

セーシェル国
海岸侵食・洪水管理プロジェクト
ファイナル・レポート
要 約

平成26年3月
(2014年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

セントラルコンサルタント株式会社
株式会社建設技研インターナショナル

環境
JR
14-069

セーシェル国
海岸侵食・洪水管理プロジェクト
ファイナル・レポート
要 約

平成26年3月
(2014年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

セントラルコンサルタント株式会社
株式会社建設技研インターナショナル

Exchange Rate
US\$ 1 = SCR 11.381 = JPY 102.19
February 2014

目 次

第 1 章 初めに.....	1-1
1-1 調査の背景	1-1
1-2 調査目的と調査地域	1-1
1-3 調査項目と方法	1-1
1-4 実施体制	1-2
第 2 章 基礎調査	2-1
2-1 自然条件	2-1
2-2 社会経済条件	2-3
2-3 政策、法制、組織	2-4
2-4 海岸侵食解析	2-5
2-5 洪水災害解析	2-13
2-6 気候変動解析	2-23
第 3 章 管理計画の策定	3-1
3-1 概 要	3-1
3-2 計画策定の手順	3-1
3-3 目 的	3-2
3-4 計画の基本条件	3-2
3-5 類型化とリスク推定	3-3
3-6 対策案と管理計画	3-4
3-7 モニタリングと評価	3-6
3-8 情報管理と教育	3-6
第 4 章 優先海岸の海岸保全計画	4-1
4-1 概 要	4-1
4-2 優先海岸の海岸保全計画	4-3
4-3 維持管理計画	4-10
4-4 費用と便益	4-10
第 5 章 優先地域の洪水管理計画	5-1
5-1 概 要	5-1
5-2 優先地域の洪水管理計画	5-3

第 6 章 パイロット事業.....6-1

6-1	パイロット事業の選択	6-1
6-2	詳細計画と設計	6-3
6-3	調 達	6-5
6-4	施 工	6-5
6-5	環境社会配慮.....	6-5
6-6	モニタリングとその結果.....	6-6

第 7 章 技術移転.....7-1

7-1	概 要	7-1
7-2	技術ガイドラインの整備	7-2
7-3	工学的知識の習得.....	7-3
7-4	セミナー、ワークショップ、本邦研修	7-4

第 8 章 結論と提言 8-1

8-1	結 論	8-1
8-2	提 言	8-1

略 語 集

AfDB	African Development Bank/アフリカ開発銀行
CAAID	Climate Affaires, Adaptation and Information Division/気候適応情報部
CAMS	Coastal Adaptation and Management Section/海岸適応管理課
CESD	Climate and Environment Service Division/気候環境サービス部
CFTC	Commonwealth Found for Technical Cooperation/英国連邦技術協力基金
COP2	Second Conference of the Parties/第2回締約国会議
CRU	Climate Research Unit, United Kingdom/英国気候研究部署
DA	District Administrator/地域行政官
DOE	Department of Environment/環境局
DOT	Department of Transport/道路局
DMP	Disaster Management Plan/災害管理計画
DRDM	Divisions of Risk and Disaster Management/リスク災害管理部
DRR	Disaster Risk Reduction/災害リスク軽減
EEWS	Environment Engineering and Wetland Section/環境工学湿地課
EIA	Environmental Impact Assessment/環境影響評価
EMPS	Environment Management Plan in Seychelles/セーシェル環境管理計画
GCM	Groval Climate Model/全球気候モデル
GDP	Gross Domestic Product/総国内生産
GEF	Global Environment Facility/地球環境ファシリティ
GIS	Geographical Information System/地理情報システム
GOJ	Government of Japan/日本国政府
GOS	Government of the Republic of Seychelles/セーシェル国政府
GPS	Global Positioning System/全地球測位システム
GUI	Graphical User Interface/グラフィカル・ユーザー・インターフェース
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers-River Analysis System/水工学センター - 河道解析システム
IOC(UNESCO)	International Oceanographic Commission/ユネスコ政府間海洋学委員会
IPCC	International Panel on Climate Change/気候変動国際パネル
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction/国際防災戦略
JICA	Japan International Cooperation Agency/国際協力機構
MCDY	Ministry of Community Development and Youth/地域開発青年省
MEE	Ministry of Environment and Energy/環境エネルギー省
MHAETE	Ministry of Home Affairs, Environment, Transport and Energy/内務・環境・交通・エネルギー省
MLUH	Ministry of Land Use and Housing/土地利用住宅省
MND	Ministry of National Development/国家開発省
MSLD	Mean Sea Level Datum/平均海面基準

NBS	National Bureau of Statistics/国家統計局
NDC	National Disaster Committee/国家災害委員会
NGO	Non-Governmental Organization/非政府組織
NMS	National Meteorological Services/国家気象サービス
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration/米国海洋大気庁
NTB	National Tender Board/国家入札委員会
OJT	On the Job Training/実地訓練
POU	Procurement Oversight Unit/調達監視部署
PUC	Public Utilities Corporation/公共施設公社
QGIS	Quantum Geographical Information System/クワントム地理情報システム
RECOMAP	Regional Coastal Management Programme/地域海岸管理計画
SCR/SR	Seychellois Rupee/セーシェル・ルピー
SEA	Strategic Environmental Assessment/戦略的環境影響評価
SSDS	Seychelles Sustainable Development Strategy/セーシェル持続発展戦略
SST	Sea Surface Temperature/海面表面温度
TCPA	Town and Country Planning Act/都市計画法
TSZ	Tidal Staff Zero/潮位基準
UNESCO	United Nations Educational, Economical, Scientific and Cultural Organization/ 国際連合教育科学文化機関
UNFCC	United Nations Framework Convention on Climate Change/国際連合枠組条約
UNDP	United Nations Development Programme/国連開発計画

第 1 章 初めに

1-1 調査の背景

セーシェルは、115 の島々からなる西インド洋の島嶼国であり、452km² の国土を有する。人口は、約 87,000 人（2011 年）と推定されており、その 90%以上が主要 3 島であるマヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島に集中している。セーシールの観光業、漁業といった経済活動の大部分は海岸地帯に集積しており、年間約 200,000 人の観光客が訪れる。

海岸域は最近災害に見舞われており、1986 年以來のプララン島アンセ・ケランの海岸侵食、2004 年のインド洋津波による災害、2004 年のビクトリアでの 3 日間に及ぶ浸水、2007 年のマヘ島北部の高潮による浸水などが生じている。また、気候変動による海面上昇や降雨強度の増加などにより、自然災害のリスクが海岸域において高まっているほか、観光開発、住宅開発による海岸域の環境への影響に対する懸念が高まっている。

セーシェル国政府は、2011 年から 10 年間の環境管理計画をもとに、海岸地帯の保全・管理を優先してきたが、海岸保全や排水対策は十分な効果を発揮していない状況にあったため、海岸保全・洪水管理計画の作成とパイロット事業を通じた技術移転を目的とした開発計画調査型技術協力プロジェクトを我が国に要請した。これを受け、JICA による詳細計画策定調査を経て本調査が実施されることとなった。

1-2 調査目的と調査地域

調査の目的は以下の通りである。

- 1) 海岸管理を強化するために災害に対する海岸保全計画を策定する
- 2) 洪水リスクを軽減するために洪水管理計画を策定する
- 3) 海岸保全と洪水管理のためにセーシェルで実施可能な対策工として採用できる事業をパイロット事業として実施する
- 4) 調査の共同作業、ワークショップ、セミナーを通じ、セーシェル政府機関関係者に対する技術移転を行う

対象地域としては、マヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島の海岸侵食及び洪水被害の生じている区域とした。

1-3 調査項目と方法

プロジェクトは 4 つのコンポーネントに分けて実施した。

(1) コンポーネント 1：基礎調査

基礎調査では、海岸地帯の災害に関わる基礎情報・資料を収集・整理・分析し、海岸侵食や洪水の発生に影響すると思われる条件を整理した。また、測量調査、モニタリング、雨量・水位観測等の実施及び不足している情報収集を行い、波浪解析、海岸侵食解析、確率雨量解析、洪水氾濫解析等を実施した。

(2) コンポーネント2：海岸保全・洪水管理計画の策定

海岸保全については、マヘ島、プララン島、ラ・ディグ島（以下、主要3島）の全ての海岸を対象として、海岸特性、侵食被害状況を調査すると共に、対策の方向性等を検討し、幾つかの海岸について類型化を行った。それらの中から被害の著しい海岸（以下、「優先海岸」）に対して詳細調査を実施して海岸保全計画を策定した。

洪水管理については、ビクトリア市街とその他の地域に分けて計画を策定した。ビクトリア市街については、基本方針を検討し、それに基づき洪水管理計画を策定した。その他の地域については、主要3島の洪水リスクの高い地域を対象として、地域特性、洪水被害状況を調査すると共に、対策の方向性等を検討し、幾つかの地域に類型化を行った。それらの中から被害の著しい地域（以下、「優先地域」）に対して、詳細調査を実施して洪水管理計画を策定した。

(3) コンポーネント3：パイロット事業の実施

コンポーネント2で策定した海岸保全・洪水管理計画の中から、緊急性の高い事業を選定し、その一部または全部についてパイロット事業を実施した。その際、環境社会配慮及び現地での手続きに留意し、関係住民と協議を行うなど、住民参加のスキームを取り入れプロジェクトを実施した。

(4) コンポーネント4：海岸保全・洪水管理に係わる技術移転

環境局（以下、DOE）及び本プロジェクトに関係する全てのセーシェル政府関係職員を主な対象者として、海岸保全及び洪水管理に係る技術移転を行った。また、公平性の確保に留意しつつ、本プロジェクトの実施効果の促進のため、現地民間セクター（NGO、建設会社、コンサルタント）への技術移転も実施した。技術移転は、調査・解析実施、計画策定、パイロット事業実施、計画管理等を通じた On-The-Job-Training（以下、OJT）を主体とし、ワークショップ、セミナー及び本邦研修を組み合わせ実施した。

本プロジェクトは表 1-3-1 に示す工程で実施した。

表 1-3-1 プロジェクトの実施工程

項目	2011年												2012年												2013年												2014年		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
現地調査																																							
コンポーネント1																																							
コンポーネント2																																							
コンポーネント3																																							
コンポーネント4																																							
国内作業																																							
報告書																																							

注：IC/R：インセプションレポート、P/R：プログレスレポート、IT/R：インテリムレポート、DF/R：ドラフトファイナルレポート、F/R：ファイナルレポート

1-4 実施体制

本プロジェクトは、関係省庁の事務次官で構成されるステアリング・コミティ、担当者からなるテクニカル・コミティの基で、環境エネルギー省、環境局、気候適応情報部の担当者をカウンター・パートとして、調査団と共に実施された。

第 2 章 基礎調査

2-1 自然条件

2-1-1 地 形

プロジェクトの対象地域であるマヘ島は 155km²、プララン島は 38km²、ラ・ディエグ島は 10km² の面積をそれぞれ有する。これらの島は急峻な花崗岩の山と、その周辺を取巻く狭い平地部とサンゴ礁からなる。海岸は花崗岩の岩礁海岸、砂浜海岸、埋め立ての人工海岸の 3 種類に分類される。砂浜海岸はサンゴ礁と砂浜で特徴づけられ、砂浜の陸側には湿地が位置する傾向にある。埋め立ての人工海岸には護岸が整備されており、その高さは平均海面上より 2m から 4m である。平地部の面積は、マヘ島、プララン島で全島面積の 5%、ラ・ディエグ島で 16%と狭い。

2-1-2 気 象

セーシェルの気候は 12 月から 3 月の北西モンスーンと、5 月から 10 月の南東貿易風の二つの季節に分けられる。マヘ島では表 2-1-1 に示すように年間を通じて気温・湿度が高く、平均気温は 26.9℃、平均湿度は 80%である。年平均降雨量は、山岳部で約 3,500mm、沿岸部で 1,500mm であり、12 月及び 1 月が最も雨量の多い月である。

サイクロンの影響について、南西インド洋では 10 月から 5 月にかけてサイクロンが発生するが、赤道のほぼ南に位置するマヘ島及び他島々は、基本的にサイクロンの経路に位置していない。しかし、記録 (Chang Seng, D.(2008): Disaster Risk Profile of the Republic of Seychelles, UNDP, 2008) では 1953 年と 2006 年にサイクロンによる被害を受けており、特に 2006 年のサイクロン・ボンドは、観測史上初 (1953 年以降) のセーシェル領内へのサイクロン襲来となった。

表 2-1-1 マヘ島の気象条件

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
降雨 (mm)	402.6	283.2	194.9	186.7	151.6	105.1	76.6	119.3	154.0	189.7	206.3	302.8
気温 (°C)	26.9	27.4	27.8	28.1	27.8	26.7	26.0	26.0	26.5	26.9	26.9	26.9
湿度 (%)	82	80	80	80	79	79	80	80	79	79	80	82
風向	NW	NW	NW	SW-NW	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SW-NW	NW
風速(ノット)	6.3	6.3	5.2	4.9	7.8	10.4	11.4	12.1	11.3	7.9	5.4	5.4

(http://www.seychelles.com/en/about_seychelles/climate.php)

マヘ島における年平均降雨量は図 2-1-1 に示すように島の北側は年平均 2,000mm 程度であり、ビクトリアは 2,200mm から 2,600mm であるが、南東から北西に走る山地では 3,000mm を超え、雨量は高度が高くなるほど多くなっている。

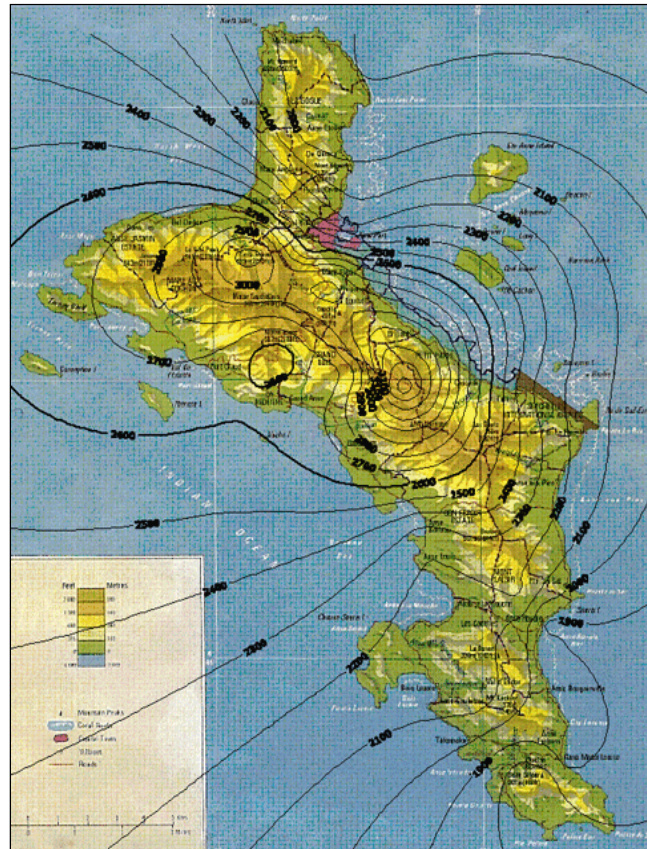


図 2-1-1 マヘ島の年平均降雨量(mm)分布
(1985 年から 1996 年)

出典: <http://www.pps.gov.sc/meteo/Climate.htm>

2-1-3 海 象

潮汐は国際空港地点で大潮平均潮位差 1.63m、平均潮位差 1.11m、大潮平均低潮位差 0.45m である。波浪は図 2-1-2 に示すように 1 月では平均有義波高が約 1m と低く、8 月は約 2m である。ほとんどの波は南東または南から来襲し、季節により波向きが大きく変化する。確率 100 年の有義波高は 6.5m と推定されている。また、インド洋地震津波が 2004 年にマヘ島に來襲し平均海面上 4.4m まで遡上した。

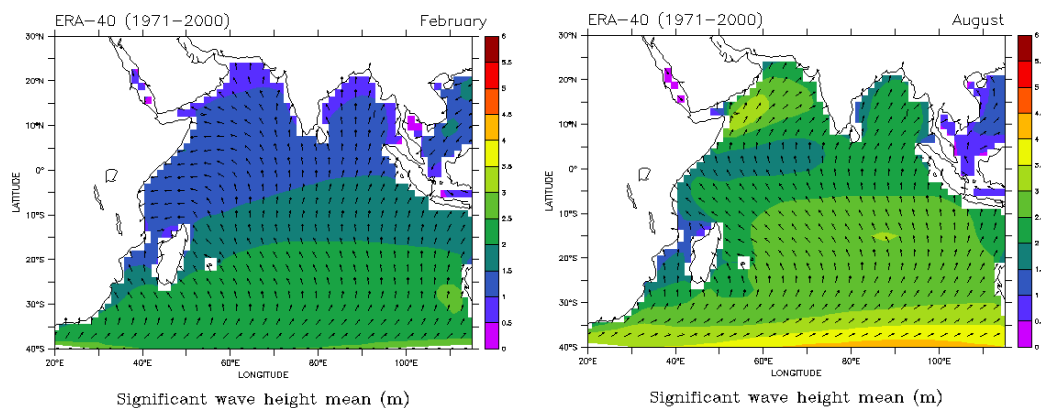


図 2-1-2 インド洋の月平均有義波高と波向(1 月と 8 月)

出典: <http://www.knmi.nl/home/onderzk/oceano/waves/era40/climatology.html>

2-2 社会経済条件

2-2-1 人 口

セーシェルの人口は表 2-2-1 に示すように、約 9 万人で、その 86%がマヘ島に住んでいる。家族は平均 5 人、15 歳以下が 20%を占める。平均寿命は 73.3 歳、男性 70 歳、女性 77 歳である。(出典 Seychelles in Figures 2012)

表 2-2-1 人口と GDP の変化

項目	2006	2007	2008	2009	2010	2011
全人口 (千人)	84.6	85.0	87.0	87.3	89.7	87.4
男性	42.9	43.2	45.0	45.0	45.9	43.1
女性	41.7	41.8	42.0	42.3	43.8	44.3
GDP (国内総生産)						
GDP (百万ルピー)	5,600	6,962	9,147	11,533	11,746	13,119
一人当たり GDP (千ルピー)	66.2	81.4	105.2	132.1	130.8	150.0

出典: Seychelles in Figures, 2012 ed., NBS

2-2-2 経済活動

国内総生産 (GDP) は表 2-2-1 に示すように 2011 年時点で 13.1 百万ルピー(1 ルピー約 7 円)、政府の収入は 5.1 百万ルピーとなっている。主要な産業は観光業と漁業であり、観光客は入国者の 90%を占め、入国者は表 2-2-2 に示すように約 20 万人(2011 年)である。観光業は労働人口の約 30%を雇用し、外貨収入の 70%を占める。(出典 Seychelles in Figures 2012)

表 2-2-2 観光客の入国数

項目	2006	2007	2008	2009	2010	2011
到着者数 (*1,000 人)	140.6	161.3	159.0	157.5	174.5	194.5

出典: Seychelles in Figures, 2012 edition, NBS)

2-2-3 土地利用

マヘ島の土地利用は表 2-2-3 に示すように、48.6%が森林及び保護区からなり、20.1%が住宅として利用されている。

表 2-2-3 マヘ島の土地利用

土地利用	面積 km ²	比率 %	土地利用	面積 km ²	比率 %
住宅地	32	20.1	住宅以外の都市域	12	7.7
保護区域	16	10.0	森林	59	38.6
農業	26	16.7	合計	155	100

出典: Zoran Vuksanovic (2008): Ile Perseverance, a new town in the Seychelles has an innovative way of avoiding urban sprawl, 44th ISOCARP Congress ※上表には‘その他’として面積 10km²、比率 6.5%が含まれる。

2-3 政策、法制、組織

2-3-1 政策

海岸保全及び洪水管理に関する主要な政策としては環境管理計画(Environment Management Plan in Seychelles: EMPS)があり、1990 年から 10 年ごとに見直しがなされ、2012 年にセーシェル持続発展戦略(SSDS 2012-2020)として改訂された。この中で、13 分野について 704 百万ドルの投資を計画している。海岸保全及び洪水管理に関する分野では次の 6 つの目標を設定している。

- 総合的な社会の発展と資源の持続的な活用のためのシステム開発
- 持続的な土地利用のため、長期的な国家発展と土地利用管理政策の策定
- 効果的な総合海岸域管理の確立
- 気候変動への対応強化
- 持続的環境維持のための長期的な社会教育の整備
- 環境管理の強化のための効果的な環境情報管理システムの確立

これ以外に、気候変動戦略(2009)と緊急的な災害対応のための国家災害管理政策(2011)が策定されている。したがって、政策としては網羅されており、その実施が課題である。

2-3-2 法制

海岸保全及び洪水管理に関連する主要な法律としては、次のものがある。

- 都市法(Town and Country Act, 1975)
- 都市計画法(Town and Country Planning Act, 1972)
- 環境保護法(Environment Protection Act, 1994)
- 海浜規制法(Beach Control Act, 1971)
- 砂利採取法(Removal of Sand and Gravel Act, 1991)

2-3-3 組織

海岸保全及び洪水管理に関連する組織としては、環境・エネルギー省(Ministry of Environment & Energy)の他にセーシェル政府全体で 13 省ある内、次の省が主に関係している。

- 内務交通省(Ministry of Home Affairs and Transport)
- 土地利用住宅省(Ministry of Land Use & Habitat)

環境・エネルギー省では環境局(DOE)の中の気候適応・情報課(CAAID: Climate Affairs, Adaptation and Information Division)が海岸保全と排水管理を、国家気象サービス(NMS: National Meteorological Services)が気象観測を、リスク・災害管理部(DRDM: Divisions of Risk and Disaster Management)が災害時の応急対応を実施している。また、DOE には GIS に関連する組織も付属している。

気候適応・情報部の下に、約 7 名の構成員からなる海岸適応管理課があり、海岸域の管理、排水処理、湿地の保全を担当している。

2-4 海岸侵食解析

2-4-1 海岸災害

過去に発生した海岸侵食災害としては、1989年にプララン島のアンセ・ケランで侵食が顕在化し、その対策として突堤が5基整備されたが、現在でもなお侵食が継続している。また、ラ・ディエグ島のラ・パッセでは、1991年から防波堤の建設によりその南の海岸で侵食が顕在化し、病院が侵食の危険に晒されたため捨石護岸が整備された。また、2004年のインド洋津波により、マヘ島では1.6mから4.4mの津波の遡上があり、橋が流されるといった被害が生じた。これ以外に2004年の高潮位時には、ノース・イースト・ポイントの海岸道路で越波の災害が発生している。

2-4-2 海岸侵食解析

海岸侵食解析については、主要3島で砂浜海岸の侵食が報告されているマヘ島のノース・イースト・ポイント、アンセ・オ・ピン、オ・カップ、ベ・ラザール、プララン島のアンセ・ケラン、ラ・ディエグ島のラ・パッセの6海岸を対象に侵食解析を行った。解析に用いた資料は、1960年の地形図、1998年のGISデータ、最近のグーグルアースや土地住宅省の保有する航空写真のデータである。

各海岸の長期的な海浜変形、すなわち1960年から1998年と1998年から2011年の間の平均的な海岸線の前進、後退を調べた結果を取りまとめると、図2-4-1に示すようになる。

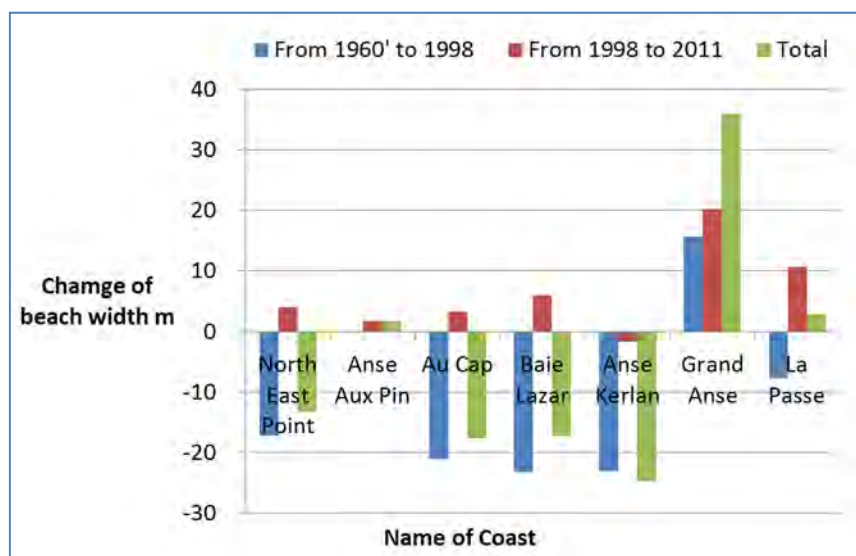


図 2-4-1 各海岸における海岸線の長期的変化

これによると、1960年から1998年の38年間にノース・イースト・ポイント、オ・カップ、ベ・ラザール、アンセ・ケランでは約20mの海岸線の後退が生じている。1998年以降2011年までの13年間はそれほど顕著ではなく、一部では前進も生じている。ただ、地図や航空写真による海岸線判定の精度もあり、5m程度では明確なことは言えないと考えられる。プララン島のグラン・アンセはアンセ・ケランと連続する海岸で、継続的な海岸線の前進が確認される。ラ・ディエグ島のラ・パッセにおいては、1998年までは後退であったが、近年は前進を示している。アンセ・オ・ピンではほとんど変化が無い。

各海岸の特性及び変化の状況は次の通りである。

(1) ノース・イースト・ポイント

海岸は延長 1.7km で、マヘ島の北部に位置し、北西モンスーンの間、北からの波を受ける。海岸線の形状が凸型のために、沿岸方向の漂砂移動が顕著である。前面には狭いサンゴ礁とビーチロックが存在する。砂浜は 10m~40m の幅を有し、平均 20m と狭く、海岸道路が高潮位時に越波浸水の影響を受ける。2004 年には道路、バス停、リハビリテーションセンターが越波の被害を受けた。

1960 年及び 2011 年の海岸線を図 2-4-2 に示すが、全体として海岸線は後退している。後退の幅は図 2-4-1 に示す通り平均約 20m である。海岸線の変化としては長期的な変化の他に、季節による変動があり、10 月から 3 月にかけて北風により北の侵食、南での堆積が生じ、4 月から 9 月にかけてはその反対となる。このため、侵食された地点での海岸道路への越波侵食が高潮位時に問題となる。長期的な侵食の原因については明確でない。

(2) アンセ・オ・ピン

空港の南に位置し、東に向いている延長 1.5km の海岸であり、2003 年に海岸前面に埋め立てが実施され、これにより海岸への波の来襲は防がれている。現地住民より一部海岸が侵食されているとの報告があり調査したところ、現地で浜崖が確認された。長期的な変化を 1998 年の GIS データ及び最近の航空写真から調べると、図 2-4-3 に示すように前面では堆積が進んでいることが分かる。これは、波が埋立て及び防波堤で遮蔽され徐々に堆積しているものと考えられる。

浜崖が形成される理由として、崖の根元のみが小規模な波で侵食され、大きな波が来ないことによって海浜のダイナミックな変形が生じず、傾斜をもつ海浜へと回復しないことが考えられる。このことは前面の砂浜は浅くなり、堆積が進んでいる現象に繋がっている。浜崖の基部を碎石等で保護することにより侵食は防止できる。

(3) オ・カップ

海岸はマヘ島の南東に位置し、東に面し、サンゴ砂で構成され、2.3 km の延長で前面には 400 の幅のサンゴ礁が存在する。海岸道路が海岸に沿って走っている。南東貿易風による波浪が来襲し、高潮位時には越波の影響を受ける。

海岸線について 1960 年代と 2011 年の状況を図 2-4-4 に示すが、1998 年までの侵食が大きく約 20m の海岸線の後退となっている。突堤がいくつかの場所に設置され、南側で堆積を示していることから、南東貿易風の影響が確認できる。

(4) アンセ・ロイヤル

海岸はマヘ島の南東、オ・カップの南に位置し、延長 2.5km で両側は岬に囲まれている。東に面し、幅 500m~880m のサンゴ礁が存在する。また、海岸沿いには道路が走っている。

海岸線について 1960 年代と 2011 年の状況を図 2-4-5 に示すが、南及び北側での侵食が見られるが、中央での変化は明らかではない。漁船の航路確保のための水路掘削により侵食が生じたといわれているが、明確でない。一部で直立護岸が建設され損傷を受けている箇所がある。最近では玉石護岸が設置された。

(5) ベ・ラザール

マヘ島の南西、湾奥に位置する延長 2.2km の海岸で、南西からの長い波が卓越する。海岸の北でベ・ラザール川が流入している。河口の前面はリーフが発達していない。海岸線に沿って道路が走っており、道路高が低いことから越波リスクを抱える。

1969 年と 2011 年の海岸線を図 2-4-6 に示すが、顕著な侵食が生じている。この変化は 1978 年以前に生じており、その原因は明確でない。河口の砂州の洪水による沖への流出により侵食が生じた可能性がある。

(6) アンセ・ラモッシュ

海岸はマヘ島の南西、西に開いた湾の奥に位置しており延長は 2.5km、前面に幅 200m のリーフが存在している。西からの波により湾口から湾奥に向かう沿岸漂砂が存在し、湾奥は堆積域となっている。

海岸線の位置を 1960 年代から 2011 年にわたり調べると、全体としては湾奥において堆積を示しているが、埋立てや河口導流堤の整備により、その西側の堆積区域と東側は、施設整備前後の変化は無い状態となっている。河口導流堤が設置されている地点の東は道路が海岸に接近しており、越波による浸水被害が生じている（図 2-4-7）。

(7) アンセ・ケランとグラン・アンセ

プララン島のアンセ・ケランは一連の漂砂が連続する延長 7km の漂砂セルの北側に位置し、南にはグラン・アンセが位置している。北側のアンセ・ケラン海岸は凸型で西に面しリーフは比較的狭く 500m 程度であるが、南のグラン・アンセ海岸は南に面し海岸に沿って道路が位置し、幅 1km 以上のリーフが存在する。

アンセ・ケランの海岸線を図 2-4-8 に示すが、全体として海岸線は侵食され、その侵食の幅は約 30m となっている。一方、グラン・アンセでは図 2-4-9 に示すように全体として堆積しており、その幅は約 20m となっている。すなわち、北からの波によりアンセ・ケランからの漂砂が南のグラン・アンセに徐々に移動していると推察できる。南のグラン・アンセでは、北のアンセ・ケランのリーフが広く波の作用が小さいために、一旦堆積した砂の移動が少ないと考えられる。

(8) ラ・パッセ

ラ・ディエグ島の西に面したラ・パッセでは西方面にプララン島が位置していることから、波は北または南から来ることになる。プララン島との連絡船となるフェリー利用のため岸壁や泊地が造られ、防波堤が建設されたことから、防波堤の南の海岸から防波堤の遮蔽域への漂砂が生じ、遮蔽域では徐々に堆積が進み、その南では侵食が生じている。この状況が図 2-4-10 の海岸線の変化からうかがえる。また、全体としては堆積の傾向を示し、一部では侵食が生じている。

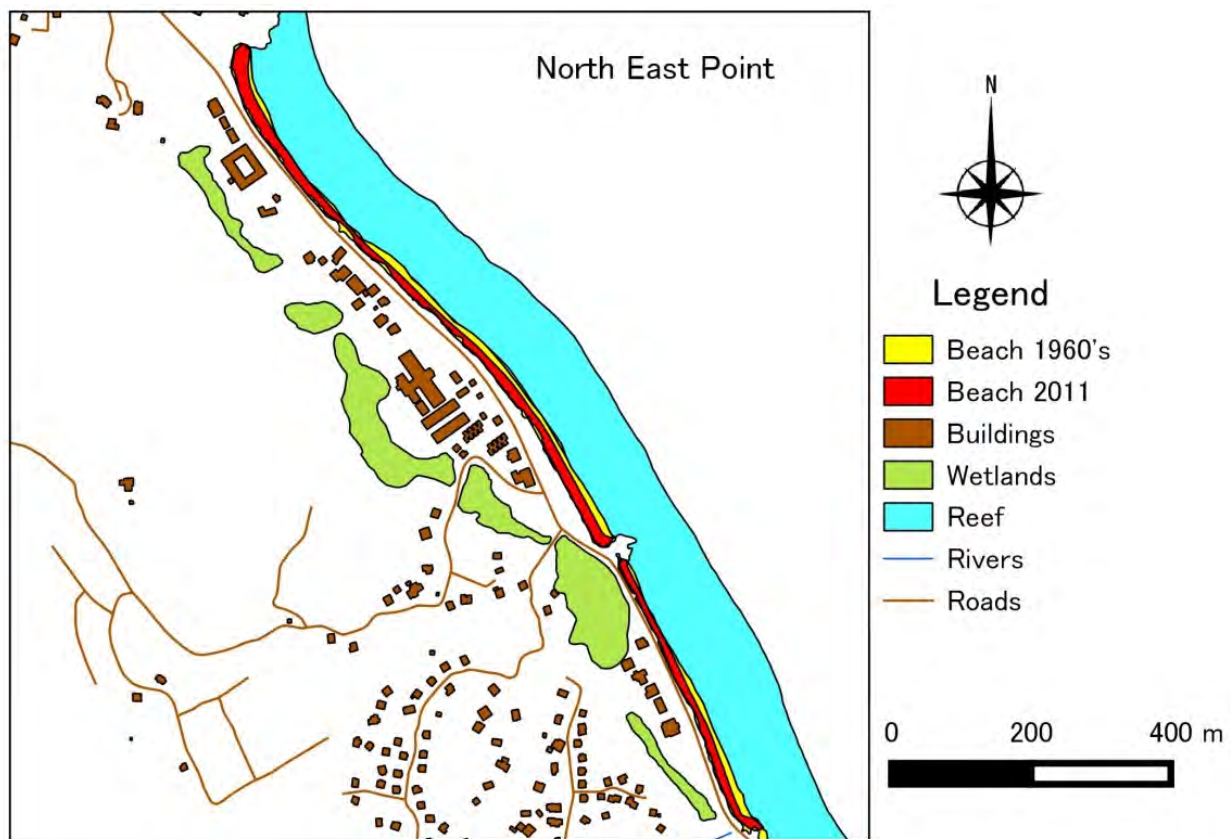


図 2-4-2 ノース・イースト・ポイントの海岸線変化(1960s ~ 2011)

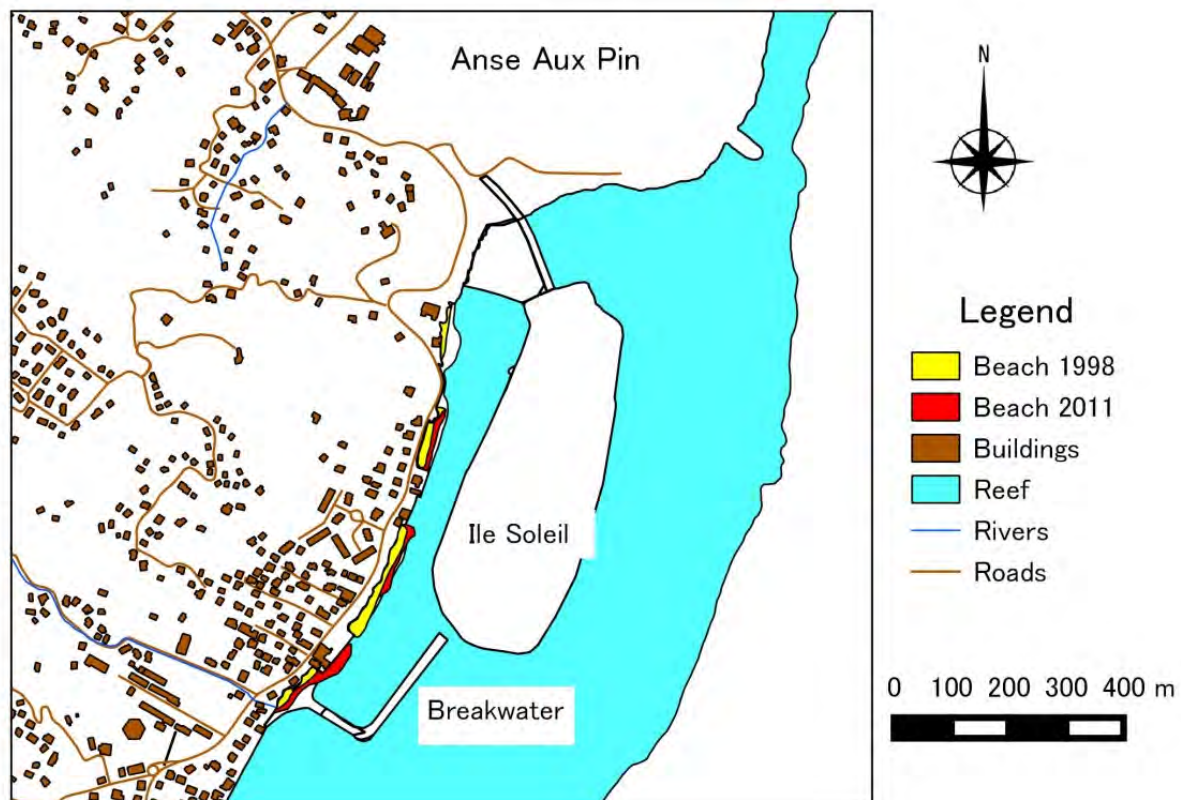


図 2-4-3 アンセ・オ・ピンの海岸線変化(1998 ~ 2011)

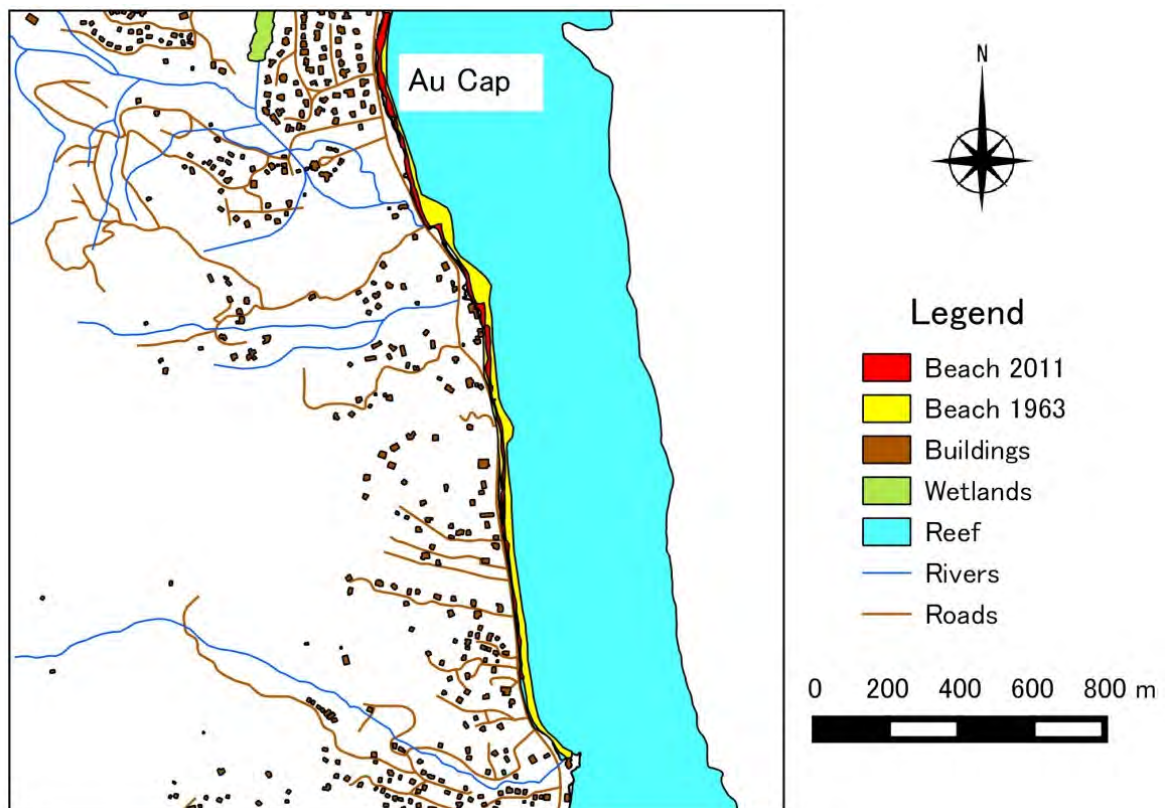


図 2-4-4 オ・カプの海岸線変化(1963 ~ 2011)

8

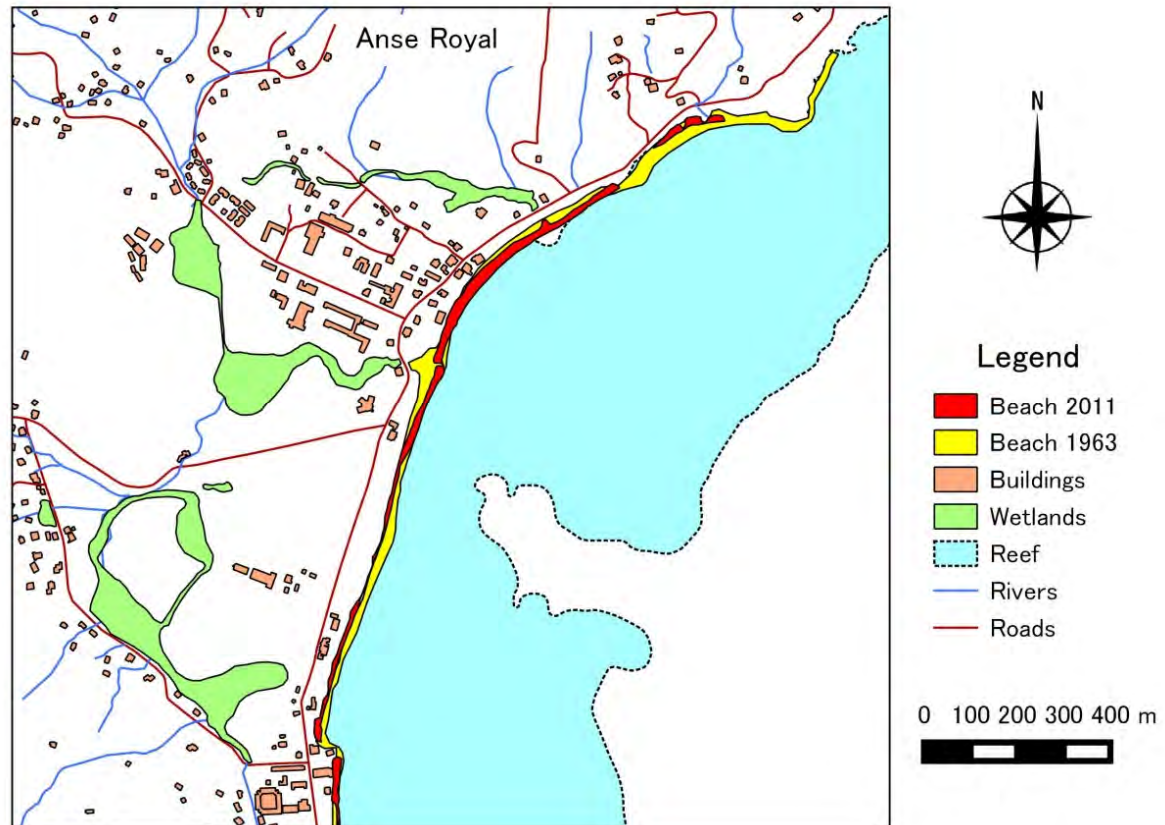


図 2-4-5 アンセ・ロイヤルの海岸線変化(1963 ~ 2011)

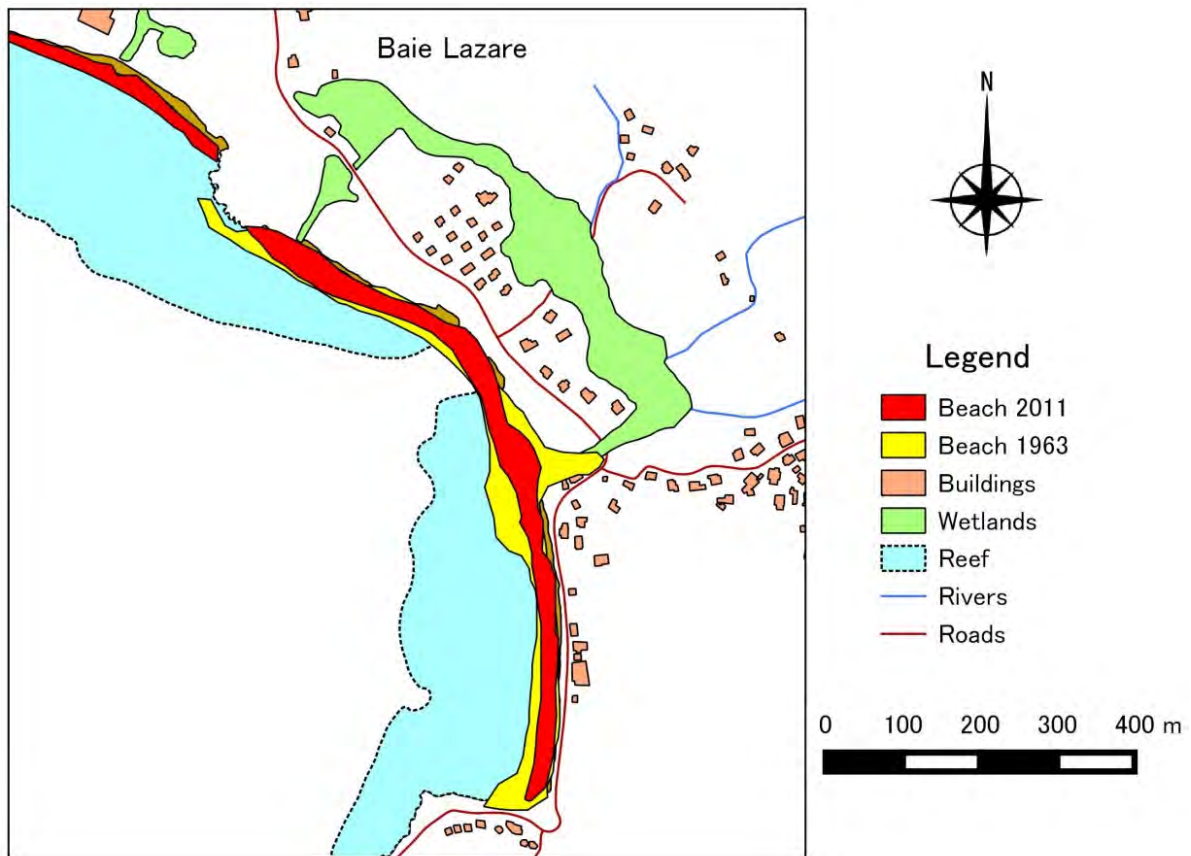


図 2-4-6 ベ・ラザールの海岸線変化(1963~2011)

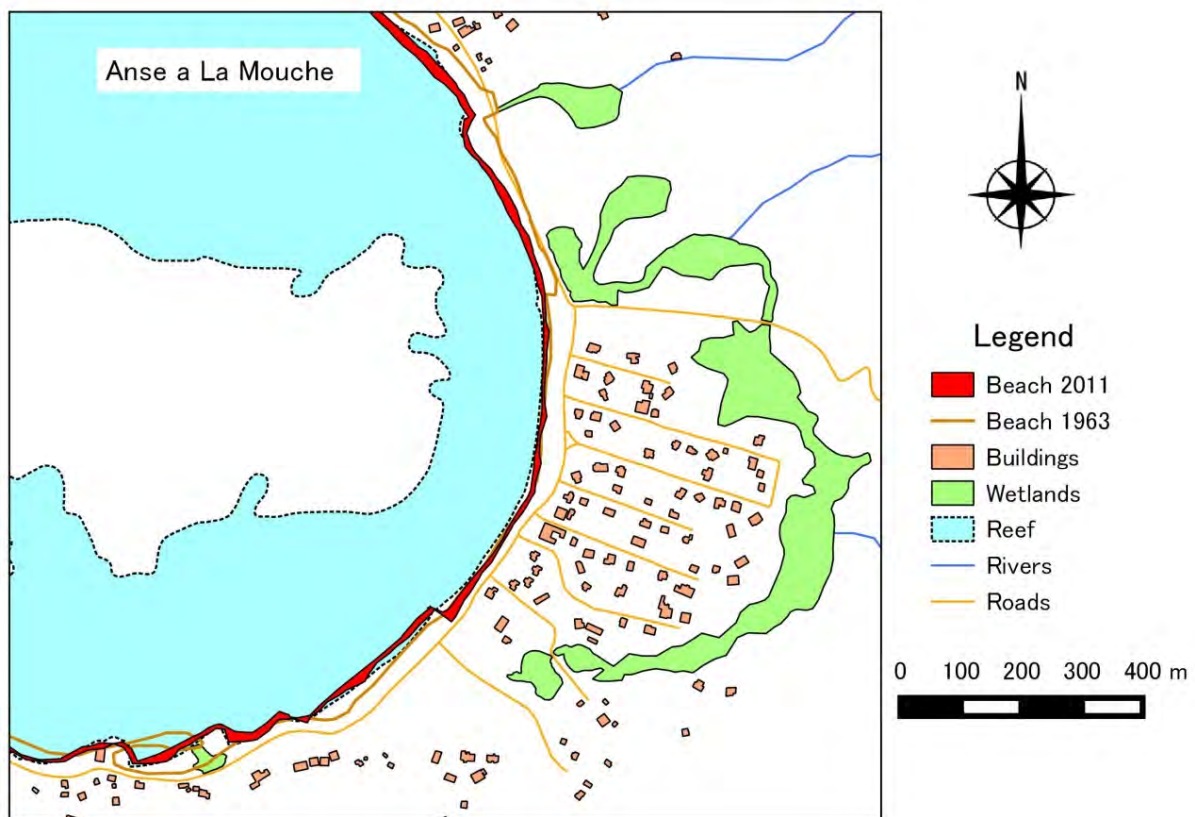


図 2-4-7 アンセ・ラモッシュの海岸線変化(1963 ~2011)

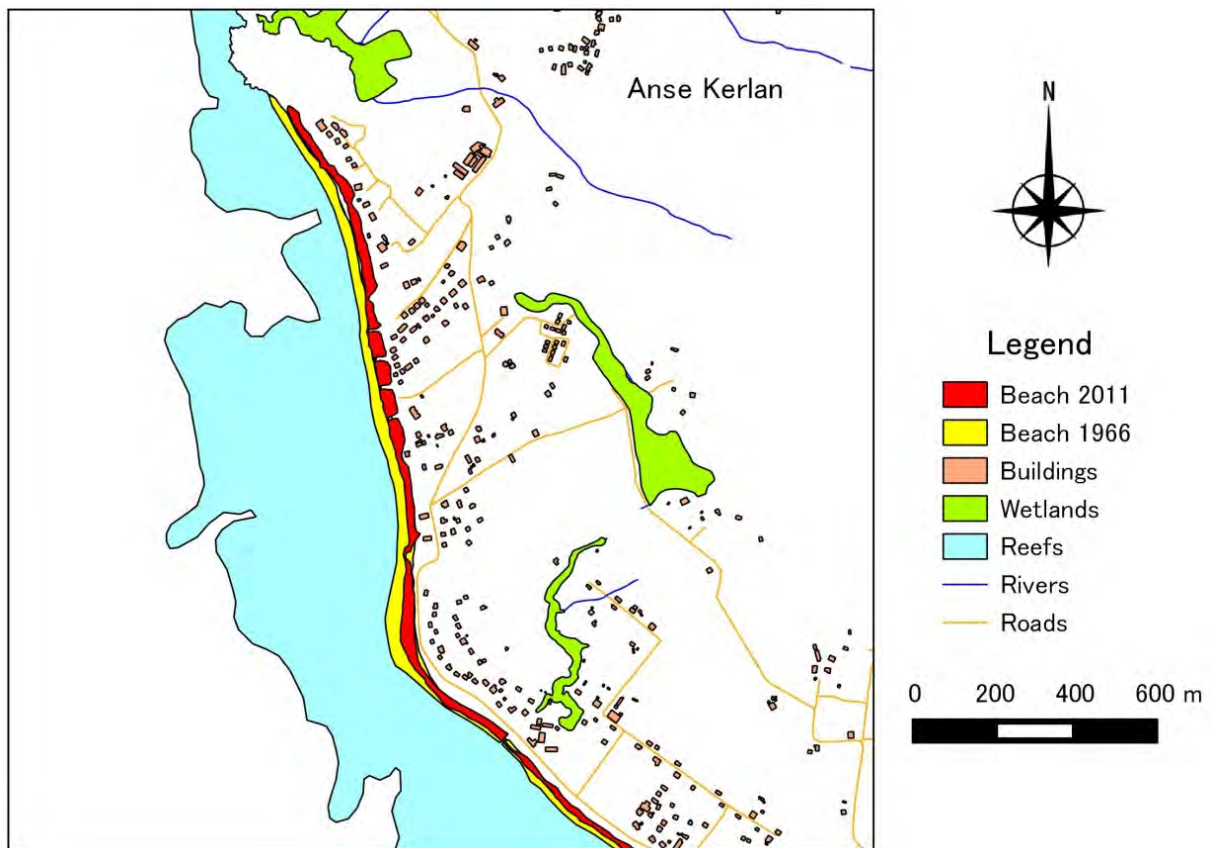


図 2-4-8 アンセ・ケランの海岸線変化(1966 ~ 2011)

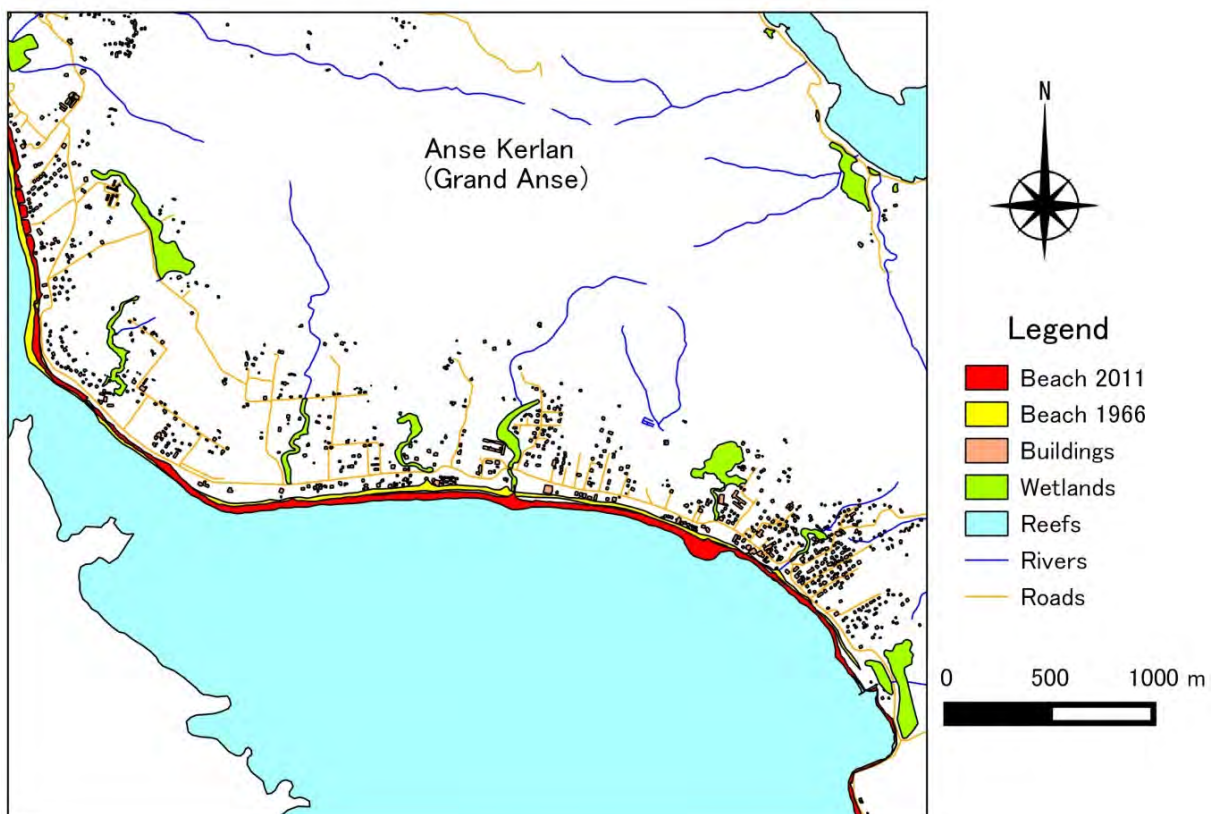


図 2-4-9 グラン・アンセの海岸線変化(1966 ~ 2011)

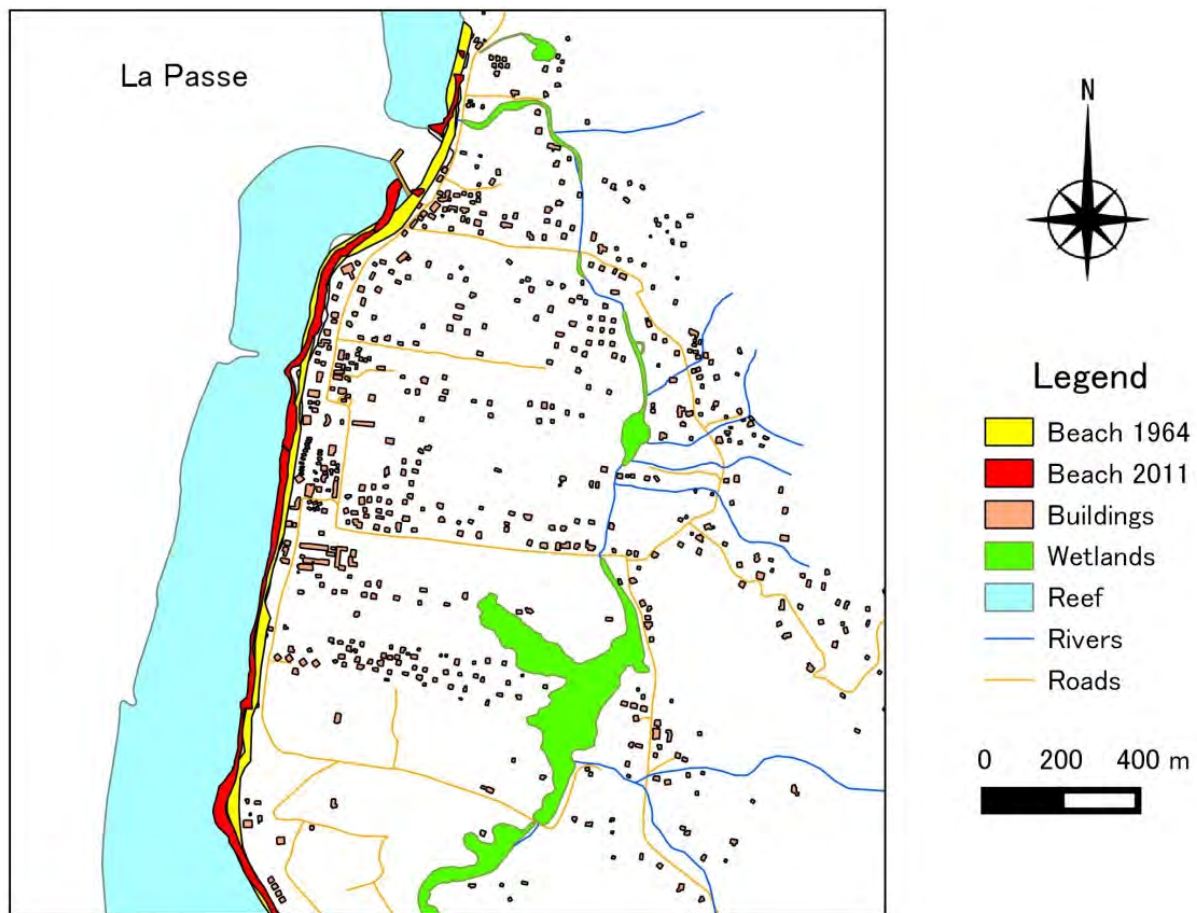


図 2-4-10 ラ・パッセの海岸線変化(1964~2011)

2-4-3 既存の海岸構造物

セーシェルの海岸保全施設や港湾施設建設のための海岸構造物として、種類及び数は少ないが護岸、突堤、離岸堤、防波堤が設置されている。

護岸としてはアンセ・オ・ピンやアンセ・ロイヤルの直立護岸、最近造られたノース・イースト・ポイント、アンセ・ロイヤル、ブ・バロンの玉石護岸、埋立地の玉石護岸がある。また、木杭による直立護岸もベ・ラザール、アンセ・ラモッシュで試みられているが、越波による影響で構造物としての安定性に問題がある。

突堤に関しては、アンセ・オ・ピンやプララン島のアンセ・ケラン、ラ・ディエグ島のラ・パッセで造られている。

離岸堤の整備がラ・パッセのホテルの海岸で試みられているが、間隔が狭く砂が溜り難いと考えられる。

防波堤は、漁港や泊地で適用され、ベ・ロンやラ・パッセで建設されている。

2-5 洪水災害解析

2-5-1 洪水災害

セーシェルでは浸水深や浸水継続時間といった洪水状況をモニタリングするシステムが確立していないため、洪水災害に関する過去の記録は限られている。

JICA 調査団は過去 25 年の新聞記事を閲覧し、洪水状況の把握に努めた。過去 25 年の洪水災害の概要を表 2-5-1 に示す。新聞記事によると、豪雨により多くの住居、商業施設、公共インフラ等に多大な損害が発生した。

リスク・災害管理部（以下、DRDM）への聞き取り調査によると、ラ・ディエグ島で 2014 年 1 月に洪水が発生した際、緊急時の対応計画は国及び自治体に承認されていなかったことから、住民は避難せず水が引くまで屋内で待機していたことが明らかとなった。

表 2-5-1 過去 25 年間における主な洪水・浸水被害の概要

Date	Area	Location	Description
31st July 1989	Mahe	Anse Aux Pins, Pointe Larue	flooding
28th January 1990	Mahe	Belonie, La Louise, Beau Vallon	flooding / landslide
18th-19th February 1990	Mahe	Victoria Town, Anse Etoile, Pointe Larue, Mont Fleuri and Bel Eau	flooding / overflow / damage to houses
18th-22nd May 1990	Mahe	Mont Buxton, Port Glaud, Les Mamelles, Anse aux Pins	flooding / landslide/ damage to houses
16th February 1993	Mahe	Victoria, Albert Street	flooding
18th February 1993	La Digue	La Passe, Anse Reunion	flooding/mud/damage to drainage and road
10th-13th Jan. 1997	Mahe	Mont Fleuri, Roche Caiman, Foret Noire, Bel Air	flooding/landslide
9th-12th Feb 1997	Mahe	Foret Noire, Plaisance. Mont Fleuri	flooding/landslide
13th-17th August 1997	Mahe La Digue	Victoria Town, Beau Vallon, Pointe Conan, Takamaka	flooding / overflow / collapsed roads
5th Nov. 1997	Praslin	Grand Anse, Baie Ste Anne	flooding
29th-30th December 2004	Mahe	Northern regions of Mahe, Victoria Town, Beau Vallon	flooding / inundated houses / damage to public infrastructure
8th-12th June 2005	Mahe	Grand Anse, Anse Boileau, Port Glaud, Anse Royale, Le Niol	flooding / landslide / falling of trees
4th-5th January 2006	Mahe	North Mahe, Pointe Conan, Beau Vallon and Mont Buxton.	flooding / landslide / collapsed roads

出典 “Seychelles NATION” Newspaper in Seychelles, Rainfall Data of National Meteorological Services

2-5-2 洪水解析

2-5-2-1 基本方針

本調査における洪水解析の方針は以下のフロー図の通りである。まず雨量データを基に降雨解析を行い、確率降雨量を求める。これに基づき計画対象洪水流量を算定し、洪水氾濫解析を行う。氾濫状況から対策を検討し、必要な洪水対策の種類と規模を算定する。

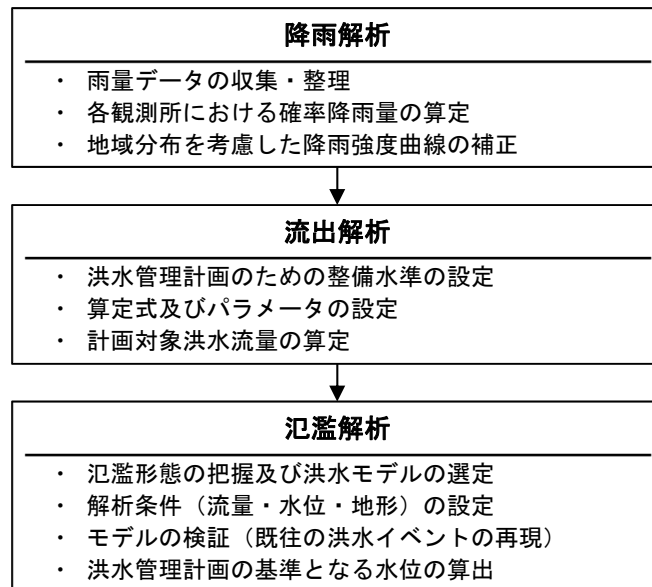


図 2-5-1 洪水解析の検討フロー

(1) 降雨解析

(a) 雨量データの収集

マヘ島内にて現在稼働中の雨量観測所 26 ヶ所のうち、20 年分以上の雨量データが蓄積されている 22 ヶ所のデータを収集した。時間雨量は国際空港 1 ヶ所に限定されており、その他の観測所は日雨量資料であるため、洪水解析に必要な資料は不十分である。収集した雨量データの観測所の位置を表 2-5-2 及び図 2-5-2 に示す。

表 2-5-2 雨量観測所の名称

NO	Name	Height (m)
1	Seychelles Airport	2
2	Rawinsonde	2
6	Cascade	110
7	La Misere (Fairview)	342
16	Anse Royale PUC	80
17	Anse Royale Police Strn	2
19	Quatre Bornes	85
21	Anse Soleil	8
22	Pointe Au Sel	38
23	Anse Forbans	5
32	Anse Boileau	5
33	Grand Anse Waterworks	2
37	Tea Factory	390
41	Bon Espoir	240
45	La Misere (Mr. Rose)	455
57	Rochon Waterworks	200
58	Hermitage Waterworks	80
61	St Louis	182
74	Le Niol Waterworks	22
76	La Gogue	120
77	Ma Constance(North East)	112
78	Belombre	25



図 2-5-2 雨量観測所の位置

(b) 確率降雨の算定

各地点の年最大日雨量に基づいて、水文統計解析で一般的に多用されている Gumbel 法にて確率処理を実施した結果を表 2-5-3 に示す。

表 2-5-3 確率規模別の日最大降雨量

St.No	Name/Return Period	100	50	20	10	5	3	2
1	Seychelles Airport	287	262	229	203	177	156	136
2	Rawinsonde	232	208	177	153	128	108	90
6	Cascade	250	225	193	167	141	120	101
7	La Misere (Fairview)	271	245	210	183	155	133	113
16	Anse Royale PUC	288	262	228	201	174	152	132
17	Anse Royale Police Stn	229	209	182	162	140	123	108
19	Quatre Bornes	170	153	132	115	98	84	72
21	Anse Soleil	202	184	159	140	119	103	89
22	Pointe Au Sel	256	234	204	181	157	138	121
23	Anse Forbans	178	163	142	125	109	95	83
32	Anse Boileau	227	204	175	152	128	109	92
33	Grand Anse Waterworks	281	254	216	187	157	133	112
37	Tea Factory	289	260	221	191	159	134	112
41	Bon Espoir	242	219	188	164	139	120	102
45	La Misere (Mr. Rose)	335	299	252	216	178	147	120
57	Rochon Waterworks	287	258	219	189	158	133	110
58	Hermitage Waterworks	349	318	276	243	210	183	158
61	St Louis	313	282	241	210	177	150	127
74	Le Niol Waterworks	291	265	230	203	175	153	133
76	La Gogue	269	241	202	172	141	117	95
77	Ma Constance(North East)	293	263	223	192	160	134	111
78	Belombre	290	260	221	190	158	133	111

(c) 地域分布を考慮した確率別降雨量の設定

セーシェルでは時間雨量データが国際空港にしか存在せず、降雨強度曲線もこの地点でのみ作成されている。したがって他地域の降雨強度の設定に当たっては、国際空港地点の降雨強度曲線を基準として、空間分布を考慮した補正係数を乗じることとする。

山頂の高さ、等雨量線分布を参考に対象地域を北部、中部、南部の 3 地域に区分し、各地区（北部、中部、南部）の上位 3 地点の雨量を平均し、時間雨量が唯一存在する国際空港の雨量と比較した。

その結果、中部地区の雨量は国際空港地点と同程度、北部地区はやや多く（10 年確率で 1.08）、南部地区はやや少なくなる（10 年確率で 0.89）傾向がみられる。

上記を踏まえ、各地域における降雨強度曲線の適用に際しては、国際空港地点の降雨強度曲線に下表（表 2-5-4）の係数を乗じることとする。

表 2-5-4 降雨強度曲線に乗じる比率

調査対象地区	降雨強度曲線に乗じる比率
ビクトリア	1.1
ポイント・ラルー	1.0
アンセ・オ・ピン	0.9
オ・カップ	0.9
アンセ・ロイヤル	0.9

(d) 水文観測機器の追加設置

1) 雨量計

セーシェルにおいて短時間の雨量データを収集している既存の観測所は国際空港地点のみである。ビクトリアにおける豪雨の影響を解析する際、この 2 地点間の距離が離れていることは解析結果の信頼性に影響を与える。したがってビクトリア市街に雨量計を新たに設置することが望まれる。

本調査では、ビクトリア近郊の 3 箇所（山間部 2 箇所、低平地 1 箇所）に雨量計を設置した。設置地点は以下のとおりである。

- (1) No.61, St. Louis
- (2) No.58, Hermitage
- (3) English River Secondary School

雨量計設置のための現場状況を表 2-5-5 に示す。また設置場所の位置図を図 2-5-3 に示す。

表 2-5-5 雨量計設置場所の状況

Location Name	No.61, St. Louis	No.58, Hermitage	English River Secondary School
Location	St. Louis LAT: 4° 37' 7.83" LNG: 55° 26' 22.98"	Hermitage Water Works LAT: 4° 37' 54.28" LNG: 55° 27' 10"	Victoria LAT: 4° 37' 7.84" LNG: 55° 27' 20.53"
Owner of property	Cable & Wireless	PUC	Victoria Town (school)
Status	• Basically agree for installation of new gauge. (April 26, 2011) • Need official letter from PUC to the company	• Discussed with PUC (April 21, 2011) • Agree for install no need further documentation. • Location already fixed • June 20, 2011 finished installation.	• Basically agree for installation of RG. (May 05, 2011) • Need one more discuss before install
Photo			
Maintenance	NMS	PUC	NMS
Remark	Need prepare an official letter.	After arrival of equipment, discuss again with PUC about how to install the equipment on the tank	After arrival of equipment, discuss again about how to install equipment Require an official letter

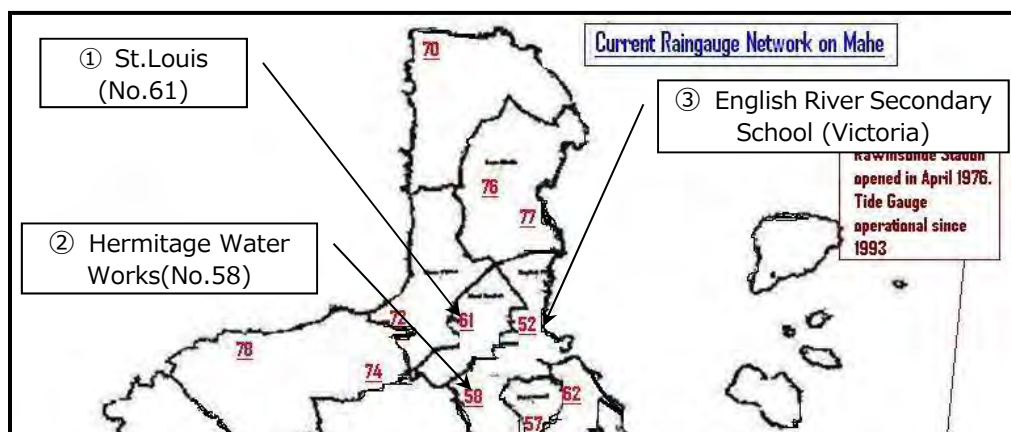


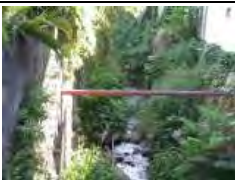
図 2-5-3 雨量計の設置位置図

上記により、洪水の評価分析に用いる際に必要な時間雨量データが、将来にわたって観測される。

2) 水位計（ビクトリア）

本調査では 8 箇所（当初計画では 4 箇所）の水位計を選定された場所に取り付けた。ビクトリア市に 4 箇所の固定された観測所を設定し、残り 4 基の水位計は、一定期間観測することを前提として、複数の重要と考えられる河川の河口や湿地帯の流入口と流出口に適宜移動させて観測を行う方針とした。ビクトリア市の固定観測所の状況を表 2-5-6、設置場所を図 2-5-4 に示す。

表 2-5-6 ビクトリア市における水位計設置場所の状況

River Name	Anglaise	Moosa	Maintry	St. Louis
Location	Right Side Downstream of the Bridge	Right Side next to the Youth Club	Right Side Upstream of the road	Right Side Upstream of the road
Owner of property	Private	Private	Private	Private
Status	Installed	Installed	Installed	Installed
Photo				
Remark	Installation will be after the desilting work by DOE	Installation will be after the desilting work by DOE	• Installation will be after the clean work • DOE will clean the vegetation on the side	• Need clean the installation side • DOE will clean the vegetation on the side

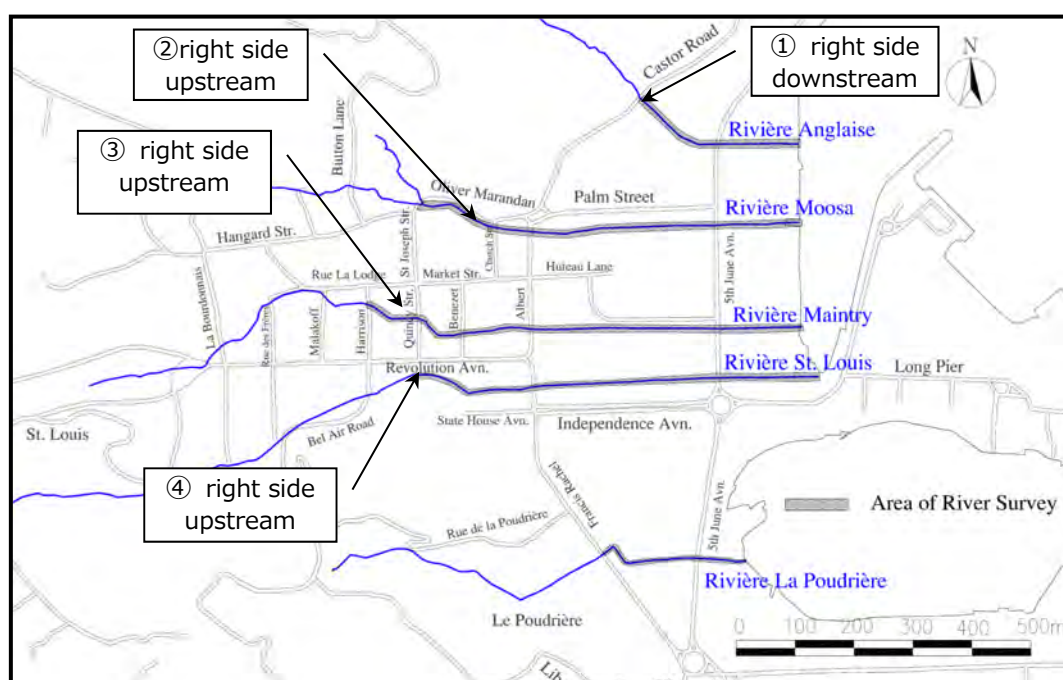


図 2-5-4 ビクトリア市水位計設置位置図

3) 水位計（ビクトリア以外）

固定観測用としない 4 基の水位計は、複数の観測地点を適宜移動させて観測する目的で、川の河口部、湿地帯の流入口あるいは流出口に設置した。ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン、オ・カップ及びアンセ・ロイヤルの各地点において、同一河川の河口部及び中流部に 1 台ずつ設置し、約 2 ヶ月の期間観測を行った。現在も継続的な観測が行われている。

(2) 流出解析

(a) 基本方針

排水処理設計ガイドライン：“Storm Water Drainage Design Guidelines”が 1999 年に技術協力連邦基金：Commonwealth Found for Technical Cooperation (CFTC)によって策定されている。このガイドラインは、市街地における排水計画や関連施設の設計における基本的な参考資料として活用する目的で作成されており、本調査においても原則としてこれを適用する。

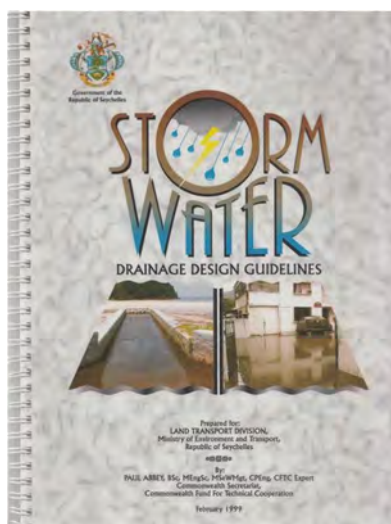


図 2-5-5 排水処理設計ガイドラインの表紙

(b) 洪水管理計画のための整備水準

本調査においては、ガイドラインで勧告されている整備水準を参考とし、カウンターパートと協議のうえ、早期に整備すべき期間としての短期、当面の目標である中期、及び気候変動なども勘案した長期の 3 期に区分し、次の整備水準を設定した。

表 2-5-7 整備水準（対象確率年）

	整備水準(対象確率年)		
	短 期	中 期	長 期
Victoria	10	25	100
Others	5	25	100

(c) 流域分割

既存の GIS データから得られる流域界や 2m コンターを参考に、対象地域内の流域分割を実施した。

(d) 算定式

計画流量の算定には合理式法の適用が勧告されている。合理式法は流域面積が 20km² 以下の小河流域においては世界的に広く採用されている。カウンターパートにとっても簡便で使用し易い式であり、本調査においてもこの式を流量計算に適用する。合理式は、以下のように表現される。

$$Q = \frac{1}{3.6} C_y I_y A$$

ここに、

Q = 計画流量： m³/sec
 C_y = 流出係数(y は再現期間)
 I_y = 降雨強度(y は再現期間)： mm/hr
 A = 流域面積： km²

(e) パラメータの設定

合理式中のパラメータは、以下の表 2-5-8 のように設定した。

表 2-5-8 合理式のパラメータ設定（流出係数 C_y 及び降雨強度 I_y ）

	ビクトリア市街	その他の地域	備考
土地利用状況反映のための係数 f	1.0	0.9	排水処理設計ガイドラインにもとづき設定
10 年確率(ARI)に対する流出係数 C_{10}	0.65	0.63	算定式 $C_{10} = 0.45 + 0.2 f$ 排水処理設計ガイドラインにもとづき設定
整備水準に対する流出係数 C_y	0.65	0.60	算定式 $C_y = F_y \times C_{10}$ (F_y は再現期間に応じた係数) 排水処理設計ガイドラインにもとづき設定
降雨強度 I_y 及び洪水到達時間 T_c	排水処理設計ガイドラインによる		降雨強度の設定にあたっては、地域別の補正係数(表 2-5-4)を既存の降雨強度曲線(表 2-5-9)に乗じる。

表 2-5-9 降雨強度曲線式

Coefficient of Formula	Return Period					
	2	5	10	25	50	100
			$r = \frac{a}{t^n + b}$			
n	0.74	0.82	0.91	0.93	0.96	0.98
a	1,401	3,247	7,346	9,847	13,922	17,790
b	8	22	54	68	91	109

※排水処理設計ガイドラインに掲載されている図をもとに係数(n, a, b)を設定した。

(f) 算定結果

上記(a)～(e)に示した方針及び条件に基づいて、洪水管理計画のための計画流量を合理式にて算定した。算定結果を以表に示す。

表 2-5-10 計画流量の算定結果

	Name	Area (ha)	Return Period											
			5			10			25			100		
			Cy	Iy	Qy	Cy	Iy	Qy	Cy	Iy	Qy	Cy	Iy	Qy
Victoria	Anglaise	57.0	0.62	86.4	8.5	0.65	100.1	10.3	0.69	112.0	12.2	0.79	136.4	17.1
	Moosa	135.0	0.62	80.7	18.8	0.65	94.7	23.1	0.69	106.4	27.6	0.79	130.6	38.7
	Maintry	33.0	0.62	79.2	4.5	0.65	93.3	5.6	0.69	105.0	6.6	0.79	129.1	9.4
	St Louis	118.0	0.62	80.7	16.4	0.65	94.7	20.2	0.69	106.4	24.1	0.79	130.6	33.8
	La Poudrie	38.0	0.62	88.3	5.8	0.65	101.8	7.0	0.69	113.7	8.3	0.79	138.2	11.5
Point Larue	PL-1	59.0	0.60	82.9	8.2	0.63	94.9	9.8	0.67	105.8	11.6	0.76	128.1	16.0
	PL-2	29.0	0.60	75.5	3.7	0.63	88.1	4.5	0.67	98.9	5.3	0.76	121.0	7.4
	PL-3	12.0	0.60	77.8	1.6	0.63	90.3	1.9	0.67	101.0	2.3	0.76	123.3	3.1
	PL-4	28.0	0.60	82.9	3.9	0.63	94.9	4.7	0.67	105.8	5.5	0.76	128.1	7.6
	PL-5	6.0	0.60	82.0	0.8	0.63	94.1	1.0	0.67	104.9	1.2	0.76	127.3	1.6
	PL-6_1~3	86.0	0.60	79.4	11.4	0.63	91.7	13.8	0.67	102.6	16.4	0.76	124.8	22.7
	PL-7	38.0	0.60	66.1	4.2	0.63	79.0	5.3	0.67	89.3	6.3	0.76	110.7	8.9
	PL-8	24.0	0.60	66.1	2.6	0.63	79.0	3.3	0.67	89.3	4.0	0.76	110.7	5.6
Anse Au Pinn	AAP-1	18.0	0.60	74.6	2.2	0.63	85.4	2.7	0.67	95.2	3.2	0.76	115.3	4.4
	AAP-2	34.0	0.60	74.6	4.2	0.63	85.4	5.1	0.67	95.2	6.0	0.76	115.3	8.3
	AAP-3	58.0	0.60	72.2	7.0	0.63	83.3	8.5	0.67	93.0	10.0	0.76	113.1	13.9
	AAP-4	55.0	0.60	70.0	6.4	0.63	81.2	7.8	0.67	90.9	9.3	0.76	110.9	12.9
	AAP-5	101.0	0.60	55.5	9.3	0.63	67.0	11.9	0.67	76.1	14.3	0.76	94.9	20.3
	AAP-6	16.0	0.60	66.6	1.8	0.63	78.1	2.2	0.67	87.7	2.6	0.76	107.5	3.6
	AAP-7	33.0	0.60	52.4	2.9	0.63	63.8	3.7	0.67	72.6	4.5	0.76	91.0	6.3
Aux Cap	AC-1	41.0	0.60	67.3	4.6	0.63	78.7	5.7	0.67	88.3	6.7	0.76	108.2	9.4
	AC-2	95.0	0.60	69.3	11.0	0.63	80.6	13.4	0.67	90.3	16.0	0.76	110.2	22.1
	AC-3	27.0	0.60	63.6	2.9	0.63	75.2	3.6	0.67	84.7	4.3	0.76	104.4	6.0
	AC-4	54.0	0.60	61.5	5.5	0.63	73.1	6.9	0.67	82.5	8.3	0.76	101.9	11.6
	AC-5	58.0	0.60	61.5	5.9	0.63	73.1	7.4	0.67	82.5	8.9	0.76	101.9	12.5
	AC-6	50.0	0.60	61.5	5.1	0.63	73.1	6.4	0.67	82.5	7.7	0.76	101.9	10.8
	AC-7	46.0	0.60	61.5	4.7	0.63	73.1	5.9	0.67	82.5	7.1	0.76	101.9	9.9
	AC-8	31.0	0.60	62.5	3.2	0.63	74.2	4.0	0.67	83.6	4.8	0.76	103.1	6.8
	AC-9	25.0	0.60	66.6	2.8	0.63	78.1	3.4	0.67	87.7	4.1	0.76	107.5	5.7
Anse Royal	AR-1	51.0	0.60	66.0	5.6	0.63	77.5	6.9	0.67	87.1	8.3	0.76	106.9	11.5
	AR-2	162.0	0.60	55.5	15.0	0.63	67.0	19.0	0.67	76.1	23.0	0.76	94.9	32.5
	AR-3	41.0	0.60	61.0	4.2	0.63	72.6	5.2	0.67	82.0	6.3	0.76	101.4	8.8
	AR-4	84.0	0.60	52.1	7.3	0.63	63.4	9.3	0.67	72.2	11.3	0.76	90.5	16.1
	AR-5	49.0	0.60	56.3	4.6	0.63	67.9	5.8	0.67	77.0	7.0	0.76	95.9	9.9
	AR-6	82.0	0.60	59.0	8.1	0.63	70.6	10.1	0.67	79.9	12.2	0.76	99.1	17.2
	AR-7	23.0	0.60	72.2	2.8	0.63	83.3	3.4	0.67	93.0	4.0	0.76	113.1	5.5

(3) 氾濫解析

(a) 検討方針

本調査では、洪水管理計画の策定に向けて、合理式で求めた流量を適用し、一次元解析モデルにて、整備水準（計画再現期間）に対応する水位を算出する。

本調査では、氾濫解析にかかる技術移転を勘案し、カウンターパートにとって容易に入手可能で、活用しやすいソフトウェアの適用が望ましいため、米国軍の工兵隊によって開発された HEC-RAS を解析に用いる。下流端潮位は、確率潮位を設定し、一次元不等流解析により洪水時の水位を算出する。

(b) モデルの検証（2004 年洪水）

2004 年 12 月の洪水時における浸水状況を対象に、一次元の不等流計算で説明可能か否か、検証を試みた。浸水被害が発生した Maintry 川を対象に計算した結果を以下に示す。

図 2-5-6 に示す浸水状況写真の位置は、河口から 450m 付近であり、道路中心測量成果と Maintry 川を組み合わせた下記横断面図（図 2-5-6）の破線部付近に相当している。2004 年当時の断面形状と比較して、2011 年の現況は約 20cm の河床掘削が実施されている。そこで 2004 年当時の断面形状は現況よりも河床が 20cm 高かったものと想定して断面形状を作成した上で、現況河道断面と比較した。

浸水写真に示される付近の地盤高は約 EL.1.6m であり、2004 年当時の計算結果は EL.1.9m であることから、その浸水深は約 30cm と推定される。

写真の水面高は、建物の床面付近であり、現地の状況から推測される浸水深は、計算結果とほぼ一致している。写真が最高水位時であるか不明であること、一様に 20cm の掘削が実施されたとした断面形状を用いている点など検証を行う上での制約はあるものの、浸水深を概ね適切に評価できていることから HEC-RAS の一次元不等流解析の適用は問題がないと判断した。

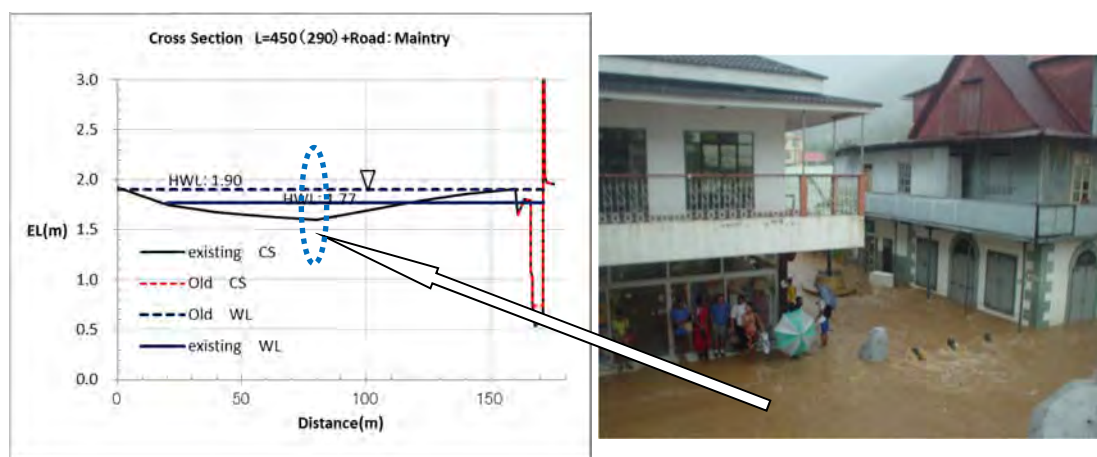


図 2-5-6 水位計算結果と横断面図の重ね合わせ（河口から 450m 付近）

2-5-3 既存の洪水対策

(1) ビクトリア市における既存の洪水対策

2004 年 12 月に発生した津波災害、及びそれに続く他の自然災害、洪水災害を受けて、セーシェ

ル国の首相は 2005 年 1 月に Drainage Task Force Committee を設立することを決定した。このタスクフォースはビクトリア市における洪水及び排水処理に関する予備調査を実施した。

同調査では、11 のプロジェクトが提案され、優先的に実施されることとなっている。各計画の実施状況は表 2-5-11 に示すとおりである。

表 2-5-11 洪水対策の実施状況

No.	Project Location	Project Cost (SCR)	Priority	Status
1	Market Street and Church Street	1,890,000	2	Partially Completed
2	Albert Street	684,000	3	Partially Completed
3	State House Avenue	1,234,000	4	Completed
4	Francis Rachel Street	1,382,000	6	Partially Completed
5	Independence Avenue	1,085,000	5	Completed
6	Huteau Lane	485,000	9	Not yet in action
7	Ste Elizabeth Convent	519,000	1B	Not yet in action
8	English River	988,000	7	Not yet in action
9	VilazTrezor	1,000,000	1A	Not yet in action
10	Mont Fleuri	683,000	1C	Not yet in action
11	Mont Buxton	450,000	8	Completed

出典: Preliminary Study of the Flooding Problems in Victoria, June 2005

(2) その他の地域における既存の洪水対策

2004 年 10 月の調査レポートでは、洪水対策のプロジェクトが 4 段階のアクションプラン(早期、短期、中期及び長期)に分けられ、実施に向けて優先順位が設定された。各アクションプランは 10 以上のプロジェクトから成り、そのうちのいくつかは 6 年以内 (2005-2011) に既に実施された。

各プランの実施状況を表 2-5-12 に示す。なおプロジェクトの総費用は調査で提案されている数量に基づく。

表 2-5-12 最近 6 ヶ年における洪水対策の実施状況

Action Plan	Proposed Projects	Completed Projects	Partially Completed	Total Cost (SCR)		Ratio of Implementation Cost
				Proposed	Implemented	
Immediate Action	12	9	1	1,710,140.0	1,526,030	89.2%
Short Term Action	14	6	1	3,803,246.0	2,070,596.0	54.4%
Medium Term Action	17	3	0	5,025,172.0	366,500.0	7.3%
Long Term Action	17	0	0	10,237,015.0	-	-

出典: The Preliminary Study of the Flooding Problems in Victoria, June 2005

地区ごとの提案されたプロジェクト及び完了したプロジェクト数は表 2-5-13 に示すとおりである。

表 2-5-13 地区ごとの提案されたプロジェクト及び完了したプロジェクト数

District	Immediate			Short			Medium			Long		Total Cost SCR
	Plan	Complete	Cost	Plan	Complete	Cost	Plan	Complete	Cost	Plan	Complete	
Baie Lazare	1	1	746,910	3	1	100,900	1	0	0	3	0	847,810
Baie Ste. Anne	5	4	329,030	3	1	77,500	4	0	0	0	0	406,530
Point Larue	2	2	62,220	2	1.5	890,000	2	1	150,000	0	0	1,102,220
Anse Royale	1	1	177,870	3	2	443,400	4	2	216,500	4	0	837,770
La Digue	2	1.5	210,000	2	0.5	177,500	2	0	0	4	0	387,500
Anse Boileau	1	0	0	1	1	381,296	4	0	0	6	0	381,296
Total	12	9.5	1,526,030	14	7	2,070,596	17	3	366,500	17	0	3,963,126

出典: The Preliminary Study of the Flooding Problems in Victoria, June 2005

2-6 気候変動解析

2-6-1 概 要

海岸侵食及び洪水管理計画において、気候変動の影響を予測するために、定量的かつ地域的な情報を既存の報告書からできるだけ集め、解析した。それらの情報は、海面上昇、波浪、水文変化、サンゴ礁への影響である。これにより気候変動が海岸侵食と洪水に与える影響について検討した。

得られる情報が限定されていることと、将来予測は不確定性を含んでいることから、モニタリングによる気候変動に関する理解、予測方法の改善、気候変動への海岸及び洪水管理の適応が必要とされた。

2-6-2 海面上昇と波浪

南西インド洋の海面上昇としては 1960 年～1990 年に比較して、2070 年～2100 年において 0.4～0.6m の上昇が期待されている。(出典：Chang-Seng, 2007. *Climate Change Assessment for Seychelles*)

海水位について、マヘ島のポイント・ラルーにおいて観測されてきた 1993 年から 2010 年に至る 18 年のデータ解析の結果、最近の水位上昇量は 6.6mm/年と推定された。この割合が今世紀中は保たれると、海面は 2010 年に比較して 2050 年には+0.3m、2100 年には+0.6m の上昇となる。

セーシェルでは、沖での波浪は主に北西モンスーンと南東貿易風によりもたらされる。よって、波浪はモンスーンのパターンが変化しない限り顕著な変化はみられないと考えられる。沖での波浪条件の変化が無い場合においても、セーシェルの海岸では、海面の顕著な上昇により水深が深くなり、波浪のエネルギー損失が小さくなることより、より大きな波が到達する。これにより、激しい海岸侵食と大きな越波をもたらすリスクがある。

セーシェルの海岸は、1972 年から 2001 年までに発生したサイクロンの軌道から外れている。

2-6-3 水文変化

予測値の変動は比較的大きいにもかかわらず、全球気候モデルの予測では、年降雨量の変化は小さく、2050 年で 3～5%、2100 年で 5～6% の変化となっている。

2-6-4 サンゴ礁

セーシェルのサンゴ礁は、1998 年のエルニーニョ現象による温度ストレスを受けて、サンゴの白化が広範囲に及んでいる。白化によりほとんどのサンゴ礁ではサンゴの被度が 5%以下となったが、現在では 11%と予想されている。(出典：Jude Bijoux et.al, 2007. *Status of Coral Reefs of the Seychelles Islands*)

マヘ島周辺の環礁は沖に浅い礁湖を有するように成長すると推定されている。環礁は一般的に鉛直方向に成長し、鉛直方向に成長できる空間が存在しない場合は水平方向に成長する。よって、マヘ島周辺の海岸の環境を勘案すると、海面上昇によりマヘ島周辺のサンゴ礁は鉛直方向に成長すると考えられる。Montaggioni の調査報告書によると、マヘ島の最終氷河期以降のサンゴ礁の鉛直方向の堆積速度は 3.5 (2.3 – 8.8) mm/年であると解析されている。(出典：Montaggioni, L.F., 2005. *History of*

Indo-Pacific coral reef systems since the last glaciation: Development patterns and controlling factors)

海面温度の観測記録は、ほとんどの島嶼国が位置している海域で、10 年間で 0.1°C の温度上昇であることを示している。過去 20 年では、正常な夏季の最高海面温度が 1.0°C 上昇すると白化をもたらしている。海面温度は 2100 年頃で 0.38°C から 2.58°C の範囲で変化することが予想されているため (Payet et al. (2006))、気候変動のサンゴ礁への影響はいずれにせよ破滅的である。(出典: Rolph Payet and Wills Agricole. 2006. *Climate Change in the Seychelles: Implications for Water and Coral Reefs*, Ambio Vol. 35, No. 4, 182-189)

2-6-5 海岸侵食と洪水への影響

気候変動はセーシェルへ最も重大な影響を与えるであろう。最も可能性のある災害のシナリオとしては、熱帯サイクロンが主要 3 島を通過し、高潮と洪水を同時にもたらすことが考えられる。平均海面上 2.5m より低い建物や道路は浸水の被害を受けることが推定される。

GIS データを用いた浸水の影響を受ける建物の数及び道路の延長を推定した結果では、マヘ島では 2,017 戸(14%)、プララン島では 1,601 戸(63%)、ラ・ディエグ島では 321 戸(48%)の建物が浸水し、これには主要 3 島で 11 の病院、15 の学校、21 のレストラン、69 のホテルとゲストハウスが含まれる。また、マヘ島で 67km、プララン島で 43km、ラ・ディエグ島で 7km の道路が浸水することが想定される。これはマヘ島で 33km、プララン島で 20 km、ラ・ディエグ島で 3 km の主要道路が含まれる。すなわち、マヘ島の主要道路の 72%、プララン島の 72%、ラ・ディエグ島の 27%が浸水の被害を受けることとなり、これらによる負の影響は重大である。

第3章 管理計画の策定

3-1 概要

基礎調査の結果をまとめると次のようになる。

- 海岸侵食や低平地の浸水被害は自然条件に加え、人為的な原因で生じている。すなわち、自然の特性及び災害リスクを考慮せずに、道路、防波堤、住宅や学校が建設され、これらが被害を受けている。
- 海岸侵食や浸水被害の回避について、海岸域の適切な管理や環境影響評価に係る緩和策を実施することで対応可能であるが、その制度及び担当組織はあるが有効に機能していない。特に、人材や経験が不足しており、法的な規制も有効に機能していない。
- 過去に災害が少なかったことから、災害への関心が薄く、基本となる自然条件や災害についての情報が不足し、またその蓄積もなされていない。
- 国家戦略、気候変動戦略、環境管理計画（持続可能開発戦略）は策定されているが、内容が一般的であり、セーシェルの特性や制約に対応しておらず、具体的な成果が上がっていない。
- 今後の経済発展による海岸域での開発が見込まれ、将来的な気候変動の影響や新たな災害が生じることも想定される中で、リスク回避への対応が求められている。

このような課題のもとで、海岸保全・洪水管理計画を策定する場合、短期的には現在問題となっている被害の防止の視点に加えて、長期的視点から将来の気候変動や経済発展に伴う新たな災害を防止する視点、及び災害を予防する視点を含めた計画を策定することとした。ここで検討した内容を全体計画として位置づけ、これを基に優先海岸を選定し、具体的な実施計画を含む海岸保全計画及び洪水管理計画を策定することとした。

3-2 計画策定の手順

海岸保全及び洪水管理の計画は管理の視点を入れて、図 3-2-1 に示すサイクルにより実施する。サイクルは基礎調査と課題特定、管理計画の策定と適用、実施計画の策定と実施、モニタリングと評価の循環で構成され、情報管理と教育は、このサイクルと相互に関連する。

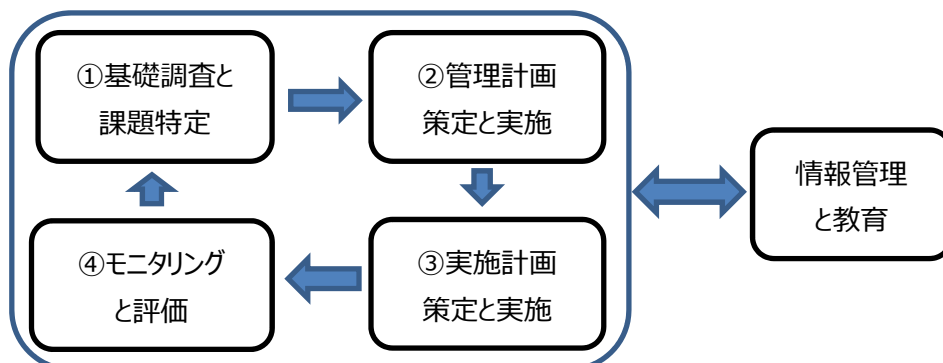


図 3-2-1 計画実施のサイクル

基礎調査の成果や類型化した侵食海岸及び洪水被害地域を基に課題やリスクを特定し、その解決のために管理計画を策定する。管理計画は日常的な管理と戦略的な長期管理に分けられる。日常的

な管理としては、開発に伴う海岸侵食や浸水被害への影響評価と住民からの要請への対応が想定される。環境影響評価については、過去の事例を整理し管理への活用を図る。戦略的長期な管理は気候変動への対応及び非構造物対策を想定する。実施計画は主に優先海岸、優先地域の計画、パイロット事業が含まれる。モニタリングについては、海面上昇、海浜変形、被害の発生状況、対策の実施状況などを含み、その評価は、あらかじめ設定した指標の達成状況により評価する。災害についての実態把握や将来の予測が困難なことから、セーシェルでの経済発展や気候変動の状況、他国での類似災害の状況をモニタリングしながら対策を見直すこととする。見直し時期は、他の計画、たとえば環境管理計画等に合わせ10年ごとに見直す。これらを実施する基礎資料として、GISを基本とするデータベースを活用する。また、住民教育等を行う。

3-3 目 的

管理計画の目的は以下の通りである。

- 海岸侵食、洪水、高潮、津波等による人命や資産の損失を軽減する
- 海岸域、湿地、河川の自然環境とその利用と調和のとれた対策とする
- 将来の持続的発展のため、海岸域の開発と気候変動への対応に寄与する
- 海岸及び河川の価値に関して、関係者の関心と理解を促進させる

この目的はSSDS2012-2020を基に設定した。

3-4 計画の基本条件

管理計画の対象地域はマヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島とする。目標年次と施設の設計規模はその重要度を基に、次の通り設定した。

表 3-4-1 目標年次と施設設計規模

	短期	中期	長期
目標年次	2020	2050	2100
施設設計の確率規模			
地域	小規模	中規模	大規模
ビクトリア	10 年	25 年	100 年
その他地区	5 年	25 年	100 年

セーシェルの排水処理設計ガイドラインでは排水施設はビクトリアでは1/10、その他の地区では1/5、主要な道路下のカルバート、主要排水路、自然河川は1/25としているので、これを参考にした。

また、この条件での施設の設計条件、すなわち潮位、波浪は次のようになる。波浪に関しては記録が少ないため、確率規模1/25年のみ設定した。

表 3-4-2 設計潮位 (単位: m MSL 上)

設計確率規模 年	目標年次		
	2010	2050	2100
1/10	1.33	1.59	1.92
1/25	1.44	1.70	2.03
1/100	1.61	1.87	2.20

表 3-4-3 設計波高(確率規模 1/25 年)

海岸名	波高(m)	周期(s)	波向
ノース・イースト・ポイント	4.0	8.0	ESE
オ・カップ	5.0	8.0	SSE
アンセ・ロイヤル	5.0	8.0	ESE
ベ・ラザール	4.0	7.0	SSW
アンセ・ケラン	4.0	7.0	SSW
ラ・パッセ	4.0	6.0	WSW

計画の実施組織としては、環境エネルギー省、環境局の下にある気候適応情報部が主に排水を含む海岸域の管理と構造物対策を所掌し、災害対策に関してはリスク・危機管理部が実施する。また、土地利用計画及び関連する管理は土地利用住宅省が所管する。なお、非構造物対策に関しては SSDS によって 2020 年までの計画が策定されており、それに関連する組織も含めた行動計画が策定されている。

3-5 類型化とリスク推定

海岸侵食や洪水に関して、まずその形態を調べるとともに類型化を行い、リスクについては基準を設定して推定した。海岸侵食に関して各海岸の侵食状況から表 3-5-1 に示すように類型化できる。

表 3-5-1 海岸侵食の類型化

侵食の形態	説明	事例海岸
長期的侵食海岸	長期的な沖への漂砂流出による侵食	ノース・イースト・ポイント
波浪による海浜変動	季節的波高、波向の変化により変動する海岸	ブ・パロン
構造物による影響	海岸構造物の影響による侵食と堆積、防波堤、突堤、護岸による隣接海岸への影響	ブララン島のアンセ・ケラン、ラ・ディエグ島のラ・パッセ
ポケット・ビーチ	ヘッドランドにより保護された安定海岸	

リスクに関しての推定は基本データが少ないことから困難ではあるが、現在と将来に分けて、被害の発生の起こりやすさと、起こった場合の被害の程度をもとに推定した。これらの中で、リスクが普及及び高い個所で対策が必要になる。

表 3-5-2 各海岸の現在及び将来のリスクの程度

リスクの程度	現在対象となる海岸	将来対象となる海岸
高い		アンセ・ケラン
普通	ノース・イースト・ポイント、ベ・ラザール、アンセ・ケラン、ラ・パッセ	ノース・イースト・ポイント、ベ・ラザール、ラ・パッセ
低い	オ・カップ、アンセ・ロイヤル、アンセ・ラモッシュ	オ・カップ、アンセ・ロイヤル、アンセ・ラモッシュ

洪水に関しても海岸侵食と同様に洪水の形態について、各河川の状況を基に類型化を行った。結果を表 3-5-3 に示す。

表 3-5-3 洪水の類型化

洪水の形態	説明	事例地域
河川洪水	河川が氾濫して洪水が発生	セーシェルでは対象河川が無い
都市洪水	都市化により排水の流入量が増えて氾濫	ビクトリア
排水不良	排水施設が整備されていないか、排水能力の不足のために氾濫	ポイント・ラルー
低平地の開発	河口の埋立てにより河川の疎通能力が減少し氾濫、低平地の住宅開発等で排水困難	アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤル
低平地河川の河口閉塞	河口が波による堆砂で閉塞し排水が困難、低平地の氾濫	オ・カップ、アンセ・ロイヤル

洪水に関しても、災害の発生の起こりやすさと、起こった場合の被害の規模で表 3-5-4 に示すように現在及び将来のリスクの程度を推定した。これは 2013 年の 1 月の洪水の結果を考慮しておらず、これまでにない状況が発生したことから、同洪水及び今後の同規模洪水の結果をもとにして、今後見直す必要がある。

表 3-5-4 各地域の現在及び将来のリスクの程度

リスクの程度	現在対象となる地域	将来対象となる地域
高い	-	-
普通	オ・カップ、アンセ・ロイヤル	ビクトリア、オ・カップ、アンセ・ロイヤル
低い	ビクトリア、ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン	ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン

3-6 対策案と管理計画

本プロジェクトは気候変動対策も含めた検討を行うこととなっており、その場合の対策の分類としては、これまでに防護、適応、移転の 3 形態に分けて検討されている。よって、本調査においても海岸保全、洪水管理を検討するうえでは、この観点を基に、セーシェルにおける自然及び社会経済条件で適用可能な対策に関して検討した。その結果、表 3-6-1 に示す結果が得られた。

表 3-6-1 セーシェルで適用可能な対策

対策分類	海岸保全	洪水管理
防護	海岸護岸、養浜、突堤	河道改修、排水改善、輪中堤、調整地、排水ポンプ
適応	土地利用規制、環境影響評価、広報活動、リスクマップ、警報、応急対応	住宅耐水化、土地利用規制、環境影響評価、広報活動、リスクマップ、警報、応急対応
移転	セットバック、ゾーニング、移住	セットバック、ゾーニング、移転

これらの可能な対策について、機能、利用、環境、将来の変化への対応、費用、維持管理、セーシェルでの適用性に関して評価したところ、表 3-6-2 に示す結果となった。

表 3-6-2 提案する対策

対策分類	海岸保全	洪水管理	評価の概要
防護(構造物対策)	突堤 養浜	排水改善 調整池	海浜利用に支障なく影響を緩和させる対策として機能性と利用性等を複合的に持ち合わせた対策として評価される。 セーシェルの海岸地形条件に適合し、安価での実施、維持管理が可能であることで適正性及びコスト面での評価が高い。
適応	土地利用規制、環境影響評価、リスクマップ、セットバック		改善が必要であるが既に採用または計画されていることから適正性が高い。今後の開発が予想される中での自然環境と社会活動の調和が推進される対策として環境条件変化への対応に対する評価が高い。

上述の対策を海岸保全及び洪水管理に関する管理計画の骨格とし、その実施工程を表 3-6-3 に取りまとめた。主要な構造物対策としては海岸保全では突堤の設置と養浜、洪水管理では排水改善で排水路の整備や河口処理、河口付近の低平地の調整地としての活用が含まれる。非構造物対策としては、土地利用規制、リスクマップの活用、セットバックであり、新たな施設の建設による影響に関しては環境影響評価で対応する。

表 3-6-3 海岸保全・洪水管理計画の実施工程

		目標年次	短期（2020）		中期（2050）		長期（2100）		摘要
		対策項目							
1		構造物対策							
		海岸保全							
	a	突堤と養浜							侵食対策
	b	海岸域管理							海岸域管理
		洪水対策							
	a	排水施設							排水路の改修、新設
	b	河川改修							
	i)	河道と河口改良							河道改修
	ii)	河川改修							
	c	流域管理							河川流域管理
2		非構造物対策							
	a	土地利用規制							土地利用の規制、管理
	b	予警報システム							情報システム強化
	c	応急避難所の整備、改善							避難ルート、訓練
	d	住民への広報活動							浸水予想の公表

管理期間
 実施期間
 必要に応じて継続

詳細な海岸保全計画または洪水管理計画策定の優先地域を対策の必要性、緊急性、技術的特性、将来の地域発展等の基準に基づき、問題になっている地区から選定した結果、表 3-6-4 と表 3-6-5 に示すようになる。これらの海岸及び地域に関してそれぞれ海岸保全計画及び洪水管理計画を策定することとした。

表 3-6-4 海岸保全計画策定の優先海岸選定

番号	海岸名	海岸侵食等の状況	優先海岸
1	ノース・イースト・ポイント	長期的侵食と海岸道路への越波の問題を有する事例海岸の代表として優先海岸に選定	◎
2	アンセ・オ・ピン	浜崖が発生しているが、埋立地等で守られている	
3	オ・カップ	長期的侵食と海岸道路への越波の問題、直立護岸を設置	
4	アンセ・ロイヤル	長期的侵食と海岸道路への越波の問題、直立護岸を設置	
5	アンセ・タカマカ	リーフで守られているが、規模の小さい侵食	
6	ベ・ラザール	長期的侵食と低い海岸道路への越波の問題、構造物が無い	◎
7	アンセ・ラモッシュ	堆積海岸で、RECOMAP プロジェクトで木杭護岸を設置	
8	アンセ・ボアルー	規模の小さい侵食で、RECOMAP プロジェクトで木杭護岸を設置	
9	ブ・バロン	安定海浜、季節変動が大きく将来、開発可能性を有す	
10	アンセ・ケラン	規模の大きい沿岸漂砂による侵食で突堤を設置	◎
11	アンセ・ラチオ	リーフが無く浜崖の発生、将来対策が必要	
12	ラ・パッセ	防波堤設置による堆積と侵食の発生	◎

記号 ◎は優先海岸を示す。RECOMAP: Regional Programme for the Sustainable Management of Coastal Zones of the Indian Ocean Countries

表 3-6-5 洪水管理計画策定の優先地域の選定

番号	地域名	洪水問題の状況	優先地域
1	ビクトリア	昔の海岸線と埋立て地の境界での商店や道路の浸水、排水路の能力不足	◎
2	マヘ島北部	山裾の排水施設不足	
3	ポイント・ラルー	ビクトリアと国際空港の間の道路及び周辺地域の豪雨時の浸水、空港に関する埋立てによる排水路の能力不足	◎
4	アンセ・オ・ピン	低平地の開発による浸水被害の発生、排水施設及び能力の不足	◎
5	オ・カップ	低平地での学校や住宅開発による浸水被害の発生、不適切な排水施設と河口閉塞	◎
6	アンセ・ロイヤル	低平地での学校や住宅開発による浸水被害の発生、不適切な排水施設と河口閉塞	◎
7	ベ・ラザール	河口閉塞による低平地の浸水	
8	アンセ・ボアルー	河口閉塞による低平地の浸水	
9	ブララン島南西部	低平地の住宅開発による浸水問題	
10	ラ・ディーグ島西部	海岸砂丘による低平地の排水不良	

記号◎は優先海岸、優先地域を示す。

3-7 モニタリングと評価

海岸侵食や洪水の現況、原因また将来の経済発展や気候変動の影響が不明確であることから、海岸域の管理計画は定期的に見直す必要がある。このために、モニタリングにより海浜の変形や洪水の流出、氾濫を調査し、計画の妥当性を検討して、改善を図ることとした。環境に関する戦略の SSDS においても、10 年間隔で見直されており、これに合わせてモニタリング及び評価を実施し、海岸保全計画及び洪水管理計画を見直すこととした。

3-8 情報管理と教育

海岸域の管理や計画の実施のための基本となるデータが不足していることから、関連するデータを活用した管理内容について検討した。気象データに関しては短時間の雨量を観測するための雨量計 3 台を設置し、継続的な観測を行うこととした。また、災害の形態及びその規模、原因や被害を調査するために、記録の整備方法を検討して提案した。

侵食に関連する海浜変形に関しては、問題となる可能性のある海岸において、測線を設定し、季節変動も含め年 2 回海浜モニタリングを行うことを提案した。

これらのデータは既存の GIS データベースとして継続的に蓄積されるよう GIS の活用方法に関して講習を行い、日常業務で活用できるよう技術移転を実施した。

住民教育や計画への住民参加に関しては、すでに SSDS において目標を設定した行動計画が策定されており、これの実施が求められている。

第 4 章 優先海岸の海岸保全計画

4-1 概 要

第 3 章に示した結果より、セーシェルにおける海岸保全計画は以下のように整理される。

1. セーシェルにおける海岸侵食は自然条件と共に人為的な要因により生じている。人為的な要因としては海岸道路や防波堤の建設が挙げられる。これらの要因は、将来気候変動の影響を受ける可能性がある。
2. 海岸保全計画としては、当面の侵食対策としては養浜と突堤による対策を、長期的対策としては気候変動の影響を考慮し、予防的な対策としての土地利用の規制、ゾーニング及びセッ
トバック、構造物の建設による影響を避けるための EIA の強化、その他非構造物対策を計画した。
3. 海岸侵食対策に向けた事業の優先海岸として、マヘ島のノース・イースト・ポイント、ベ・ラザール、プララン島のアンセ・ケラン、ラ・ディグ島のラ・パッセの 4 地域が選定された。
4. 構造物対策の実施にあたっては材料、機器、及びセーシェルで用いられている施工法を考慮する。さらには、より少ない人員で維持管理を行うこととする。
5. 構造物対策にあたっては、適切な質的・量的投入、安全性、工程管理を必要とする。また、優れた維持管理は構造物の寿命を長くし、予算の節約にもつながる。エンジニアが技術を獲得・向上させるためには、トレーニングが重要となる。
6. 長期対策においては必要とされる事業規模や費用の予測が難しいため、構造物対策の実施は制限される。セーシェル政府は明確な長期対策の方針を打ち出す必要がある。

優先海岸における海岸保全計画の実施計画を以下の表 4-1-1 から表 4-1-4 に示す。

表 4-1-1 ノース・イースト・ポイントにおける保全計画

項 目	内 容
現状	当該海岸は延長 2km 砂浜幅は平均約 20m で、マヘ島の北東に位置し狭いサンゴ礁とビーチロックで守られている。波浪は冬季北西から来襲し、夏季は南東から来襲する。海岸に沿って海岸道路と住宅が位置しており、海浜は地域住民のレクリエーションに利用されている。
課題	海岸侵食と高潮時の海岸道路への越波が問題である。海浜は 1960 年代から 2011 年の間に幅 20m が侵食され、季節的な変動幅は約 20m である。長期的な海岸侵食の原因は沖への漂砂と想定される。
計画案の評価	維持管理は必要であるが、砂の流出を補い、海浜の利用を図るために、砂または礫による養浜が適切と考えられた。護岸はその前面の洗掘、侵食を助長するため不適切と考えられる。
計画の内容	延長 2 km の海岸に、幅 20m の養浜を実施し、必要に応じてその維持を図ることを提案した。

表 4-1-2 ベ・ラザールにおける保全計画

項 目	内 容
現状	海岸はマヘ島の南西に位置し、部分的にサンゴ礁で守られている。湿地が海浜の砂丘背後に形成され、砂丘には海岸道路及び住宅が位置している。ベ・ラザール川が湿地を流れ、洪水時には砂丘を押し流す。これが海浜砂の沖への移動をもたらしている可能性がある。
課題	海岸侵食と波の打上げが海岸道路、住宅、商店に影響を与えている。海岸侵食は2005～2006年にはじまり、波及びサンゴ塊の打上げが2007年5月の高潮時に報告されている。過去に建設された木柱による護岸の残骸が見られ海浜利用に支障をきたしている。
計画案の評価	養浜による海浜の維持が、海浜砂の沖への移動を助長する直接的な護岸の建設より適切と考えられる。洪水時の沖への砂の流出を防ぐための潜堤の建設は費用の問題で経済的でない。高潮時の交通規制も一つの案であるが、その信頼性に問題があり、道路の嵩上げ等の他の方策が気候変動対策として必要である。
計画の内容	幅20m、延長400mの維持を含めた養浜の実施と侵食量の推定と養浜砂の維持管理量の推定のための海浜測量を実施する。

表 4-1-3 アンセ・ケランにおける保全計画

項 目	内 容
現状	海岸はプララン島の西に位置し、サンゴ礁で保護されている。冬季には北西からの波が、また夏季には南からの波を受けるために、沿岸漂砂により季節的な海浜変形が生じている。海岸に沿ってホテルやレストランが位置しており観光活動が活発である。この海岸はプララン島における観光面での最良の海岸の一つである。
課題	海岸侵食は資産の損失や砂浜海岸の海水浴としての利用を困難にしている。これは観光産業の衰退につながる。もともとアンセ・ケランの砂は沿岸漂砂により北から南に移動し、グランド・アンセに堆積していた。海岸侵食が激しくなったことから、1990年に5基の突堤が建設され、それが南から北への漂砂を止めることになった。侵食により海岸道路が内陸に移動せざるを得なくなった。
計画案の評価	海浜が観光のために重要なことを考慮すると、養浜と突堤の建設が海浜の回復と沿岸漂砂による侵食の低減のために適切と考えられる。護岸の建設は侵食を止めるが、その前面の海浜砂の損失をもたらす、適切ではない。
計画の内容	海浜の安定を図るために、3か所の突堤の建設と、延長1,000mの海浜に対する幅20mの養浜と維持管理体制の構築を提案する。

表 4-1-4 ラ・パッセにおける保全計画

項 目	内 容
現状	海岸はラ・ディーグ島の西に位置し、広いリーフと西のプララン島で守られている。したがって、波は北または南からしか来襲しない。プララン島との連絡フェリーの航行の安全性を高めるための突堤が存在し、3基の防波堤が泊地を守っている。
課題	防波堤と突堤により泊地への砂の堆積とその南の海浜に侵食が生じている。侵食により土地の損失と海岸に位置する病院への越波の問題が生じている。また、泊地の水深が浅くなったことから、その利用を困難にし、浚渫を必要としている。
計画案の評価	遮蔽域の砂の堆積を防ぐための突堤の建設と堆積域から侵食域へのサンドバイパスが適当である。防波堤及び突堤の再配置は一つの代替案である。しかしこれには詳細な調査が必要であり、この保全計画の検討範囲外である。突堤の配置は将来の開発計画を考慮して設定した。
計画の内容	突堤1基の建設と泊地から南の海浜への1,000m ³ のサンドバイパスを提案する。

4-2 優先海岸の海岸保全計画

4-2-1 ノース・イースト・ポイント

(1) 海岸の概要と課題

当該海岸は延長 2km、砂浜幅は平均約 20m で、マヘ島の北東に位置し狭いサンゴ礁とビーチロックで守られている。波浪は冬季北西から来襲し、夏季は南東から来襲する。海岸に沿って道路と住宅が位置しており、海浜は地域住民のレクリエーションに利用されている。

海岸の課題としては、長期的な海岸侵食、波向き変化による海浜の変動と春秋の大潮時の海岸道路への越波が問題である。海浜は 1960 年代から 2011 年の間に幅 30m が侵食され、季節的な変動幅は約 20m である。海浜の勾配は 1/7、砂浜の高さは平均 2.5m であるが、部分的には 2.5m から 3.0m 変動する。海岸道路の高さは 2.5m から 4.0m である。

波の打上げ高を推定した結果によると、確率 1/25 で 2010 年には平均 3.6m であるが、2050 年の海面上昇を考慮すると平均 4.0m となる。季節変化により侵食される場合には海浜の高さは 1.5m と低くなり、この場合の波の打上げ高は 4.3m となることから、波が道路に打ち上げる結果となる。また、現状において波の打上げと共に砂も道路に打ち上がっていることから、同様の状況が発生することが予想される。

長期的な海岸侵食の原因は、サンゴ礁の幅が狭いことによる沖への漂砂移動が想定される。また、ビーチロックは砂浜の後退を防止するが砂の堆積を困難にしている可能性がある。

現状で対策を実施しない場合には、短期的には海岸侵食により海岸道路の前面に侵食が生じ、道路の補修や捨石護岸の建設が必要になる。また、長期的には海岸侵食と越波の増加により、交通障害や構造物の損傷が生じ、道路の嵩上げや補修などの対策、維持管理が必要になる。



図 4-2-1 ノース・イースト・ポイントにおける漂砂の状況

(2) 代替案の評価

海岸保全対策の代替案としては、(1)道路の嵩上げと護岸建設、(2)礫養浜または礫護岸建設、(3)砂養浜、(4)適応策としての交通規制と長期的にはセットバックが考えられる。

海岸道路はビクトリアからグラスシスを経由してズバロンへの重要な交通路になっている。このため

に海岸道路を侵食及び越波から守る必要があるが、第 1 に考えられるのは護岸の建設と道路の嵩上げである。必要な護岸の高さとしては 4.5m になり、現状の 2.5m より最大で 2m 程度高くする必要がある。通常の護岸では前面の洗掘の助長、波の打上げの増加をもたらす。

海浜の波向き変化による変動を許容し、沖への漂砂を助長しない方法として、砂または礫による養浜が考えられる。これは現状を維持し、波の打上げを砂または礫浜で低くするものである。砂の場合には現状を維持することを意図し、礫の場合は、現状と変化はするものの緩傾斜により打上げ高の低減を図るものである。

長期的には海面上昇等の影響もあり、適応策としてセットバックと交通規制も一つの案と考えられる。

これらの各案について、機能、利用、環境、将来の変化への対応、費用、維持管理、セーシエルへの適用性の観点から評価した。その結果、維持管理は必要であるが、砂の流出を補い、海浜の利用を図るために、砂または礫の養浜が適切と考えられた。護岸はその前面の洗掘、侵食を助長するため適切ではないと考えられる。

(3) 海岸保全計画

現時点では、延長 1.5km の海岸に、幅 20m の養浜を実施し、必要に応じてその維持を図ることを提案した。現在、この海岸の侵食の原因が明確でないことから、パイロット事業による養浜砂の状況により、養浜の効果と侵食原因を解明する予定である。これらの計画を図 4-2-2 に示す。

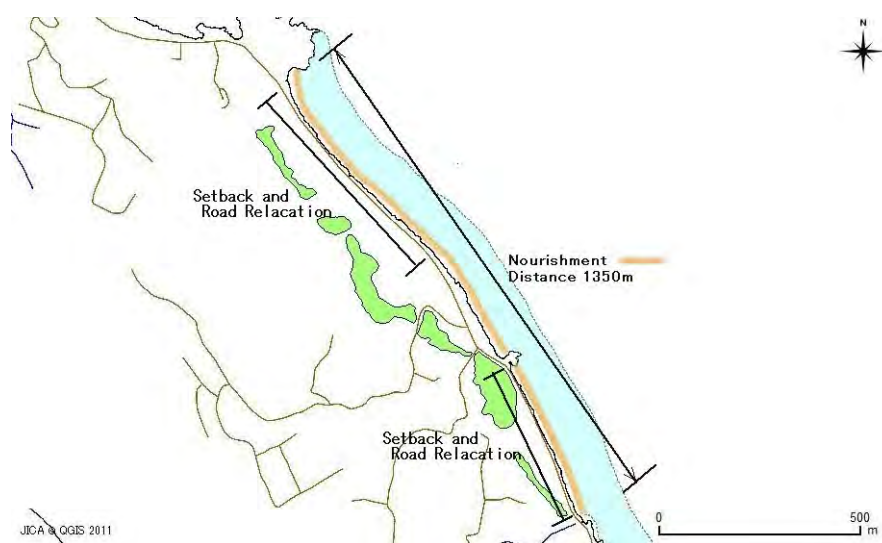


図 4-2-2 ノース・イースト・ポイントの海岸保全対策

(4) 環境及び社会配慮

砂または礫による養浜の社会的な影響は、養浜後の海浜の状況によっては場所的に利害得失が異なる可能性があるが不明確であるため、施工後のモニタリングを行い対応する。また、養浜により河口閉塞を助長する可能性があるが、これについては DOE が別途対策を検討している。そのほか、工事中の重機により大気汚染や騒音、水質汚濁が想定されるが、期間が限定されることより大きな影響は無いと考えられる。

長期的な対策としてセットバック等を実施する場合に住民移転の可能性があるが、現在計画している養浜の効果、気候変動の影響等をモニタリングしつつ、その結果を住民に説明し、理解を得たうえで実施することになる。

4-2-2 ベ・ラザール

(1) 海岸の概要と課題

海岸はマヘ島の南西に位置し、部分的にサンゴ礁で守られている。湿地が海浜の砂丘背後に形成され、砂丘には海岸道路及び住宅が位置している。ベ・ラザール川が湿地を流れ、洪水時には砂丘を押し流す。これが海浜砂の沖への移動をもたらしている可能性がある。

海岸侵食と波の打上げが海岸道路、住宅、商店に影響を与えている。海岸侵食は2005年から2006年にはじまり、波及びサンゴ塊の打上げが2007年5月の高潮時に報告されている。過去に建設された木柱による護岸の残骸が見られ海浜利用に支障をきたしている。

海岸の砂丘の高さは2.5m、海岸道路の高さは2.0mから2.5mで、想定される波の打上げ高は3.1mとなり、道路に波や砂が打上がる状況にある。海岸侵食の状況は、河口での変動が大きい、その原因は明確ではないため実態の解明が求められる。

現状で対策をしない場合には、短期的には海岸道路の一部で越波の問題が生じ、道路の維持管理や補修が必要になる。長期的には道路の損傷が進行し、交通障害や道路の改修、再整備の必要性が出てくる。

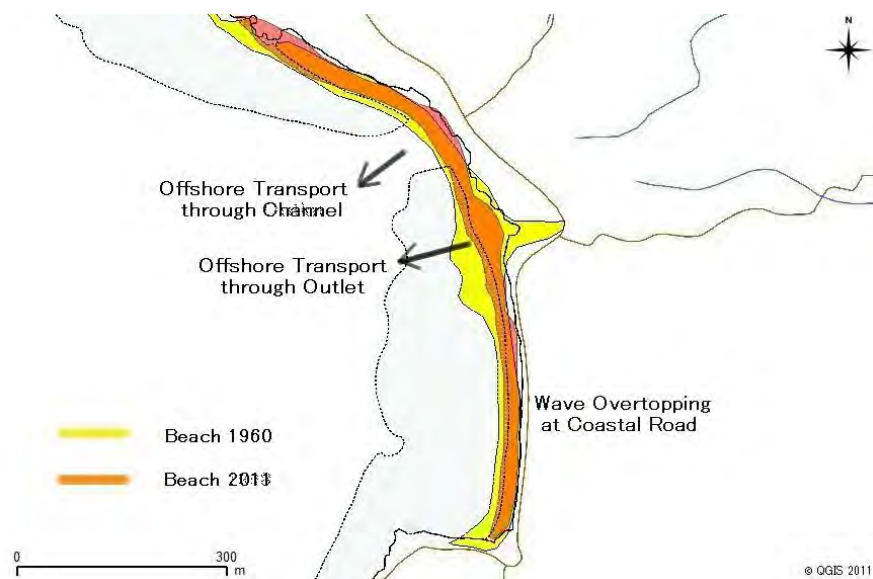


図 4-2-3 ベ・ラザールにおける漂砂と課題

(2) 代替案の評価

海岸保全対策の代替案としては、(1)海岸道路の護岸設置、(2)砂養浜、(3)適応策としての交通規制と長期的にはセットバックが考えられる。

古くは木製の護岸が造られていたが、耐久性が低いため捨石護岸で対応されている。このことから、同様の手法により対応することが考えられるが、護岸では侵食を助長する可能性があるほか、施設整備費が高く、海浜利用の利便性や景観性を害するなど、コスト面、利用面、景観面で課題を残すことから適切ではない。すなわち、養浜による海浜の維持が、海浜砂の沖への移動を助長する直接的な護岸建設よりも適切であると考えられる。基本的にこの海岸はマヘ島の南西に位置し、高波浪の来襲する機会が少ないことから、構造物対策は適切ではない。

洪水時の沖への砂の流出を防ぐための潜堤の建設は費用面において経済的でない。高潮時の交通規

制も一つの案であるが、その信頼性に問題があり、道路の嵩上げ等の他の方策が気候変動対策として必要である。

(3) 海岸保全計画

海岸保全対策として幅 20m、延長 400m の養浜の実施と維持管理体制の構築、及び侵食量の推定と維持管理量の推定のための海浜測量を実施する。

(4) 環境及び社会配慮

砂による養浜の社会的な影響は、養浜後の海浜状況によっては場所的に利害得失が異なる可能性があるが不明確であるため、施工後のモニタリングを行い対応する。そのほか、養浜工事中の重機により大気汚染や騒音、水質汚濁が想定されるが、期間が限定されることより大きな影響は無いと考えられる。

長期的な対策として適応策を採用した場合に交通規制が必要となるが、これは高波浪時に限定されるため機会が少なく影響はほとんどないと考えられる。

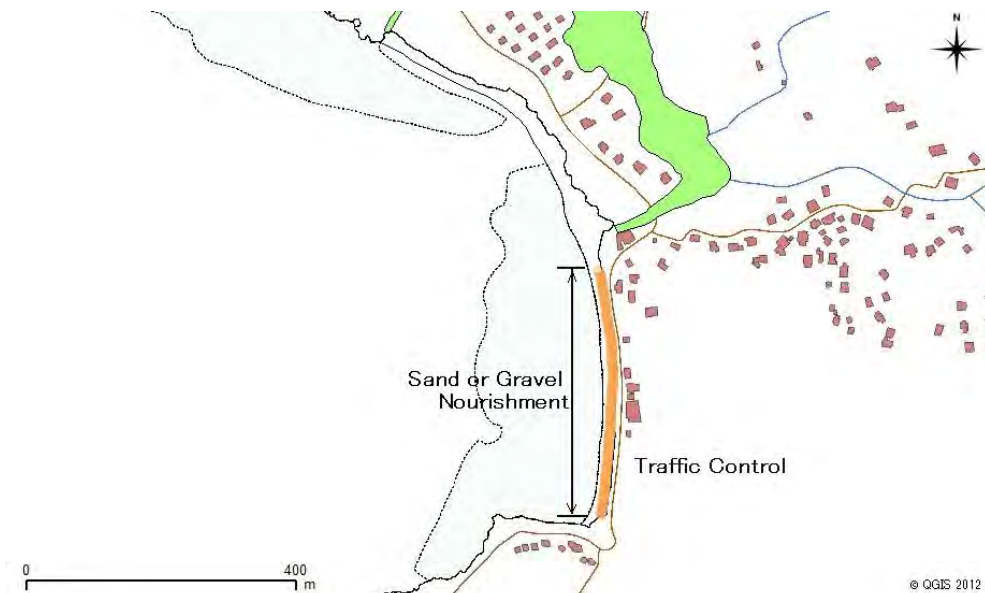


図 4-2-4 ベ・ザールの海岸保全対策

4-2-3 アンセ・ケラン

(1) 海岸の概要と課題

海岸はプララン島の西に位置し、サンゴ礁で保護されている。冬季には北西からの波が、また夏季には南からの波を受けるために、沿岸漂砂により季節的な海浜変形が生じている。海岸に沿ってホテルやレストランが位置しており観光活動が活発である。この海岸はプララン島における観光面で最良の海岸の一つである。

海岸侵食は資産の損失や砂浜海岸の海水浴としての利用を困難にしている。これは観光産業の衰退につながる。もともと長期的にはアンセ・ケランでは沿岸漂砂により海浜砂は北から南に移動してグラント・アンセに堆積し、その一部は南からの波によりアンセ・ケランに戻っていた。海岸侵食が激

しくなったことから、1990年に5基の突堤が建設され、それが南から北へも漂砂を止めることになった。侵食により海岸道路が内陸に移動せざるを得なくなった。

海岸の砂丘の高さは平均で3mであり、海岸の地盤高は3m～4mである。波の打上げを検討した結果、通常は3.0m程度であるが、侵食された場合には浜崖が生じて勾配がきつくなり、波の打上げは3.7m程度になる。したがって、波の打上げよりも海岸の侵食が問題となる海岸である。

現状の海岸では侵食が生じていることから、土地の所有者が玉石護岸を設置している。現在の玉石護岸は前面の洗掘、沿岸漂砂の増加により侵食の助長、前浜の損失をもたらすと考えられる。このために海浜の利用が制限され、観光地としての価値が低減すると考えられる。

これらの問題が生じたのは、突堤及び護岸の設置に関して、周辺環境への影響評価が不十分であった可能性がある。

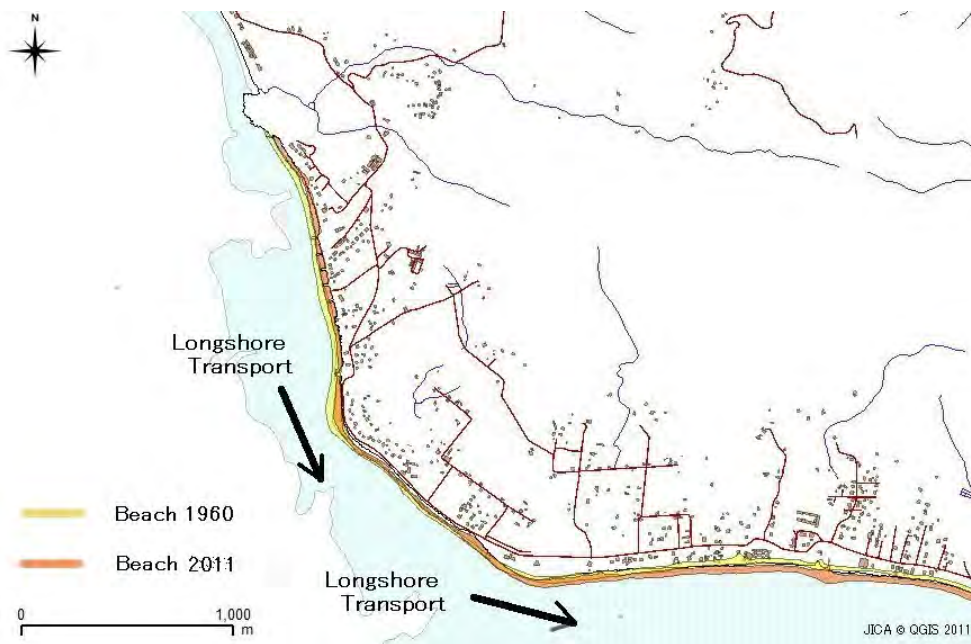


図 4-2-5 アンセ・ケランにおける漂砂の状況

(2) 代替案の評価

海岸保全対策の代替案としては、(1)護岸の設置、(2)突堤の設置と養浜、(3)突堤と人工リーフの設置、(4)適応策としてのセットバックと建物の移転が考えられる。

護岸の設置は侵食を止めることができるが、その前面が洗掘により深くなることにより砂浜が無くなり、海浜の利用や景観が悪化することから観光地として適切でないと考えられる。このため、侵食の原因である沿岸漂砂を突堤により制御し、沖への漂砂の流出を養浜により補うことが適切と考えられる。沖への漂砂の流出を防ぐために人工リーフの設置も考えられるが、現在の状況ではその計画及び設計のための基礎的な資料が不足しており、適切な設計が困難である。

したがって、海浜が観光地として重要な環境にあることを考慮すると、養浜と突堤の建設が海浜の回復と沿岸漂砂により侵食の低減のために適切と考えられる。護岸の建設は侵食を止めるが、その前面の海浜砂の損失をもたらし、適切ではない。

(3) 海岸保全計画

海岸保全計画として海浜の安定を図るために、3か所の突堤の建設と延長1,000mの海浜に対する幅20mの養浜と維持管理体制の構築を提案する。なお、既存の突堤及び護岸は一部撤去する。

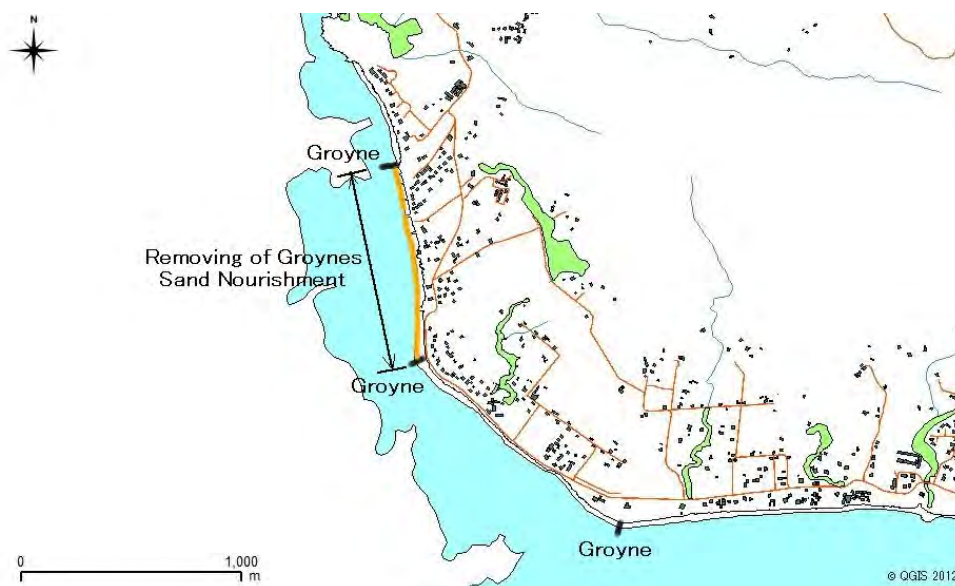


図 4-2-6 アンセ・ケランの海岸保全対策

(4) 環境及び社会配慮

砂による養浜の社会的な影響は、養浜後の海浜の状況によっては場所的に利害得失が異なる可能性があるが不明確であるため、施工後のモニタリングを行い対応する。突堤の設置による影響に関しては、過去に5基の突堤が設置されているが、新設する場合には既存突堤の機能を統合する形で基数を減らし、養浜により海岸保全機能を補完させることから影響は少ないと考えられる。

景観に関しては、現在の突堤及び護岸の設置状況に比較し、突堤の設置基数を減らすことにより、大きく改善できると考えられる。

長期的な適応策としてセットバックを実施する場合に建物の移転が必要になる場合があるが、現在計画している養浜の効果、気候変動の影響等をモニタリングしつつ、その結果を住民に説明し、理解を得たうえで実施することになる。

4-2-4 ラ・パッセ

(1) 海岸の概要と課題

海岸はラ・ディエグ島の西に位置し、広いリーフと西のプララン島で守られている。したがって、波は北または南からしか来襲しない。プララン島との連絡フェリーの航行の安全性を高めるための突堤が存在し、3基の防波堤が泊地を守っている。

防波堤と突堤により泊地の砂の堆積とその南の海浜に侵食が生じている。侵食により土地の損失と海岸に位置する病院への越波の問題が生じている。また、泊地の水深が浅くなったことから、その利用を困難にし、浚渫を必要としている。これらの問題が生じた原因として防波堤や突堤の建設に関する環境影響評価が不十分であった可能性がある。なお、病院の前には越波を防ぐために、玉石護岸が

設置された。

現状で対策を実施しない場合には、防波堤の遮蔽域及び泊地への漂砂移動は継続し、南の海岸は徐々に侵食される可能性を有している。また、泊地への砂の堆積は船の係留に支障をきたす。

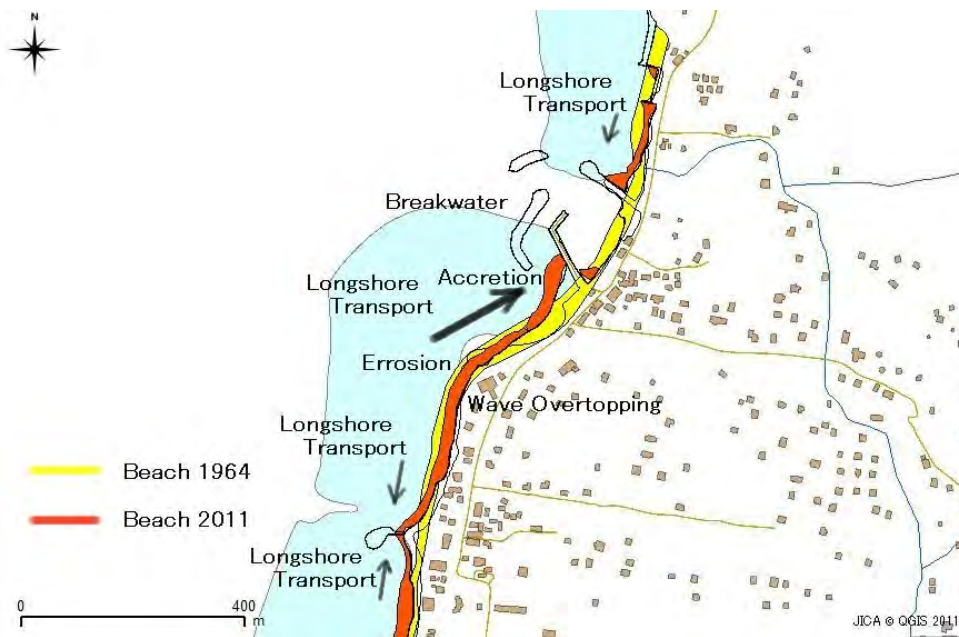


図 4-2-7 ラ・パッセにおける漂砂の状況

(2) 代替案の評価

海岸保全対策の代替案としては、(1)突堤の設置とサンドバイパス、(2)防波堤、突堤の再配置、(3)適応策としての病院の移転やセットバックが考えられる。突堤の設置とサンドバイパスは、侵食の原因となっている南から防波堤に向かう沿岸漂砂を突堤により阻止し、泊地の堆積した砂を突堤の南に投入するものであり、防波堤の影響を直接的に解消するものである。防波堤や突堤の再配置は、これらの施設がその時々社会的ニーズを受けて無秩序に建設されていることから、このような趨勢の見直しに繋がるとともに、海岸の環境改善に繋がると考えられるが、港の施設の再配置は単に海岸保全の観点からの検討のみならず、港の利用と開発の観点から、総合的に検討する必要がある、これは長期的に検討すべきものと考えられる。

したがって、海岸保全対策としては、遮蔽域の砂の堆積を防ぐための突堤の建設と堆積域から侵食域へのサンドバイパスが適当である。防波堤及び突堤の再配置は一つの代替案である。しかしこれには詳細な調査が必要であり、この行動計画の検討範囲外である。突堤の配置は将来の開発計画を考慮して設定した。

(3) 海岸保全計画

海岸保全計画としては、突堤 1 基の建設と泊地から南の海浜への 1,000m³ のサンドバイパスを提案する。

(4) 環境及び社会配慮

突堤の設置による影響に関して、一部のリーフが漁船の航路として利用されており、突堤によりそれが阻害される可能性がある。その対策として、突堤先端付近に漁船を対象とした小規模な水路を浚

渾することとした。また、景観への影響に対して、突堤の躯体に曲線をもたせて滑らかにすることで周辺景観との違和感を避けることとした。

工事中には重機により大気汚染や騒音、水質汚濁、また、泊地での浚渫工事により泊地が利用できなくなる影響が想定されるが、期間が限定されることより大きな影響は無いと考えられる。



図 4-2-8 ラ・バッセの海岸保全対策

4-3 維持管理計画

ここで提案している海岸保全のための施設等で維持管理を必要としているのは(1)養浜、(2)突堤等の構造物、(3)海岸道路と考えられる。これらの維持管理に関しては、単なる施設の維持管理のみならず、海岸保全としての機能の発揮状況を勘案し検討する必要がある。

養浜については、海岸における土砂収支を確保するために、侵食される砂の量をモニタリングし、その量を把握して、砂を補給する必要がある。一般には5年から10年間隔で養浜が行われる。

突堤等の海岸構造物は、海岸地形の変化や外力の変動等の影響を受けて損傷する被害が生じて機能が失われる可能性があるため、これに対応して補修等を行う必要がある。被害が発生した場合には被害の形態及び原因を検討して対応する。

海岸道路における越波や砂の打上げによる災害発生リスクについては、潮位や波浪条件を基に交通規制を実施することが可能である。海岸がリーフで囲まれている場合には、来襲波の波高よりも、潮位が高くなることによる影響が大きいことから、潮位の推算値を基に警報を出すことが望ましい。

4-4 費用と便益

優先海岸における養浜及び構造物に関して、工事費及び維持管理費を算定すると表 4-4-1 に示すようになる。維持管理費としては突堤については毎年施設費の0.5%を、養浜の維持量についてはパイロット事業で確認された維持量より推定した。その結果、2050年まで、全費用は約113百万ルーピー、年平均3百万ルーピーとなる。

表 4-4-1 優先海岸の対策費用

海岸名	構造物	長さ m	単価 SCR/m	工事費 1,000*SCR	維持管理費率 %	維持養浜量 m ³ /年 1,000*SCR	維持管理費 (38 年) 1,000*SCR
ノース・イースト・ポイント	養浜	1,350	17,000	22,950		1,000	21,533
ベ・ラザール	養浜	400	17,000	6,800		296	6,380
アンセ・ケラン	突堤	3*100=300	11,000	3,300	0.5%		627
	養浜	900	35,000	31,500		675	14,963
ラ・パッセ	突堤	50	11,000	550	0.5%		105
	養浜	100	35,000	3,500		15	333
合計				68,600			43,940

費用に関しては、それぞれの対策費用を算定することができたが、便益に関しては、十分な資料がなく困難であり、今後の課題である。2013 年 1 月の洪水被害に関して、被害の算定を行っているが必ずしも実態を表しているとは言えない結果が得られている。

第 5 章 優先地域の洪水管理計画

5-1 概 要

第 3 章に示した結果より、セーシェル国における洪水管理計画は以下のように整理される。

1. セーシェル国におけるほとんどの河川は雨水排出機能を有している。短期計画に適用される主な対策は排水改善、維持管理、非構造物対策である。
2. 短期計画の実施後は、リスク管理レベルを中期計画水準まで引き上げるための河川改修、維持管理、非構造物対策を実施する。
3. ビクトリア市はセーシェル国内で都市化が進んでいる唯一の地域である。しかし、国内の急速な発展を受けて、将来は多くの地域で都市化が進むことが予想される。セーシェル政府によってビクトリア市における短期対策として排水改善計画が提案されており、中期対策として河川改修が提案されている。
4. 洪水管理に向けた事業の優先地域として、ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤルの 4 地域が選定された。
5. 優先地域では主要道路に沿って（片側もしくは両側）主要排水路が整備され、住宅地や学校、その他の施設で整備された二次的な排水路と接続する。また、事業実施時期の違い、業者による設計の違い、目的の違いなどから、排水システムは一様ではない。
6. ビクトリア市以外のその他の地域では、基本的には排水改善が短期対策として適用され、河川改修が中期対策として適用される。しかし、排水路と河川の区別が明確ではない地域が存在しており、このような地域では段階的な事業の実施が望まれる。
7. 構造物対策の実施にあたってはセーシェル国で利用可能な材料、機器、及び施工法を考慮する。
8. 構造物対策にあたっては、適切な質的・量的投入、安全性、工程管理を必要とする。また、適切な維持管理は構造物の寿命を長くし、予算の節約にもつながる。エンジニアが技術を獲得・向上させるためには、トレーニングが重要となる。
9. 中期計画における河川改修を実施するためには、規制や土地利用法によって流域や河川境界が適切に管理される必要がある。さもなければ、将来の洪水緩和策の選択肢が少なくなり、次世代の大きな問題になる。
10. 中期対策を実施しても、低平地の住民は雨水による浸水被害を受けることとなる。
11. 長期対策においては必要とされる事業の規模や費用の予測が難しいため、構造物対策の実施は制限される。セーシェル政府は SSDS 2012 に基づき、明確な長期対策の方針を打ち出し、実行に移す必要がある。

ビクトリア市及びその他の地域における洪水管理計画のための対策案を、以下の表 5-1-1 から表 5-1-5 に示す。

表 5-1-1 ビクトリア市における管理計画

項 目	内 容
現状	当該地域では、海岸側が埋め立てられ都市化が進められてきた。埋立地では地盤高が旧市街よりも高くなっている。
課題	排水路及び河川の流下能力が洪水に対し十分でない。
計画案の評価	洪水の主な原因は排水路の排水能力不足である。最も適切な対策は、排水路を新設するよりも、道路脇の排水路の排水能力を向上させることである。中期的な改善計画では、河川の流下能力を向上させることが望ましい。
短期計画	排水路 8 本、総延長 1.3km の改善により 40%の能力向上を図る。対象箇所は、Olivier Maradan(88m)、Market Street(108m)、Huteau Lane(179m)、Palm Street(121m)、Benezet Street(125m)、State House Avenue(96m)、Independence Avenue(223m)、Francis Rachel(321m)である。
中期計画	河道掘削 1080m、河道拡幅 340m、護岸設置 780m、堤防嵩上げ 28m による河道改修を提案する。対象河川は Anglaise 川、Moosa 川、Maintry 川、St. Louis 川、La Poudriere 川の 5 河川である。

表 5-1-2 ポイント・ラルーにおける管理計画

項 目	内 容
現状	過去において、海岸沿いの道路では、小河川からの流水が道路へあふれ出し海へ流れていた。セーシェル国際空港と主要道路は、海岸沿いの旧道の前の海岸を埋め立てて設置された。
課題	埋め立てにより川と道路排水の流れが遮られている。道路の冠水によりビクトリア市街から空港へのアクセスが困難となっている。また、地盤高の低い 3 つの地域では排水の問題が深刻である。
計画案の評価	短期的な対策として排水改善を提案する。中期的な対策として既存暗渠を大きくすることを提案する。十分な排水路がないため、直接的な排水路の改善または拡張が、調節池の設置による流出抑制よりも適当であるといえる。
短期計画	道路脇の暗渠 30m と湿地帯への排水路 40m、既存水路の拡幅を提案する。
中期計画	既設暗渠 8.0m の断面積を拡大することを提案する。

表 5-1-3 アンセ・オ・ピンにおける管理計画

項 目	内 容
現状	海岸沿いに湿地があり、洪水が一旦貯留されるようになっている。湿地付近の低地には、宅地や学校等の公共施設がある。
課題	波により吐出口付近に砂の堆積が発生し、低地の住宅で浸水を引き起こしている。隣接する Chetty Flat 地区では不十分な維持管理により排水施設が機能していない。
計画案の評価	Chetty Flat における既設水路の改善対策は用地取得を要する排水路の延長である。新設水路の延長は短く、維持管理も容易である。河川改修では各河川の特性を考慮して、最適な 1 河川を選定する。
短期計画	Chetty Flat では海まで 120m の新設水路の設置を提案する。
中期計画	河口付近の河川改修を提案する。1 つは 300m の河道掘削であり、もう一つは暗渠の新設を伴う 200m の河道拡幅である。

表 5-1-4 オ・カップにおける管理計画

項 目	内 容
現状	海岸沿いに湿地があり、洪水が一旦貯留されるようになっている。湿地付近の低地には、宅地や学校等の公共施設がある。
課題	波により吐出口付近に砂の堆積が発生し、低地の住宅で浸水による問題を引き起こしている。新しい対策として排水管が設置されているが、流下能力が不十分である。
計画案の評価	洪水は河口の流下能力不足により引き起こされている。そのため、浚渫による河道拡幅で河川の流下能力を向上させ、河口の維持を行うことが適当である。
短期計画	排水施設の改善を提案する。
中期計画	河口付近 620m の河道拡幅と 230m の河道拡幅を伴う橋梁 2 橋の改築を提案する。

表 5-1-5 アンセ・ロイヤルにおける管理計画

項 目	内 容
現状	海岸沿いに湿地があり、洪水が一旦貯留されるようになっている。湿地付近の低地には、宅地や学校等の公共施設がある。
課題	波により吐出口付近に砂の堆積が発生し、低地の住宅で浸水による問題を引き起こしている。
計画案の評価	洪水は河口の流下能力不足により引き起こされている。そのため、浚渫による河道拡幅で河川の流下能力を向上させ、河口の維持を行うのが適当である。
短期計画	排水側溝 120m の新設を提案する。
中期計画	2 河川合わせて、河口付近 170m の河道拡幅、1400m の河道掘削、河道拡幅 130m を伴う橋梁 1 橋の改築を提案する。

5-2 優先地域の洪水管理計画

5-2-1 ビクトリア市街

(1) ビクトリア市街の概要

ビクトリア市はマヘ島最大の人口を有し、セーシェル国の首都である。国のおよそ 3 分の 1 にあたる 23,300 人がビクトリア市に居住している。洪水問題に関する 2004 年の排水タスクホースのレポート “*Preliminary Study of the Flooding Problem in Victor*” でビクトリア市は、セントラル・ビクトリア（面積 1.18km）とグレート・ビクトリア（面積 10.05km）の 2 つの地域に分けられている。

“*Preliminary Study of the Flooding Problem in Victoria*” のレビュー（2005 年）においては、DOE との議論を踏まえた現状調査が実施された。レビューの結果、氾濫発生地点は Anglaise 川、Moosa 川、Maintry 川、St. Louis 川、La Poudriere 川の 5 流域に集中することが明らかとなった。これらの河川が流れる地区はマヘ島の中心的地域であることから、排水施設に関する問題は重要かつ対策に急を要しており、早期の改善が求められる。それゆえ、これら 5 流域をビクトリア市における洪水管理計画の対象地区に選定した。洪水管理計画の対象となる流域を図 5-2-1 に示す。

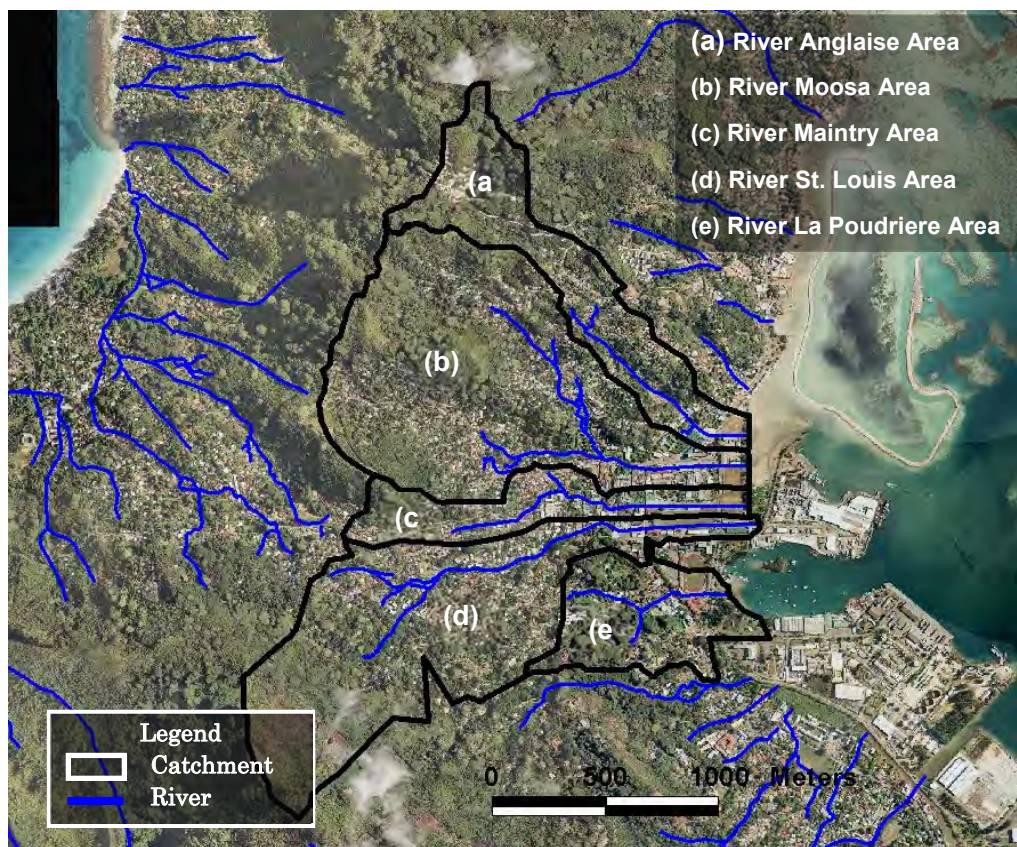


図 5-2-1 調査地域

(2) 既存の河川・排水系統

上述のとおり、調査対象地域には 5 つの流域がある。各流域における既存の排水系統を以下に示す。

表 5-2-1 既存の排水系統

河川名	流域面積, km ²	川幅, m	水深, m	課題
Anglaise River	0.57	4.1- 5.2	1.3-3.0	河道内の障害物
Moosa River	1.35	3.7-12.3	1.0-3.0	合流点での越流
Maintry River	0.33	1.7-3.7	0.4-2.3	砂の堆積とパイプ及びケーブルによる障害
St. Louis River	1.18	3.5-13.5	0.9-2.6	パイプ、ケーブル、コンクリート構造物による障害
La Poudriere River	0.38	2.1-4.4	1.1-2.5	パイプ、ケーブル、コンクリート構造物による障害

5 つの河川の状態はよく、維持管理も適切にされている。しかし、いくつかの箇所において、以下に示すようにコンクリート構造物やケーブル、管が障害物となり水路断面が狭められている。



写真 5-2-1:
障害物 (River Anglaise)



写真 5-2-2:
障害物 (River Maintry)



写真 5-2-3:
障害物 (River La Poudriere)

大部分の排水路は適切な状態で維持管理されているが、写真 5-2-4 に示すように、すでに構造物が損傷しており十分機能していない排水路がある。また、いくつかの箇所では排水路の中に障害物が確認できる。



写真 5-2-4:
側溝の損傷 (Market Street)



写真 5-2-5:
合流点の障害物 (5th June Ave. and
Manglier Rd.)

(3) 問題分析

既存排水系統を評価するため水理解析を実施した。確率規模は「Drainage Design Guidelines」に従い 10 年確率とした。

水理解析の結果、氾濫が発生している区域は、十分な排水機能が確保できていない区域とおおむね一致した。よって、ビクトリア市街における洪水の原因は明らかに排水機能の能力不足（通水断面積の不足、不適切な水路勾配）によるものである。

(4) 排水改善計画

排水に関する課題を基に、排水の改善に必要な機能を検討した。各流域における排水改善計画の概要を以下に述べる。

(a) 各流域における排水改善計画の概要

1) Moosa 川地域

検討結果に基づき排水量を計算した結果を表 5-2-2 に示す。計画流量に対して流下能力の不足する排水路について改善案の検討を行った。排水改善計画を表 5-2-2 に示し、改良対象の排水路の位置を図 5-2-2 に示す。

表 5-2-2 Moosa 川地域における排水改善計画案

Drain Sr. No.	Location	Existing								Proposed								Remark
		Ld m	W m	H m	Beginning Point		End Point		Ld m	W m	H m	Beginning Point		End Point				
					GL	Invert EL	GL	Invert EL				GL	Invert EL	GL	Invert EL			
OM7	Oliver Marandan	20.61	0.37	0.31	2.81	2.50	2.55	2.24	20.61	0.37	0.40	2.81	2.41	2.55	2.15	Improvement work -open drain in rock - H 0.31m — 0.40m		
OM5	Oliver Marandan	54.63	0.27	0.18~0.80	4.71	4.53	3.50	3.32	54.63	0.27	0.18~0.80	4.71	4.53	3.50	3.32	Rehabilitation work -remove the sediments for open & covered drains Improvement work		
OM2	Oliver Marandan	47.79	0.30	0.20	2.83	2.63	2.80	2.60	47.79	0.30	0.30	2.83	2.53	2.80	2.45	Improvement work -open drain in rock - H 0.20m — 0.30m		
OM0	Oliver Marandan	20.00	0.15	0.15	2.83	2.68	2.80	2.65	20.00	0.30	0.30	2.80	2.53	2.83	2.40	Improvement work -closed drain under the road - 0.15x0.15m — 0.30x0.30m		
MS2	Market Street	34.40	0.50	0.45	2.10	1.65	1.80	1.35	34.40	0.75	0.45	2.10	1.65	1.80	1.35	Improvement work -covered drain under walkway - B 0.50m — 0.75m - provide the new grating or concrete cover		
MS5	Market Street	73.70	0.70	0.50	1.80	1.30	1.38	0.88	73.70	0.80	0.50	1.80	1.30	1.38	0.88	Improvement work -covered drain under walkway - B 0.70m — 0.80m - provide the new grating or concrete cover		
HLR2	Huteau Lane	138.60	0.94	0.60	1.38	0.78	1.34	0.74	138.60	1.10	0.70	1.38	0.68	1.34	0.44	Improvement work -covered drain under the road - 0.94x0.60m — 1.10x0.70m - provide the new grating or concrete cover		
HLR3	Huteau Lane	40.40	0.60	0.70	1.34	0.64	1.21	0.51	40.40	1.10	0.70	1.34	0.44	1.55	0.35	Improvement work -covered drain under the road - 0.60x0.70m — 1.10x1.00m - provide the new grating or concrete cover		
PS1	Palm Street	121.10	0.50	0.50	2.00	1.50	2.00	1.40	121.10	0.50	0.70	2.00	1.50	2.00	1.30	Improvement work -covered drain under walkway - H 0.50m — 0.70m		

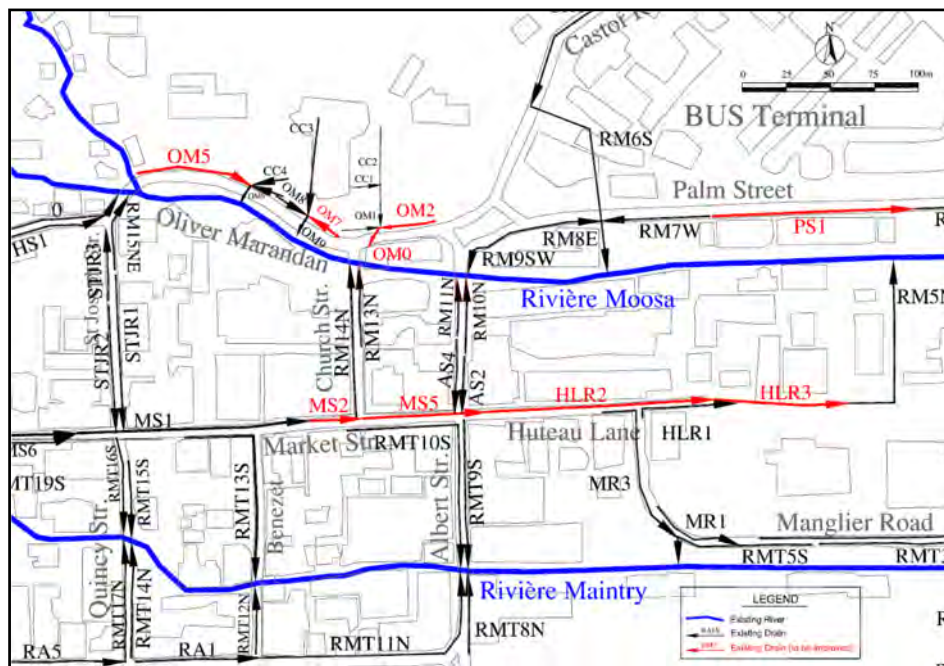


図 5-2-2 Moosa 川地域における排水経路図

2) Maintry 川地域

検討結果に基づき排水量を計算した結果を表 5-2-3 に示す。計画流量に対して流下能力の不足する排水路について改善案の検討を行った。排水改善計画を表 5-2-3 に示し、改良対象の排水路の位置を図 5-2-3 に示す。

表 5-2-3 Maintry 川地域における排水改善計画案

Drain Sr. No.	Location	Existing							Proposed							Remark
		Ld	W	H	Beginning Point		End Point		Ld	W	H	Beginning Point		End Point		
					GL	Invert EL	GL	Invert EL				GL	Invert EL	GL	Invert EL	
RMT13S	Benezet Street	125.40	0.50	0.50	2.48	1.98	2.77	1.97	125.40	0.50	0.60	2.48	1.88	2.77	1.77	Improvement work -covered drain under walkway - H 0.50m → 0.60m

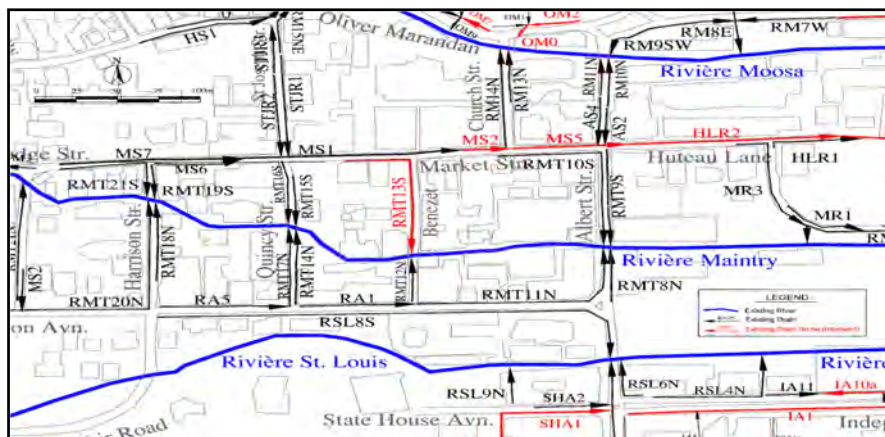


図 5-2-3 Maintry 川地域における排水経路図

3) St. Louis 川地域

検討結果に基づき排水量を計算した結果を表 5-2-4 に示す。計画流量に対して流下能力の不足する排水路について改善案の検討を行った。排水改善計画を表 5-2-4 に示し、改良対象の排水路の位置を図 5-2-4 に示す。

表 5-2-4 St. Louis 川地域における排水改善計画案

Drain Sr. No.	Location	Existing							Proposed							Remark
		Ld m	W m	H m	Beginning Point		End Point		Ld m	W m	H m	Beginning Point		End Point		
					GL	Invert EL	GL	Invert EL				GL	Invert EL	GL	Invert EL	
SHA1	Slate House Avn.	95.50	0.40	0.50	2.00	1.50	1.56	1.06	95.50	0.50	0.50	2.00	1.50	1.56	1.06	Improvement work -covered drain under the walkway - B 0.40m → 0.50m
IA1	Independence Avn.	163.40	0.50	0.40	1.58	1.02	1.28	0.88	163.40	0.50	0.50	1.58	1.02	1.28	0.78	Improvement work -covered drain under the road - H 0.40m → 0.50m - provide the new grating or concrete cover
IA10a	Independence Avn.	60.00	0.50	0.80	1.24	0.44	1.27	0.37	60.00	0.60	0.80	1.24	0.44	1.27	0.37	Improvement work -covered drain under walkway - B 0.50m → 0.60m - provide the new grating or concrete cover

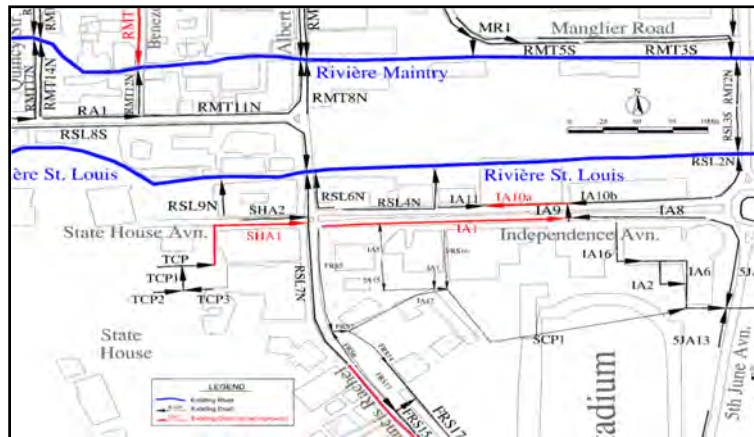


図 5-2-4 St. Louis 川地域における排水経路図

4) La Poudriere 川地域

検討結果に基づき排水量を計算した結果を表 5-2-5 に示す。計画流量に対して流下能力の不足する排水路について改善案の検討を行った。排水改善計画を表 5-2-5 に示し、改良対象の排水路の位置を図 5-2-5 に示す。

表 5-2-5 La Poudriere 川地域における排水改善計画案

Drain Sr. No.	Location	Existing							Proposed							Remark
		Ld	W	H	Beginning Point		End Point		Ld	W	H	Beginning Point		End Point		
					GL	Invert EL	GL	Invert EL				GL	Invert EL	GL	Invert EL	
RLP8SE	Francis Rachel	168.10	0.60	0.50	1.50	1.00	1.40	0.90	168.10	0.60	0.75	1.50	0.80	1.40	0.60	Improvement work -covered drain under walkway - H 0.50m → 0.75m New construction work -covered drain same as existing drain
RLP6SE	Francis Rachel	58.70	0.20	0.25	1.39	1.14	1.40	1.10	58.70	0.30	0.25	1.39	1.14	1.40	1.10	Improvement work -open drain along the road - B 0.20m → 0.30m
FRS8	Francis Rachel	95.30	0.30	0.30	1.51	1.21	1.30	1.00	95.30	0.45	0.30	1.51	1.21	1.30	1.00	Improvement work -open drain along the road - B 0.30m → 0.45m

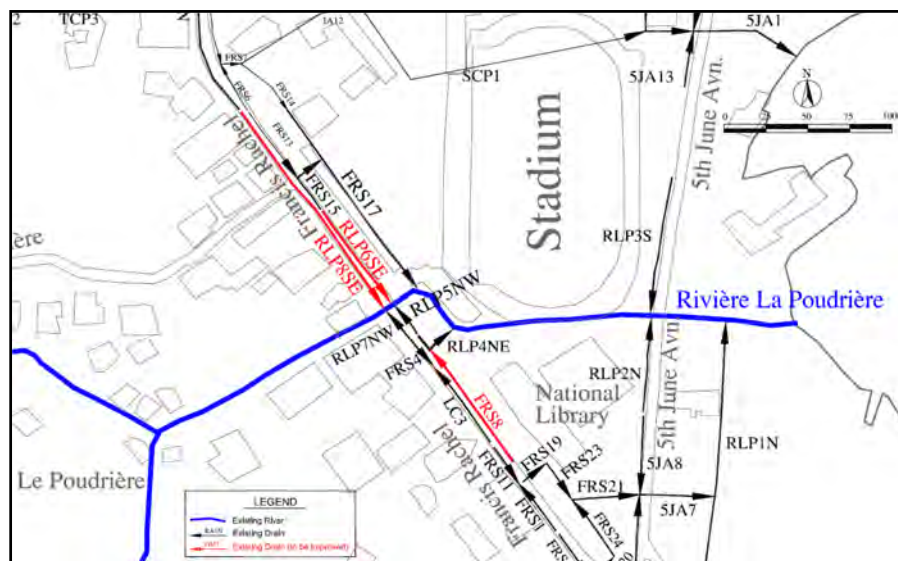


図 5-2-5 La Poudriere 川地域における排水経路図

(b) 短期計画（再現期間 10 年）

10 年確率規模の計画流量に対する水位の計算結果を図 5-2-6 に示す。各河川の断面図と計画高水位を同じ図に示す。流下能力を超える箇所はなく、短期計画の中では対策工は不要である。

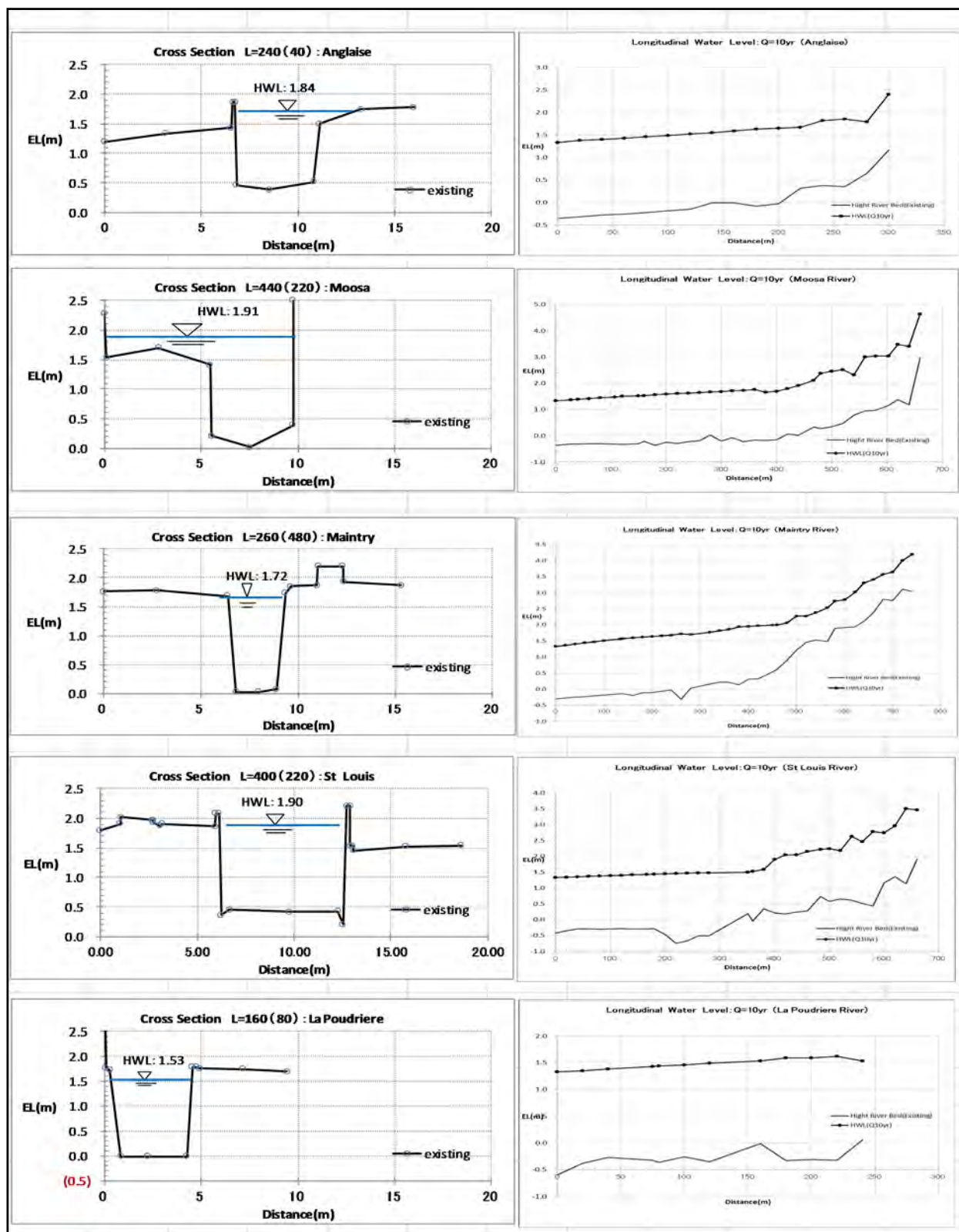


図 5-2-6 短期計画目標（再現期間 10 年）に対する 5 河川の HWL 計算結果

(c) 中期計画（再現期間 25 年）

中期計画（25 年確率規模）の計画流量に対する水位の計算結果から、最高水位は短期計画規模と比較して 20～30cm 高くなることが判明した。そのため、越流が想定される。しかしながら、ビクトリア市街地は都市化が進行しており、また海岸に近いめ、河道線形を変えることは困難である。したがって、計画案としては計画高水位を現況地盤高よりも下げる対策をとる方針とした。ビクトリア市街における構造物対策案を表 5-2-6 及び図 5-2-7 から図 5-2-11 に示す。

表 5-2-6 ビクトリア市における構造物対策案

River Name	Station No.		Length m	Thickness m	Width m	Remark	Amount(SR)					Total
	Start	End					Parapet levee	Revetment	underpinning	river bed excavation	Bridge	
Anglaise	120	160	40	0.1						6,000		6,000
	200	260	60	0.3						28,000		28,000
	200	260	60		1.0					42,000		42,000
		280	280			H=0.5m	390,000					390,000
		280	280			H=2.0m		3,491,000				3,491,000
Moosa	280	300	20	0.15						5,000		5,000
	400	620	220	0.3						103,000		103,000
	400	620	220			H=0.75m	449,000					449,000
Maintry		400	400	0.3					2,026,000	94,000		2,120,000
		280	280		1.0					245,000	2,394,000	2,639,000
		280	280			H=2.5m		4,560,000				4,560,000
	400	420	20	0.15						2,000		2,000
	300	540	240	0.3						168,000		168,000
St. Louis	540	560	20	0.15						7,000		7,000
	120	140	20	0.15						4,000		4,000
La Poudriere	140	160	20	0.3						7,000		7,000
	160	180	20	0.15						4,000		4,000
Total							839,000	8,051,000	2,026,000	715,000	2,394,000	14,025,000



図 5-2-7 ビクトリア市における構造物対策案の位置（Anglaise 川）

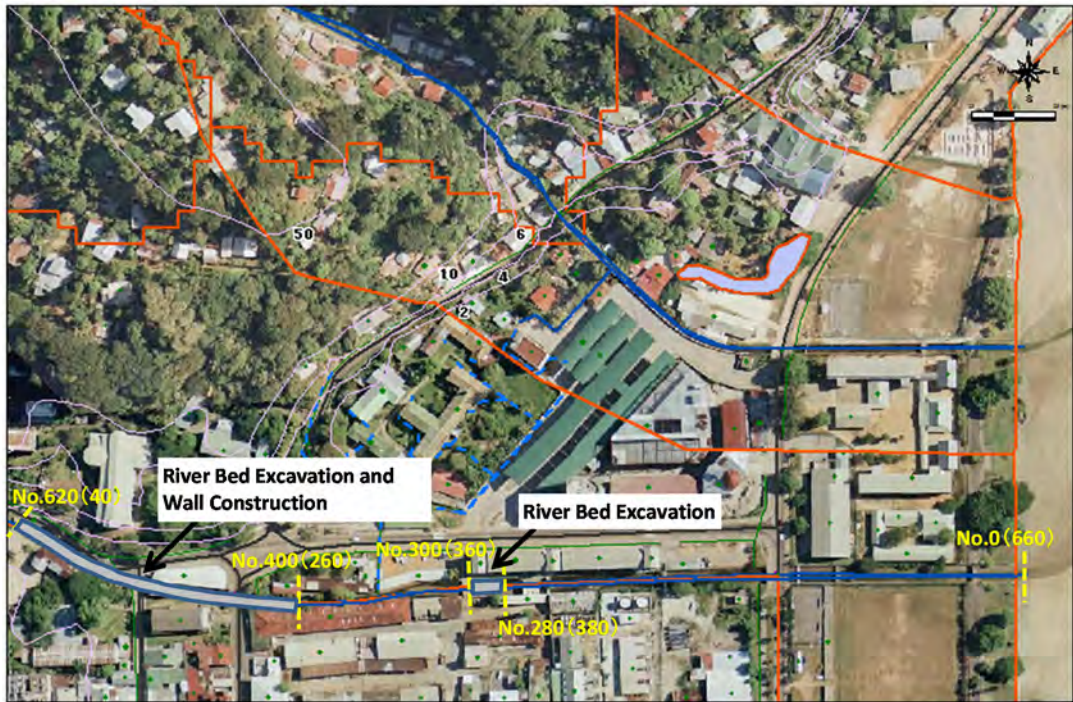


図 5-2-8 ビクトリア市における構造物対策案の位置 (Moosa 川)

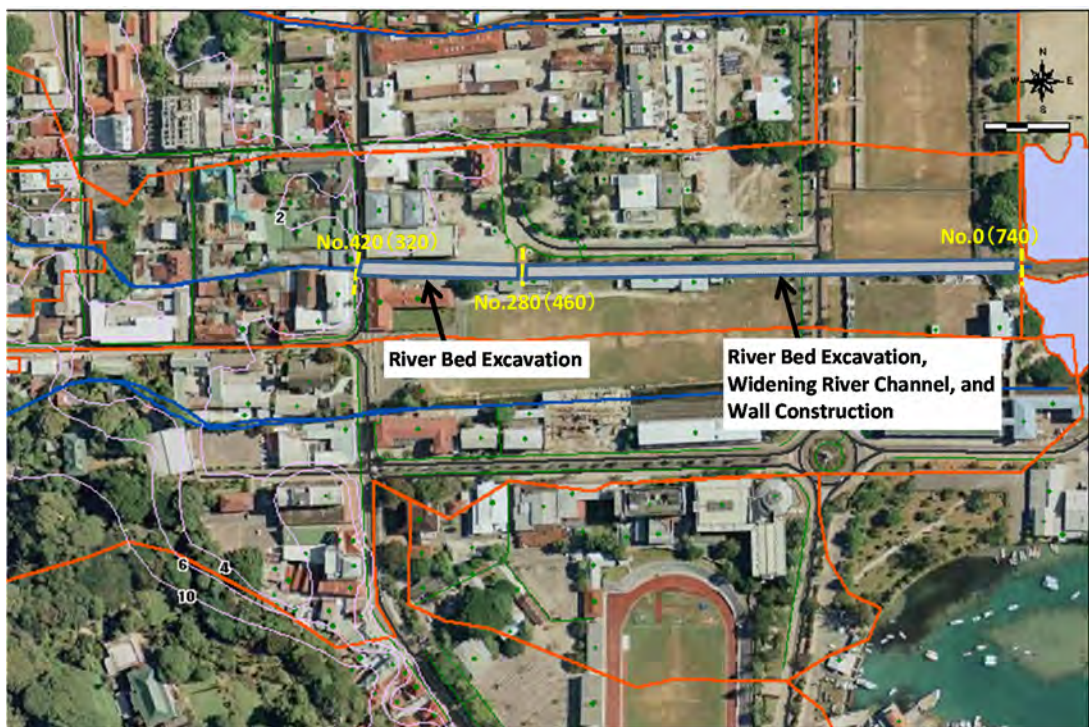


図 5-2-9 ビクトリア市における構造物対策案の位置 (Maintry 川)



図 5-2-10 ビクトリア市における構造物対策案の位置 (St. Louis 川)

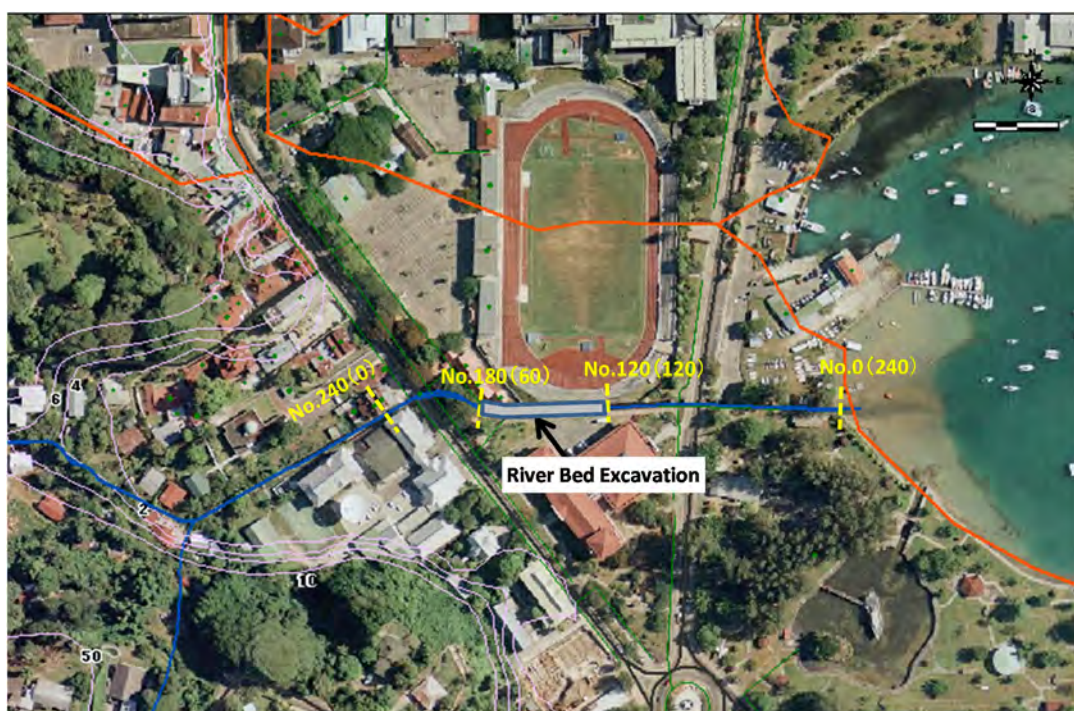


図 5-2-11 ビクトリア市における構造物対策案の位置 (La Poudriere 川)

5-2-2 ポイント・ラルー

ポイント・ラルー地域は、セーシェル国際空港が位置するほか、これに通じる主幹道路（東海岸道路）が通っており、セーシェル国にとって重要な地域の一つである。しかしながら、DOE の説明によれば、東海岸道路は短時間の強い降雨により頻繁に洪水被害を受けている。

ポイント・ラルーでの排水経路は大きく分けて 3 つの地域に分けられる。北から南にアンセ・ジ

エネット、ポイント・ラルーセンターとミラベールである。位置図を図 5-2-12 に示す。

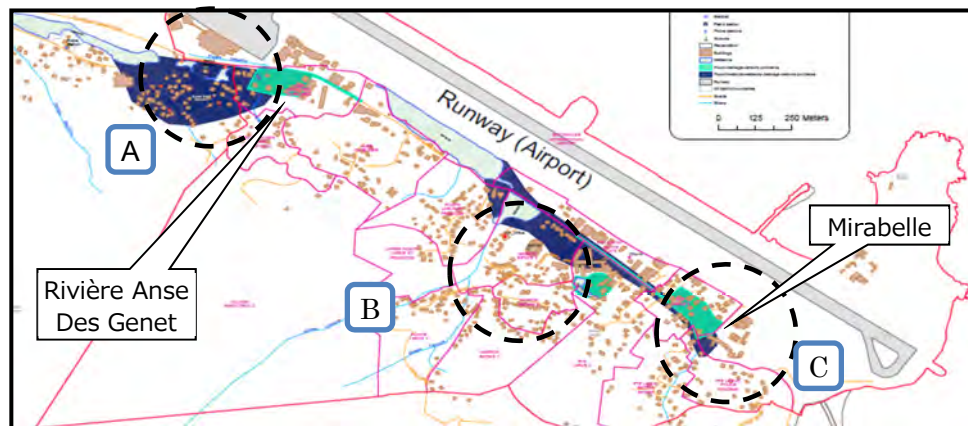


図 5-2-12 ポイント・ラルーにおける洪水被害地域

それぞれの地域における洪水の原因を整理し、以下の表 5-2-7 に示す。

表 5-2-7 ポイント・ラルーにおける現状の整理

区域	現状（浸水原因）	主要施設
Anse Des Genets (A)	- 排水の接続不良 - カルバートの規模不足 - 排水路の土砂堆積	ガソリンスタンド
Pointe Larue Central (B)	- 排水の接続不良 - 空港内水路の排水能力不足	Pointe Larue 中学校
Mirabelle (C)	- 排水能力不足 - 排水路の維持管理不足	警察学校 国際空港



写真 5-2-6:
排水路の縮小(A) (April 2011)



写真 5-2-7:
空港内の排水路 (C) (April 2011)

短期対策

5 年確率の計画高水位と現況地盤高の確認を行った結果を以下に示す。

- ポイント・ラルー A においてはガソステーションからラグーンにかけて新しい排水側溝の整備、及び既設側溝の堆積土砂撤去が必要である
- ポイント・ラルー B では、道路排水を湿地帯まで接続する必要がある
- ポイント・ラルー C では、全ての排水側溝はセーシェル国際空港へと接続されているが、空港内における排水系統は不十分であるため、十分な機能を有する排水系統の整備が必要である。

中期対策

25 年確率の計画高水位と現況地盤高の確認を行った結果を以下に示す。

- ポイント・ラルー A においては 25 年確率規模の最大水位が現況地盤高を下回っており、構造物対策は不要である。
- ポイント・ラルー B では、最大水位は 2.1m であり、現況地盤高より若干高い。氾濫する範囲は実際の地盤高に依存する。
- 調査団は最新の航空測量成果をカウンターパートより入手できなかったため、氾濫する範囲の特定は DOE に委ねられる。

ポイント・ラルーにおける短期及び中期の構造物対策を表 5-2-8 及び図 5-2-13 に示す。

表 5-2-8 ポイント・ラルーにおける構造物対策案

Location Name	Work Item(facilities)		Size		Length m	Type	Remark	Amount					
	Short Term	Middle Term	W m	H m				Drain	Revetment	Underpinning	River bed excavation	Bridge	Land price
Point Laure A	Drainage Ditch (new)		1.0	1.0	30	culvert	construction of new catch basin and connecting under ground ditch from Gas station side to lagoon (direct)	368,000					
Point Laure A	De-silting the existing ditch						OM works of DOE, (south side of Gas station)						
Point Laure A		Enlarge the existing culvert	2.25	1.5	8	culvert	enlarge the culvert in Golden Egg River, existing size is W=1.2m, H=0.45m	231,000					
Point Laure B	Drainage Ditch (new)		1.5	1.1	40	open	extend an existing drainage to wetland	327,000					
Point Laure C	Widen existing drainage ditch					open	inside of Seychelles International Airport						
Point Laure C	De-silting the existing ditch						OM works of DOE, (small hill beside police academy)						

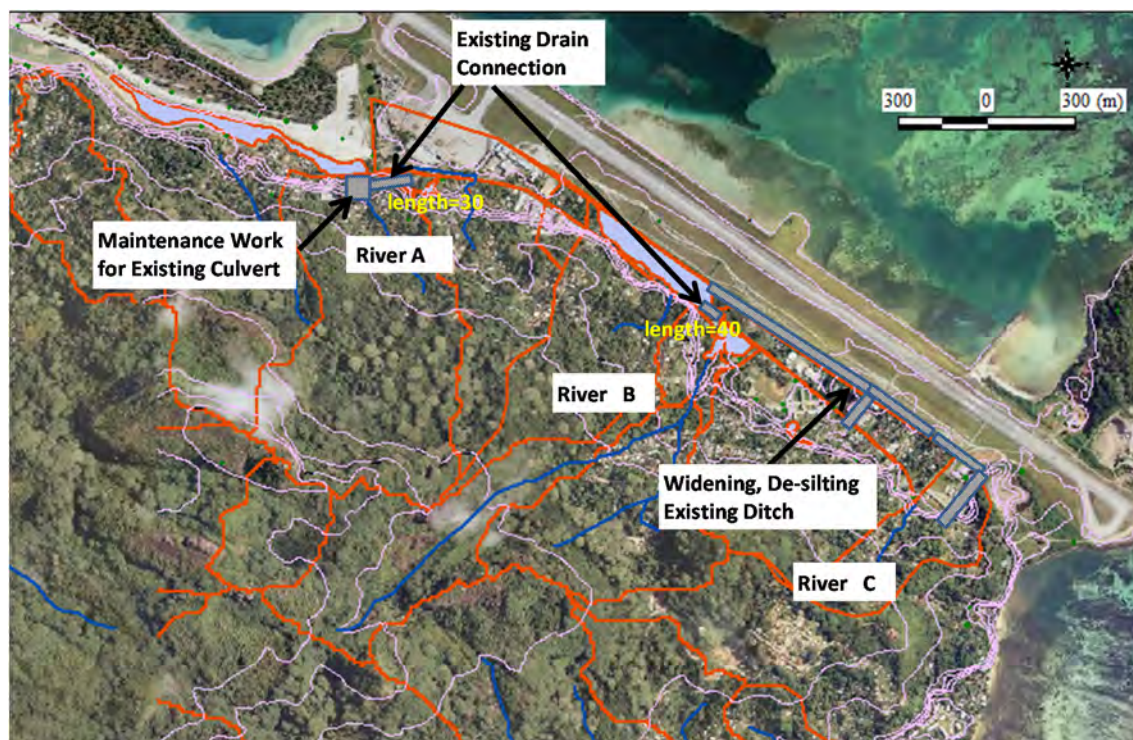


図 5-2-13 ポイント・ラルーにおける構造物対策案の位置

5-2-3 アンセ・オ・ピン

アンセ・オ・ピンはポイント・ラルーの南に位置し、洪水被害地域は湿地エリアを中心に囲んでいる。また、排水経路は大きくモンドン川とベイシン・グランド川の2つの地域に分けられる。(図 5-2-14)

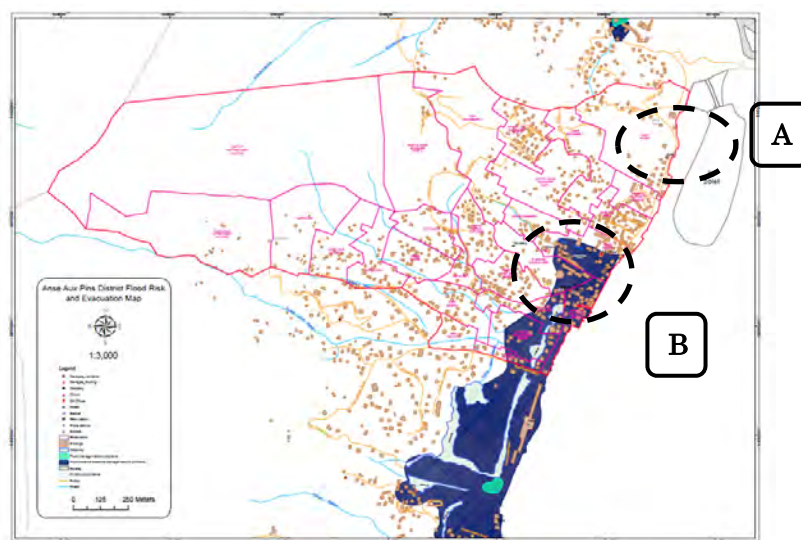


図 5-2-14 アンセ・オ・ピンにおける洪水被害地域

それぞれの地域における洪水の原因を整理し、以下の表 5-2-9 に示す。

表 5-2-9 アンセ・オ・ピンにおける現状の整理

区域	現状（浸水原因）	主要施設
Mondon River (A)	水路出口の土砂堆積	地方事務所 (DA Office)
Bassin Grand River (B)	- 排水路の能力不足 - 低平地の居住地域	バスターミナル

アンセ・オ・ピンの湿地エリアは Bassin Grand 川及び他の 3 河川からの流入を受け入れている。洪水流は河口へ流出する前にこの湿地帯に集められるが、湿地エリア周辺の居住地は基本的に低平地であるため、この洪水流によって高潮時には絶えず浸水している。Mondon 川は 2010 年以降、DOE によって管理されている。

短期及び中期計画における構造物対策案は以下のとおりである。

短期対策

5 年確率の計画高水位と現況地盤高の確認を行った結果を以下に示す。

- モンドン川に隣接する Chetty Flat では十分な雨水排水機能を有する新たな排水路が必要である。
- アンセ・オ・ピン A では最大水位は 2.0m であり、現況地盤高と同じ高さであった。短期対策として河川改修は不要であるが、安全性を確保するため河床掘削を行うことを推奨する。
- アンセ・オ・ピン B では既往資料の不足から、湿地帯の貯留効果を正確に確認することができない。計算結果の精度が確保できないため、短期対策としての構造物対策の提案は不

適切であると判断した。

中期対策

25 年確率の計画高水位と現況地盤高の確認を行った結果を以下に示す。

- アンセ・オ・ピン A では 0.3m の河床掘削が必要である。
- アンセ・オ・ピン B では最大水位は 2.3m であり、現況地盤高より 0.3m 高くなると予測される。そのため、河口付近の河道拡幅が必要である。一方、河口閉塞が起きている現状について見過ごすことはできないことから、河口付近の河道改修（浚渫）が必要となる。

アンセ・オ・ピンにおける短期及び中期の構造物対策を表 5-2-10 及び図 5-2-15 に整理する。

表 5-2-10 アンセ・オ・ピンにおける構造物対策案

Location Name	Work Item(facilities)		Size		Length m	Type	Remark	Amount					
	Short Term	Middle Term	W m	H m				Drain	Revetment	Underpinning	River bed excavation	Bridge	Land price
Chetty Flat	Drainage Ditch (new)		1.5	1.2	120	open		989,000					
Anse Aux Pins A		River Bed Excavation		0.3	293	open					31,000		
Anse Aux Pins B		Short-cut outlet of river	6.0		50	open	River mouth measures + Wall (2m)		692,000		210,000		150,000
Anse Aux Pins B		Bridge (new) or Box culvert	6.0				1 location					2,394,000	
Anse Aux Pins B		widen existing river channel	5.0		200	open	excavation of river channel + wall (2m)		2,767,000		350,000		
													3,117,000



図 5-2-15 アンセ・オ・ピンにおける構造物対策案の位置

5-2-4 オ・カップ

オ・カップはアンセ・オ・ピンの南に位置し、リーフエスデー道路からペテ・オ・セル道路までの区間である。東海岸道路が海岸線に沿ってオ・カップを通り抜けており、この道路の陸側 300m 以内の地域にほとんどの住民が住んでいる。洪水被害地域を図 5-2-16 に示す。

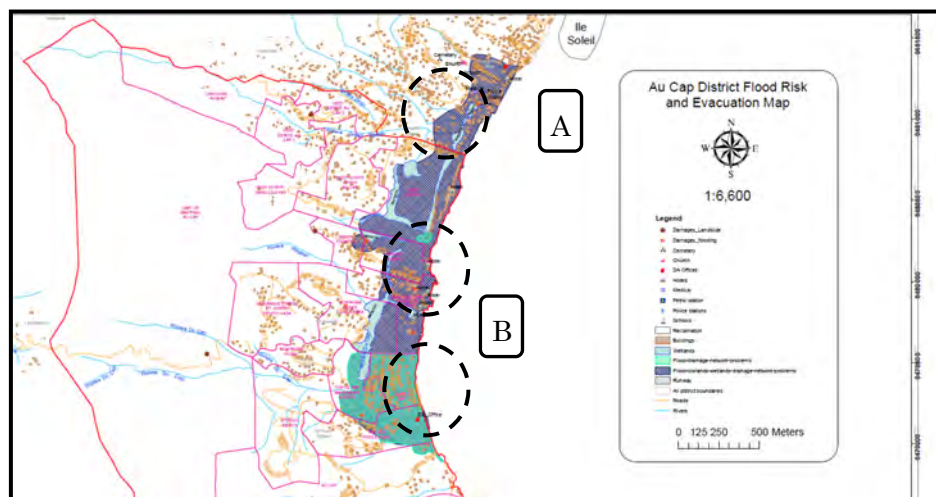


図 5-2-16 オ・カップにおける洪水被害地域

住宅地のほとんどは低地であり洪水被害を受けやすい。地域住民からのヒアリングによると、洪水被害地域 A となるタートルベイに新設された学校は年に 2、3 回の洪水被害を受けている。オ・カップ川には河口閉塞の対策として海岸まで通じる排水管が敷設されているが、パイプの疎通能力が雨季の洪水流に対して不足している。それぞれの地域における洪水の原因を整理し、以下の表 5-2-11 に示す。

表 5-2-11 オ・カップにおける現状の整理

区域	現状（浸水原因）	主要施設
Turtle Bay (A)	- 低平地 - 出口の排水能力不足	グリーンエスデート (Green Estate)
Au Cap River (B)	- 出口の排水能力不足 - 水路の排水能力不足	管路吐口



写真 5-2-8:
湿地からの排水口 (May 2011)



写真 5-2-8:
River Au Cap のパイプによる排水 (May 2011)

短期及び中期計画における構造物対策案は以下のとおりである。

短期対策

5 年確率の計画高水位と現況地盤高の確認を行った結果を以下に示す。

- Turtle Bay と Tyfoo においては、既設排水路の拡幅を推奨する。さらに Turtle Bay 区域においては DOE により排水路の改修が実施される予定である。
- オ・カップ川の流域にある Naiken's Farm では、河口閉塞による排水への影響を回避するため、吐出口を海岸まで 50m 延長することが必要である。なお、当該箇所は本調査におけるパイロットプロジェクトの一つとして選定した箇所であり、調査団による補助のもと DOE によるモニタリングが実施されている。
- 他の吐出口における最大水位は 2.1m であり、現況地盤高より若干高い。局所的に氾濫する可能性があるが深刻ではないことから非構造物による対策が推奨される。

中期対策

25 年確率の計画高水位と現況地盤高の確認を行った結果を以下に示す。

- オ・カップ A では河口の拡幅と幅 5.0m の新設排水口が必要である。また、既設水路の拡幅により、既設橋梁の延伸が必要となる。
- オ・カップ B では河口の拡幅と幅 5.0m の新設排水口が必要である。新設排水路が主要道路と交差するため、新設橋梁または暗渠が必要となる。

オ・カップにおける短期及び中期の構造物対策を表 5-2-12 及び図 5-2-17 に整理する。

表 5-2-12 オ・カップにおける構造物対策案

Location Name	Work Item(facilities)		Size		Length m	Type	Remark	Amount						
	Short Term	Middle Term	W	H				Drain	Revetment	Underpinning	River bed excavation	Bridge	Land price	Total
			m	m										
Turtle Bay	Drainage Ditch (enlarge)		1.3	1.0		open								
Naiken's Farm	Extension of drainage (new)	River Month (New)	2.0	1.5	50	culvert	Rubble Armor retaining wall for drainage for first stage widen the retaining wall based on the Au Cap B	1,376,000	1,050,000				2,426,000	
Tyfoo	Drainage Ditch		1.5	1.0		open								
Au Cap A		Widening River Mouth	5.0		30	open	River mouth measures + Wall (1.5m), 0.2 m excavation		315,000	77,000	102,000		75,000	569,000
Au Cap A		Bridge (extend or new)	16.0				1 location, crossing river, cab be extended existing bridge					6,384,000		6,384,000
Au Cap A		Widening River Channel	5.0		170	open	0.2m excavation				552,000		425,000	977,000
Au Cap B		Widening River Mouth	5.0		200	open	River mouth measures + Wall (1.5m), 0.2 m excavation		2,102,000	512,000	762,000		500,000	3,876,000
Au Cap B		Bridge (new) or Box culvert	5.0				1 location					1,995,000		1,995,000
Au Cap B		Widening River Channel			450	open	0.1m excavation				88,000			88,000



図 5-2-17 オ・カップにおける構造物対策案の位置

5-2-5 アンセ・ロイヤル

アンセ・ロイヤルはマへ島第 2 の人口を有する都市であり、農業と漁業が盛んである。近年の都市開発によりアンセ・ロイヤルは、住居地と教育施設、商業施設が混在する町へと変貌している。洪水被害地域を図 5-2-18 に示す。

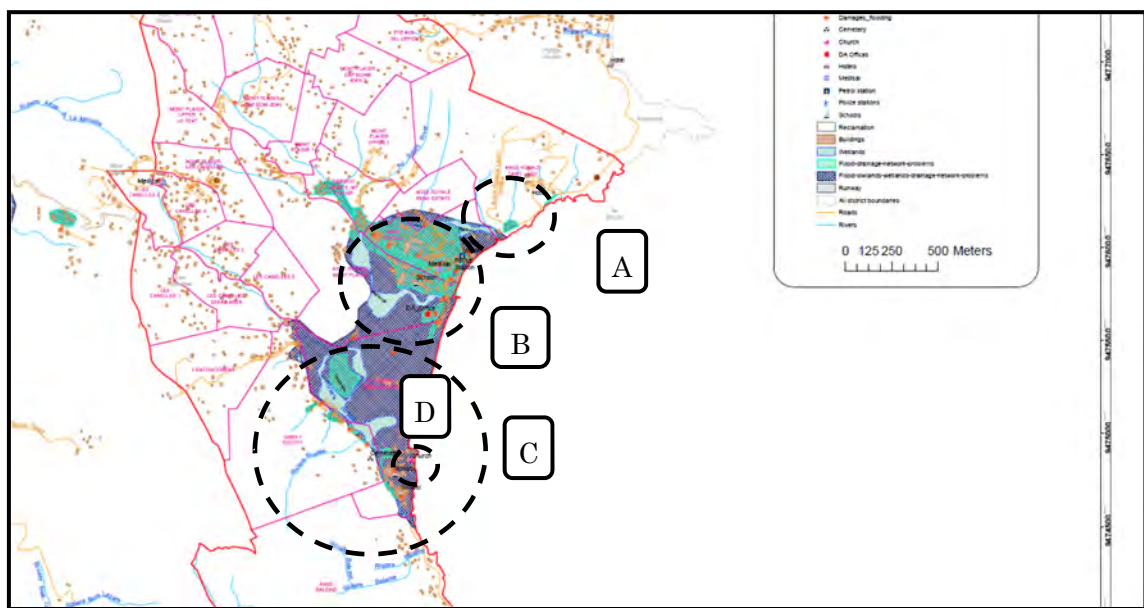


図 5-2-18 アンセ・ロイヤルにおける洪水被害地域

それぞれの洪水被害地域における洪水の原因を整理し、以下の表 5-2-13 に示す。

表 5-2-13 アンセ・ロイヤルにおける現状の整理

区域	現状(浸水原因)	主要施設
Remise Estate (A)	砂による河口閉塞	
Mont Plaisir (B)	- 吐口の排水能力不足 - 水路の排水能力不足 - 低平地	大学
A Royale Sec Sch. Channel (C)	- 吐口の排水能力不足 - 水路の排水能力不足	管路吐口 教会

アンセ・ロイヤルは、上流からの雨水を 3 つの大きな湿地を経由し、4 つの排水口により海へ流出させている。

- 地点 (A) はアンセ・ロイヤル・レミエステートとアンセ・ロイヤル・メディカルからの雨水を流出させている。現在流出口は漂砂により橋まで完全に閉塞している。上流域での住宅地の開発により雨水の流出と潮位、波浪のつり合いにより形成される砂州が内陸側に移動している。
- 地点 (B) は主にアンセ・ロイヤル・mont・プラサーとバンブーエステート地域から雨水を流出している。流出口の手前で排水路の幅を狭めることにより、流出速度を増大させて砂を海まで排出し、流出口の機能維持に役立っている。一方、流出口の構造物基礎部は波の影響により局部洗掘されている。
- 地点 (C) 及び (D) は、スウート・エスコート、セント・ジュセフ、アンセ・バリネとレス・カーネル地域の雨水を流出している。地点 (D) は教会の近くにあり、流出口は漂砂による閉塞を防ぐため海に向かって直角に設置していない。地点 (C) はオ・カップと同じく、パイプを設置し雨水を流出する構造を用いている。

上記の流出口に関する写真を以下に示す。



写真 5-2-9:
排水路 A の河口閉塞 (April 2011)



写真 5-2-10:
住宅開発 Remy Estate (April 2011)



写真 5-2-111:
侵食による損傷を受けた河口部 (April 2011)



写真 5-2-13:
吐口 B の断面縮小 (April 2011)



写真 5-2-12:
位置が高すぎる吐口 D (May 2011)



写真 5-2-15:
吐口 D (April 2011)



写真 5-2-13:
管路により排水される吐口 C
(April 2011)



写真 5-2-14:
管路の呑口
(April 2011)



写真 5-2-15:
改修中の吐口 C (Jan 2014)

短期及び中期計画における構造物対策案は以下のとおりである。

短期対策

5 年確率の計画高水位と現況地盤高の確認を行った結果を以下に示す。

- アンセ・ロイヤル A では 5 年確率規模の流量に対し十分な流下能力があるため、水路の改修は必要ない。
- アンセ・ロイヤル B では河口周辺に広い湿地があるため、当該河川は湿地による貯留効果がある。このことを踏まえ、短期対策としては特段対策を実施しない。
- アンセ・ロイヤル C では余剰水を排水するための新設排水側溝が必要である。新設排水側溝は、幅 1.6m、高さ 1.3m、縦断勾配 1/400、延長 120m とする。

中期対策

25 年確率の計画高水位と現況地盤高の確認を行った結果を以下に示す。

- アンセ・ロイヤル A では追加の対策は不要である。
- アンセ・ロイヤル B では水路の拡幅及び底部の掘削と既設橋梁の径間の延長が必要である。

- アンセ・ロイヤル C では河床掘削と河口の拡幅が必要である。

アンセ・ロイヤルにおける短期及び中期の構造物対策を表 5-2-14 及び図 5-2-19 に整理する。

表 5-2-14 アンセ・ロイヤルにおける構造物対策案

Location Name	Work Item (facilities)		Size		Length m	Type	Remark	Amount					
	Short Term	Middle Term	W m	H m				Drain	Revetment	Underpinning	River bed excavation	Bridge	Land price
Anse Royale B		Widening River Mouth	3.0		30	open	River mouth measures + Wall (2m), 0.3m excavation		415,000	77,000	81,000		45,000
Anse Royale B		Bridge (extend or new)					1 location, crossing river, cab be extended existing bridge					7,182,000	
Anse Royale B		River Bed Excavation		0.2	170	open					451,000		
Anse Royale B		River Bed Excavation		0.1	400	open					530,000		
Anse Royale C		River Bed Excavation		0.4	350	open	Wall (1.5m)		3,678,000	895,000	273,000		
Anse Royale C		Widening River Mouth	10.0	0.4	100	open	Wall (1m)		710,000		459,000		500,000
Anse Royale C		River Bed Excavation		0.1	650	open					355,000		
Anse Royale C	Drainage Ditch (New)		1.6	1.3	120	open	Wall (1.3m), S=1/400	2,268,000					

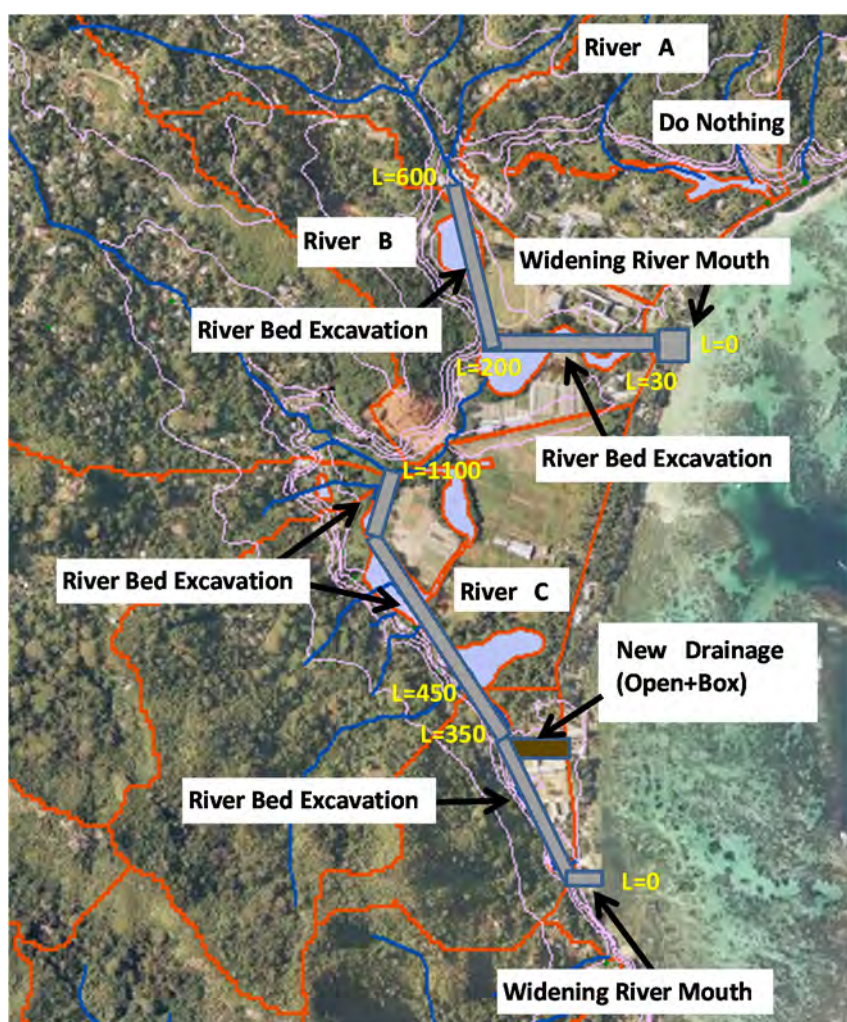


図 5-2-19 アンセ・ロイヤルにおける構造物対策案の位置

第 6 章 パイロット事業

6-1 パイロット事業の選択

パイロット事業は、海岸保全計画・洪水管理計画の有効性や実施可能性を検証するために、計画案の中から緊急性、重要性、技術的な課題等を考慮して、事業を選定した。

6-1-1 海岸保全

海岸保全に関しては、優先海岸であるノース・イースト・ポイント、ベ・ラザール、アンセ・ケラン、ラ・パッセの 4 か所の中から、パイロット事業の趣旨を考慮して、ノース・イースト・ポイントでの養浜、ラ・パッセでの突堤の建設と養浜を選定した。

ノース・イースト・ポイントとベ・ラザールの保全対策は同じ養浜であるが、越波の影響が大きいノース・イースト・ポイントを選定した。ここでは、侵食状況も明確でないことから、モニタリングにより沖への漂砂損失状況とその実施体制を検討する。なお、養浜はセーシェルでは実績が無いことから、将来的な適用性を鑑みた工法の導入を意図している。

ラ・パッセの突堤については、現状において、防波堤等の構造物の建設により沿岸漂砂による侵食、堆積が生じているため、保全対策として突堤を建設することにより沿岸漂砂を制御するとともに、堆積域から侵食域へのサンドバイパスを実施する。優先海岸のアンセ・ケランについては、対策の規模が大きく、侵食箇所は個人の所有地であることからパイロット事業としては採用しなかった。

6-1-2 洪水管理

洪水管理に関しては、優先地域としてビクトリア、ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤルの 5 か所の中から、ポイント・ラルーのカルバートの建設、オ・カップの河口処理を選定した。

ポイント・ラルーでは空港へのアクセス道路の浸水が大きな問題であり、緊急性、重要性が高いことからこの地点のカルバートの建設を選定した。また、河口処理については、リスクの規模と重要性の点からオ・カップを選定した。

排水路については、工法自体すでにセーシェルでも実施されているが、計画や設計に問題があり、技術移転として C/P と共同で設計、施工を行うことが重要な点である。また、河口処理については、リーフの存在する海岸での対策事例が少ないことから、新たな対策を試みることに意味があり、モニタリングによる有効性の確認は工法の改善を目的としている。なお、ビクトリアの排水改善は 2011 年の豪雨においても浸水被害が少なかったことから、今後セーシェル政府で改善のための対策を実施することで対応可能と考えた。

これらの対策の位置等を図 6-1-1 に示す。

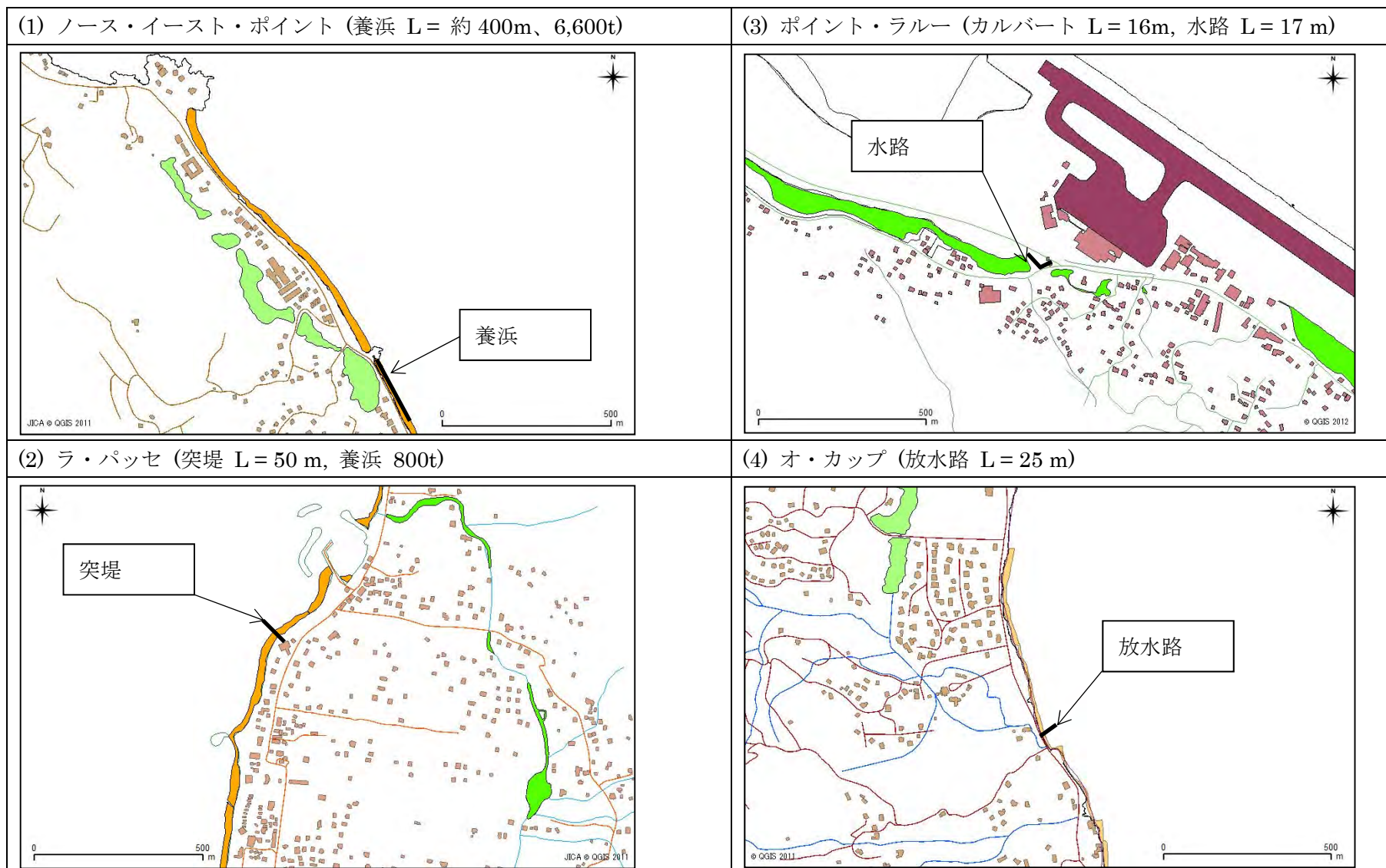


図 6-1-1 パイロット事業の位置と対策工事

6-2 詳細計画と設計

各パイロット事業の詳細計画及び設計を行った結果を以下に示す。

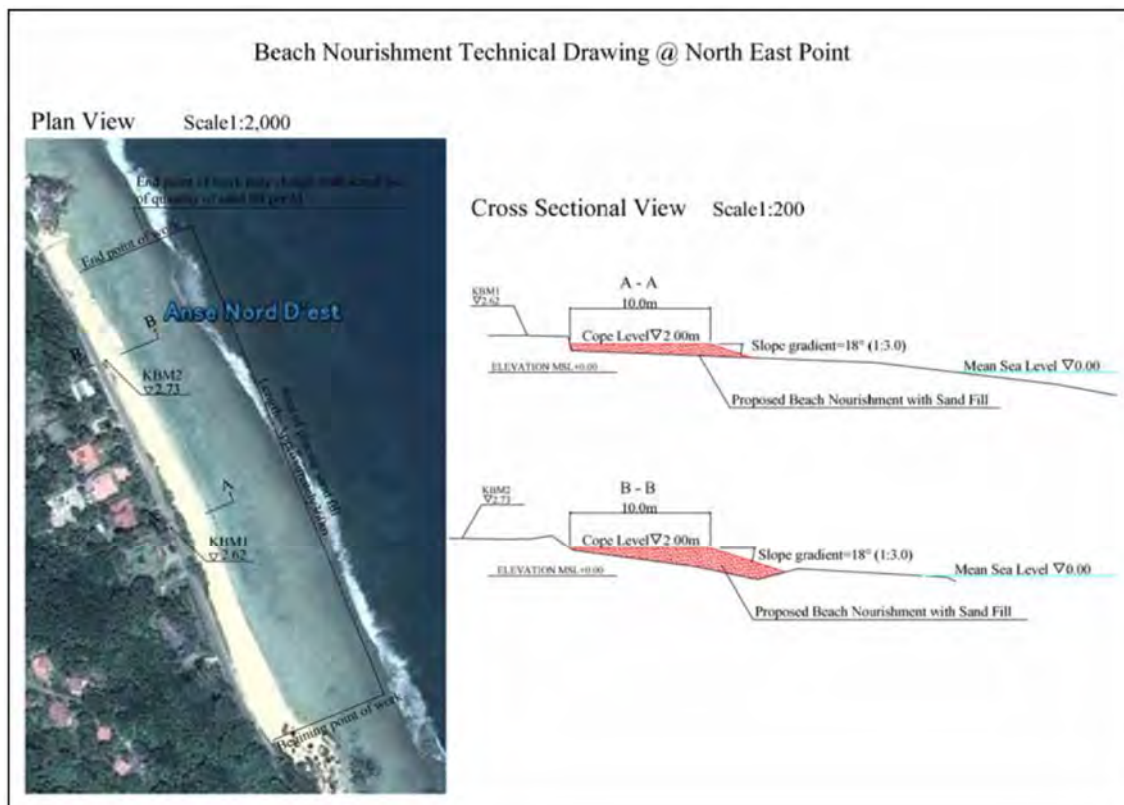


図 6-2-1 ノース・イースト・ポイントの施設一般図

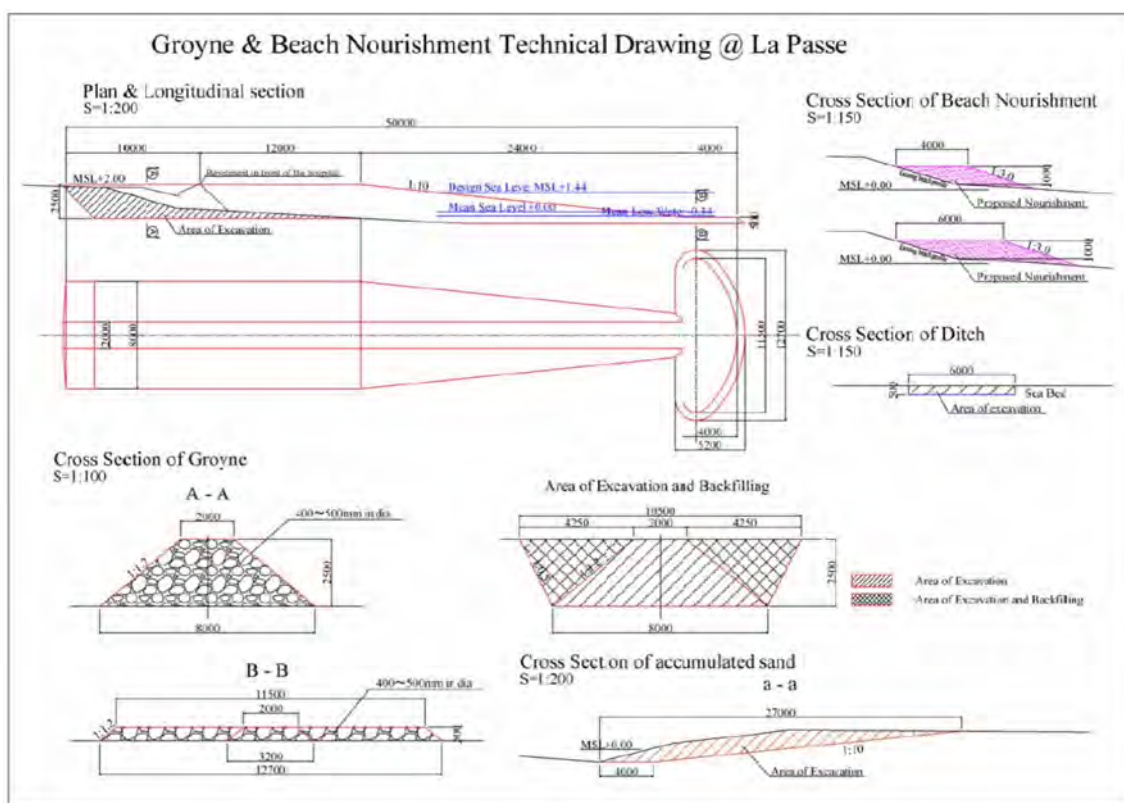


図 6-2-2 ラ・パッセの施設一般図

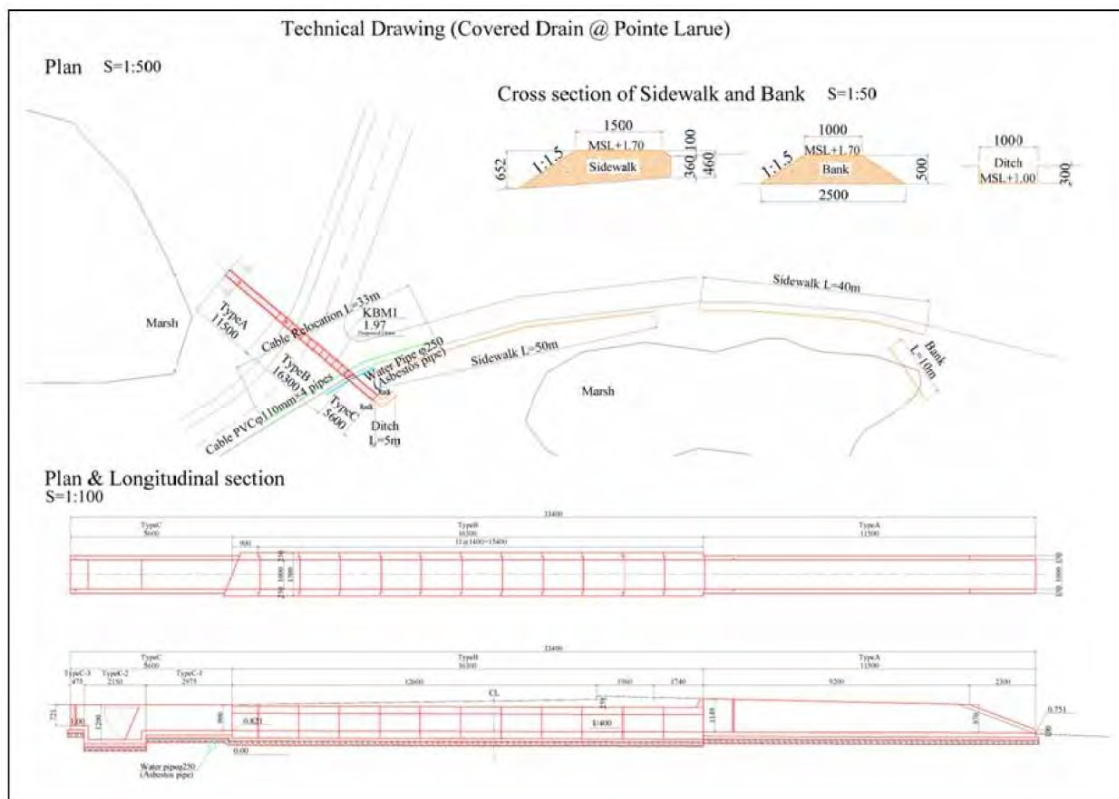


図 6-2-3 ポイント・ラルーの施設一般図

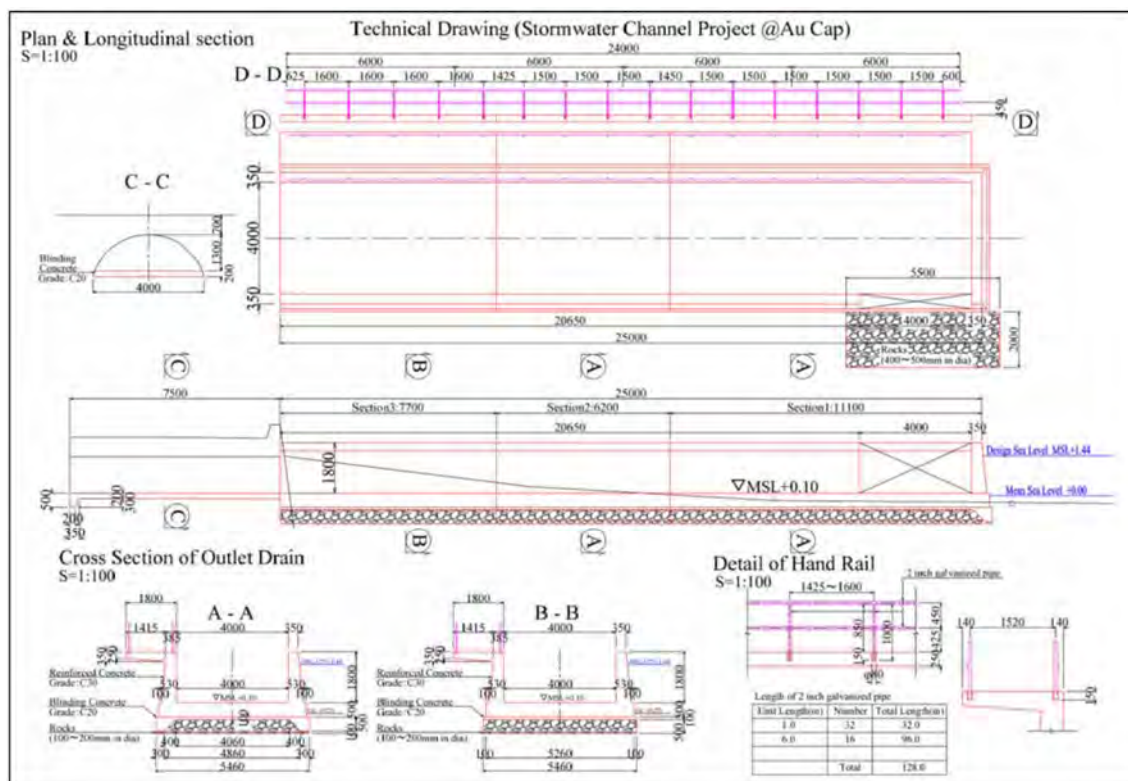


図 6-2-4 オ・カップの施設一般図

6-3 調 達

工事の発注に関しては、公共工事であること、完成後の維持管理への対応が必要となること及び技術移転を考慮して C/P である環境エネルギー省と共同で発注することとし、発注手続きはセーシェルの公共調達法(2008)に従って実施することとした。これによれば、本パイロット事業のための工事は一般競争入札と判断された。発注手続きは 11 段階あり、期間は約 2 か月かかる予定であったが、応札者からのクレーム等の処理のため一部遅れる手続きが発生した。また、ポイント・ララーにおいては、事業対象地に関係する地主の承認が得られず、パイロット工事を中止せざるを得なくなった。

ポイント・ララーにおいては、工事範囲に一部私有地があり、地主の承認を得ようとしたところ、過去の道路工事の用地補償がまだ完了しておらず、今回の工事を契機に補償を要求された。

セーシェル側の関係機関と調整を行ったが、地主側は隣接する湿地の大規模な埋め立ての承認を要求しており、これは排水処理に影響を与え、かつ短期間で了解を得ることは難しいと考えられ、C/P と協議して中止することとした。

工事の契約は、入札業者の事務的、財政的、技術的評価を行ったうえで、それぞれの工事の最低価格の入札者と契約した。

6-4 施 工

工事の施工はそれぞれの落札業者が実施したが、工程、品質の管理及び途中の検査は調査団によって実施された。オ・カップにおいては、工事期間中の 2013 年 1 月末の洪水により、仮設の施設が損傷を受け工事が一時中断したが工期内に終わることができた。また、施工業者によって工事中の安全及び環境配慮のための処置をとられた。ノース・イースト・ポイントでは道路から養浜の工事区域に住民が入らないように施工中の進入規制対策が行われた。ラ・パッセについては騒音を避けるために、病院周辺での早朝及び夜の遅い工事の中止、工事区域内水面でのボートの移動、樹木の根の保護が実施された。オ・カップでは工事区域内への立ち入りを禁止するためのテープの設置、コンクリート運搬時の交通誘導、洪水の際の仮設締め切りの撤去等が実施された。

6-5 環境社会配慮

パイロット工事に伴った環境影響評価について、JICA の環境社会配慮及びセーシェルの環境影響評価システムに従い実施した。評価項目としては、社会環境、自然環境、汚染等に関連する 30 項目で、工事中及び運用中に関して評価を行い、影響がみられる場合にはその緩和策を検討し、実施した。

主な環境への影響としては、工事中の植生、水質、騒音・振動、地域の利害対立がある。植生に関しては、ラ・パッセで工事の作業に支障をきたす樹木が一部存在したが、セーシェル政府によって特定された保護すべき樹種ではなく、周辺環境に大きな負の影響を与えるものではないとして伐採した。水質については、ノース・イースト・ポイントとラ・ディグの養浜に伴う水質汚濁が想定されたが、養浜砂は陸上に置き、波によって移動させることとし、投入に伴う汚濁を最大限避けることとした。騒音・振動については工事の際の重機によるものが主であるため、これについては稼働時間を日中とすることで対応した。地域的な利害対立に関しては、ラ・パッセでボートを係留している泊地が一時的に使用不可能となることに取り上げられたが、係留者に対して本プロジェクトの趣旨と工事完了後は泊地が拡大することを説明し、工事期間中一時的に近接地へ係留する代替案をもって合意を得るこ

とができた。

工事完了後の運用時の環境への影響としては、ラ・パッセにおいて新設の突堤により漁師の船の出入りに支障が出ることが想定されたが、突堤の先端に漁船のための水路を掘削する緩和策をとることとした。また、オ・カップでは施設を設置しても河口閉塞は完全には防止することは困難であることから、これまでのように維持管理の土砂掘削が必要なことを DOE に説明した。

住民啓発、住民参加に関しては、全体のパイロット工事を対象に、国会議員及び地元行政機関、関係住民を対象にステークホルダー会議を 7 月 4 日に開催し、意見を集約した。また、ラ・パッセに関しては、漁業関係者及び港の利用者を対象に現地においてそれぞれ個別的に説明会を開催し、了解を得た。

6-6 モニタリングとその結果

パイロット事業は 2013 年の 4 月初めに工事が完了し、その後、モニタリングを実施している。施設の効果と影響を評価するには、まだ期間としては短い、現時点では次のような結果が得られている。

6-6-1 ノース・イースト・ポイント

海岸侵食と海岸道路への越波防止、セーシェルでの新しい工法としての養浜の導入と効果の評価、また侵食原因の解明を目的として延長 400m の区間に 4,000 m³、6,600t の養浜を 2013 年 4 月に実施した。2013 年 11 月には養浜地点の南側海岸は侵食されて玉石護岸が現れ、対照的に北部では砂が堆積し、広い砂浜が形成された。

養浜後 1 年間のモニタリング結果からは、季節変動が大きいことから長期的な侵食量の推定は困難で、今後もモニタリングを継続する必要があることが明らかになった。また、越波のリスクが高い北側では養浜砂の移動により堆積が生じていることから、養浜の効果が 2014 年 1 月の時点では発揮されていると考えられる。

侵食対策の方向としては、(1)当初計画に従い損失に見合う量を養浜すること、(2)北側で沖に移動していると想定される沿岸漂砂を突堤により制御し、南では必要に応じた養浜、北では護岸やセトバックによる越波リスクへの対策、(3)沖への損失量が多くなる場合には護岸などの案が考えられる。モニタリングを継続的に実施し、状況を把握することにより、これらの案を比較検討して対策を見直すことが適切である。

6-6-2 ラ・パッセ

ラ・パッセでのパイロットプロジェクトの目的は、他の島との連絡フェリーのための栈橋や泊地を守るために建設された防波堤の影響により生じた栈橋近くでの堆積や南側海岸の侵食を軽減することにある。対策として、南から北側への沿岸漂砂を防ぐために、延長 50m の防砂突堤を建設し、泊地に堆積した約 1,000m³ の砂を浚渫し、防砂突堤付近に養浜した。

現場での観測から、防砂突堤により沿岸漂砂が防がれ南部での堆積や北部での侵食が起きていたことが明らかになった。砂の浚渫により表れた古い防砂突堤も、新規の防砂突堤と共に南から北への漂砂を防いでいる。養浜により地元民等に利用されるビーチが創りだされた。

6-6-3 オ・カップ

洪水による被害軽減のために放水口、特に湿地地帯から海への放水路の改良と、この種の工事に関する DOE の設計及び維持管理能力を高めることを目的として、延長 25m の放水路を建設した。

オ・カップではこれまで海浜に設置された 3 本のパイプにより排水していたが、洪水時には不十分なために堆積砂の掘削で対応してきた。

河口維持のモデル工法として、波浪の侵入と砂の堆積を防止するため開口部を横方向に向けた放水路を建設することとした。基本的に、河口は河川や潮汐による流れで流況が維持され、高波浪を受ける際には閉塞する特性を有している。

モニタリング結果によると比較的波浪が小さい 4 月から 7 月までは開口部は維持されていたが、8 月になり南東季節風による波が高くなり、小潮時に放水路内に砂が堆積するようになった。9 月に放水路内の砂を除去して以降、高波浪が来襲せず、雨期に入った関係か、放水路内の砂の堆積は防止されている。

放水路と南側の突堤との間に砂が堆積し始めたことから、放水路の開口部を南から北に向けることとし、その工事を実施した。この効果もあり、現時点では水路内の堆積は防止されており、工事実施前に比較して、洪水の流下能力は増大している。また、DOE は類似の施設を他の河口で建設する計画である。

第 7 章 技術移転

7-1 概 要

海岸侵食・洪水管理計画に関連する C/P への技術移転としては、関係者の技術的能力の向上を図るために、(1)技術ガイドラインの整備、(2)工学的知識の習得、(3)セミナー、ワークショップ、本邦研修を実施した。技術移転の対象者は C/P であるが、DOE の海岸保全・洪水管理に関わる職員数は 5 名程度と非常に少ない。したがって、DOE 内に留まらず、ステアリング・コミティーやテクニカル・コミティーのメンバーを技術移転の対象とした。また、プロジェクトの実施効果を高めるため、NGO の参加も図った。技術移転に関して、現状、課題、実施事項、今後の取り組むべき事項をとりまとめると表 7-1-1 のようになる。

表 7-1-1 技術移転項目のまとめ

ガイドラインの改善	
現状	海岸保全、洪水管理の両者に関連するガイドラインとしては EIA ガイドラインがある。海岸保全に関しては、海浜モニタリングガイドラインがあり、洪水管理に関しては排水処理設計ガイドラインがある。
課題	EIA に関しては、ガイドラインはあるものの、埋め立て、構造物の建設等により海岸侵食や排水不良の問題が生じているため、改善する必要がある。 海岸保全に関して、海浜モニタリングガイドラインは、単なる海浜断面の測量にとどまり、保全計画を考慮したものとはなっていない。基本となる沖も含めた海浜地形のモニタリングに関しては、簡易な機械での調査が可能となっており、その活用のためのガイドラインが求められている。 排水処理設計ガイドラインはオーストラリアのガイドラインをそのまま活用したもので、セーシェルでの適用性に関して検証されていない。また、洪水の流下状況の計算方法が簡単なものでしか説明されていない。
実施事項	開発に伴う海岸侵食や洪水の発生を防ぐために、EIA ガイドラインの改訂を図った。 海浜のモニタリングにより、基礎資料を収集するためのガイドラインとして改訂を図った。海岸線や沖の深浅測量に関しては、本調査で比較的簡便な方法を用いて調査を行ったことより、今後活用できる可能性があることから、この方法を活用するガイドラインを策定した。 排水処理設計ガイドラインはセーシェルでの適用性を検証し、必要に応じて改定することとした。また、本調査では洪水の流下状況の計算を汎用ソフト(HEC-RAS)で行ったため、この手法を参考としてガイドラインを作成した。
今後の必要事項	EIA ガイドラインは継続的に事例を収集し、必要な項目を追加していくことが求められる。 海岸保全に関しては、主な施設として護岸、突堤、養浜があり、これらの施設に関する事例が集積されることを前提としたガイドラインとして取りまとめることが望ましい。 洪水管理に関しては、観測資料の集積によって排水処理設計ガイドラインの改訂を行う必要がある。パイロット事業で実施している河口処理対策に関する資料の集積によってガイドラインの改訂が可能となる。 海岸保全計画、洪水管理計画の策定に関してもガイドラインがあれば有効であるが、現在気候変動も含めたガイドラインに関して各種の検討がなされている状況であることから将来の課題と考えられる。
工学的知識の習得	
現状	DOE は、海岸侵食、洪水管理に関して調査、計画、設計、維持管理に関する工学的知識を必要としている。この中で、計画に関してはこれまで環境管理計画(EMP)や SSDS の検討を行っており、ある程度の知識を有している。 海岸侵食の調査に関しては、DOE は海浜モニタリングを過去に実施しており、ある程度の知識を有している。 2004 年の排水タスクフォースでの検討、その際の排水処理設計ガイドラインの活用により、DOE は洪水管理に関してある程度の知識を有している。また、排水路の維持管理に関しては、2009 年より維持管理事業を実施しており、具体的な方策に関して必要な知識を有している。 上記以外に関しては、知識を有していない。

課題	DOE は、海岸保全に関して、海岸線の変化の把握等の現況把握を実施するための知識や海岸施設の設計に関する一般的な知識が不足している。 洪水管理に関しては、対策検討の基礎となる被害状況の資料が不足しているため、その調査能力を身につける必要がある。また、施設設計に関する能力が不足している。
実施事項	本調査の海岸保全に関連し、海岸の踏査、航空写真の撮影、GIS の活用、施設設計についての OJT 及び研修を実施した。 洪水管理に関して、本調査で被害状況の把握に際し、技術移転として洪水被害調査の OJT を実施した。
今後の必要事項	海岸保全に関しては、護岸、突堤、養浜の計画と設計に関する技術的な知識が必要であるため、今後は事業の実施と過去の経験を基にこれらの技術的な知識を修得する必要がある。 洪水管理に関しては、2013 年及び 2014 年の洪水対策を現在実施しており、その検討の中で、必要な知識を修得し、その集積を図ることができる。また、河口処理に関してパイロット事業及び類似事業を実施していることから、その経験から必要な知識を修得することが求められる。
計画管理技術の習得	
現状	EMP や SSDS において過去に海岸域での総合的な管理及び計画の策定とその結果の評価を実施していることから、計画管理に関しては能力を有していると考えられる。
課題	課題としては、人的資源や財政的な制約がある中で、計画が網羅的で具体性に欠いているため、その実施に問題がある。限られた資源を考慮して、重点的に実施することが必要と考えられる。本調査においてもパイロットプロジェクトの実施とモニタリングに際し OJT を計画したが、2013 年の洪水対応で C/P が忙しく十分に時間を割くことができなかった。
実施事項	パイロット事業の実施及びその後の状況把握から、計画の策定と評価に関する OJT を実施した。
今後の必要事項	限定された資源(人材、予算)と気候変動による将来の影響が不確定な中で、重点的に実施すべき項目の抽出とその実施を図る能力を得る必要がある。

7-2 技術ガイドラインの整備

技術ガイドラインの整備に関しては、表 7-2-1 に示すように、5 項目について作成した。

表 7-2-1 技術ガイドラインの整備項目と内容

項 目	目 的	内 容
(1) EIA ガイドラインの改訂	EIA が不十分なために、海岸構造物による侵食、堆積の発生、開発行為による洪水リスクの増大が生じており、これらを規制するために EIA ガイドラインに評価項目を追加する。	海岸に関しては、リーフ内の水路掘削、防波堤による遮蔽域での堆積と侵食、構造物による沿岸漂砂の阻止、低平地の開発、河岸、湿地の開発、構造物による排水阻害等の影響を評価すべき項目として追加した。 この成果は、今後の EIA に活用される。
(2) 排水処理設計ガイドラインの改訂	排水処理施設の設計ガイドラインは存在するが、流出係数の設定、短時間降雨の条件設定、長期間降雨の条件設定、貯留効果のある場合の水路に関する計算法が不足しており、これらに関して追加する。	流域から河川への流出係数として、セーシェルの地質、土地利用に適合した係数の設定、短時間及び長時間雨量強度式の提案、貯留施設がある場合の洪水流下の計算法等を追加した。 この成果は、排水施設の設計に活用される。
(3) 海浜モニタリングガイドライン	単なる海浜形状の測量方法に関するガイドラインはあるが、海浜変形を把握するための測線の配置、得られた測量結果の解析と保全計画や管理への適用に関して不足しており、これらに関して追加する。	モニタリングの目的に対応した測線の配置、海浜形状の変化の解析法、侵食・堆積量や海浜変動の推定法についてまとめ、保全計画の活用について追加した。 DOE はモニタリングを今後実施する予定であり、同ガイドラインの活用により、有用な成果が得られる。
(4) 航空写真撮影ガイドライン	長期的かつ広域の海岸線の変化状況、関連する土地利用等を把握するには航空写真が有効であり、また、ヘリコプターとデジタルカメラを使用することにより経済的となることから、この方法をガイドラインで採用した。	航空写真の撮影を行う場合の有用な情報として、写真撮影の精度と方法の関係、撮影時の考慮すべき潮位、天候、標定点の配置、撮影した写真から海岸線を抽出するための射影変換の方法とソフトウェアなどの項目についてガイドラインに取りまとめた。

項 目	目 的	内 容
(5) 深浅測量ガイドライン	海岸の深浅測量、特にリーフの形状を把握することが海岸保全に際して必要となる。その手法として、比較的安価な魚群探知機を活用し、深浅図を作成する方法を検討した。その結果をガイドラインとして取りまとめた。	深浅測量の方法として、波浪条件とリーフ形状による測線の配置、測量に際して考慮すべき項目、測量結果を基にした深浅図の作成方法とその活用に関してガイドラインとして取りまとめた。 今後 DOE がリーフの測量を行う際に活用されると考えられる。

7-3 工学的知識の習得

工学的知識の習得については表 7-3-1 に示すような項目に関して実施した。

表 7-3-1 工学的知識の習得の項目と内容

項 目	目 的	内 容
(1) 海岸踏査	海岸侵食の実態やその対策を検討する際には、文献や基準等による知識よりも、海岸の実態を把握し、過去に建設された構造物の効果を評価することが必要である。	基礎調査のための踏査を C/P と共に実施し、海岸の踏査に際しての着目点、調査項目等に関して OJT として行ったことにより、踏査方法の習得に繋がった。 調査成果は本調査の資料となるとともに、今後必要な場合の海岸状況把握に活用される。
(2) 航空写真の撮影	航空写真撮影のガイドラインを作成するとともに、C/P に対してその方法を身につけるために、OJT として撮影作業を共同で実施した。	基礎調査及びモニタリングとしてのヘリコプターによる航空写真の撮影に合わせ、その一部を C/P が OJT として実施した。C/P にとって撮影手法の習得に繋がった。 今後、航空写真を計画・撮影する場合に活用される。
(3) 洪水被害調査	洪水の実態に関する調査が不足していることから、洪水管理計画の策定のための基礎資料として、洪水の実態を住民からのヒアリングにより調査する方法に関して、C/P と共同で調査を実施することによりその方法を把握した。	洪水の被害を受けている地域で、被害の実態を知るために、アンケートにより調査した。調査項目を C/P に示し、具体的な調査は C/P が実施することとした。C/P にとって洪水被害調査手法の習得に繋がった。 今後、浸水被害が生じた場合の状況把握に活用される。
(4) GIS 研修	GIS は海岸侵食や洪水に対する管理計画の策定や、管理の方法として役立つことから、その活用方法に関する研修を実施した。	環境影響評価に関する別のプロジェクトでも GIS を利用する計画があるため、共同で GIS の活用に関する研修を実施した。オープンソースの GIS ソフトウェアを用いて講義を行ったことにより、C/P は基本的な GIS 作業の内容を習得した。また、屋外実習により GPS を活用した GIS 作業が可能となった。 今後、海岸域の管理をより容易にすると考えられる。
(5) 施設設計研修	施設設計の構造計算手法を理解するために、構造計算の研修を行った。	施設の構造計算に関して、そのモデル化、外力条件の設定と応力計算に関しての講義を実施した。C/P にとって構造計算手法の習得に繋がった。現在は災害復旧工事の設計に活用されている。
(6) 保全計画策定 OJT	海岸及び洪水に関する保全計画策定のプロセスを理解するために、パイロット事業の評価と合わせて、策定方法の OJT を実施した。	パイロット事業の結果をモニタリングし、計画や設計上の課題を抽出し、それを基にした新たな検討を OJT として実施した。

7-4 セミナー、ワークショップ、本邦研修

7-4-1 セミナー

第1回セミナーは、2011年8月の基礎調査の終了時にプロGRESSレポート1に基づきプロジェクトの成果を説明するとともにセーシェルでの海岸保全と洪水管理に関する実態、日本における海岸保全及び洪水管理に関する経験を紹介し、関係機関の理解を得るとともに、成果を関係者へ広めることとした。セミナーの参加者は、環境省から16名、国立公園局から4名、中学校から3名、国際援助機関から2名、その他、景観水管理庁、外務省、公共施設公団等からの参加があり、全体で33名となった。日本の事例から、参加者は、経済発展に伴い災害が発生する可能性のあることを認識するとともに、セーシェルでの対策の検討にはモニタリングの重要性を理解したと考えられる。

第2回セミナーは、2013年7月パイロット事業の終了時に、プロGRESSレポート2の成果を基に海岸保全及び洪水管理計画の概要、パイロット事業の実施状況を紹介するセミナーを開催した。この際、セーシェルでの2013年1月の洪水に関する報告、モーリシャスでの2013年3月の洪水に関する報告と海岸保全活動を紹介し、モーリシャスとの技術交流を図った。セミナー参加者は、海岸保全計画、洪水管理計画の必要性と内容、排水施設管理の重要性、セーシェルでの事前の排水路維持管理の有効性、モーリシャスでの海岸域管理の状況を理解したことから、今後の業務実施に役立つと考えられる。

7-4-2 ワークショップ

ワークショップは基礎調査、保全計画策定、実証事業に関して、その成果を報告することにより技術移転を図ることを目的として、セーシェル側と共同で開催した。その概要を表7-4-1に示す。

ワークショップの参加者は環境省、景観水管理庁、国立公園局、土地利用住宅省、国会議員、交通庁、地方自治体、NGO、報道機関などからなる。各回30名程度の参加者があった。

表 7-4-1 ワークショップの概要

項 目	目 的	内 容
第1回ワークショップ (2011年5月)	海岸侵食・洪水管理のプロジェクトの概要を説明し、セーシェルの現状とプロジェクトに関する課題を認識し理解を得る。	プロジェクトの概要と基礎調査計画を説明するとともに、セーシェルでの海岸侵食及び洪水災害に関する現状を説明し、また気象観測状況の発表を行った。
第2回ワークショップ (2011年10月)	基礎調査成果に基づいて、海岸侵食及び洪水被害の状況を把握し、関連する課題に関して議論する。	海岸侵食及び洪水被害の実態と原因に関して報告するとともに、各地区のそれぞれの課題に関して議論し、計画策定の方角付けを行った。
第3回ワークショップ (2012年4月)	海岸保全及び洪水管理に関する計画の概要を発表し、その内容に関して議論、関係者の理解を得る。	全体の計画及び個別の優先海岸に関する海岸保全及び洪水管理計画に関して議論し、方向付けを行った。
第4回ワークショップ (2012年6月)	保全計画の内容及び関連するパイロットプロジェクトの概要に関して議論し、関係者の理解を得る。	保全計画の内容を説明するとともに、パイロットプロジェクトの地域及び工法に関して議論を行い、関係者の理解を得た。

7-4-3 本邦研修

技術移転の一環として、モーリシャス国政府関係機関のプロジェクト参加者を対象に、プロジェクト期間中に2回、各2名、合計4名について本邦研修を実施した。第1回は2012年9月から10月の14日間、第2回は2013年9月の14日間に、環境エネルギー省のC/P、それぞれ2名を対象に実施した。

研修の内容は日本における海岸保全及び洪水管理に関してセーシェルと同様の問題を有している現地を見学するとともに、基礎的な知識に関して講義を行い、その成果を今後のセーシェルで生かす方策について考察した。第1回は施設を設計している担当者が参加したことから、設計に関する講義を行った。また、第2回は海岸及び洪水についての管理担当者が参加したことから、管理に関する講義を行った。

現地見学に関しては、海岸保全に関連しては侵食が激しく離岸堤等の対策がなされている静岡海岸、内湾で比較的波が穏やかで海浜の利用も行われている東播海岸、東日本大地震で津波の被害を受けた宮城県の海岸を見学した。洪水管理に関しては、低平地で河道改修、放水路建設、遊水地の設定と環境保全のための湿地造成も総合的に行われている静岡県の巴川流域を見学した。

講義に関しては、第1回には早稲田大学の柴山教授が海岸侵食の原因と対策について、第2回には国土交通省の国土技術政策研究所で海岸保全と河川改修に関する講義と実験見学、また海岸保全施設の設計と海岸管理、排水処理施設の設計について講義した。

全体のまとめとして、各研修員が日本での現地見学や講義の結果について、セーシェルでの関連事業への適用性に関して考察を行った。また、帰国後、研修の成果を他の関係者にワークショップで報告した。これらの成果は、施設の設計、日本の技術のセーシェルへの適用に活用されと考えられる。

第 8 章 結論と提言

8-1 結 論

セーシェルにおける海岸侵食及び洪水による被害軽減のために、自然条件等に関する基礎調査により課題を抽出し、対策案を検討し海岸保全計画及び洪水管理計画を策定した。主に海岸侵食への対応である保全計画では貴重な観光資源である砂浜の保持を主体とした養浜と突堤による構造物対策を提案し、その効果と影響をパイロット事業で検討した。海岸侵食の対策は一般的に長期的なモニタリングが必要ではあるが、短期的な状況から判断するとパイロット事業は一定の効果を発揮していると考えられる。洪水対策に関しては排水改善と低湿地から海への排水を改善する河道改修及び河口処理を提案した。パイロット事業として河口放水路工事を実施し、その効果と改善点を確認した。

本調査は対策の検討と共に、技術的能力の向上を目的としているため、調査を実施する過程で C/P に対する OJT や研修を行った。特に、パイロット事業の計画策定、設計、工事発注を C/P と共同で実施したことにより能力の向上が図られたと考えられる。

調査の後半 2013 年 1 月及び 2014 年 1 月にマヘ島及びラ・ディエグ島で洪水による災害が発生し、その対策として計画で提案した河道改修が実施され始めている。これには計画のみならず、パイロット事業で実施した河口処理工法の採用と工事の計画、設計に関する経験の活用が行われている。洪水対策工事は今後数年継続すると考えられ、これに本調査の成果が活用され、被害の軽減に役立つとともに、C/P の関連する技術的能力が向上することを期待する。

8-2 提 言

海岸侵食及び洪水による被害の軽減を目的として、本プロジェクトを実施し、海岸保全及び洪水管理計画を作成し、パイロット事業を 3 か所で実施し、関連する技術移転を行ってきた。これらの業務を実施する過程において、これら計画の実現に向けた、及び想定される被害の軽減に対する提言を表 8-2-1 に取りまとめた。特に、セーシェルにおいて必要な項目を重点的に選択し、行動に移すことを念頭に置いた。なお、海岸保全計画や洪水管理計画の中での提案は重複を避けるため示していない。

表 8-2-1 提言のまとめ

項 目	内 容
海岸保全計画、洪水管理計画	
背景	海岸侵食及び洪水の被害軽減に関して、短期、中期的な構造物を主体とした対策から、中期、長期的な経済発展や気候変動による影響への対応も含めた非構造物対策に関して計画を策定した。
課題	計画に従って実施することは当然であるが、計画のための海浜変化、雨量、河川水位データ等の基礎資料不足や、将来の気候変動に関する予測が不確定なことから、状況によって計画を変更する必要があると想定される。
提言	将来の不確定要素に対して、適応管理の手法を用い、モニタリングの実施と結果の評価により、担当の環境エネルギー省が定期的に計画を見直すことを提言する。
法令、制度、組織	
背景	都市計画法や環境保護法により海岸域での建物の建設規制、水面の利用などの活動規制、砂利採取の禁止がなされている。

項 目	内 容
課題	将来の気候変動への対応として、非構造物対策の土地利用管理やセッバックが重要であるが、これに関連する法令、制度が確立していない。
提言	海岸の変動域や低平地などの災害リスクが存在する場所の開発規制に関する法令を用地管理の担当機関である土地住宅省が整備する。また、公共のために必要な土地を収用する法律、制度を確立する。
財政措置	
背景	洪水管理に関する予算としては、最近環境エネルギー省の DOE の下にある CAMS が年間約 6 百万ルピーの予算を確保し、維持管理及びプロジェクト実施している。また、災害復旧に関しては、国際機関からの支援を受けて工事を状況に応じて実施している。海岸保全に対しては、ほとんど定常的な予算は無く、国際機関による木杭直立護岸整備の援助に応募し、不定期に実施している。
課題	河道の維持管理は効果を発揮しているが、定期的には実施されていない。また、災害復旧のための予算が無く、一時的な援助に頼っている。
提言	環境エネルギー省は、計画の実施に必要な予算を確保するとともに、定期的な河道の維持管理を実施するに必要な一定の予算を確保する。また、災害復旧のために予備費を準備する。
環境影響評価	
背景	環境影響評価に関する法律は整備され、評価も実施されている。しかし、空港整備によるポイント・ラールの排水問題、ラ・パッセの防波堤の建設による侵食と堆積などが生じている。環境エネルギー省は評価方法の改善を行っており、マニュアルを準備している。また、本プロジェクトで、これまで確認された問題を事例として注意すべき項目を取りまとめた。
課題	海浜変形の生じやすい場所での構造物の建設や低平地での開発により侵食や洪水浸水被害が生じており、評価制度が十分な機能を発揮していない。
提言	海岸侵食や洪水のリスクが高い地域での環境影響評価を強化するため、環境エネルギー省は事例を基に評価方法を改善することを継続的に実施する。
モニタリング	
背景	海浜モニタリングは過去に場所、期間の限られた条件で実施され、現在は中止されている。また、洪水に関連する降雨観測は日雨量の観測がほとんどである。過去の災害に関しても、状況に関する資料が新聞記事程度しか無い。このため、本プロジェクトで海浜モニタリングを継続的に実施するよう、基礎となる測線や基準点を整備した。また、短時間雨量の観測できる雨量計を設置し、災害の記録に関しても状況報告の方法を提案した。
課題	海岸侵食の状況把握、対策の検討のための海浜変形の資料が不足している。洪水に関しても降雨による氾濫と被害の状況に関する資料が不足しており、対策の検討を困難にしている。
提言	環境エネルギー省は海浜のモニタリングを侵食が問題となる重点地域において継続する。また、湿地や低平地における水位のモニタリングを実施し、降雨と氾濫の関係を把握し、対策に結び付ける。
災害対応	
背景	セーシェルの各地区に対する津波、サイクロン、洪水災害のリスクマップ及び対応計画が策定され、DRDM から配布されている。これには、応急対応の手順も含まれている。また、最近 2012 年の津波では警報を発令し、2013 年と 2014 年には洪水と地滑り災害への対応を実施している。
課題	洪水、地滑り、津波に関する災害時の対応マニュアルが整備されているが、社会環境の実態に合わず、活用されていない。
提言	2012 年の津波警報の発令、2013 年の洪水対応等で具体的な対応をしていることから、その経験を取りまとめ、マニュアルを改訂し、効果的な災害対応を図る。
防災意識の啓発活動	
背景	すでに啓発活動に関しては SSDS 2012-2020 に行動計画が策定されている。
課題	一般的な啓発活動は関心が薄く、また継続性がないことから、既存の啓発活動の有効性に問題がある。
提言	具体的な災害の経験、例えば 2004 年の津波、2013 年、2014 年 1 月の降雨時等具体的な経験をしていることを踏まえ、DOE は啓発活動の一環として学童に対しこの経験を書き起こす活動を進め、作文を資料として取りまとめる。これは世代間の経験の継承にも役立つ。