース-3の官民連携による実施体制(案)

5.4.5 ラグーン内外からの砂の確保の可能性と今後の課題

上記の海岸域内でサンドリサイクルやサンドバイパスが困難な場合、砂浜を維持するためには、外部から砂の確保が必要となる。外部からの砂の調達としては、モ国南部の砂採取場 2 箇所に限定される。その他、MOI によりリーフギャップ内での砂の調査が行われている。しかし、現時点で十分な量の砂が確認されていない。よって、中長期的な視点で砂浜を維持するためには、ラグーンの外でのポテンシャルを確認しつつも、ラグーン内での砂の調達の可能性を考慮することも必要である。しかし、モ国では 2001 年の政府閣議でリーフ内からの砂の採取が禁止されている。そのため、本項ではリーフ内外での砂の調達の可能性を示した上で、今後の課題と必要と考えるアクションを挙げる。ここで検討するのは、以下の 5 ケースである。

- ケース-A： ラグーン上で発達する島からの砂採取の可能性（例：Baie du Tombeau）
- ケース-B： ラグーン内の堆積土砂の採取および養浜材としての利用の可能性（例：Pointe d' Esny）
- ケース-C： 浚渫土砂の他海岸の養浜材としての利用の可能性（例：Ile aux Cerfs）
- ケース-D： 海岸への砂供給に寄与しないと考えられるリーフ上の余剰砂の利用の可能性（例：Ile aux Phares, Bambous Vrieux の沖合）
- ケース-E： リーフギャップ等の深みの落ち込み砂の利用の可能性（例：リーフ周辺の砂の堆積域）

a. ケース-A：ラグーン上で発達する島からの砂採取の可能性と課題（例、Baie du Tombeau）

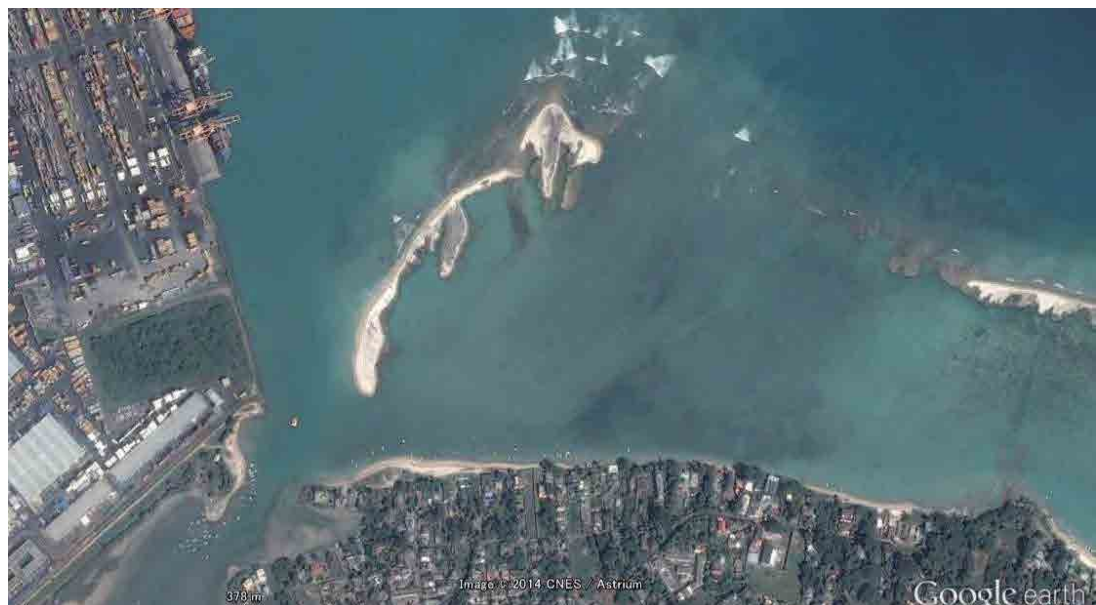
Baie du Tombeau では、ラグーン内で土砂が堆積し、島が形成され徐々にその大きさが増加している。この島は当海岸の最南端のラグーン内に位置する。この島の発達およびその周辺海岸の汀線変化を示したのが図 5.4.5である。この島の発達の変遷としては、2003年8月および2014年5月の Google Map の衛星写真で比較したが、島の面積は2003年で約 9,800m²であったが、2014年には約 25,000m²と約 2.5 倍に発達している。層厚は 1m 程度あるものと思慮され、約 10 年間で 15,000m³ 程度が堆積していると考えられる。

この島周辺の海岸の状況を見ると、当海岸の南部の下手側では、島の発達と共に汀線が著しく前進し、島の発達によりトンボロ効果が助長し、舌状に汀線が突出しているものと考えられる。一方で、この堆積域の北側では 2003 年に前浜が存在したエリアで、2014 年の衛星写真では殆ど砂浜が消失していることが確認できる。これにより、島の急激な発達により、その背後の海岸で急激に汀線が前進し、その変化に伴い上手側の砂が下手側に移動し、海岸侵食が助長したものと考えられる。

ラグーン上での砂採取は 2001 年に禁止され、現在砂の採取が出来ない状況である。しかし、島の発達によって背後の海岸に影響を及ぼすことが推測され、島の大きさを浚渫により調整し、背後の海岸の安定化を図ることも考えられる。そして、ここで浚渫した砂を同海岸の侵食域への養浜材料および上述同様に土砂収支の均衡が保たれない海岸の維持養浜用として有効利用し、モ国内で柔軟に包括的な海岸管理が行われることが望ましいと考える。

ここでの課題としては、以下の点が挙げられる。

- 砂採取における周辺海岸への影響と環境影響評価の実施
- 砂採取に関する周辺住民への技術的側面からの理解と同意
- 砂採取禁止の規制に対して、特例での適用に関する手続き
- 土砂採取から砂の投入に至る費用負担や実施体制の構築





(出典：JICA 調査団)

図 5.4.5 Baie du Tombeauでのラグーン内の堆積の変遷と侵食域・堆積域の経年変化

b. ケース-B：ラグーン内の堆積土砂の採取および養浜材としての利用の可能性と課題（例：Pt. d' Esny）

Pt. d'Esny は北側の突堤から約 650m の範囲は堆積域となっており、ここには前述の通り過去 40 年間で約 45,000m³ の砂が堆積している。ここでの砂の堆積は現在も続いており、近年は最北の突堤(G4)での堆積が著しく、砂が突堤の先端をオーバーフローし、北側のラグーン上に堆積している。2006 年および 2014 年の堆積域を Google Earth の衛星写真で確認したが、面積は約 7,000m² に対して 18,000m² と約 2.5 倍に発達している。2014 年 10 月に船による現況調査を行ったが、大潮の高潮時であったため、干出した状態を確認することができなかった。しかし、その時の堆積域での水深が約 70cm、堆積外の箇所での水深が約 3m であることから、堆積厚は 2m 程度であると推測される。周辺住民にヒアリングしたところ、堆積域は著しく発達し、最近では背後のボートの航行に支障を来しており、ここでの浚渫について強い要望があった。また、浚渫した砂を侵食域の海岸侵食対策として再利用することについても要望があった。

上述の通り、ラグーン上での砂採取はモ国では 2001 年の政府閣議でリーフ内からの砂の採取が禁止されており、現在砂の採取が出来ない状況である。この堆積域では、南か

ら北の沿岸漂砂から G4 の突堤をオーバーフローし、継続的に堆積することが考えられる。南側（上手）から移動してきた砂がここに堆積していることを考慮し、その堆積した砂を南側の侵食域に投入することはサンドリサイクルシステムの一環となる。しかし、当ラグーンで砂の採取を実施する場合は、閣議令の変更が必要になる。採取に関しては、関係機関で十分に協議した上で、法制度の見直しまたは新たな規制を設けることが必要となる。ここでの課題としては、以下の点が挙げられる。

- 砂採取における周辺海岸への影響と環境影響評価の実施
- 砂採取に関する周辺住民への技術的側面からの理解と同意
- 砂採取禁止の規制に対して、特例での適用に関する手続き
- 土砂採取から砂の投入に至る費用負担や実施体制の構築



出典：JICA 調査団

図 5.4.6 Pt. d'Esny でのラグーン内堆積の変遷

c. ケース-C：浚渫土砂の他海岸の養浜材としての利用の可能性と課題（例：Ile aux Cerfs）

対象海岸においてラグーン内で砂採取が行われている箇所は Ile aux Cerf と Ile del'Est 間の水路部で、これは閉塞対策としての浚渫である。当海岸では前述の通り過去に 2 度浚渫が行われ、2012 年 10 月に約 20,000m³そして 2014 年 5 月に約 3,300m³の浚渫が行われ、浚渫された砂は近隣の海岸への投入や島の陸域にストックされている。当海岸では、沖からの砂の供給が他の対象海岸に比べ顕著であり、水路部の閉塞対策として定期的かつ持続的な浚渫を要する。なお、この水路部の堆積量は、年平均で約 1,500m³と試算されている。今後、長期的に考えると、継続的に浚渫した砂のストックする箇所の確保およびその処分が課題になることが予想される。そのため、浚渫した砂の処分の問題を解消

するために、その砂を土砂収支の均衡が保たれない海岸（Mon Choisy、Pte. aux Cannoniers および Albion）の維持養浜用として有効利用し、モ国内で柔軟に包括的な海岸管理が行われることが望ましい。しかし、モ国では浚渫した砂を他の海岸で使用した実績が無く、今後借地者と官側との協議、制度面での見直し、費用負担の明確化、官民連携での組織体制の構築などの課題が挙げられる。具体的には以下を挙げる。

- 借地者と官側との砂の他地域での使用に関する協議と合意
- 砂の他海岸への持ち出しに関する制度面での制定
- 費用負担の明確化
- 官民連携での組織体制の構築



出典：JICA 調査団

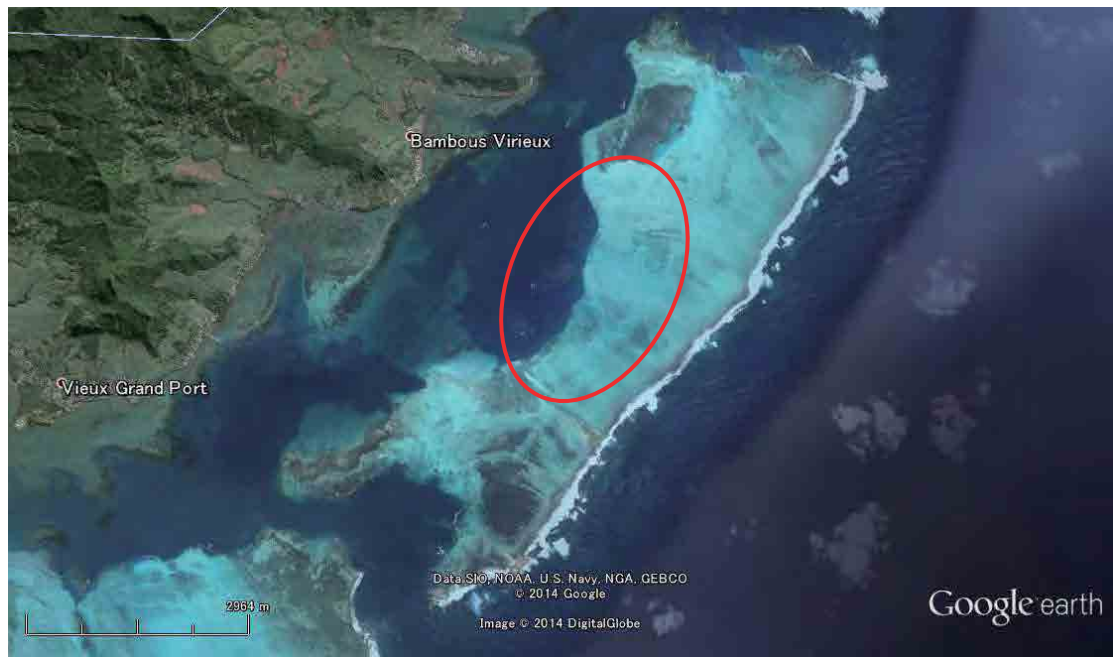
図 5.4.7 Ile aux Cerfs での浚渫箇所

d. ケース-D：海岸への砂供給に寄与しないと考えられるリーフ上の余剰砂の利用の可能性と課題（例：Ile aux Phares: Bambous Virieuxの沖合）

Pte. d'Esny の北部および Bambous Virieux 沖合のラグーン上には殆どサンゴが存在せず、大量の砂が堆積している。このラグーンと海岸の間には約 30m の水深の深みが存在し、沖合から海岸への砂の供給の連続性が途切れる。ラグーンの西側では多量の砂がラグーンから深みに落ち込んでいる。これより、このラグーンでは、沖合より大量の砂が供給されている一方で、岸側の海岸への砂の供給は寄与していない。仮に、この場所で砂の採取を行ったとしても岸側の海岸への侵食等の影響は殆ど無く、またラグーン上にはサンゴが殆ど存在していないことから環境への影響も非常に少ないと考えられる。絶えず大量の砂が供給されている当ラグーンでの砂の採取に関しては非常に高いポテンシャルを有していると考えられる。一方で、上述の通り、モ国では 2001 年にリーフ内からの砂の採取が禁止されている。そのため、当ラグーンで砂の採取を実施する場合は、閣議令の変更が必要になる。また、砂の採取の目的を限定しなければ、過去のように過剰な採取が行われ生態系の悪化や侵食の原因に至る可能性があるため、海岸の維持管理・再生の目的のみ採取可能など用途を限定することが重要となる。採取に関しては、関係機関で十分に協議した上で、法制度の見直しまたは新たな規制を設けることが必要となる。

ここでの課題としては、以下の点が挙げられる。

- 砂採取による周辺への影響に関する技術的な検討と環境影響評価の実施
- 砂採取禁止の規制に対して、特例での適用に関する手続き
- 土砂採取から砂の投入に至る費用負担や実施体制の構築
- 土砂採取の監視の強化と継続的な環境モニタリングの実施
- 養浜に適する粒径であるかの妥当性に関する情報



出典：JICA 調査団

図 5.4.8 Bambous Virieux 沖合のラグーン



出典：JICA 調査団

図 5.4.9 当ラグーンの底質の状況

e. ケース-E：リーフギャップ等の深みの落ち込み砂の利用の可能性と課題（ラグーン外の堆積土砂）

現在、MOIにより将来の砂の調達を計画するために、Flic en Flac、Trou aux Biches および Mon Choisy の 3 海岸のラグーン外の沖合で砂の調査が行われている。これは、陸上

での砂の調達には将来的に十分な量を確保することが困難であり、中長期的に砂浜を維持するために、何処にどれだけの量と良質な砂が堆積しているか把握するために実施されている。現時点で、海域での砂の調査結果を見ると、採取可能な量が 35,000m³ 程度に留まること、砂の質に関する詳細な情報（粒径、組成等）が明確でないこと、水深が 3m～17.5m と幅があり、15m 以浅はサンゴや砂の移動限界に影響することなど様々な課題が挙げられる。よって、将来的に安定的に良質な砂を確保するためには、より広域かつ詳細な調査を実施することが必要であると考えられる。具体的には以下の課題を挙げる。

- 沖合で広域的な砂堆積エリアの詳細な調査の実施
- 沖合での砂採取に当たっての浚渫機材の調達計画
- 長期的な維持管理を考慮しての浚渫土砂のストックエリアの確保
- 土砂採取から砂の投入に至る費用負担や実施体制の構築
- 施工中および施工後の継続的な環境モニタリングの実施

Chapter 6

リーフ環境保全計画
*Reef Environment Conservation
Plan*

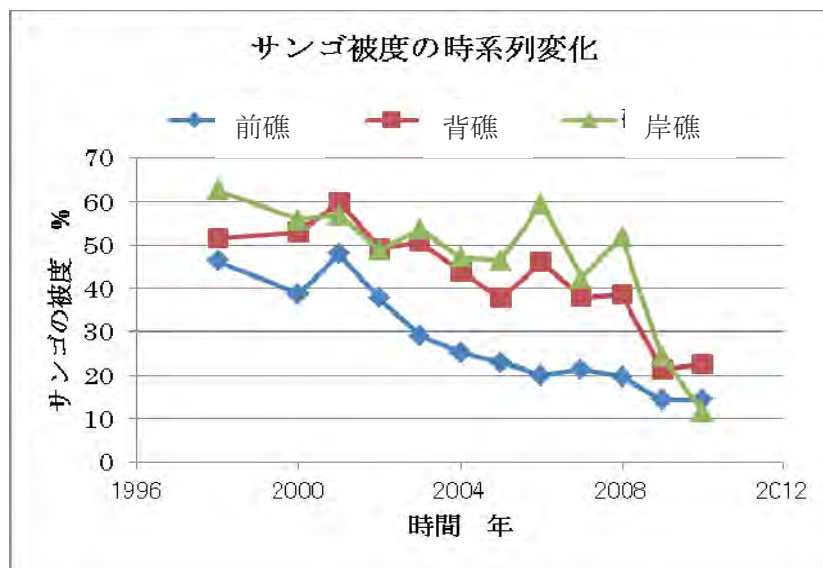
6 リーフ環境保全計画

6.1 背景

「モ」国における海岸保全対策に対する基本的考え方はリーフ、ラグーン、海浜を一体として捉え、Baird(2003)年の提言を受けて、そのシステムの保全と再生を目標としていることである。本調査においてもこの基本的考え方に沿って、リーフ環境の保全計画を策定する。

本調査で行った航空写真および衛星画像を用いた海岸状況の解析結果から、リーフ環境を構成するサンゴ、海草、水質等が海岸保全に大きく関連していることが明らかになった。すなわち、前礁及び背礁のサンゴ群集は海浜砂の供給源であると共に高波浪を大きく低減する機能を有している。また、ラグーン内のサンゴ群集は主に波浪の減衰、沿岸流の変化をもたらし、結果的にサンゴ群集は海浜の堆積、侵食に影響を与えている。一方、ラグーン内の海草は、海浜近くで波浪の減衰と底質の保持に寄与しており、その消失は侵食につながる。サンゴおよび海草の消長には水質が関係し、富栄養化によりサンゴ被度の低下をもたらしている（海岸保全計画の項参照）。

図 6.1.1はAFRCによって行われたモニタリング調査の結果で、サンゴ被度の長期下落傾向を示している(Vol. 1, Ch.2 p. 2-80 参照)。被度が25%以下のサンゴ礁の評価は“不良”で、「モ」国のサンゴ礁は平均的に“不良”であることを示している (Vol. III, Ch. 3, 表 3.1.1参照)。これは、将来海浜砂の供給と波浪減衰効果の低下により海岸災害を引き起こす可能性がある。



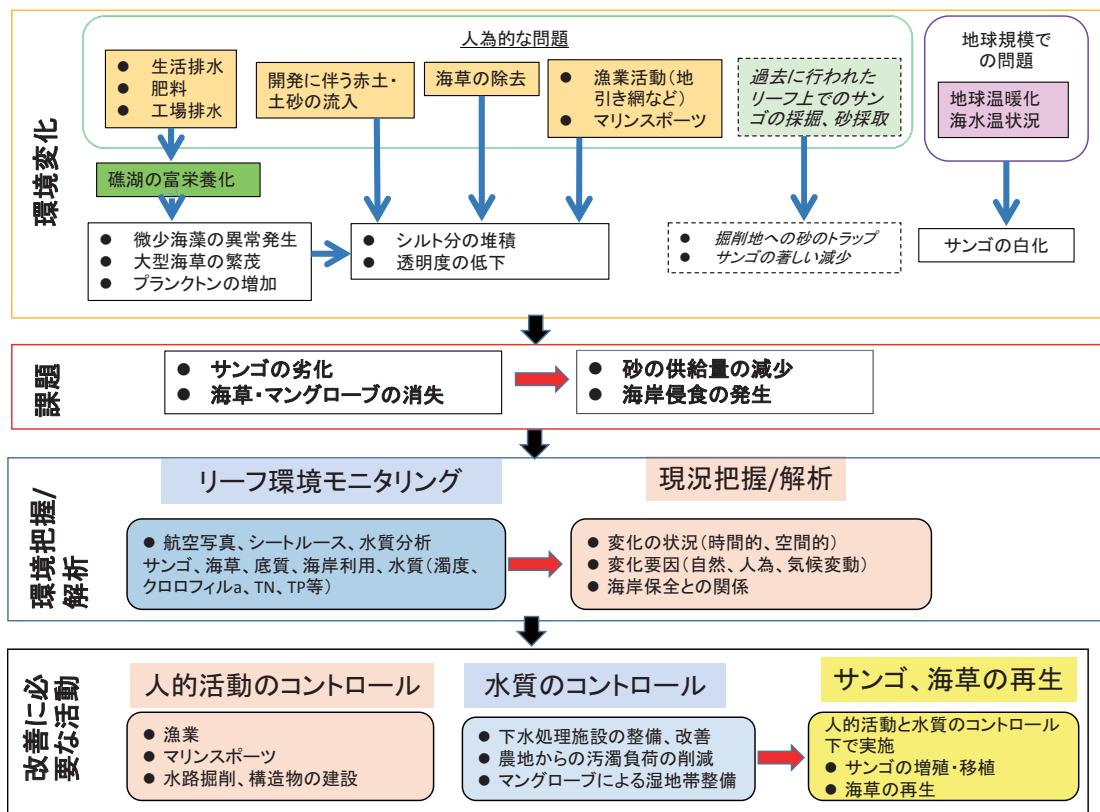
出典：AFRC

図 6.1.1 サンゴ被度の時系列変化

これらの状況から、海岸災害防止にはリーフ環境の保全は欠くことのできない要素であり、この観点からリーフ環境保全計画を検討した。海岸災害防止の視点に関連するリーフ環境保全の主要な課題と対策を図 6.1.2に示す。

図6.1.2に示した「モ」国リーフ環境保全に関連する要素とその関係については、その実態が十分に明確になっていない。また、課題も指摘はされているが、詳細な調査結果による明確な事実に基づいていないことである。従って今後これらの問題点を明確にするためのモニタリング調査が必要不可欠となる。これらの調査結果を基に、サンゴや海

草の劣化と海岸侵食の関係を検討し、劣化の原因を解析して、対策に結び付ける計画を策定した。



出典： JICA 調査団

図 6.1.2 海岸保全に関連するリーフ環境の課題と対策

6.2 リーフ環境の現状

6.2.1 サンゴ

図 6.1.1に示したように、1998年当時には50%あった平均被度も10数年の間に、前礁、背礁、岸礁いずれにおいても減少傾向で、2010年には25%を下回った。この値は環境省の評価基準では“不良”に相当する。また、2012年6月から2013年2月にかけて行われた、本プロジェクトの基礎調査でも平均被度は27.2%で、“やや不良”と“不良”の境界線である30%を下回った (Vol. III, Ch. 3, 表3.1.1参照)。これらの結果からも推察されるように、「モ」国のサンゴ礁は、図 6.1.2に示したように、様々な原因により長期下落傾向にあることは明白である。

表 6.2.1に2012年6月から2013年2月にかけて行われた基礎調査結果より、13の対象海岸の生きたサンゴの被度と調査時の生息環境を示す。Baie du Tombeau, Flic en Flac, Q. Cocos vge ではサンゴの被度が60, 30, 10%であったが、それ以外の10海岸では全て5%もしくは5%以下であった。また、10海岸のうち、Mon Choisy, Bel Ombre 及び Bras d'Eau では調査地点にサンゴ礁もしくは岩礁など、サンゴの固着可能な固い基盤は見られず、海草藻場であった。Grand Sableでは調査地点の海底は泥で覆われ、この地点においてもサンゴの生息する環境ではなかった。基礎調査の結果ではサンゴの被度と透視度は正の関係にあり、透視度が高いと被度は高くなる。13対象海岸においてはLe Morne, Pte. d'Esny, Q. Cocos Vge., Baie du Tombeauで10m以上の透視度があった。この中で、Le Morneでは最も高い透視度を示したが、生きたサンゴの被度は0%であった。調査地点ではサンゴの遺骸が散乱しており、もともとサンゴが分布していなかったのではなく、サンゴがなんらかの原因で（恐らくは2003年のサンゴの白化現象により）死滅したものと推察される。ま

た、Pte. d'Esnyも被度が1%となっているが、これは礁湖の中央部の砂底のあたりの生きたサンゴの被度で、背礁での被度は高く70%であった。また、被度とシルト分の間には逆相関の関係があり、シルト分が高いとサンゴの被度が減少する。これは、光合成をするサンゴ体内の褐虫藻の活性が低下するためと推察されている。

表 6.2.1 各海岸におけるリーフ内の生息サンゴの被度と生育環境

対象海岸	サンゴ被度 (%)	優占種生育型	種サンゴ密度 (/m ²)	底質	透明度 (m)	シルト分堆積状況
1 Baie du Tombeau	60	枝状/塊状	0	岸礁	10	低
2 Mon Choisy	0		0	海草藻場/砂	3	高
3 Pte. aux Canoniers	1	芝草状	0.1	岸礁	3	低
4 Bras D'Eau	0		0	海草藻場/砂	2	低
5 Q. Cocos & T. D'Eau Douce	10	枝状/卓状	0	砂/パッチ礁	10	なし
6 Ile aux Cerfs	5	塊状/芝草状	0.5	岩礁	3	中
7 Pte. D'Esny	1	枝状/卓状	0	砂	10	なし
8 Bel Ombre	0		0	海草藻場/砂	5	低
9 Le Morne	0		0	砂/サンゴ遺骸	15	なし
10 Flic en Flac	30	塊状/枝状	0	砂/パッチ礁	5	低
11 Albion	2	塊状/芝草状	0.1	砂/サンゴ遺骸	3	低
12 Pte. aux Sable	1	塊状/芝草状	0	パッチ礁	3	高
13 Grand Sable	0		0	泥底	1	非常に高

出典： JICA 調査団

1歳のみドリイシ属種サンゴ密度はいずれも1以下で、現状のままでは全ての地点でいわゆる天然更新は困難で、サンゴ礁の再生のためには、サンゴの移植などの人為活動が必要であろう。

表 6.2.2 13海岸でのサンゴと藻場の分布域の増減

Target Coasts	Area of Living Corals	Area of Seagrass
1 Baie du Tombeau	▼	-
2 Mon Choisy	▼	△
3 Pte. aux Canoniers	▼	-
4 Bras D'Eau	-	△
5 Q. Cocos & T. D'Eau Douce	▼	-
6 Ile aux Cerfs	-	△
7 Pte. d'Esny	△	-
8 Bel Ombre	△	△
9 Le Morne	▼	△
10 Flic en Flac	▼	△
11 Albion	▼	△▼
12 Pte. aux Sable	▼	▼
13 Grand Sable	▼	-

△: Increase, ▼: Decrease, △▼: Partly increase and partly decrease

-: Absent

出典： JICA 調査団

2012年6月から2013年2月にかけて行われたスポットチェック法による結果、7つの対象海岸についての詳細調査結果をもとに、18年間のサンゴ群落及び海草藻場の増減をみるため、Borstad Associates Ltd が、1996年に「モ」国水産庁に提出した「Multispectral Imagery of the Mauritius & Rodrigues Coastal Zone」の調査結果と比較した。表 6.2.2は13対象海岸での18年間のサンゴと藻場の分布域の増減をみたものである。

サンゴの分布域(サンゴの被度ではなく、あくまで分布域の増減である)は、Pte. d'Esny、Bel Ombreの2つの礁湖を除いて、いずれも減少傾向にあることがわかる。一方、海草藻場についてみると、多くの海岸において増加傾向にある。Pte. aux Sablesは1994年のAFRCの調査図で、中央の岸よりにあった藻場が1996年には消失している。またAlbionでは北側のHaloduleよりなる藻場は範囲を広げているが、南側のAFRC前の藻場は消失している。

6.2.2 水質

本調査で行った水質調査結果を基に、海岸保全計画の対象である13海岸におけるラグーンの水質状況についてとりまとめた結果は、表 6.2.3に示すとおりである。表中には、各海岸のラグーンの水質、サンゴの被度とともに、ラグーンの水質汚濁に係る供給源である背後地の地域特性（人口密度、下水道整備状況、赤土流出を評価するうえで重要となる河口位置、サトウキビ畑からの汚濁負荷の影響を評価するうえで重要となる畑地面積）をとりまとめている。

2章（基礎調査）の2.6.1（水質環境）で述べたように、クロロフィルa、濁度、窒素、リンは、その濃度が高くなると、サンゴの被度が指数関数的に減少する傾向がある。クロロフィルaや濁度が高く、サンゴの生息としては適さないレベル（サンゴ被度10%以下）あるいはやや適さないレベル（サンゴ被度10-20%）にある海岸としては、河川の影響が強く、海岸付近の塩分が低いGrand SableやBras d'Eauを除くと、以下に示すような人口が密集している海岸やHotel/Villaが密集している海岸である。

1. Baie du Tombeau
2. Mon Choisy
3. Pte aux Cannoniers
12. Pt. aux Sables

これらの海岸においてクロロフィルaが高くなる要因としては、下水道に接続されていない民家、Villa、Hotel等の排水が大きく影響しているものと考えられる。

一方、背後地が人口密集地でなく、広大なサトウキビ畑を有するQ. Cocos Vge, T. d'Eau DouceやIle aux Cerfsは、水質は比較的良好であることから、サトウキビ畑からの肥料や赤土流出がこれら海岸のサンゴに直接的に影響を及ぼしていることは少ないと考えられる。

水質調査を実施したBell Mare/Palmarは、サンゴ被度が50~60%と高い状態にあるが、最近藻類が増えていることが報告されている。特にPalmarは、藻類の繁茂が著しい。本調査の水質調査結果によると、Bell Mare/Palmarにおけるクロロフィルa濃度は、0.21~1.79ug/L（平均0.48）の範囲にある。また、本調査で求めたサンゴ被度とクロロフィルa濃度との相関関係から判断すると、Bell Mareは平均0.35ug/Lであり、サンゴの生息としてはやや良好なレベル（サンゴ被度として20-50%に相当するレベル）にあると考えられる。一方、Palmarは平均0.72ug/Lであり、サンゴの生息としてはあまり適さないレベル（サンゴ被度として10-20%に相当するレベル）である。今後、Palmarにおいて、クロロフィルaがこのような高い状態が続けば、サンゴ被度は急激に低下することが推察される。なお、Palmarにおいてクロロフィルaが高くなる原因としては、海岸背後のHotel・Villaからの排水や畑地からの肥料流出が地下を通してラグーンへ流入していることが考えられる。

前述したように、現在の水質モニタリングについては幾つかの課題（栄養塩類の低い分析精度、T-N、T-Pの測定欠如等）があるため、ラグーンにおける富栄養化の状況や水質汚濁のメカニズムについては把握出来ていない。リーフ環境保全対策としての早急な取り組む項目としては、既存の水質モニタリングをより分析精度の高いものに改良することである。そして改良した水質モニタリング技術により、河川や地下水を通してラグーンに入る汚濁負荷の影響やその対策について取り組む必要がある。

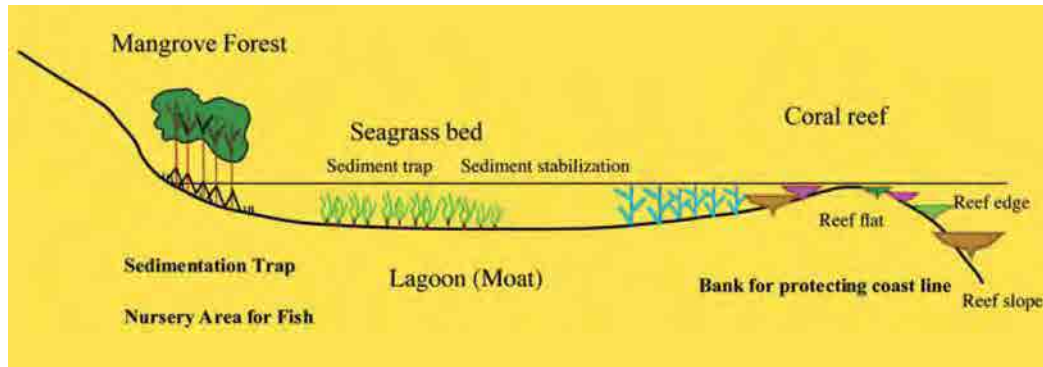
表 6.2.3 対象海岸のラグーン水質、サンゴ生息状況及び水質汚濁要因となる背後地の社会条件

Status	Check items	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
		Pte aux Cannoniers	Mon Choisy	Baie du Tombeau	Pt. aux Sable	Albion	Flic en Flac	Le Morne	Bel Ombre	Pte. D'Esny	Grand sable	Ile Cerf	Q. Cocos Vge, T. d'Eau Douce	Bras d'Eau
Water quality	Outline of Water quality	海岸付近は、透明度3m、シルテーションは低い。クロロフィルaは、サンゴがほとんど生息できないレベル(サンゴ被度10-20%)にあり、やや富栄養化している。この原因としては、背後の民家やVillaからの排水の影響が考えられる。	海岸付近は、透明度1m、海岸部は水草が繁茂し、サンゴは生息していない。クロロフィルaは、サンゴがほとんど生息できないレベル(サンゴ被度10%以下)にあり、富栄養化している。原因としては、背後の民家やVillaからの排水の影響が考えられる。	2001~2003年には、COD、PO4は悪化していた。現在、非常に高い水質は検出されなくなった。海岸付近のクロロフィルaは高く、サンゴがほとんど生息できないレベル(被度10%以下)にあり、富栄養化している。下水道に接続していない民家等からの排水の影響が考えられる。	湾奥のGRNW川の影響を受け、濁度、シルテーションは高い。濁度は、サンゴ被度10%以下のレベル、クロロフィルaはサンゴ被度が10~20%に相当するレベルにあり、富栄養化状態にある。大腸菌は常に高く、下水道に接続していない民家等の排水による影響が考えられる。	透明度3m、シルテーションは低い。クロロフィルa、濁度および栄養塩類は、サンゴ被度が20~50%に相当するレベルにあり、比較的良好な状態にある。最近、大腸菌は高い濃度が検出され、民家等の家庭系排水により水質汚濁が進行しつつある。	透明度は、Flic en Flacで8m、Tamarin川に近いWolmarで5mである。シルテーションは比較的低い。海岸近くのクロロフィルaは、サンゴの生息として概ね良好なレベル(サンゴ被度:20~50%)にある。大腸菌は比較的低い状態にある。	透明度15m、シルテーションは無い。近隣のIle aux Benitiersは、透明度5m、シルテーションは中程度である。海岸近くのクロロフィルaは、サンゴの生息として概ね良好なレベル(サンゴ被度:20~50%)にある。河川の水質は、ラグーンに比べ、窒素は数倍高い状態で流入しているが、水量が少なく汚濁負荷量としては小さい。	透明度5m、シルテーションは低い。クロロフィルa、濁度および栄養塩類は、サンゴの生息として概ね良好なレベル(サンゴ被度:20~50%)にある。河川の水質は、ラグーンに比べ、窒素は数倍高い状態で流入しているが、水量が少なく汚濁負荷量としては小さい。	透明度10~15m、シルテーションは無い。クロロフィルa、濁度および栄養塩類は、サンゴの生息として良好なレベル(サンゴ被度:50%以上)にある。	海岸の両端部にある河川の影響を受け、透明度1m、シルテーションは非常に高い。海岸付近のクロロフィルaおよび濁度は、サンゴの生息として適さないレベル(サンゴ被度:10以下)にある。	透明度3m、シルテーションは中程度である。ラグーンの内合は、クロロフィルa、濁度および栄養塩類はサンゴの生息として概ね良好なレベル(サンゴ被度:20~50%)にあるが、N03はサンゴの生息としてあまり適さないレベルにある。この要因としては、背後部の湿地帯や民家等からの排水の影響が考えられる。	透明度5~10m、シルテーションは低い。クロロフィルa、濁度および栄養塩類のP04は、サンゴの生息として概ね良好なレベルにあるが、N03はサンゴの生息としてあまり適さないレベル(サンゴ被度:10~20%)にある。特に、クロロフィルaがやや高い要因としては、湾奥の河川からの流入の影響が考えられる。	湾奥の河川の影響を受け、海岸付近は塩分が低い。海岸付近のクロロフィルaは、サンゴの生息としてあまり適さないレベル(サンゴ被度:10~20%)にある。
	Chlorophyll a (ug/L)	086 (*)	1.60(*)	1.74(*)	0.33-1.20(#) (Ave. 0.63)	0.23-1.50(#) (Ave. 0.51)	0.50(*)	0.25-0.58(#) (Ave. 0.37)	0.00-0.85(#) (Ave. 0.37)	0.05-0.12(#) (Ave. 0.08)	1.65-2.24(*) (Ave.1.76)	0.10-0.93(#) (Ave. 0.39)	0.22-0.97(#) (Ave. 0.50)	0.86(*)
	Turbidity (NTU)	-	-	-	1.07-9.05(#) (Ave. 2.28)	0.44-2.30(#) (Ave. 0.95)	-	0.11-1.10(#) (Ave. 0.66)	0.00-1.24(#) (Ave. 0.88)	0.16-0.43(#) (Ave. 0.30)	3.26-16.5(*) (Ave.10.5)	0.38-2.09(#) (Ave. 1.18)	0.40-3.37(#) (Ave. 1.06)	1.13(*)
	NO3-N (mg/L)	-	-	-	<0.01-0.07(#) (Ave. 0.04)	<0.01-0.04(#) (Ave. 0.03)	-	<0.01-0.05(#) (Ave. 0.04)	<0.01-0.05(#) (Ave. 0.04)	<0.02	-	<0.01-0.04(#) (Ave. 0.03)	0.03-0.17(#) (Ave. 0.08)	-
	PO4-P (mg/L)	-	-	-	<0.005-0.01(#) (Ave. 0.007)	<0.005-0.01(#) (Ave. 0.008)	-	<0.005-0.02(#) (Ave. 0.008)	<0.005-0.02(#) (Ave. 0.008)	<0.005	-	0.006-0.02(#) (Ave. 0.010)	<0.005-0.04(#) (Ave. 0.015)	-
Population	Population Density (per km2)	794	794	1,964	2,946	298	104	60	58	682	435	512	552	299
Sewerage disposal behind coast	Status of development of sewerage facilities behind coast	Sewerage Systems(Trunk Sewer), Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Sewerage Systems(Trunk Sewer), Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Sewerage Systems(Trunk Sewer), Absorption Pit, Septic Tank.	Sewerage Systems(Trunk Sewer), Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine	Absorption Pit, Septic Tank, Pit Latrine
	Present condition of sewerage disposal from houses (Sewerage system, Septic tank, Pending arrangement, etc.)	Grand Baie VCA: SS: 114 AP: 291 ST: 974 PL: 7	Grand Baie VCA: SS: 114 AP: 291 ST: 974 PL: 8	B.DuTombeauVCA: SS: 3422 AP: 414 ST: 82	Town of PlouisVCA: SS: 2215 AP: 997 ST: 236 PL: 33	Albion VCA: SS: NIL AP: 754 ST: 1303 PL: 55	Flic en Flac VCA: SS: NIL AP: 1294 ST: 1975 PL: 6	Le Morne VCA: SS: NIL AP: 148 ST: 156 PL: 107	Bel Ombre VCA: SS: NIL AP: 676 ST: 36 PL: 25	Beau Vallon VCA: SS: NIL AP: 1461 ST: 36 PL: 113	Grand Sable VCA: SS: NIL AP: 997 ST: 136 PL: 116	T. D' Douce VCA: SS: NIL AP:1470 ST: 115 PL: 28	T. D' Douce VCA: SS: NIL AP:1470 ST: 115 PL: 28	P. de Flacq VCA: SS: NIL AP: 2389 ST: 21 PL: 119
	Present condition of sewerage disposal from hotels and restaurants (Sewerage system, Septic tank, Pending arrangement, etc.)	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Septic tanks, Absorption pits	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Septic tanks, Absorption pits	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.	Septic tanks, Absorption pits	Hotels >75 rooms uses onsite treatment plants.Restaurant uses septic tanks.
	Development plan of sewerage system for houses and hotels behind coast	Sewerage Systems Completed Phase 1 in Year 2010.	In pipeline for development. Study stage	Sewerage Systems Completed in Year 2010	NIL	In pipeline for development, Study stage.	In pipeline for development, Study stage.	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
Impact of pollution load from sugarcane	Incidence of red-soil runoff from land side	None	None	Yes. River Mouth. Reef Dist: 1.7Km	None	Yes. River Mouth Lagoon Width: 483m	Yes. River Mouth Lagoon Width: 446m	None	Yes. River Mouth Lagoon Width: 832m	None	None	Yes. River Mouth Lagoon Width: 1.9Km	Yes. River Mouth Lagoon Width: 2.4Km	None
	Existence of sugarcane field behind coast. If there is it, area of the field behind coast.	Yes. Area: 678 Ha	Yes. Area: 678 Ha	Yes. Area: 118 Ha	None	Yes. Area: 2,907 Ha	Yes. Area: 1,635 Ha	None	Yes. Area: 373	Yes. Area: 478 Ha	None	Yes. Area: 10, 854 Ha	Yes. Area: 10, 854 Ha	None
Coral reef	Coverage of living corals	1%(*)	0%(*)	60% (*:Port Chambly) 30% (Back Reef)	0-1% (#) 60% (Petti Verger)	1-33% (#)	30-60% (#)	10-70% (#)	0-50% (#)	1-70% (#)	0% (*)	0-70% (#)	1-90% (#)	0-20% (#)
*: Observation for water quality and coral reef was conducted close to shore #: Observation for water quality and coral reef was conducted from the shore to the reef edge.														
SS: Sewerage Systems Ap: Absorption Pit. ST: Septic Tank PL: Pit latrine														

出典：JICA 調査団

6.2.3 海岸保全とリーフ環境

海岸侵食とリーフ環境の関係を基本原理及び「モ」国の事例による考察し、合わせて「モ」国のリーフ環境、特にサンゴ、海草藻場と水質の状況を把握した。これに基づき、海岸侵食および保全に関連する課題を抽出するとともに、リーフ環境保全のための計画を策定した。



出典：JICA 調査団

図 6.2.1 熱帯、亜熱帯の沿岸生態系の一般構造と機能

一般に、熱帯、亜熱帯の沿岸生態系は3つの要素、すなわち沖合のサンゴ礁、海岸線に形成されるマングローブ林 (Mangrove forest) (マングローブ林の発達しない場所では、岩礁海岸やビーチが形成される)、礁湖 (Lagoon) または礁池 (Moat) に発達する海草藻場でありたっている。このうち、沖合のサンゴ礁は地形的に礁原 (Reef flat)、礁縁 (Reef edge)、礁斜面 (Reef slope) に細分される (図 6.2.1)。従来はそれぞれ別個の生態系ととらえられることが多かったが、生物間の交流や海水の循環等を考慮し、近年では沿岸生態系と統一的に捉えられることが一般的である。沖合のサンゴ礁は外洋からの波浪を和らげる機能を持ち (Ferrario, 2014)、礁湖内の海草藻場や海岸線のマングローブ林やビーチを波浪による侵食から守っている。一方で、マングローブ林は陸域からの土砂を堆積させ、海草藻場は微細粒子をトラップして安定化させる機能をもっている (図 6.2.1)。このため、沖合のサンゴ礁では、濁りを嫌うサンゴにとって好適な生息環境が保たれ、その意味で3者は相互に依存する関係にあると言える。

海浜におけるサンゴ砂は、サンゴ礁が供給源となり、前礁 (礁縁) で主に波浪やブダイ類の摂食活動 (Bellwood, 1995, 1996) により生産された砂が礁原を流れと波により運ばれ、海浜に堆積し、一部は水路を通して沖に流出する。基礎調査により主要な砂浜での土砂収支を検討した結果によると、1967年から2011年までの45年間で全体、約50万 m^3 の砂が堆積している。外洋から来襲する波は、礁縁で碎波により来襲波高の90%が減衰し、礁原および礁湖で海底摩擦によりさらに波高を低減し海浜に到達する。このために海浜への波の打ち上げは大きなものにならない。

a. 侵食、堆積とサンゴ

Le Morneの南の海浜では、図 6.2.2に示すように1967年の航空写真では沿岸方向に変化の無かった状況が、沖での浅瀬の形成により堆積が始まり、2008年の衛星画像では図 6.2.2に示すように、沿岸方向約200mにわたり舌状の海浜形状が形成されている。この地点では海浜流と底質の移動状況を示す海底の筋目が沖から岸に向かい、北および南に海浜に沿って分れている。1967年では浅瀬が見られず、その後浅瀬が形成され、その波浪減衰効果と沖から岸への砂の移動により徐々に堆積が進んだものと考えられる。



図 6.2.2 Morne 南での浅瀬による地形変化: 左 1967 年航空写真、右 2008 年衛星写真

現地調査ではこの浅瀬は、枝状のサンゴによる密度の高い群落であった。即ちサンゴ群落の形成によって、その背後の海岸に砂が堆積したものと推定される。

またこの例とは逆に、Flic en Flac, Q. Cocos Vge 礁湖ではサンゴ群落の消失により、海浜の一部が侵食を受けている。

b. 侵食と海草

Trou aux Bichesにおいては、1967年の航空写真では海浜の沖に浅瀬が存在し、砂浜が形成されていたが、2008年の衛星写真では浅瀬は見られず、砂浜も一部沿岸方向約100mにわたり消失している。University of MauritiusのDr. Bhagooliによれば、1967年の海岸近くの濃い影はおそらく、海草の群落であろうとのことであった。ただ、この北側では浅瀬が維持され、砂浜も維持されている。



図 6.2.3 Trou aux Biches の浅瀬による地形変化: 左 1967 年航空写真、右 2008 年衛星写真



図 6.2.4 Albion における浅瀬による地形変化: 左 1967 年航空写真、右 2008 年衛星写真

同様に、Albionにおいては、1967年の航空写真では侵食が問題になっている南側の海浜前面に浅瀬（海草藻場）が存在し、底質の移動状況を示す筋目はサンゴ礁の縁端から岸に向かい、浅瀬（海草藻場）の沖をそれに沿い、沖に向かっていている。一方、2008年および最近の衛星写真ではこの浅瀬（海草藻場）が消失し、その岸側で侵食が生じている。浅瀬としてはサンゴや海草、また場合によっては溶岩が考えられるが、上記の例では溶岩の可能性は低いと考えられる。これらの結果より礁原や礁湖でのサンゴや海草の存在は海岸の保全、すなわち消波や砂の堆積に役立っていると考えられる。

Pte. aux Sables の礁湖内でも以前は中央部、岸よりにあった海草藻場が消失し、海岸の侵食が生じている。

c. 侵食、堆積とマングローブ

Bras d'Eauでは海浜の中央部で侵食が起こり、その砂が西端の岬の部分に堆積している。1967年の航空写真には中央部の沖合にマングローブ林があったが現在はその部分にマングローブ林はみられない。中央部の侵食はマングローブ林の消失と深い関係があると推察される。

d. まとめ

図 6.2.1に示した3つのコンポーネント、即ちサンゴ、海草、マングローブは生物的要素でありながら、上述したように海浜の侵食や堆積といった動態に深く関与していることが明らかになった。特にサンゴについては、自身がサンゴ砂の供給源としてではなく、海浜の安定化に寄与している。従って、海浜の動態を把握するためには、物理現象に関するモニタリングのみでなく、これら生物的要素についても現況と時系列的なモニタリングの必要性を示唆しているものと思われる。

6.3 リーフ環境の課題

6.3.1 基礎資料

a. 時系列変化

リーフ環境の保全対策を検討するうえで、先ずリーフ環境を構成する各要素（サンゴ、海草、マングローブ、底質、水質、汀線位置、背後の土地利用等）のインベントリー調査を実施し、これらの時系列変化を定量的に把握することが極めて重要である。これらの調査には、衛星画像や航空写真による遠隔（面的）調査とシートルース（sea truth）における直接計測による現地確認調査から構成される。しかしながら、「モ」国では、モーリシャス全体としてのインベントリー情報（時系列情報を含む）はほとんど整備されていない。また、これまでのインベントリー情報は、調査地点が非常に限定されている。なお、サンゴや海草については、以下のような機関において、インベントリー調査が実施されている。

表 6.3.1 「モ」国で実施されたサンゴ、海草の既存インベントリー調査

Age of Inventory Survey	Implementing Organization
1994	AFRC
1996	CACI
2008	ESA

出典：JICA 調査団

今後、定期的にヘリコプターやドローンによる航空写真撮影と衛星画像による遠隔（面的）調査とシートルースによる現地調査を実施し、各種のインベントリーについて時系列的に整備する必要がある。

b. 水質指標

「モ」国のラグーンの水質を評価するために、MOESDDBMはEUの支援を受けて水質指標を設定し、各ラグーンの水質を評価するプロジェクトが2011年より実施されている。この水質指標は、ラグーンにおいて実施されている既存の水質モニタリング方法を基にしている。この水質評価方法は、既存の水質項目について生物学項目（大腸菌、糞便性大腸菌、腸球菌）と物理化学項目（pH、塩分、Temperature、DO、NO₃、PO₄）に分けて、それぞれ5段階（Excellent、Good、Sufficient、Poor、Bad）で評価し、さらにこれらの評価結果を比較し、最終的に5段階で評価している。これらの項目を評価するための基準値は、表 6.3.2に示す「モ」国の沿岸水の水質ガイドライン（General Notice No. 620 of 1999）の水域類型A（Conservation）のA2（Natural Area）が用いられている。

表 6.3.2 「モ」国における沿岸水のガイドライン

CATEGORY		A		B		C		D
Class		Conservation		Recreation		Fisheries		Industrial
		A1 Coral Community	A2 Natural Areas	B1 Primary Contact	B2 Secondary Contact	C1 Aqua-culture	C2 Shellfish	D Industrial & others
Parameters	Unit							
pH	-	7.5-8.5	7.5-8.5	7.5-8.5	7.5-8.5	7.0-8.5	7.0-8.5	7.0-9.0
Temperature	°C	ambient	ambient	ambient	ambient	ambient	ambient	ambient
Suspended Solids	mg/l	5	5	5	10	15	15	15
Dissolved Oxygen	mg/l	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>2
Chemical Oxygen Demand ¹	mg/l	2	2	3	3	5	5	5
Total Coliforms	CFU ³ /100 ml	1000	1000	1000	5000	1000	70 ³	---
Faecal Coliforms	CFU/100 ml	200	200	200	1000	200	14 ⁴	---
Nitrate-Nitrogen	mg/l	0.2	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0
Phosphate	mg/l	0.04	0.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.1

¹ by alkaline potassium permanganate method

² organisms per 100 ml by MPN method

³ CFU: Colony Forming Unit

出典： [Guidelines for coastal water quality]General Notice No. 620 of 1999

しかし、この方法によるラグーンの水質評価は、物理化学項目の基準値が高すぎるため、生物学項目の判定結果が最終評価を大きく左右する。よって、この方法による評価は、基本的には海水浴場としての安全性を評価しているに過ぎない。

リーフ環境に関する水質評価は、海水浴場としての安全性の評価は当然であるが、サンゴ礁等の生態系の保全の面から評価することが重要であり、この方法ではサンゴ礁の保全に関する評価は出来ない。

前述の基礎調査で述べたように、サンゴの生息状況（サンゴ被度）と水質の関係において強い相関が見出されている項目は、クロロフィルa、濁度、窒素（NO₃-N）、リン（PO₄-P）である。特に、クロロフィルaおよび濁度は、測定方法が比較的簡単であり、沿岸水のモニタリングに早急に取り入れるべきである。また、水質悪化（富栄養化）に伴うサンゴの衰退は、「モ」国の水質ガイドライン値（サンゴ礁保全のための類型A1）に比べ、より低い濃度レベルで生じている。

よって、水質からラグーンにおけるサンゴの生息環境を適切に評価するには、クロロフィルaおよび濁度についても水質モニタリング項目に追加するとともに栄養塩類（NO₃、PO₄）については分析精度の改善を図る必要がある。なお、濁度と同じ、水中の濁り状況を把握する項目として透明度があるが、濁度とともに透明度を測定することは有効である。

c. 因果関係

前述のとおり、現在の分析精度のまま水質モニタリングを実施したとしても、サンゴの劣化と富栄養化の関係を把握にすることは出来ない。表 6.3.3に示すように、本調査で行った水質調査と同程度の分析精度で水質モニタリングを実施することが必要である。

表 6.3.3 ラグーンの水質モニタリングにおける各水質項目の分析精度の比較

Parameter	Unit	Detection limit for existing monitoring by AFRC	Detection limit by this study
NH ₄ -N	mg/l	-	0.01
NO ₃ -N	mg/l	0.1	0.01
NO ₂ -N	mg/l	-	0.005
T-N	mg/l	-	0.01
PO ₄ -P	mg/l	0.01	0.005
T-P	mg/l	-	0.005
Chlorophyll-a	ug/l	-	0.1

出典：JICA 調査団

ただし、本調査における水質調査は、8海岸のラグーンにおいて、調査頻度は2回（12月、6月）のみである。また、海岸保全計画の対象海岸(13海岸)の中で、水質調査を実施していない海岸（5海岸）については、多項目水質計によりクロロフィルaを主体に測定しただけである。よって、本調査で得たこれらの相関関係が、「モ」国の全ラグーンに対して年間を通じて同じような相関関係があるかどうか、これらの関係をさらに追求する必要がある。

河川の水質モニタリングは、従来から主要河川において実施されているが、一部のパラメータ（COD、NO₃）について海水と同じく分析精度は低い。また、窒素やリンについてT-N、T-Pは測定されていない。そのため、河川を通して窒素、リンの全量がどの程度ラグーンに流入しているか不明である。河川の水質モニタリングについても、水質モニタリング手法を改良する必要がある。

サンゴの劣化は、富栄養化等の人間活動に起因するもの、サイクロン・洪水等の自然特性によるもの、および白化現象のような気候変動によるものがあるが、それぞれの影響について定量的に把握することは、今のところ出来ていない。これらの把握には、ラグーンにおける水質やサンゴ等の生態系に関するスポット的なモニタリングとともに、航空写真や衛星画像を用いた面的なモニタリングから構成される総合的なモニタリング体制の構築が必要である。

d. 対応組織

リーフ環境の保全のためには、河川や地下水を含めた陸域の水質管理と海域の水質管理が連携する体制を構築する必要がある。現在、このような連携活動として、MOESDDBMが中心となり、各関係機関が実施している各種の水質モニタリング結果を集約し、1つの環境報告書(Environmental Audit)としてまとめられている。また、上記の水質指標において述べたように、MOESDDBMが中心となりAFRCとNELが連携してラグーンの水質指標プロジェクト実施されている。

しかし、上記で述べたように、現在実施されている陸域と海域の水質モニタリングにおいて共通のパラメータは極めて少なく、一部パラメータは分析精度が低い。そのため、陸域からの汚濁物質（窒素、リン）の流入量、海域への汚染の広がり、ラグーンの富栄養化の進行は十分把握できない状況にある。陸域（地下水、河川、下水放流水）の水質

モニタリングについて、特にラグーンの富栄養化対策の観点から、窒素、リンについては、ラグーンと同じパラメータを各関係機関が実施する必要がある。

水質管理の連携体制は、各省庁の関係機関の間では概ね構築されているので、各機関が実施する水質モニタリングの共通パラメータが増えると、陸域からの汚濁負荷の影響について、共通認識が深まり、連携体制が強化されることが期待できる。しかし、地元住民、ホテルに対する情報収集や情報提供は十分でないため、今後の課題である。

e. 対策実施

ICZMには、現在 "Sub Committee on Coral Reef" が組織されており、the Ministry responsible for Fisheries (Fisheries Division), Ministry responsible for the Environment (Department of Environment), MOI (Mauritius Oceanography Institute), Univ. of Mauritius の他、National Coast Gard, Beach Authority, Wastewater Management Authority, Tourism Authority, NPOs, Indian Ocean Commission (IOC) などからの代表者により構成されている。この会議は定期に開催されている。この組織は関係諸機関の情報交換の場として機能していると共に、問題に対応するための、対策実施の機関となっている。

これまで、The Fisheries Division (AFRC) により、2011年以降、Albion, Pointe aux Sables, Trou aux Bichesにおいてサンゴの移植が行われ、AFRCの報告によるとAlbionでの2年後の生存率は約50%とのことである (表 6.3.4) (図 6.3.1)。

表 6.3.4 AFRC, MOI によるサンゴ移植

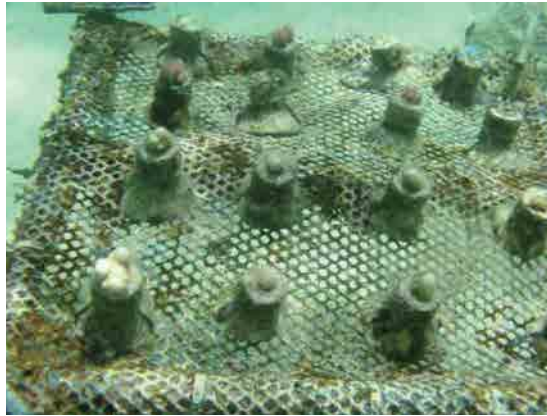
Year	MOI			Albion Fisheries Research Center		
	Albion	Flic en Flac	Trou aux Biches	Albion	Pointe aux Sables	Trou aux Biches
2011	8,000			80		
2012		6,000		80	80	80
2013			3,000		80	80

The unit of number is a piece or fragment of coral.

出典：JICA調査団

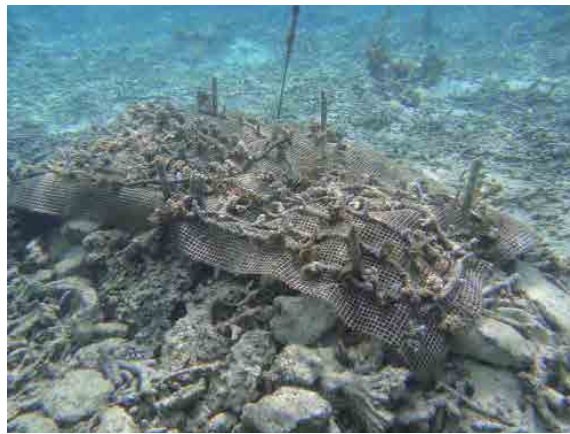
またMOIではAlbion, Flic en Flac, Trou aux Bichesでそれぞれ移植を行っている (表 6.3.4)。MOIでは既に研究調査を終わっているが、2014年に行われた追跡調査では、Albionでは移植したサンゴの生存率が75% (移植後3年)、Flic en Flacでは65% (移植後2年)、Trou aux Bichesでは35%以上 (移植後1年) であった (図 6.3.2)。Trou aux Bichesを除いて、これらの生存率は良好と評価される。

AFRCでは現在も移植作業が継続されており、2013年には Balaclava Marine Park, Bel Ombre そして Ile aux Benitiers に各地点5台の架台を設置し、それぞれ80個のサンゴ片の移植を行った。2014年度は、600個のサンゴ片をBlue Bay Marine Parkに移植した。また今後の予定として、Ile aux Benitiers, Pte. aux Sables, Albion並びにMon Choisyに同様な架台が設置される予定である。



出典：AFRC

図 6.3.1 AFRC によるサンゴ移植



出典：JICA調査団

図 6.3.2 Flic en Flac における MOI によるサンゴ移植

The Ministry responsible for EnvironmentではBaird (2003)の推奨に従い、2003年からFlic en Flac礁湖において、自然再生を用いたサンゴ礁の再生実験を始めており、これまでにいくつかの種類において自然再生の可能性を確認している。

これら諸機関での実施は研究レベルでは十分評価できるものの、図6.1.1に示した「モ」国のサンゴ礁の劣化の現状を考慮すると、サンゴ礁再生のためには移植が更に加速される必要がある。また、地元やNGOなどを巻き込んだ取り込みも必要で、今後は具体的な対策への理解と多方面からの協力体制が必要であろう。これらの対策を円滑にするためにMOESDDBMがイニシアチブを取り、対策実施機関を組織し、参加組織間の連携を図ることが重要である。



出典：JICA調査団

図 6.3.3 Flic en Flac における MOESDDBM によるサンゴ礁回復のための実験

6.4 リーフ環境保全計画

6.4.1 基本方針

上述したように、サンゴ自身は海浜のサンゴ砂の供給源としてだけでなく、礁湖内のサンゴ群集の存・不存はまた海浜の堆積や侵食にも重要な役割を果たしている。また、海草藻場やマングローブの存在も海浜の安定化に寄与していることが示唆された。一方で、生きたサンゴは長期下落傾向にあり、緊急に保全・再生を行うことが求められる。また、海草藻場、マングローブについても人為的除去の脅威にさらされている。

図 6.1.2 に示した「砂の供給量の減少」「海岸の侵食」という課題への対応策として、サンゴ礁及び海草藻場の保全・再生を挙げ、リーフ環境保全計画を策定した。

その骨子として、

1. 現況把握のためのモニタリングとその解析
2. サンゴ・海草藻場・マングローブ林の保全及び水質環境保全のための人的活動の制御
3. サンゴ礁再生へ向けてのサンゴの移植／増殖、海草藻場増殖、マングローブ林の増殖を掲げる。

6.4.2 モニタリング計画（短期から中期）

a. 生態系モニタリング計画（サンゴ、海草、マングローブ）

モニタリングは、サンゴ礁内のサンゴ、海草、砂の分布状況をヘリコプターやドローンによる航空写真による撮影、衛星写真の活用と、グラスボートなどによるシートルースを定期的、少なくとも1年間隔で実施する。その結果をリモートセンシング技術により解析し、リーフ内のサンゴ等の分布状況に関する基礎資料を蓄積する。この成果を活用し、現象の把握、時系列的变化、問題の抽出、解決策の検討と実施、結果の評価を行う。また、その成果を広く公表することにより、関係者に認識を高め、対策に結び付ける。これと同時に、サンゴ、海草、海藻、マングローブ、底質、海岸域開発、海岸植生に関する資料の集積を図る。

b. 水質モニタリング計画

前述したように、現在の水質モニタリングは、サンプリング地点、方法、分析パラメータの不足、低い分析精度などの問題がある。特に、分析精度の向上には高精度な分析機器の導入や各パラメータに対する長期的な分析技術のトレーニングが必要である。そのため、海水の高精度な分析技術のトレーニングは、本プロジェクトと別の技術協力プロジェクトとして実施することが望ましい。

今後取り組むべき水質モニタリングについて、短期目標としては、サンゴ被度に大きな影響を与える水質項目の中で、測定方法が簡便である、クロロフィルa、濁度、透明度のパラメータを追加し、ラグーン全体についてモニタリングを実施する。中期目標としては、これらの項目に加えて、窒素、リンを中心により精度の高い分析技術を取得し、ラグーン全体についてモニタリングを実施する。

なお、今後実施する水質モニタリングは、以下に示すように基本的に年4回（雨季2回、乾季2回）とし、本調査と同様にラグーン全体にわたって実施するものとする。

表 6.4.1 リーフ環境モニタリングにおける水質モニタリングの概要

Item	Method
Sampling depth	Surface: 0.5m below surface,
Water quality parameter	Field measurement: Water Temperature, Salinity, Chlorophyll-a, Turbidity, Transparency, DO, pH Laboratory: NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-N, PO ₄ -P, T-N, COD, Chlorophyll-a
Location	Near the coast, on the patch reef and around the reef edge (same as the coral monitoring sites)
Frequency	4 times a year (rainy season: 2 times, Dry season: 2 times)

出典：JICA調査団

6.4.3 人的活動制御計画（短期から長期）

a. サンゴ礁での人為的活動の規制

漁業及び観光に関連した活動がサンゴ礁で行われており、具体的な規制がそれぞれ Ministry of Fisheries and the Ministry of Tourism/Tourism Authority で実施されている。その効果をモニタリングにより評価し、規制項目や方法の改善を図る。漁業に関しては漁期の設定、漁業区域の設定、漁業方法の規制、観光に関しては遊泳区域の設定、レジャーボートの区域設定等が実施されているが、その効果に関しては必ずしも明確にはなっていない。また、EPA 2002による規制の下で、サンゴ礁内での航行のために水路の掘削が2000年より2006年にかけて行われてきたが、その影響に関しても検討がなされていない。したがって、ここでは規制の効果を再調査し、必要に応じて新たな規制を実施することとした。

b. 水質規制とその改善

水質規制は、MOESDDBMにより、排水基準、排水許可制度、水質ガイドライン等が施行されている。特に、水質ガイドラインについては、上記で述べたように、「モ」国におけるサンゴの衰退は、「モ」国のサンゴ礁保全（類型A1）のための水質ガイドライン値（NO₃-N：0.2mg/L未満、PO₄-P：0.04mg/L未満）に比べ、かなり低い濃度レベルで生じていることが明らかになった。今後、この水質ガイドラインの見直しが必要である。

サンゴ礁保全のための水質ガイドライン（水質目標）については、日本の沖縄海域、中南米のカリブ海、オーストラリアのグレートバリアリーフにおいて報告されている。

表 6.4.2には、本調査の水質調査で得た結果と併せてこれらのガイドライン値を示す。これらと比較すると、本調査で得たガイドライン値は、概ね他の報告値と同程度となっている。

表 6.4.2 サンゴ礁保全の水質ガイドライン(案)の報告値

Water Quality Parameters	Unit	Location of Coral Reefs				
		Mauritius		Okinawa	Caribbean	Great Barrier
		Existing guideline	This study*	(1)*	(2)#	(3)@
Chlorophyll-a	ug/L		<0.2	-	<0.1-0.5	<0.45
Turbidity	NTU		<0.5	<0.11	-	-
Transparency	m		-	>14	-	>10
T-N (mg/L)	mg/L		-	<0.08	-	-
T-P (mg/L)	mg/L		-	<0.01	-	-
NO ₃ -N+NO ₂ -N+NH ₄ -N	mg/L	<0.2	<0.012	<0.01	<0.014	-
PO ₄ -P	mg/L	<0.04	<0.007	<0.006	<0.006-0.009	-

*: サンゴ被度を50%維持するのに必要な水質をガイドライン値としている

#: サンゴと藻類の競合が始まる水質(富栄養化の閾値)をガイドライン値としている

@: サンゴの種類数が急激に減少し始める水質値をガイドライン値としている

- (1): Kinjyo et al. (2011): 礁池内の栄養塩および濁りの現状とこれらがサンゴの生息状況に及ぼす影響. 日本サンゴ礁学会第14回大会講演要旨集.
- (2): Mutti and Hallock(2003): Carbonate systems along nutrient and temperature gradients; some sedimentological and geochemical constraints. Int. J. Earth Sci. 92, 465-475
- (3): Glenn De'ath and Katharina Fabricius (2008): Water Quality of the Great Barrier reef : Distributions, Effects on Reef Biota and Trigger Values for the Protection of Ecosystem Health, Research Publication No.89, Great Barrier Reef Marine Park Authority

水質ガイドラインは、一般的に「維持されることが望ましい基準」であり、行政上の政策目標である。これは、維持するための最低限度としてではなく、より積極的に維持されることが望ましい目標として、その確保を図っていこうとするものである。汚染が現在進行していない水域については、少なくとも現状より悪化することとならないように適切な水質ガイドラインを設定することが必要である。また、サンゴ等の自然環境の保全を重視する水域とリクリエーションや漁業利用を重視する水域を明確にし、それぞれの用途にあった適切な水質ガイドライン値を設定することが望ましい。

本調査で得たサンゴ礁の保全のためのガイドライン値(案)については、今後より精度の高い水質モニタリングを行い、これを精査する必要がある。また、サンゴを保全すべき水域と他の利用用途を重視する水域を明確にすることも必要であろう。

6.4.4 水質改善計画

a. 富栄養化対策(窒素及びリンの削減対策)

陸域の汚濁発生源は、点源(ポイントソース)と面源(非特定汚濁源:ノンポイントソース)とに区分される。点源はさらに家庭系、観光系、工場系、畜産系の汚濁源に分けられ、面源は農地である。特に、「モ」国における面源系(農地)の汚濁負荷については、国土の約40%を占めるサトウキビ畑から肥料の流出が大きいと考えられる。

「モ」国における窒素及びリンの汚濁発生量の算定結果は、表 6.4.3に示す。なお、各汚濁源から排出された汚濁負荷は、小水路や支川を通じて本川に流れ込むものと本川に流れ込む前に地下に浸透し、地下水を通して海域へ流入するものがある。ここで、算定した汚濁負荷量は、川に流れ込むものと地下水として流入するものの合計である。

「モ」国における窒素およびリンの汚濁源としては、生活系（し尿・雑排水）からの汚濁と農地系（サトウキビ畑等からの肥料流出）からの汚濁が大半を占めている。

表 6.4.3 「モ」国における窒素及びリン汚濁負荷量の算定結果

Type of Pollution	Breakout	Number	Remarks	T-N (kg/day)	T-P ((kg/day)	
Point Source	Domestic	Total Population	1,255,000		5,535	703
		Sewerage	376,500	30% of Total	0	0
		Septic Tank	878,500	70% of Total	5,535	703
	Tourism	Tourist per day	3,600		19	3
		High-volume hotel	1,800	50% of Tourist; Community Plant	8.1	1.1
		Villa, Apartment	1,800	50% of Tourist; Septic tank	11.3	1.4
	Industry	Sugar, Beer, Food, etc.,	—	Sewerage	-	-
	Livestock				2,338	418
		Cattle (head)	7,200		1,174	151
		Goat (head)	24,800		404	52
	Sheep (head)	1,100		18	2	
	Pig (head)	17,413		742	212	
Nonpoint Source	Agriculture	Sugarcane (ha)	77,400	42% of Total Land	4,135	1,075
		Newly (ha); 30%	23,220	30% of Fertilizer is runoff	573	496
		Ratoon (ha); 70%	54,180	30% of Fertilizer is runoff	3,563	579
Total				12,027	2,198	

出典：JICA 調査団

上記の汚濁負荷量の算定結果を基に、今後実施すべき「モ」国の富栄養化対策を整理すると、次にとおりである。

1. 陸域における窒素およびリンの削減対策
 - ① 下水処理場の整備および下水処理システムの改善
 - 大規模下水処理場の整備
 - 処理効率の高いセプティックタンクの普及
 - ② 農地からの汚濁負荷の削減対策
 - 肥料の適切な使用
 - 有機肥料の適用（家畜負荷のコンポスト化）
2. 海域（ラグーン）における窒素およびリンの削減対策
 - ① 水質モニタリングの強化
 - ② 河口部におけるウェットランドの整備

陸域における窒素およびリンの削減対策は、下水道整備プロジェクトのように多大な時間を要するため、水域の水質に対して10年以内という早急な改善は見込めない。そのため、水質改善計画は、早急に取り組むべきもの（短期的対策）と中長期的に取り組むべきもの（中長期的対策）に分かれる。短期的取り組み（短期対策）としては、パラメータ（クロロフィルa、濁度、T-N、T-P）の追加とより精度の高い分析技術を用いて水質モニタリングを強化し、これに基づき水質悪化の地域および水質悪化を引き起こす要因を特定することである。一方、中長期的な対策としては、家庭系の汚濁負荷を主体とした、下水道整備のさらなる推進である。

b. 赤土流入対策

濁度やシルテーション化を低下させることは、富栄養化対策とともに降雨時に背後地から流出する赤土の流入対策を推進することが必要である。特に、「モ」国では、国土の約40%を占める農地（サトウキビ畑）からの流出と海岸部での土地開発が大きな汚濁源と考えられる。

赤土流入対策については、以下のような対策工法がある。

1. 赤土流入対策の基本は、陸域での発生源対策である。
陸域での赤土の対策例は、図に示すようなものがある。
2. 補足的な対策として、河口部におけるウェットランドの整備は有効である。

「モ」国の赤土流入の実態は、よく分かっていない。まずは、赤土が問題となっている地域を同定するためのモニタリング（ラグーンにおける濁度や赤土の堆積状況のモニタリング）を実施する必要がある。

赤土流入対策は、陸域での発生源を軽減するには、富栄養化対策と同様に多大な時間を要するため、10年以内という早急な改善は見込めない。一方で、ホテルの前の海では海草が定期的に除去されているが、海草藻場は微粒子の安定化に寄与しているため、今後は除去をしないよう指導することが望ましい。



出典：沖縄県農地水利課

図 6.4.1 陸域での赤土発生対策例

6.4.5 サンゴ、海草、マングローブの移植計画(短期から長期)

a. サンゴの移植

劣化したサンゴの回復を促進するための長期施策として、これまで「モ」国で実施されてきたサンゴの移植の広域展開を図る。移植に関しては、単純で機敏な方法が最も適しており、そのため無性生殖を用いた方法を提言したい（Vol. III, Ch. 3参照）。即ち、生きたサンゴ片を、水中ポンドを用いて直接サンゴ礁に植える方法である。もしドナーとなるサンゴ群集が同じ礁湖内にある場合は、非常に短い時間で、容易に移植を行うことが出来る。同じ礁湖内にドナーが見つからない場合は、有性生殖を用いた別の方法を、

試験試行の後、実施する。サンゴの生育には水質環境が良好であることを考慮して、最初にLe Morneの礁湖で移植を行う。

礁湖内には移植の際のドナーとなる枝状ミドリイシの群集も確認されており、また多くの生きたサンゴ片がその域内に散在しており、これらのサンゴ片を近隣の海域に移植する方法を行うことを予定している。サンゴの産卵期には海流は南から北に流れるため、サンゴの受精卵／幼生は海流に乗って南から北に分散するものと予想される。その意味では、Le Morneでのサンゴ群集の再生は将来の産卵母集団、より北方への卵・幼生の供給源として重要である。

Le Morneに続いて、Flic en Flacでの移植を予定しているが、Flic en Flacの礁湖においても、同じ礁湖内にドナーとなる枝状ミドリイシの群集を確認しており、Le Morneと同じ手法での移植を行う。この礁湖の中央部では既にMOIによりサンゴの移植がなされており、移植したサンゴ片の生存率も2年後に65%と、良好である。

Albionの礁湖では、ドナーとなる枝状ミドリイシの群集は確認されておらず、有性生殖を利用したサンゴ礁再生を図る必要がある。

Pte. aux Sablesの礁湖では、サンゴ生息環境としては芳しくないものの、南端には被度の高い枝状ミドリイシを中心とした群集がみられる。この群集は不適な環境に適応したサンゴ群集である可能性があり、その意味で予備的な移植実験を試みる意義は大きい。水質が良くない場所ではサンゴの移植とは別に、生態系（海洋生物）を回復させるためのリーフボール、人工のリーフ、架台のような代替の方法を考慮する必要がある。

b. 海草の移植

海草については、「モ」国ではその海岸保全効果が大きいことから、保全及び移植を計画する。モニタリングにより現存の海草の種類、波浪減衰及び海底安定効果、生育環境条件を調査する。その結果により、適切な種の選定を行い、移植方法の検討に基づき移植を開始し、適用性を検討する。現在のところ、海草藻場は多くの礁湖で増加傾向にあるが、人為的に除去されている礁湖もあり、保全の意義を啓蒙することも必要である。

海草は種子植物であり、「モ」国には6種類が知られている。再生には株の移植と種子を利用した方法があるが、今後は再生に向けた基礎的な研究を行うことが必要である（Vol. 3, Ch.3 7参照）。

c. マングローブの移植

マングローブに関してはAFRC等により、すでいくつかの地域で移植が実施されている。現在、大部分の植林はNGO, Force Vivesそして地域住民によって行われている。The Fishereis Divisionではマングローブの植林についての技術的なアドバイスや、指導を行っている。そのような植林は、例えばBras d'Eauやその他の地域において、海浜を保護する手法として必要であろう。

優先海岸での個別の計画については、Vol. 2の海岸保全計画の中で検討を行っているため、この章では全体的な記述に留めた。

6.5 組織的対応

ICZMには、現在 "Sub Committee on Coral Reef" が組織されており、the Ministry responsible for Fisheries (Fisheries Division), Ministry responsible for the Environment (Department of Environment), MOI (Mauritius Oceanography Institute), Univ. of Mauritius の他、National Coast Gard, Beach Authority, Wastewater Management Authority, Tourism Authority, NPOs, Indian Ocean Commission (IOC) などからの代表者により構成されている。

この会議は定期に開催されている。この組織は関係諸機関の情報交換の場として機能していると共に、問題に対応するための、対策実施の機関となっている。この組織に、定期的に行われるモニタリングの解析結果等を検討し、サンゴ礁に問題が生じた場合に対応策を策定する等、Scientific Committee のような機能を持たせることを提案したい。また、ICZMがイニシアチブをとり、直接関係する諸機関の役割分担を行い、具体的な対策を実施する。

サンゴの白化等、気候変動と関連するより大きな課題に対しては、「モ」国のみでの対応は不可能であり、IOC等の国際関係諸機関と協調して対応することが必要と考えられる。

また、ステークホルダー、一般の住民や次世代をにう若者に対して、沿岸環境やリーフ環境保全についての啓蒙活動も重要で、これについてはモーリシャス大学や関係諸機関の協力を得て実施する必要がある。

リーフ環境保全は、以下の表に基づく担当組織が進めることを基本とする。

表 6.5.1 リーフ環境保全の項目とそれに対応した政府の役割・担当

項目	詳細	政府の役割	政府の主担当										
			MOESDDBM	MOESDDBM (BA)	MHL	MoF(AFRC)	MLG(DC)	MTL	MMS	MOI	WMA	CWA	
基礎調査	海岸地形調査	調査・測量	✓	✓									
	サンゴ礁・水質調査	〃				✓							
	波浪・流況調査	〃	✓			✓			✓				
海岸保全計画	海岸防護計画	策定/妥当性の評価	✓										
	海岸利用計画	〃	✓	✓				✓					
	土地利用計画	〃	✓		✓								
	環境保全計画	〃	✓			✓							
	関係者との合意形成	合意形成の実施	✓										
維持管理・モニタリング	地形モニタリング ^{*1}	実施、評価および計画へのフィードバック	✓	✓	✓						✓		
	サンゴ礁管理・モニタリング	〃	✓			✓							
	水質モニタリング	〃	✓			✓						✓	✓

^{*1} 借地エリアにおいては借主が責任を負う、※特に記載のない場合 MOESDDBM は主として ICZM 課を指す

※DC: District Council、BA: Beach Authority

出典: JICA 調査団

6.6 まとめ

航空写真、衛星写真の時系列的解析から、礁湖内のサンゴ群集、海草藻場、マングローブ林の存在が海浜の侵食や堆積に深く関与していることが示唆された。「モ」国サンゴ礁においては2000年以降、サンゴ礁の劣化が進み、その総合評価が“良好”から“不良”へと下落している。その原因として、礁湖内の富栄養化、土砂の流入、礁湖内での漁業及びマリンスポーツ等の人為的な原因の他に、オニヒトデ等の生物的要因、地球温暖化に伴う海水温の上昇の結果起こるサンゴの白化現象等が挙げられる(図 6.1.2)。

これらの問題に対応するため、リーフ環境保全計画では、航空写真、衛星写真、シートルース、水質分析等リーフ環境のモニタリングを通して、現況把握／解析を図る。礁湖内の水質の制御、特に海草藻場やサンゴ群集内での人間活動の制御(セーリング、プレジャーボート等)、またサンゴ、海草及びマングローブの植林等の具体的な対策を通して、サンゴ礁、海草藻場及びマングローブの再生を実現し、ひいては海浜の安定化に向けた行動計画について提言を行った。

Chapter 7

*能力向上・IEC計画および
海岸管理制度・体制計画*

*Capacity Development,
Information, Education and
Communication (IEC) Plan and
Coastal Management System*

7 能力向上・IEC 計画および海岸管理制度・体制計画

本業務における能力向上(Capacity Development)およびIEC(Information, Education, Communication)活動の目的について以下に示す。続いて、その計画の策定経緯・内容および活動結果について7.1章および7.2章に示す。

- 能力向上 : 本業務の実施の主目的であり、業務全般を通じてC/Pおよび政府関係機関を対象に、海岸保全に係る実施・検証能力等の向上を図る。
- IEC : 海岸保全の直接的な受益者である地域住民や利用者を対象として、海岸保全に係る意識向上、理解の促進を目的として実施する。

また、本業務で実施してきた能力向上に係る活動成果をベースとして、今後の海岸管理・体制計画について7.3章に提案する。

7.1 能力向上計画の策定

7.1.1 業務目標と各コンポーネントの位置づけ

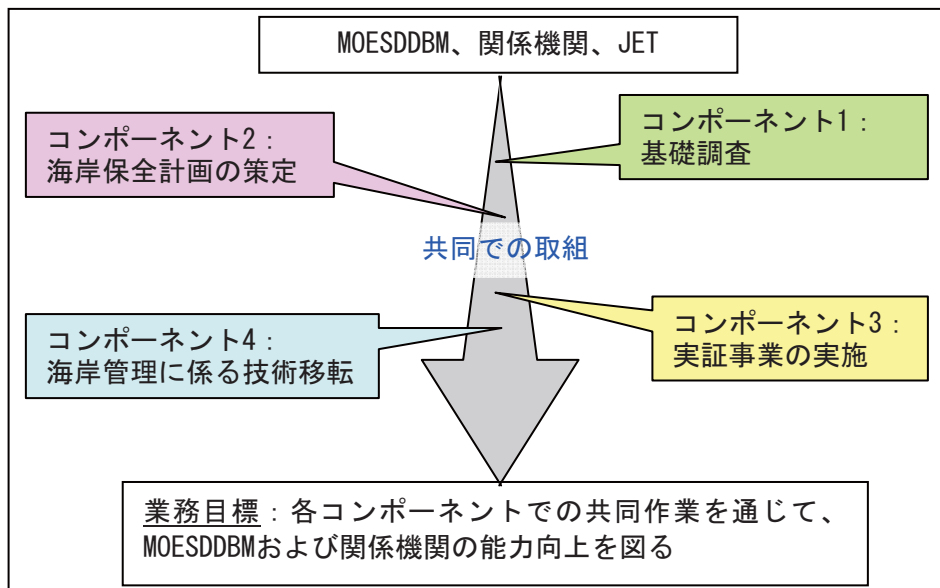
一般に海岸保全のプロセスは、1)調査、2)計画、3)設計・施工および4)維持管理の4つの工程に大別される。そして、表 7.1.1に示すように、本業務はこれらのプロセスに対応した形で各コンポーネントが構成されている。

表 7.1.1 海岸保全の基本フローと本業務のコンポーネントの対応

海岸保全の基本フロー	概要	本業務における対応
調査	海岸の現況の課題を定量的に把握するため、現地調査を実施する。	コンポーネント1：基礎調査
計画	調査により得られた問題点を総合的に勘案し海岸保全計画を策定する。	コンポーネント2：海岸保全計画の策定
設計・施工	保全計画に基づき、詳細な対策を検討し、実施する	コンポーネント3：実証事業の実施
維持管理	実施後、海岸の状態が良好に保たれるよう適切な維持管理計画を策定し、これを実施する。	コンポーネント3：実証事業の実施および コンポーネント4：海岸管理に係る技術移転

出典：JICA 調査団

本業務の目的は、各コンポーネントに対してC/PであるMOESDDBM(主としてICZM課)および関係機関と共同で取りんでいくことで、関連分野における能力向上(キャパシティデベロップメント)を図る事にある。本業務の概念図をに示す。



出典: JICA 調査団

図 7.1.1 業務目標と各コンポーネントの位置づけ

7.1.2 能力向上の目標(レベル)と対象機関の考え方

本業務における能力向上の対象はC/PであるMOESDDBMのICZM課を中心とするが、当該機関の担うべき役割は主として沿岸域の保全に係る計画・管理(Landell Mills, 2009)であり、また課員数が限られている事(2013年時点で6名)から、前述の海岸保全の基本フロー(調査、計画、設計・施工、維持管理)の全ての分野において等しく能力向上を図る事は適切ではない。そのため、2.3.2章で整理した、一般的な海岸保全の項目とそれに対応した政府の役割、担当機関を元に、分野ごとに能力向上の目標(レベル)と対象機関を設定し、能力向上計画を作成する方針とした(詳細は次頁以降参照)。

7.1.3 能力向上全体計画と本業務の能力向上の位置づけ

本業務の目的は、海岸保全に係るC/Pおよび関係機関の能力向上を図る事にある。一般に能力向上には基礎知識の習得、知識を生かした実務の実践、実務経験の蓄積による能力の醸成といった長期的なプロセスが必要となる。これを踏まえて、本業務における能力向上計画の策定手順を以下に、計画の概要を図 7.1.2に示す。なお、能力向上全体計画における本業務の位置づけは、「短期的目標の達成」となり、主として基本的な知識・能力の習得が目標となる。

<能力向上全体計画の策定手順(図 7.1.2参照)>

- ① 目指す姿の設定とそれに関連した長期的目標(6年~10年)の設定
- ② 上記を達成するための能力向上分野(4分野)の設定(本業務のコンポーネントに対応)
- ③ 各分野における現状の課題の抽出(キャパシティアセスメント)
- ④ 上記③に基づく、短期的目標(1~2年)の設定(本業務における能力向上分野)
- ⑤ 上記④に基づく、中期的目標(3~5年)の設定

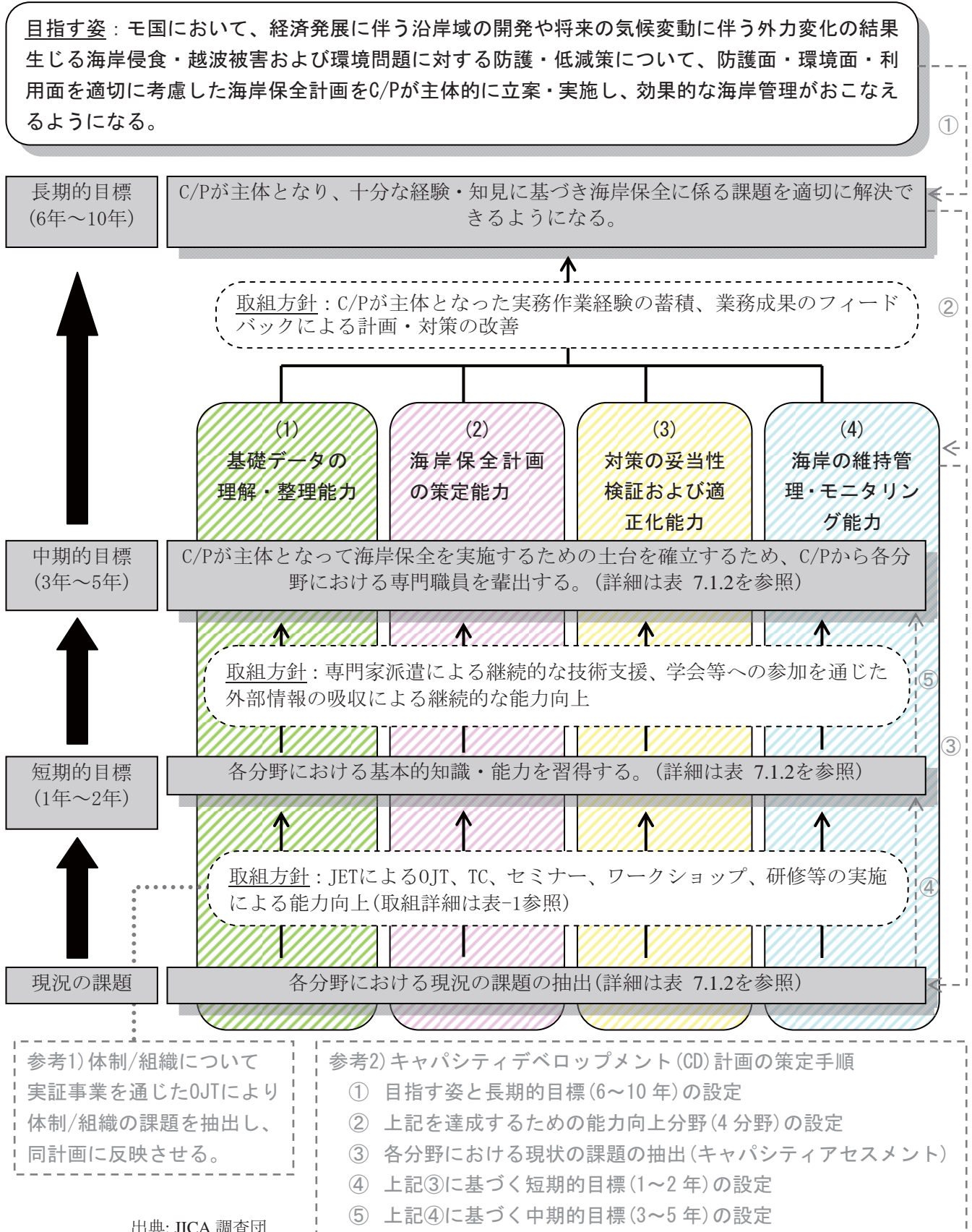


図 7.1.2 能力向上全体計画の概要

表 7.1.2 現況の課題とそれに対応した短期的・中期的目標の詳細

現状における課題	短期的目標の詳細 (本業務で実施)	中期的目標の詳細
<p>① 基礎調査データの理解・把握能力(主に「コンポーネント1:基礎調査」に対応)</p> <ul style="list-style-type: none"> 適切な海岸保全計画策定のために必要な長期的データ(海岸変形・波浪・流況・水質・サンゴの生息状況)が蓄積されていない。これらデータの不足のため、海岸の状況変化の追跡が困難であり、適切な海岸保全に支障をきたしている。 計画の基礎情報として、海岸保全に対する住民意識(ニーズや協力意思)を把握しておく事が望ましい。 以上の情報を海岸保全計画に有効に活用するため、これらデータは極力一元化し、一連の情報技術として整理しておくことが望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> 海岸地形のモニタリングに必要な素養を習得する。 波高計・流速計の使用目的、使用方法の概要を理解する。 底質サンプル採取方法と海岸地形との関連性の評価方法について理解する。 サンゴ礁の生息状況の調査方法および評価方法を理解する。 水質の調査方法および評価方法を理解する。 住民意識についての調査方法および評価方法を理解・実践する。 以上の調査結果について、汎用ソフト(GIS、Excel)等を活用し一元的に整理する手法を習得する。 	<ul style="list-style-type: none"> 左記に関連するデータを一元的なデータベースに継続的に蓄積していき、海岸域における過去から現在までの変化を把握できるようになる。 これらデータを元に、海岸で発生している問題について、その原因を想定できるようになる。 事後保全だけでなく予防保全の目的で本データベースを有効活用できるようになる。
<p>② 海岸保全計画の策定能力(主に「コンポーネント2:海岸保全計画の策定」に対応)</p> <ul style="list-style-type: none"> 海岸保全計画が必要な地区について、「モ国」全国規模で客観的な指標による評価がなされていないため、対策実施の優先度が不明確である。 上記①に関連し、保全計画において、現状の課題の抽出が十分でないまま計画を策定する傾向にある。適切な計画プロセスを経ていないため、結果的に計画が画一的なものとなっている。 将来の気候変動に伴う外力の増大(特に海面上昇)を考慮して計画を立案する事が望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> 複数の客観的指標を用いて、保全すべき海岸の優先度を決定する手法を理解・実施する。 対象海岸において適切な計画策定手法、つまり①的確な課題の抽出、②計画案の比較検討、③最適計画の選択のプロセスを理解・実施する。 上記に加え、計画には利用・環境面(海岸空間管理、リーフ環境)にも十分配慮した内容とする。 将来的な気候変動(特に海面上昇)を考慮した計画づくりを理解・実施する。 以上の取組内容を参考にして、ケーススタディー地区において関係者自身で海岸保全計画を策定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 本業務での保全計画の策定経験および「海岸保全保全技術ガイドライン」等を参考として、左記のプロセスを踏まえた海岸保全計画の策定をおこなえるようになる。
<p>③ 対策の妥当性検証および適正化能力(主に「コンポーネント3:実証事業の実施」)</p> <ul style="list-style-type: none"> 実質的にコンサルタント主導となっている傾向が強く、MOESDDBMによる対策の妥当性の検証が十分に行われないうまま、実施されるケースがある。 上記に関連し、対策に伴う環境面への影響についても十分に検証する必要がある(EIA)。 直接の受益者である住民・利用者にとって貢献する事業とするため、事業実施前に、利害関係者間で十分な合意形成を実施したうえで計画を適正化する必要がある。 	<p>(物理対策・非物理対策)に対応)</p> <ul style="list-style-type: none"> 事業の実施目的および対策の選定理由について明確に理解する。 海岸保全施設の適切な設計手法を理解する(設計潮位、設計波、施設規模の諸元の設定方法、石材重量の算定方法等) 水質・サンゴ礁生息状況、その他利用・自然条件に基づき、保全対策に係る環境影響評価項目の抽出方法を理解し、評価を行う(EIA)。 保全対策の直接的な受益者である住民等に、事業目的を含む対応策の詳細について合意形成を図り、計画を適正化する過程を理解・実践する。 以上の一連の取組内容について、実施手順、対策効果、今後の課題等について整理をおこなう。 	<ul style="list-style-type: none"> 実証事業の経験や本業務で作成する「海岸保全技術ガイドライン」を参考として、コンサルタント等からの設計成果の妥当性を適切に照査できるようになる。 実証事業の経験や本業務で作成する「EIA ガイドライン」を参考として、適切な評価項目・方法によって環境影響を評価できるようになる。 本業務での経験等を参考に、他業務においても適切な合意形成を実施する事を継続していく。
<p>④ 海岸の維持管理・モニタリング能力(主に「コンポーネント3:実証事業の実施」)</p> <ul style="list-style-type: none"> 定点観測、定点測量によるモニタリングが実施されていないため、その結果を評価し計画へ改善するといった、いわゆる順応的管理がおこなえていない。 海岸保全の妨げとなる構造物や違法行為について適切に対応する必要がある。 今後の海岸保全施設において、過大設計や瑕疵設計を避けるため、一般的な海岸保全施設の設計手法について一定の知識が必要である。 上記に関連し、モニタリング結果を計画へ適切にフィードバックする事が出来ず、状況の変化に対応した適切な管理がおこなえていない。 事業実施後の維持管理については、地元の住民あるいは利用者の理解・協力が不可欠となる。そのため、住民の参加や意識向上を目的とした IEC 活動を積極的に実施する必要がある。 	<p>(モニタリング)および「コンポーネント4:海岸管理に係る技術移転」に対応)</p> <ul style="list-style-type: none"> 実証事業を通じて、海岸地形のモニタリング方法、データの整理方法、およびその評価方法を習得する。 リーフ環境および水質のモニタリングおよび維持管理について、その実施体制を強化する。 計測機器(Wave Hunter、電磁流速計)を用いた波浪・流況観測に係るデータの取得方法、解析方法を理解する。 実証事業を通じて、モニタリングの取組体制・組織の課題を抽出し、改善を図る。 実証事業を通じて、海岸管理に必要な運営体制、規制等の改善を図る。 技術移転の一環として次のガイドラインの策定作業を共同で実施する。①海岸保全技術、②海浜変形モニタリング、③リーフ環境モニタリング、④EIA 技術移転の一環として、ワークショップ・セミナーの開催により、外部への活動成果の発信や意見交換の場を設ける。 技術移転の一環として、他国の海岸保全・海岸管理の事例を見学し、現地の管理者・技術者と意見を交換することで、関連する知見を広げる(セーシエル技術交流、本邦研修)。 	<ul style="list-style-type: none"> 本業務でのモニタリング経験および「海浜変形モニタリングガイドライン」を参考に、定期的に観測・測量を実施し、その結果を計画にフィードバックすることで、変化に応じた順応的な管理の実践を目指す。 海岸管理に関する違法行為等の周知徹底を図り、定期的な現地確認を継続する。 実証事業の経験を生かし、教育・啓発活動の継続によって、地元住民と協働した参加型海岸管理を実践する。 他国の保全対策の事例を類型化(問題・対策・結果)し、自国の海岸管理の際の指標として有用に活用する。

出典：JICA 調査団

表 7.1.3 能力向上における目標、対象機関および活動概要(1/2)

能力向上における目標(短期的目標)	主な対象	JETによる関係者の能力向上の行動計画 (うち黄塗は関係者単独での実施内容をJETが評価する項目(達成度評価項目))	関連活動
① 基礎調査データの理解・整理能力(主に「コンポーネント1:基礎調査」に対応)			
1-1.海岸地形のモニタリングに必要な素養を習得する。	MOESDDBM(ICZM課), MoLG(BA)	✓Step1: 海岸モニタリングでチェックすべき項目を理解する ✓Step2: 簡易計測機(スタッフ、メジャー、GPS)を用いた計測手法を理解する	合同現地調査(14海岸)
1-2.波高計・流速計の使用目的、使用方法の概要を理解する。	MOESDDBM(ICZM課), MoF, MOI, MMS, MoHL	✓Step1: 海岸侵食について、波浪・流況特性を知ることの重要性を理解する。 ✓Step2: 機器の測定能力(測定可能項目・期間)について理解する。 ✓Step3: 機器設置の現場に同行し、その設置手法を理解する。	Pte. d'Esnyにおける共同設置作業
1-3.底質サンプル採取方法と海岸地形との関連性の評価方法について理解する。	MOESDDBM(ICZM課)	✓Step1: 海岸地形(次の3ケース)における底質(粒径)の調査目的を理解する。1)砂浜勾配、2)リーフ内、3)リーフエッジ ✓Step2: 現地調査に同行し、底質サンプルの採取方法を理解する。 ✓Step3: 底質サンプルで評価すべき項目(粒径・組成・色)と海岸地形との関連性の評価方法について理解する。	合同現地調査(10海岸)
1-4.サンゴ礁の生息状況の調査方法およびその評価方法を理解する。	MoF(AFRC), MOESDDBM(ICZM課), MOI	✓Step1: サンゴの被度調査の実用的な手法(スポットチェック法)について理解する ✓Step2: 現地調査に同行し、その調査方法を理解する。 ✓Step3: 調査結果の評価についてTCで共有・協議し、現在のモ国におけるサンゴ生息状況を理解する。	合同現地調査(全39地区), 第3回TC(2012/9)
1-5.水質の調査方法および評価方法を理解する。	MoF(AFRC), MOESDDBM(NEL, ICZM課)	✓Step1: 水質調査に用いる一般的な機器(多項目水質計)とその測定項目を理解する。 ✓Step2: 現地調査に同行し、その調査方法と水深別に調査する事の必要性を理解する。 ✓Step3: 調査結果の評価についてTCで共有・協議し、現在のモ国における水質状況を理解する。	合同現地調査(全6地区), 第3回TC(2012/9)
1-6.住民意識についての調査方法および評価方法を理解・実践する。	MOESDDBM(ICZM課,IE課)	✓Step1: 住民意識を評価する際の評価項目(質問項目)について理解する。 ✓Step2: アンケート調査(対面式)を実施する。 ✓Step3: アンケート結果の評価についてTCで共有・協議し、海岸保全に係る住民意識の傾向を理解する。	合同現地調査(10海岸), 第5回(2013/1), 第6回TC(2013/5)
1-7.以上の情報について、汎用ソフト(GIS、Excel等)を活用し一元的に整理する手法を習得する。	MOESDDBM(ICZM課, CC課)	✓Step1: ソフトのインストールおよび基本動作、データの表示方法等を習得する。 ✓Step2: データベースに掲載すべき基礎データおよびその構成を決定する。 ✓Step3: データベースに所用のデータを掲載・更新する。 ✓Step4: WSの開催による、データベースの管理・使用方法の技術移転。	データベースの管理・使用方法に係る技術移転を目的としたWSの開催(2014/6)
② 海岸保全計画の策定能力(主に「コンポーネント2:海岸保全計画の策定」に対応)			
2-1.複数の客観的指標を用いて、保全すべき海岸の優先度を決定する手法を理解・実施する。	MOESDDBM(ICZM課), MoHL, MoLG, MoF, MOI, MMS, MoTL	✓Step1: 保全すべき優先海岸を選定する際に用いる複数の客観的指標項目を理解する。①自然・地形特性、②環境特性、③海岸変形特性、④海岸利用特性 ✓Step2: 上記指標を用いて全国のPublic Beachから海岸保全計画の策定海岸の優先順位付けを行う(全58海岸→20海岸(基礎調査海岸)→12海岸(海岸保全計画策定海岸))	第5回(2013/1), 第6回TC(2013/5)
2-2.対象海岸において適切な計画策定手法、つまり①的確な課題の抽出、②計画案の比較検討、③最適計画の選択のプロセスを理解・実施する。	MOESDDBM(ICZM課), MoHL, MoLG, MoF, MOI, MMS, MoTL	✓Step1: 保全計画(12海岸)を策定するために、現状の詳細(①自然・地形特性、②環境特性、③海岸変形特性、④海岸利用特性)とそれらにおける課題を明確化する。 ✓Step2: 上記課題を解決するための具体的な計画案を複数検討(3ケース程度)する。またそれぞれの計画のメリット・デメリットを明確にする。 ✓Step3: 計画の方向性について関係機関と共同で検討をおこなう。 ✓Step4: 計画の実現性の観点も踏まえ、関係機関と共同で検討をおこない計画を最終化する。	第5回(2013/1),第6回TC(2013/5), Working Session(2013/6, 2014/3)
2-3.上記に加え、利用・環境面(海岸空間管理面、リーフ環境面)にも十分配慮した計画の策定方法を理解・実施する。	MOESDDBM(ICZM課), MoHL, MoLG, MoF, MOI, MMS, MoTL	✓Step1: 土地利用管理面における各海岸の現状・課題を次の視点から抽出する。1)既存の海岸構造物の種類、2)セットバックエリア内の施設・構造物 ✓Step2: 海岸利用面における各海岸の現状・課題を次の視点から抽出する。1)海岸清掃、2)車両進入、3)排水・下水施設、4)マリンスポーツ・漁業活動、5)自然海岸砂草 ✓Step3: リーフ環境面における現状・課題を次の視点から抽出する。1)藻類の繁茂状況、2)透明度、3)シルト分、4)富栄養化 ✓Step4: 上記の利用・環境面において、関係機関と共同で検討を行い、海岸保全計画に対策として反映させる。	Wrok Shop(2013/6) 計画最終化のためのWork Shop(2014/10)

能力向上における目標(短期的目標)	主な対象	JETによる関係者の能力向上の行動計画 (うち黄塗は関係者単独での実施内容をJETが評価する項目(達成度評価項目))	関連活動
2-4.将来的な気候変動(特に海面上昇)を考慮した計画づくりの手法を理解・実施する。		✓Step1: 過去の侵食状況および将来の海面上昇を考慮し、適切なバッファゾーン(セットバックライン)を検討する。 ✓Step2: 上記を既存のセットバック規制と比較し、必要に応じて規制の改定を検討する。	
2-5.以上の取組内容を参考にして、ケーススタディー地区において関係者自身で海岸保全計画を策定する。		□Step1: 上記検討海岸以外でケーススタディー地区を1地区選定し、上記のプロセスを踏まえ、海岸保全計画を策定する。 □Step2: 上記保全計画についてTCなどで関係機関と協議を行い最終化する。	
③ 対策の妥当性検証および適正化能力(主に「コンポーネント3:実証事業の実施」(物理対策・非物理対策)に対応)			
3-1.事業の実施目的および対策の選定理由について明確に理解する	MOESDDBM(ICZM課)	<物理対策(Grand Sable)> ✓Step1: 技術的側面およびモ国の政策的観点における妥当性から実証事業地区を選定する(12海岸→2海岸) ✓Step2: 実証事業の目的「越波防護に対する新手法の効果を検証する事」および位置づけ「実験事業であり開発事業ではない事」を明確に理解する。 <非物理対策(Pte. d'Esny)> ✓Step1: 技術的側面およびモ国の政策的観点における妥当性から実証事業地区を選定する(12海岸→2海岸) ✓Step2: 実証事業の目的・位置づけを明確に理解する。(沿岸漂砂の連続性の観点での事業目的・対応策)	第7回TC(2013/8), 第8回TC(2013/9), MOESDDBM内部会議
3-2.海岸保全施設の適切な設計手法を理解する(設計潮位、設計波、施設規模の諸元の設定方法、石材重量の算定方法等)	MOESDDBM(ICZM課)	<物理対策(Grand Sable)> ✓Step1: 越波対策施設の設計に係る設計外力の設定方法(①設計潮位、②設計波、③打ち上げ高)および設計諸元(①天端高、②天端幅、③法勾配、④粒径)を理解する。 <非物理対策(Pte. d'Esny)> ✓Step1: 漂砂対策施設の施設諸元(①配置間隔、②施設延長、③天端高、④勾配)の考え方について理解する。	<Grand Sable> 第7回TC(2013/8), 第8回TC(2013/9) <Pte. d'Esny> 第10回TC(2014/4), 第11回TC(2014/10)
3-3.水質・サンゴ礁生息状況、その他利用・自然条件に基づき、保全対策に係る環境影響評価項目の抽出方法を理解し、評価を行う(EIA)。	MOESDDBM(ICZM課,EIA課)	<物理対策(Grand Sable)> ✓Step1: 海岸保全対策(礫養浜)の実施において考慮すべき環境影響評価項目を理解する。 ✓Step2: 上記の評価項目の視点を用いて、環境影響の観点から対策実施の妥当性を検証する。 <非物理対策(Pte. d'Esny)> ✓Step1: 海岸保全対策(既設突堤撤去・サンドバイパス等)において考慮すべき環境影響評価項目を理解する。 ✓Step2: 上記の評価項目の視点を用いて、環境影響の観点から対策実施の妥当性を検証する。	第8回TC(2013/9)
3-4.保全対策の直接的な受益者である住民等に、事業目的を含む対応策の詳細について合意形成を図り、計画を適正化する過程を理解・実践する。	MOESDDBM(ICZM課), MLG(DC)	<物理対策(Grand Sable)> ✓Step1: 海岸保全に係る住民の意識・要望を把握する(対面式アンケートの実施)。 ✓Step2: 住民代表者会議の実施により、対策についての住民側の基本的な意見を確認する。 ✓Step3: 全体住民会議の実施により、住民側の意見を踏まえた最終合意を得る。 <非物理対策(Pte. d'Esny)> ✓Step1: 海岸保全に係る借地エリアのオーナーの意識・要望を把握する(対面式アンケートの実施)。 ✓Step2: 個別会議(現地ヒアリング含む)の実施により、対策について各オーナーの基本的な意見を確認する。 ✓Step3: オーナー全体会議の実施により、オーナー側の意見を踏まえた最終合意を得る。	<Grand Sable> アンケート(2013/6), 住民代表者会議(2013/8), 住民全体会議(2013/9) <Pte. d'Esny> 個別会議およびアンケート(2014/4,6,10,12) 現地ヒアリング(2014/6,10)
3-5.以上の一連の取組内容について、実施手順、対策効果、今後の課題等について整理をおこなう。	MOESDDBM(ICZM課)	✓Step1: 物理対策もしくは非物理対策を事例として、一連の実施手順、対策効果、今後の課題について要旨を整理する。(A4で5枚程度を想定) □Step2: 上記を対外的に説明・発表する(国際学会などを想定)。	注)論文の代替として専門書を共同執筆(2014/10)

*DC: District Council、BA: Beach Authority
 出典:JICA 調査団

表 7.1.4 能力向上における目標、対象機関および活動概要(2/2)

能力向上における目標	主な対象	JETによる関係者の能力向上の行動計画 (うち黄塗は関係者単独での実施内容をJETが評価する項目(達成度評価項目))	関連活動
④ 海岸の維持管理・モニタリング能力(主に「コンポーネント3:実証事業の実施」(モニタリング)および「コンポーネント4:海岸管理に係る技術移転」)に対応)			
4-1.実証事業を通じて、海岸地形のモニタリング方法、データの整理方法、およびその評価方法を習得する。	MOESDDBM(ICZM課,LEU), MHL, MLG(BA), MoF, MOI	✓Step1: モニタリング対象海岸においてオートレベルを用いた海岸断面測量を定期的実施する。 ✓Step2: 測量データを所定のフォーマットを使用して蓄積・整理していく。 ✓Step3: 整理データを元に、一連の海岸における海浜断面の変化・問題点を理解する。 ✓Step4: (必要に応じ)現状の侵食の問題点に応じて、順応的管理計画を策定する。	合同現地調査(モニタリング対象の7海岸)
4-2.リーフ環境および水質のモニタリングおよび維持管理について、その実施体制を強化する。	MOESDDBM(ICZM課,LEU), MoF, MOI	✓Step1: リーフ環境・水質について既存のモニタリング機関(MoF, MOI)とモニタリングデータを共有する。 ✓Step2: Albionを対象にサンゴ礁保全に関するケーススタディーをおこなう。 ✓Step3: 専門協議会(MOESDDBM, MOI, AFRC, 大学)を設立し、サンゴ礁保全計画の骨子を作成する。 ✓Step4: 同協議会にてサンゴ礁保全・維持管理計画を最終化する。 □Step5: サンゴ礁における水質基準項目・しきい値について国際規格の採用を目指す。	-
4-3.計測機器(Wave Hunter、電磁流速計)を用いた波浪・流況観測に係るデータの取得方法、解析方法を理解する	MOI, MMS, MOESDDBM(ICZM課)	✓Step1: 波浪・流況観測と計測機器(Wave Hunter, 電磁流速計)に係る基本的な内容を理解する。 ✓Step2: 計測機器のセッティングの練習会への参加により、基本的な取り扱い作業を習得する。 ✓Step3: 現地で共同での機器設置・回収作業に参加し、一連作業について理解する。 ✓Step4: 現地でデータ計測に係る一連作業を実施する。1)撤去、2)データ回収、3)データ取得のセットアップ、4)再設置 ✓Step5: 取得データについて、Excelを用いた時系列の比較グラフの作成(一次処理)を行う。 ✓Step6: 上記取得データを当該地区の海岸保全計画にフィードバックする方法を理解する。	・計測機器の説明会の実施(2013/6) ・セッティング練習会の実施(2013/10) ・関係者のみによる現地での機器のセットアップの実施(2014/4～) ・取得データの解析手法と海岸保全計画へのフィードバックに係る説明会の開催(2014/6～)
4-4.実証事業を通じて、モニタリングの取組体制・組織の課題を抽出し、改善を図る。	MOESDDBM(ICZM課), MHL, MLG(BA), MoF, MOI	✓Step1: これまでのモニタリングの実施体制を鑑み、人員確保や省庁間の連携の観点から課題を抽出する。 ✓Step2: (必要に応じ)課題を踏まえて、関係者と共同でモニタリングに係る取組体制・組織の改善を図る。	
4-5.海岸保全に係る教育・啓発活動を実施し、住民含む利用者とともに、参加型の海岸管理を実践する。	MOESDDBM(ICZM課), MLG(DC)	<物理対策事業(Grand Sable)> ✓Step1: 参加型海岸管理の取組への第一歩として住民と共同で海岸清掃を実施する。 ✓Step2: 住民によるモニタリングチームの結成を働きかけ、定点における海岸状況の撮影を定期的実施する体制を構築する。 ✓Step3: 住民代表者会議の開催により、モニタリング結果に基づく対策の効果・影響・改善点の観点で協議をおこない、対策に係る理解・意識向上を図る。 ✓Step4: (必要に応じ)住民会議を開催し、上記改善点を踏まえた順応的管理計画を策定・実施する。 ✓Step5: 維持管理体制の強化のため、住民サイドには自営の管理体制の構築および政府サイド(MoHLおよびMoLG)には当海岸をPublic Beachとしての認定を働きかけていく。 <非物理対策事業(Pte. d'Esny)> ✓Step1: 海岸保全における課題・対応策について住民との協議を共に実施していく過程で、住民の計画への参加意識を向上し、参加型海岸管理を実現するための基礎を構築する。	<Grand Sable> ・海岸清掃の実施(2013/10) ・住民モニタリングチームの体制の構築とモニタリングの実施(2013/12～) ・維持管理体制の確認会議(2014/5) ・維持管理状況の確認(2014/6～) <Pte. d'Esny> ・全体住民会議(3回: 2014/3, 5,10) ・個別住民会議(2回: 2014/6, 10)
4-6.実証事業を通じて、海岸管理上必要な運営体制、規制等の改善を図る。	MLG(BA, DC), MOESDDBM(ICZM課)	<物理対策事業(Grand Sable)> ✓Step1: (上記の)参加型海岸管理の実施過程により住民の海岸保全に係る意識の向上を図る。 ✓Step2: WS等の開催により、住民に対し海岸管理に関する違法行為(ゴミ投棄、礫材の持ち出し、個人施設の設置等)について周知する。 ✓Step3: MoLGと連携し、違法行為の管理体制を強化する。 <非物理対策事業(Pte. d'Esny)> ✓Step1: 海岸の土地利用管理、特に借地契約の実態について課題を整理・確認する。 ✓Step2: 上記課題を踏まえたうえで、法制および管理体制について政府へ提言を行う。	<Grand Sable> ・違法行為に関する住民への説明会の実施(2014/4) ・管理体制の構築に係る会議(2014/5) ・管理体制の確認に係る会議(2014/10) <Pte. d'Esny> ・MHLとの協議の実施(2013/10, 2014/6, 10)

能力向上における目標	主な対象	JETによる関係者の能力向上の行動計画 (うち黄塗は関係者単独での実施内容をJETが評価する項目(達成度評価項目))	関連活動
4-7.技術移転の一環として、次のガイドラインの策定作業を共同で実施する。①海岸保全技術、②海浜変形モニタリング、③リーフ環境モニタリング、④EIA	MOESDDBM(ICZM課, EIA課), MHL, MLG(BA), MoF, MOI	✓Step1: 関係者と協議のうえ、実務への適用性を重視したガイドライン作成へ向け、具体的な掲載内容を決定する。 ✓Step2: 各ガイドラインを作成する。作成過程において、本業務における海岸保全計画および実証事業のパートをレビューし、技術的内容を再確認しつつ作成を進める。 □Step3: モ国の既往の設計事例(Grand Baieの石積み護岸を想定)に対して、ガイドラインを参考にその設計の妥当性を検証する。	・ガイドラインの内容に係るワークショップ(2014/6)
4-8.技術移転の一環として、ワークショップ・セミナーの開催により、外部への活動成果の発信や意見交換の場を設ける。	MOESDDBM(ICZM課), MHL, MLG, MoF, MOI, MMS, MTL他	✓Step1: 海岸保全計画の成果について、政府関係者を対象としてワークショップ・セミナーを開催し、海岸保全に対する理解・意識の向上を図る。 ✓Step2: 実証事業の成果について、政府関係者および国際機関関係者(IOC, UNDP等)を対象にワークショップ・セミナーを開催し、業務成果の情報発信および意見交換をおこなう。	・ワークショップ及びセミナーの実施(2013/6, 2014/9) ・世界環境Dayでのセミナーにおいて物理対策事業(Grand Sable)の取組成果についてポスター発表を実施(2014/5)
4-9.技術移転の一環として、他国の海岸保全・海岸管理の事例を見学し、現地の管理者・技術者と意見を交換することで、関連する知見を広げる(セーシェル技術交流、本邦研修)。	MOESDDBM(ICZM課, EIA課, PPC課, LEU), MOI, MPI	✓Step1: 自然環境の類似したセーシェルにて技術交流をおこない、サンゴ礁帯に位置する海岸保全・海岸管理の事例に係る見識を深める。 ✓Step2: 日本にて技術交流を行い、海岸保全施設の対策事例およびサンゴ礁帯における住民参加型の海岸管理の先進事例に係る見識を深める。	・セーシェル技術交流(2013/6) ・本邦研修(2013/12)

※DC: District Council、BA: Beach Authority

出典:JICA 調査団

7.1.4 能力向上に係る活動概要

本業務では、能力向上全体計画における短期的目標(表 7.1.2の赤枠)を達成する事を目的とする。本計画に基づいて、C/Pおよび他の政府関係機関を対象として行った能力向上に係る活動概要をおよび表 7.1.3および表 7.1.4に整理する。なお、能力向上の対象となる機関は、第2.3.2章における現在の組織体制、およびその活動実態を踏まえて計画した。表中の各項目について、チェック済み(☑)は2014年12月時点で実施済み、チェック無し(□)は今後実施予定の項目である。

基礎調査(コンポーネント1)における関係者への能力向上の実施状況例について下図に示す。なお、その他のコンポーネントにおける実施状況の詳細については各対応章に示す。



(項目1-1)海浜形状の測定の共同実施



(項目1-2)波高計の共同設置作業



(項目1-5)水質試料のサンプリングの実施



(項目1-5)多項目水質計による水質測定



(項目1-6)アンケート調査の共同実施



(項目1-7)Arc GISの基本操作方法の説明

出典：JCIA 調査団

図 7.1.3 基礎調査における関係者の能力向上の実施状況例 (項目番号は表 7.1.3および表 7.1.4に対応)

7.2 情報・教育・コミュニケーション(IEC)計画

7.2.1 IECの一般的な定義と本プロジェクトにおける捉え方

a. IECの一般的な定義

情報・教育・コミュニケーション (Information, Education, and Communication : IEC) とは、サービス利用者に対して特定の情報を伝達する方法である。IEC活動とは、「サービス利用者が理解を深め、行動変容することを目指し、サービス提供側が展開する多様な情報伝達に係る活動」を意味する。一般に、IECは以下のように整理することができる。

表 7.2.1 IECの一般的な定義

	Information	Education	Communication
定義	個人や一般大衆を対象に提供される情報そのもの。	個人の知識獲得や意識向上を図るための段階的な学びのための情報伝達プロセス。	二人以上のグループに対する情報提供、アイデアの共有、相互理解のための情報伝達プロセス。

出典：JICA 調査団

b. 本プロジェクトにおけるIECの捉え方

本プロジェクトでは、海岸保全計画の特性・実態を踏まえIEC活動の捉え方を表 7.2.2 に示すように考えた。本業務においては、「サービス利用者が理解を深め、行動変容すること」を「提案する海岸保全計画に係る合意形成」と捉え、これをIEC活動の重要な成果の一つに設定する。また、広報活動については、本来IEC活動に含まれるものであるが、本業務では特に組織・国レベルでの広域的な波及効果を図ることを明確にする目的で、Public Relations(広報)の分野を別途設定した。

表 7.2.2 本プロジェクトにおけるIEC活動の捉え方

Information	Education	Communication	Public Relations(広報)
<ul style="list-style-type: none"> 海岸災害および海岸保全に関する一般的な情報の提供。 IEC活動の第1段階の位置づけ。 	<ul style="list-style-type: none"> 海岸災害および海岸保全に関する(個人にとっての)新たな知識の獲得や意識向上。 IEC活動の第2段階の位置づけ。 	<ul style="list-style-type: none"> 提案する海岸保全対策に係る合意形成。 Communicationを通して合意形成(Consensus building)を図る事を目的とする。 IEC活動の第3段階の位置づけ。 	<ul style="list-style-type: none"> 左記の活動のプロセス・成果について組織・国レベルでの広域的な周知・PRを行い本活動の波及効果を図る。 IEC活動の第4段階の位置づけ。

出典：JICA 調査団

7.2.2 現況のIEC活動の課題を踏まえた対応策

本業務におけるIEC活動の計画の策定にあたって、現況の課題を把握する目的で、C/PであるMOESDDBM内でIEC活動を担当するInformation and Education Divisionにヒアリングをおこない課題の抽出をおこなった。これら課題に関連した本プロジェクトのIEC活動における対応策を表 7.2.3に整理した。

ヒアリングによると同課はこれまでTV、ラジオ、新聞等のマスメディアを通じた環境保全に係る啓発活動、初等教育段階におけるパンフレットの配布、出張授業などの活動は定期的(年1回程度)おこなっているとのことである。しかし一方で、海岸災害・海岸保全に係る活動や、情報の受け取り側の理解度の確認・向上については十分に実施できていない(情報の一方通行化)との見解を持っている。同課は今後、よりニーズに合ったIEC活動に発展させていくうえで「提供した情報に対する住民側の理解度の確認・向上」を最重要課題として捉えていることから、調査団としても特に本項目に重点を置きIEC活動に取り組む方針とする。

本課題を解決するためには、情報の一方的な提供ではなく、利害関係者を含めての忌憚ない意見交換が必要であると考えられる。そのため、本プロジェクトではこの意見交換の場としてステークホルダー会議を設け、その場を通じて合意形成を図り、住民の意識・理解度の向上を図る事を目的とする。ステークホルダー会議は、本業務において利害関係者と具体的な対策を協議する必要性のある、物理的対策および非物理的対策の実施地区(2地区)でおこなうこととする。

表 7.2.3 現況のIEC活動における課題と関連する対応策

本プロジェクトで想定する 主なIEC活動	海岸災害の発生して いる地域の住民に対 する対話式のヒア リング・アンケートの 実施	ステークホルダーミ ーティングの開催	左記の活動のプロセ ス・成果についての広域 的な広報活動(マスメ ディアの活用)			
活動の詳細 ヒアリングおよび 過去の文献によって 抽出された課題	過去の海岸災害の規模(侵食・高波)に対する定量的なヒアリング	将来の気候変動により発生しうる海岸災害についてのアンケート調査	左記に対する対応策の種類の説明および望ましい対策についての確認	提案する海岸保全対策について利害関係者を参集し意見交換の実施	ステークホルダーの意見を考慮した海岸保全計画の策定・改善	地域・国レベルでの広域的な広報活動により住民等に対し、意識向上・理解の促進を図る。
1. 過去の海岸災害に対する地元住民の経験・知識(暗黙知)を明確な情報(形式知)として整理できていない	○	○	○	○	○	○
2. 地元住民に対して将来の海岸災害について十分な啓発活動が実施されていない。		○	○	○	○	○
3. 海岸保全計画の内容について、多様なステークホルダーの意見を十分に反映させた事例が少ない。			○	○	○	○
4. 同様に海岸管理(違法行為の確認や日常的管理)においてもステークホルダーの十分な参画が実現していない。				○	○	○
5. 海岸保全に係る利害関係者の意識・理解度の確認が十分におこなえていない。				○		
6. 事業の波及効果を図るため、地域・国レベルで積極的な広報活動を行っていく必要がある。						○

出典：JICA 調査団

7.2.3 IEC計画

前節までに示した本プロジェクトにおけるIEC活動の定義および現況の課題に関連する対応策を踏まえたIEC計画について下表に示す。なお、IEC計画にしたがった本業務における具体的な活動内容については、表中に記載した関連章を参照のこと。

本業務における実施例を参考に、円滑な海岸保全事業の実施およびその業務成果のPRによる事業の波及効果を図る事を目的に、今後MOESDDBMが主体的にIEC活動を実施していくことが望まれる。

表 7.2.4 本業務におけるIEC活動計画の概要

	Information	Education	Communication	Public Relations (広報)
IEC 活動の定義	<ul style="list-style-type: none"> 海岸災害および海岸保全に関する一般的な情報の提供。 IEC活動の第1段階の位置づけ。 	<ul style="list-style-type: none"> 海岸災害および海岸保全に関する(個人にとっての)新たな知識の獲得や意識向上。 対話式により対象者のもつ知識(経験)の獲得・蓄積も図る。 IEC活動の第2段階の位置づけ。 	<ul style="list-style-type: none"> 提案する海岸保全対策に係る合意形成。 Communicationを通して合意形成(Consensus building)を図る事を目的とする。 IEC活動の第3段階の位置づけ。 	<ul style="list-style-type: none"> 左記の活動のプロセス・成果について地域・国レベルでの広域的な周知・PRをおこない本活動の波及効果を図る。 IEC活動の第4段階の位置づけ。
対象	<ul style="list-style-type: none"> 海岸被害(侵食、高波)の発生している地域住民 全国10地区程度(海岸保全計画の策定海岸を想定) 		<ul style="list-style-type: none"> 海岸被害(侵食、高波)の発生している地域住民 全国2地区程度(物理・非物理対策地区を想定) 	<ul style="list-style-type: none"> モ国国民、観光客等 関連機関(UNDP、IOC等)
活動方法	<ul style="list-style-type: none"> 地元住民などの海岸利用者(個別)に対する対話式のヒアリング・アンケート調査等 		<ul style="list-style-type: none"> 利害関係者を参集し会議を実施(ステークホルダーミーティングの開催) 	<ul style="list-style-type: none"> TV、インターネット、ラジオ、新聞等のマスメディアを活用した広報活動
活動詳細	2.7章：住民の意識		8.3.5章：住民合意形成	8.3.9章：住民参加型の海岸維持管理とIEC活動
実施機関	MOESDDBM、JETおよび関連機関 (効率的な技術移転を図るため、JETが指導をおこない、MOESDDBMが主体として実施)			MOESDDBM、JETおよび関連機関等

出典：JICA 調査団

7.3 海岸管理制度・体制計画

本業務で実施してきた能力向上に係る活動成果をベースとして、今後の海岸管理・体制計画について以下に提案する。

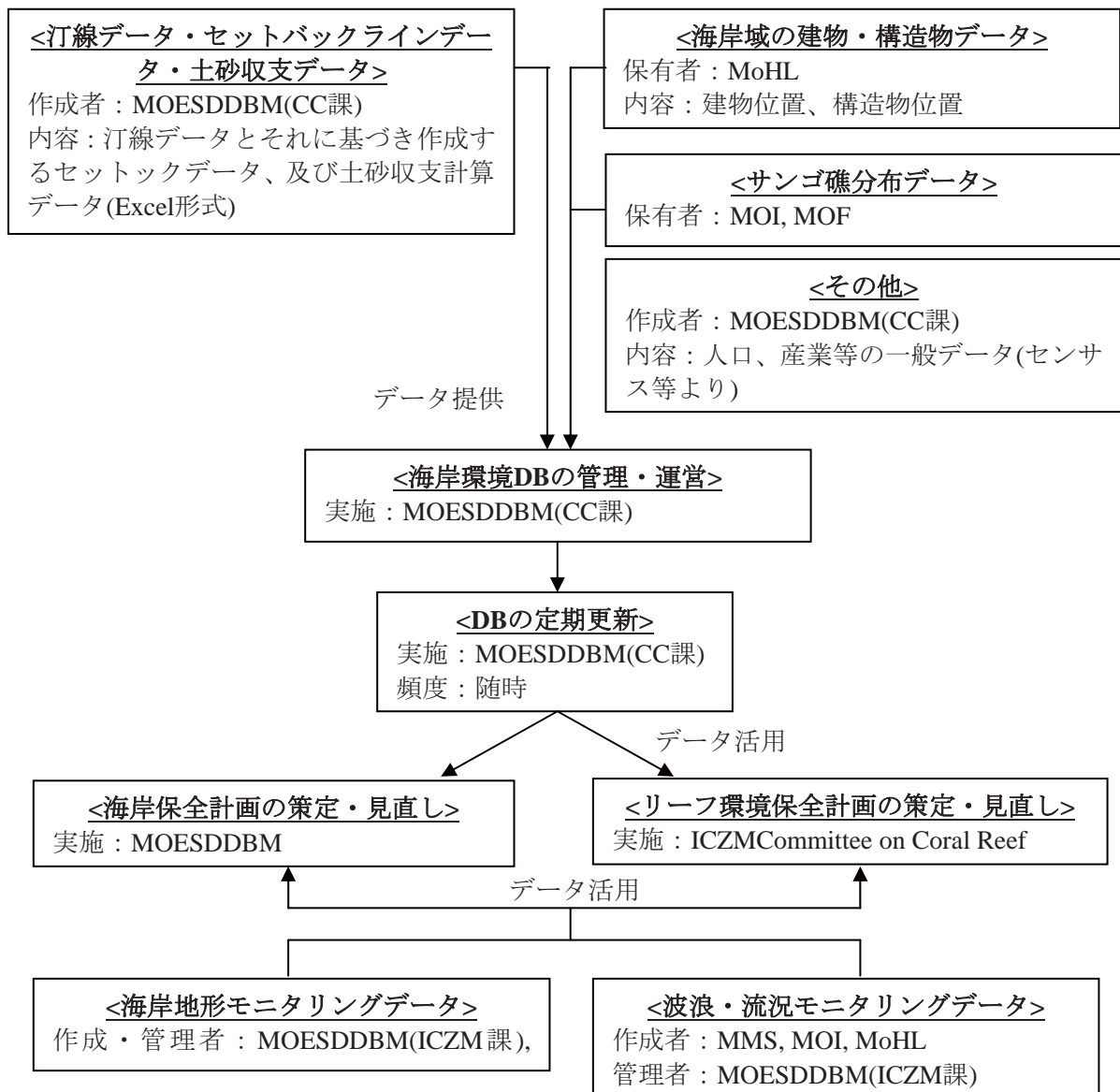
<提案する海岸維持管理およびモニタリングに係る制度・体制計画>

- ・ 海岸環境データベースの管理体制
- ・ 海岸変形モニタリングの実施体制
- ・ 波浪・流況モニタリングの実施体制
- ・ リーフ環境保全計画を策定するための実施体制
- ・ 地域住民参加型の海岸管理を実現するための実施体制
- ・ 海浜整形による海岸維持管理体制
- ・ 海岸域のリースエリアの契約・利用に係る制度の改正案
- ・ 砂の再利用に係る体制

7.3.1 海岸環境データベースの管理体制

本業務で構築した海岸環境データベース(DB)について、今後の管理・運営体制を以下に示す。海岸環境DBの運営の目的は、海岸保全計画およびリーフ環境保全計画の策定・見直しに必要な自然・社会環境に係る既存データを効率的に蓄積・更新していくことにある。

特にGISを用いて管理する事が効率的な汀線データ等については、それぞれのデータ保有者から得たデータを、MOESDDBMの気候変動課(Climote Change Div.)のGISユニットが管理・運営していくこととする。一方、専門性の高い海岸地形モニタリングデータおよび波浪・流況モニタリングデータについては、効率面を考慮し実施者が直接管理・運営していくものとする。



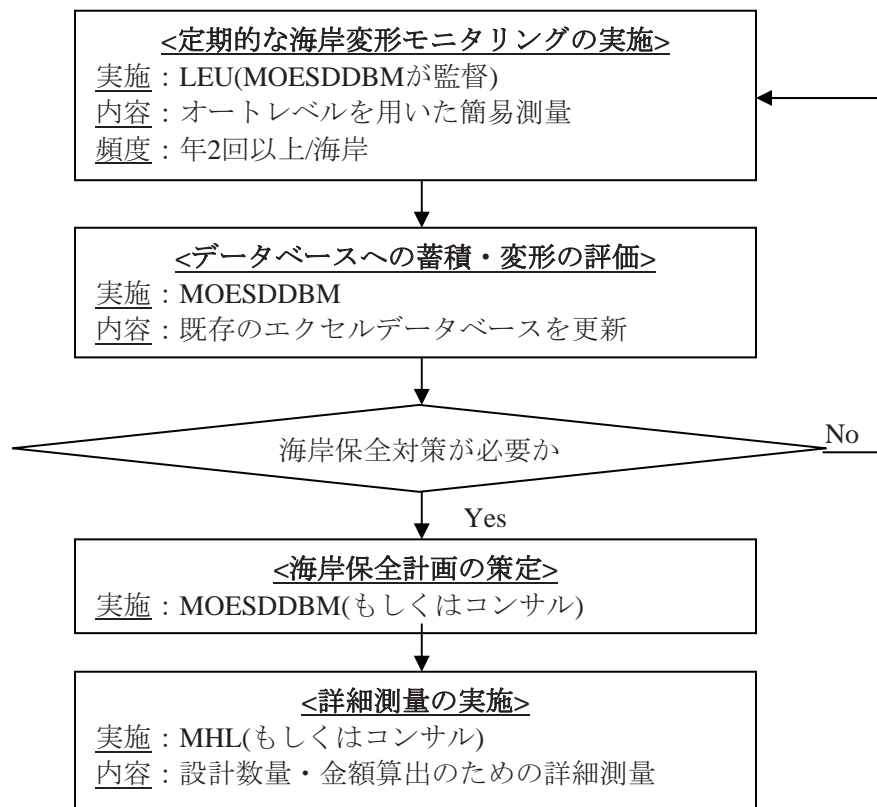
出典：JICA 調査団

図 7.3.1 海岸環境 DB の管理・運営体制

7.3.2 海岸変形モニタリングの実施体制

海岸変形モニタリングの実施目的は、定期的に対象エリアの海浜変形状態を定量的にモニターする事でその変化を確認し、しかるべき順応的対策に繋げていくことにある。モーリシャス国では夏季と冬季に風向きが変化し、ラグーン内で沿岸漂砂の方向も変化する事から、季節変化を確認するため年2回(夏季・冬季で各1回)以上実施する事が望ましい。

本業務における継続的モニタリングの開始当初は人員不足が懸念されたが、MOESDDBM内のLEUのスタッフを動員する事で、円滑に実施されている。現時点では1海岸につき約3カ月おきにモニタリングが実施されているが、これまでの蓄積データを評価したうえで、変動の少ない海岸は上記の年2回程度の実施とすることで問題無い。なお、海岸変形モニタリング実施の目的は、測量開始当初からの時系列海浜断面変化を知ることが目的であるため、高精度の測量機器(トータルステーション等)の使用や標高の絶対値は必ずしも必要では無く、むしろ本事業を通して確立したモニタリングのレベルを今後も継続していくことが重要である。なお、下図に示すように、蓄積されたモニタリングデータを用いて、海岸保全対策の必要性を評価し、必要となる場合は対策の設計数量・事業費を検討するため、詳細測量を実施する必要がある。

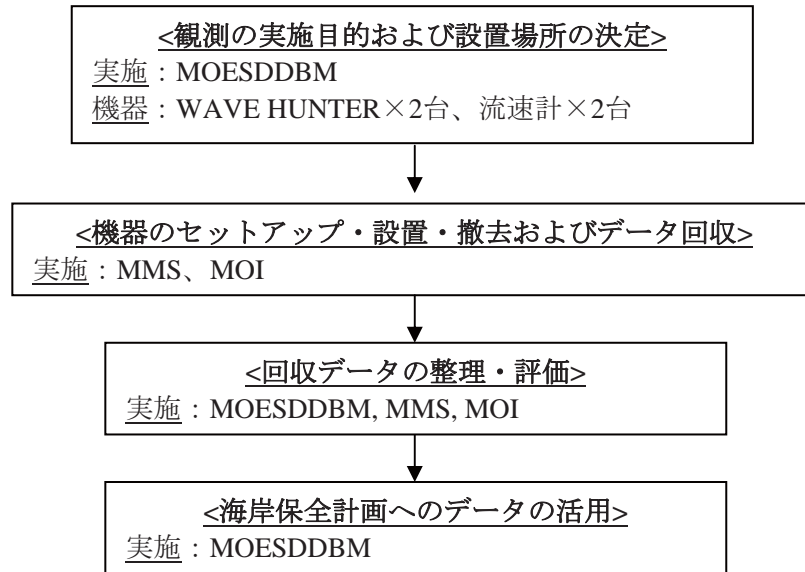


出典：JICA 調査団

図 7.3.2 海岸変形モニタリングの実施体制

7.3.3 波浪・流況モニタリングの実施体制

本事業で導入した波高・流速計(WAVE HUNTER)2台および流速計2台はそれぞれMMSおよびMOIに供与され、今後は両機関が観測を実施していく予定である。、事業後の観測の実施主体はこれらの機関である。しかし、観測機器の設置目的と設置場所およびデータ取得後の評価においては、今後の海岸保全計画に活用する事からMOESDDBMによる実施が望まれる。また回収データをMMSおよびMOIから提供してもらい、MOESDDBM主導で回収データの整理・評価を実施する。この結果を必要に応じ海岸保全計画の策定に活用するものとする。



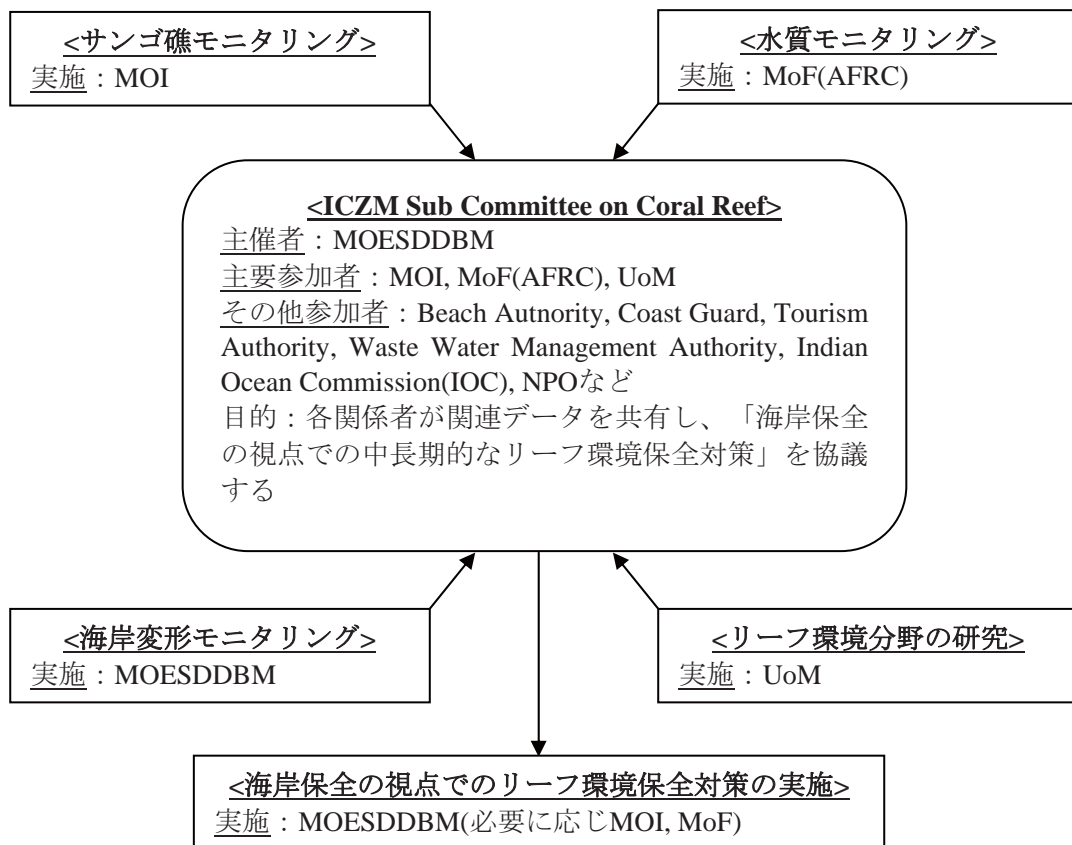
出典：JICA 調査団

図 7.3.3 波浪・流況モニタリングの実施体制

7.3.4 リーフ環境保全計画を策定するための実施体制

サンゴ礁・水質のモニタリングについては既にMOIおよびMoF(AFRC)が実施しており、本分野に係る専門性も高い。したがって、MOESDDBMとしてはこれら機関と連携し、情報を共有し共同でリーフ環境保全対策を計画する必要がある。そのための専門機関として専門協議会の設立が望まれる。これは、既に存在するICZM下のSub Committee on Coral Reefをベースとするが、各関係者がモニタリング結果を共有し、具体的な対策について検討をおこなうより専門的な協議会の位置づけで考えている。また、専門協議会の目的は海岸保全の視点でのリーフ環境保全対策の策定とし、本協議会の主催者はMOESDDBMとする。

また、サンゴ礁帯の水質の健全度を評価するためのモ国内の基準値について、本業務により改正する事の提案がなされた(第6章参照)。そのため、本協議会での検討をとおし、将来的に水質評価基準の改正を実施する事が期待される。

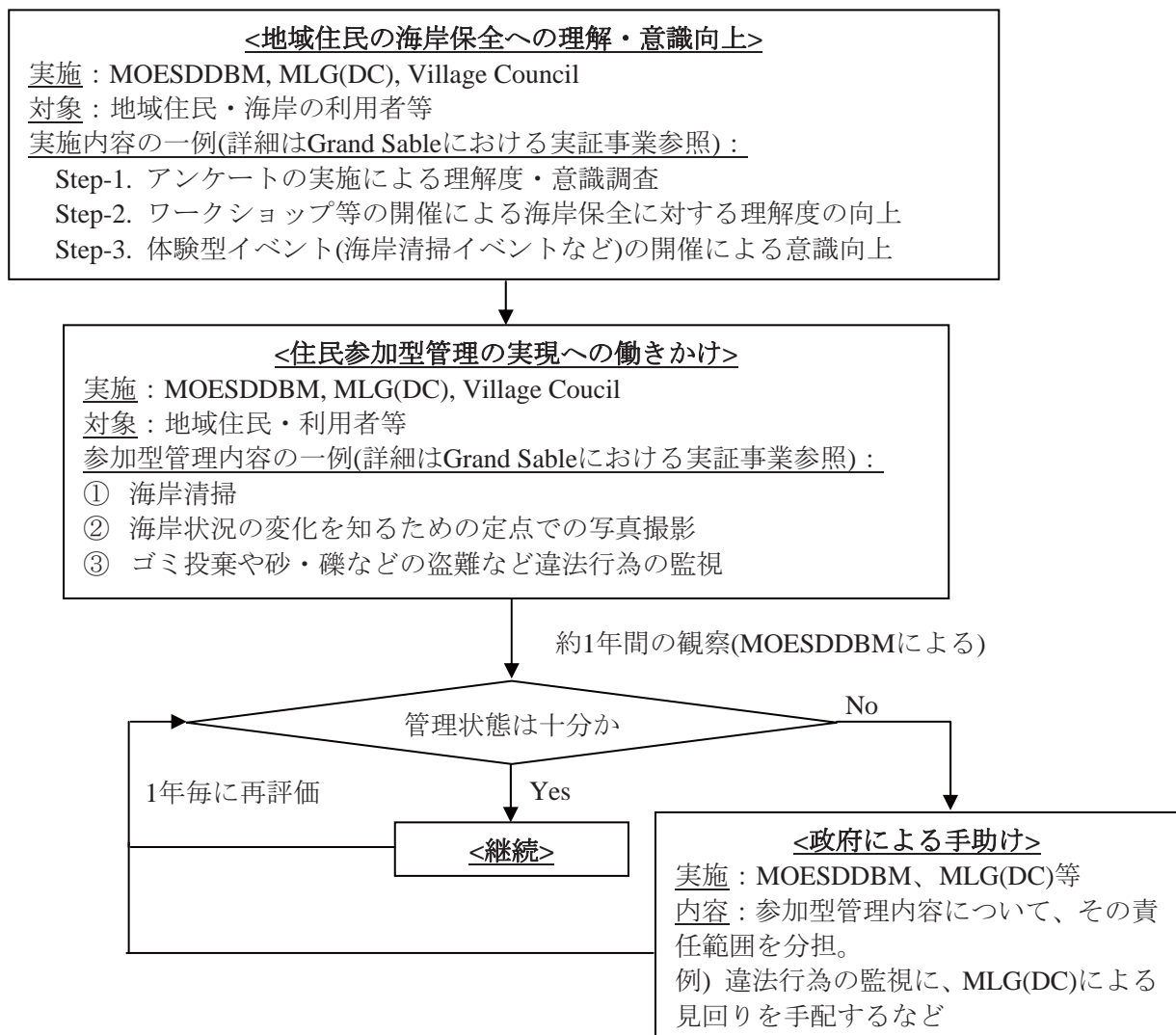


出典：JICA 調査団

図 7.3.4 リーフ環境保全計画を策定するための実施体制

7.3.5 住民参加型の海岸管理を実現するための実施体制

モ国の海岸エリアはPublic Beach、Leased Area、Vested AreaおよびUncommitted Areaの4種類に大別される(詳細は第2章参照)。このうちPublic Beachにおいては政府機関であるBeach Authorityが管理を行っているが、Leased AreaおよびVested Areaについては個々の借主の自主性に任せた状態、Uncommitted Areaについては実質的な管理が行われていない状況にある。限られた政府人員でこれらの海岸についても管理を行っていく事は現実的に難しい。そのため、将来的には地域住民主体の海岸管理を推し進めていくことが望まれる。本業務では、物理的対策を実施したGrand Sable(Uncommitted Areaに該当)において、住民参加型の海岸管理を実践した(詳細は第8章参照)。このようなプロセスを参考に、他海岸においても、極力住民主導型で海岸管理を行えるような体制作りを実施していくことが重要である。



出典：JICA 調査団

図 7.3.5 住民参加型の海岸管理を実現するための実施体制

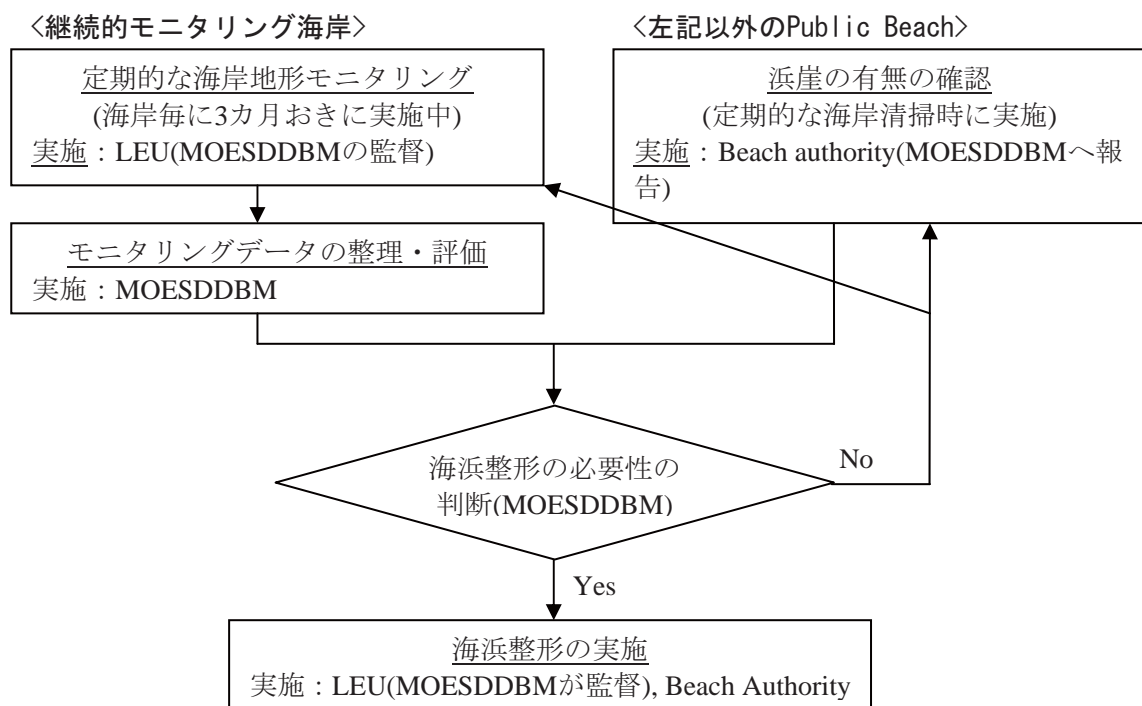
7.3.6 海浜整形による海岸維持管理体制

海岸侵食を受けた海岸の形状の一つとして、特に高波が来襲した際に形成される浜崖(砂浜が切り立った崖状のように侵食された状態)がある。これは、再び高波が来襲した際に波によって自然の形状に戻されることもあるが、崖の形状のまま侵食が進行していく場合もある。後者の場合浜崖が進行すると、海岸利用面および景観面に支障が生じるため、特に利用面や観光面で重要な役割を果たす観光海岸やPublic Beachにおいては優先的に対策を講じる必要がある。本業務では、浜崖への対応策として、その形状を自然の砂浜の形状(勾配)に戻すことで、本来の砂の移動・供給を促進することを目的とした海浜整形を提案している。海浜整形の実施を検討する海岸は、上記の優先度を考慮し、本業務で継続的モニタリングを実施している海岸およびその他のPublic Beachを対象とする。

継続的モニタリングを実施している海岸については、海岸地形を定期的に測量し、その時系列データで浜崖の進行状況を確認したうえで対策の必要性について判断する。一方、その他Public Beachについては、定期的な海岸清掃を実施しているBeach Authorityから浜崖の形成状況について情報提供を受ける体制を整え、その情報に基づいて現地を確認したうえで対策の必要性を判断する。

なお、海浜整形を実施するには、浜崖背後にある程度のバッファゾーンが必要である。背後に余裕の無い状態では、前面に養浜をした上で海浜整形を実施するなど、対策の組み合わせが必要となることに留意が必要である。

海浜整形による海岸維持管理体制について下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 7.3.6 海浜整形による海岸維持管理の実施フロー

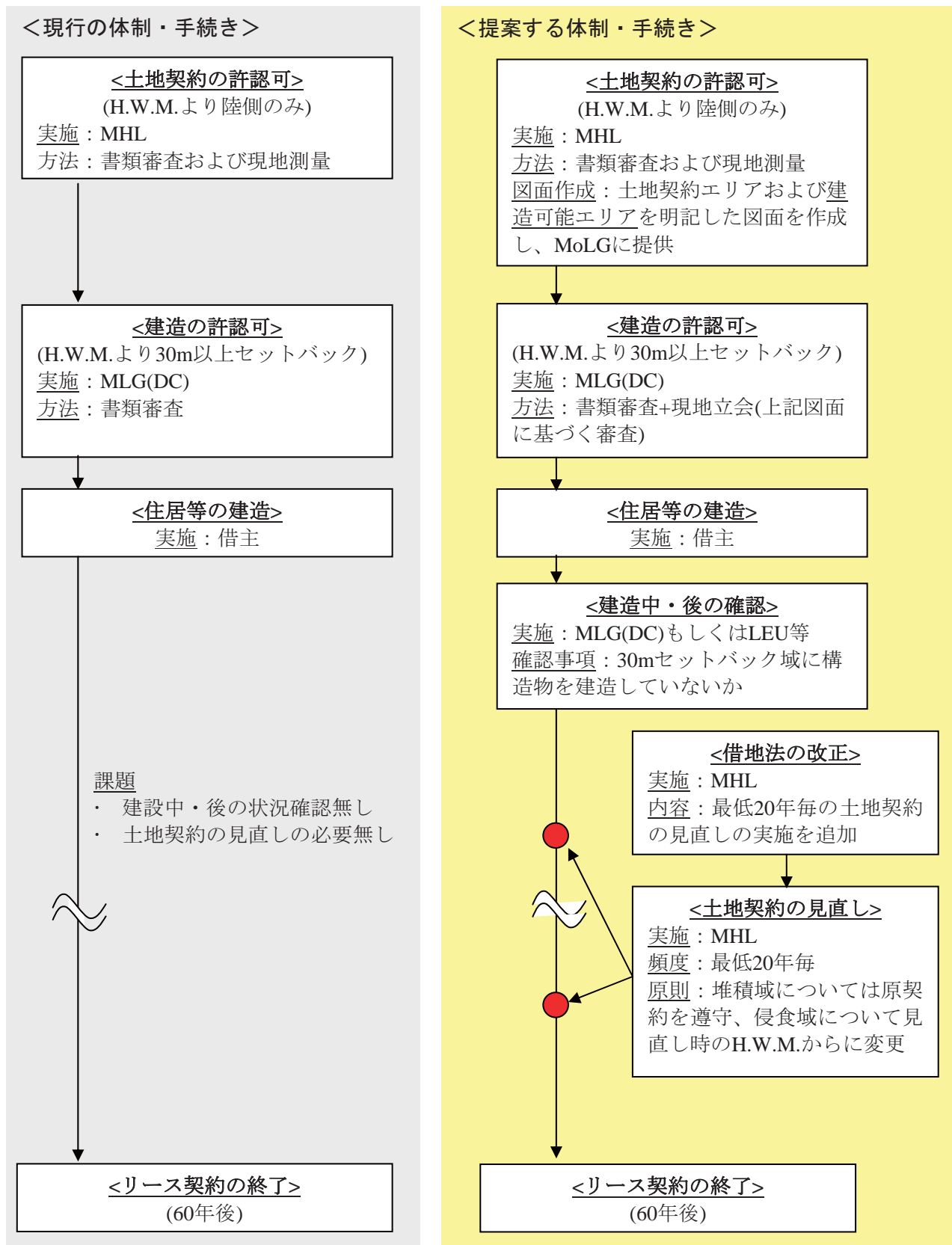
7.3.7 海岸域のリースエリアの契約・土地利用に係る管理体制

モ国の沿岸域には、海岸線付近に建造された構造物(家屋の外壁、護岸、突堤など)が沿岸漂砂を遮断し、海岸侵食が発生しているケースが多く見られる。本業務の非物理対策事業で対象としているPte. d'Esnyの海岸はその代表例である。非物理事業の実施の過程で明らかになった海岸域のリースエリアの契約・土地利用に係る課題とそれに対する今後の取組への提言について下表に示す。また、新規および既存のリース契約に係る手続きについての改正案について次頁に示す。

表 7.3.1 海岸域のリースエリアの契約・土地利用に係る課題と今後の取組への提言

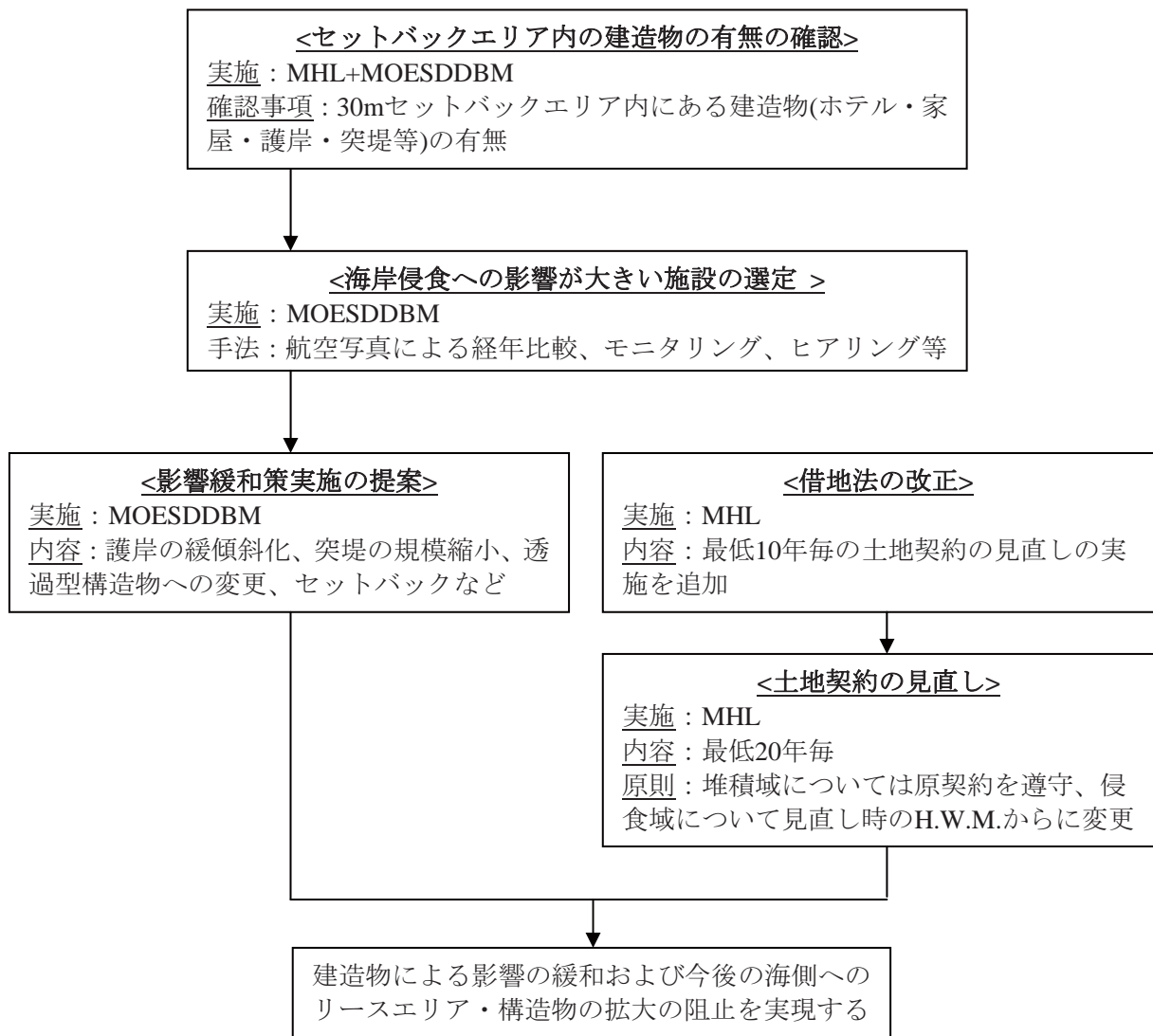
課題	今後の取組への提言
借地、建造の許認可主体であるMoHLおよびDistrict Councilによる十分な確認が実施されておらず、新規建造物では特に家屋の外壁が規定のセットバックルールを遵守していないケースが多く見受けられる。	建造物の許認可機関であるMLG(DC)に対して、許認可を与える際には必ず現地確認を行う事を義務付ける。また現地確認の際には、建造境界位置を明記した図面(MHLで作成)を持参し、これに基づき確認を行う。
<p>借地エリアの境界に係る課題</p> <p>1. 堆積エリアにおける借地境界 堆積エリアにおける借地エリアの見直しの際に、原契約の海側境界(H.W.M.位置)が海側へ拡大され契約されたケースがある。</p> <p>2. 侵食エリアにおける借地境界 侵食が進行した場合、個人の借地エリア内に水面下の土地が含まれるケースが発生し、連続した海岸の管理上の支障となる。</p>	<p>借地エリア境界の見直しは以下の原則を許認可機関であるMHLに周知・徹底する。</p> <p>1. 堆積エリアにおける借地境界 海側境界は原契約時のH.W.Mまでとし、これを海側へ拡大する事はできない。</p> <p>2. 侵食エリアにおける借地境界 侵食により消失した土地に関しては、見直し時の契約からは除外する。</p>
海浜の変動を考慮すると、リース契約期間が60年と長すぎることと、その間セットバックルールを適応できない事から、本ルールが実質的に形骸化している。	海浜の変動を考慮し、海岸保全の観点から借地エリアの適切な見直し期間を20年ごとに実施する。
借地エリアとPublic Domainの重複箇所においては、借地契約が優先し、Public Domainが確保されない。	Public Domainが確保されていないエリアについては、政府もしくは借主が歩道等の整備を行う。

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 7.3.7 新規のリース契約に係る現行の体制・手続きの概要と提案する体制・手続き案



出典：JICA 調査団

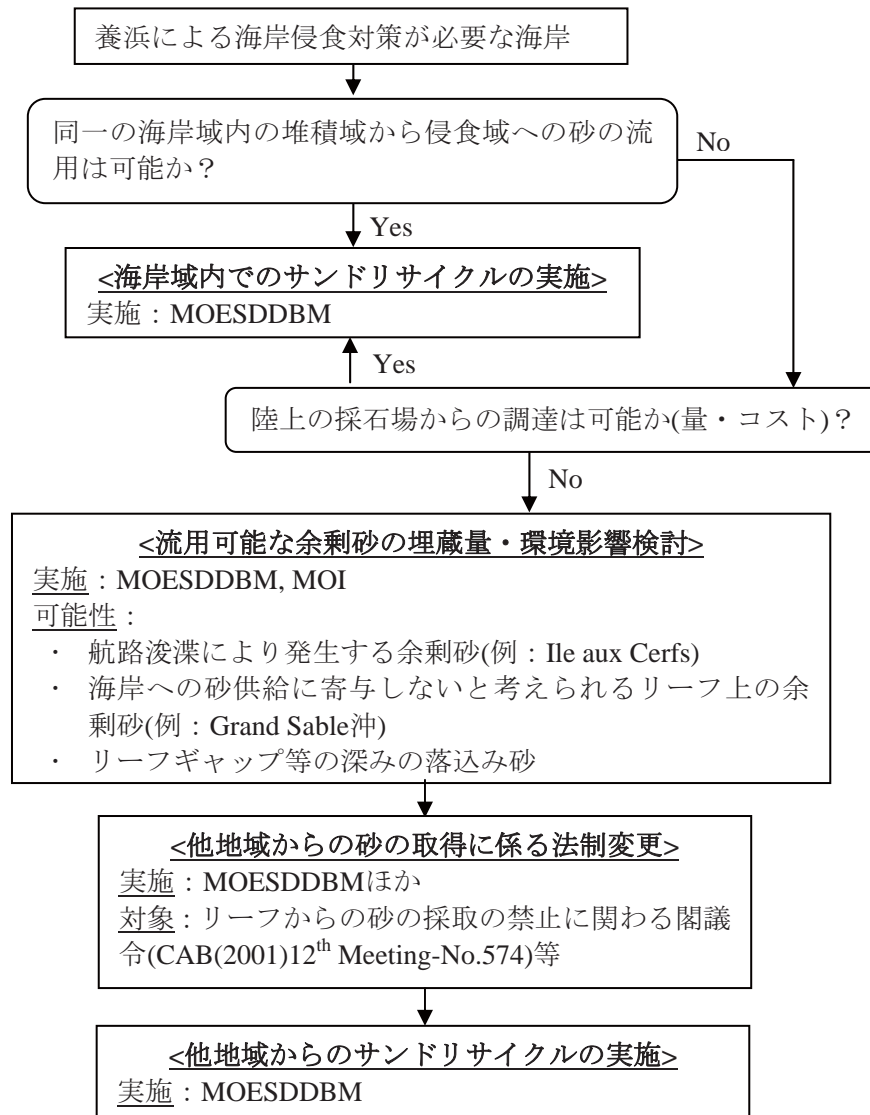
図 7.3.8 既設のリース契約で建造済みの構造物に対する取組・手続き案

7.3.8 砂の再利用に係る体制

モ国では2001年の政府閣議において、リーフ内からの砂の採取が禁止された(CAB(2001)12th Meeting-No.574, Sand Extraction- Cabinet Memorandumより)。この背景には過去に実施されたラグーンからの過剰かつ無秩序な砂採取による、資源そのものの枯渇およびサンゴ礁への影響が背景にあったと考えられる。

本業務の土砂収支分析より、モーリシャスの海岸全体としては海岸に供給される砂は増加傾向にある事が示された。一方で、海岸単位もしくは海岸の局所的なエリアにおいては深刻な海岸侵食が発生していることが示された。総合土砂管理の観点では、海岸全体としては砂の供給量が増えているため、このうちの余剰分を確保し、これを局所的な侵食エリアに再利用する事が望ましい海岸管理のあり方として提案される。

本提案の実現のためには、上記の閣議令の変更が必要になる。ただし、商業目的まで砂の採取を認めると再び過剰採取が懸念されるため、「海岸・あるいはラグーンから採取することは、それを自然海岸の再生のために使用する場合のみ認められる」といったように、目的を海岸再生利用のみに絞った法制変更とする事が望ましい。



出典：JICA 調査団

図 7.3.9 砂の再利用に係る取組体制