

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

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

セーシェル共和国
環境・エネルギー省

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

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

要約

要 約

1. 緒 言

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%以上がマヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島の主要3島の狭い海岸に集中している。セーシェルは、観光業、漁業といった経済活動の大部分を海岸域に依存しており、年間約200,000人の観光客が訪れる。

主要3島は急峻な花崗岩の山と、その周辺を取り巻く狭い平野とサンゴ礁からなる。気候は11月から4月の北西季節風による波浪が来襲する雨季と、5月から10月の南東貿易風による波浪が来襲する乾季に分けられる。マヘ島では年間を通じて気温と湿度が高く、平均気温26.9度、平均湿度80%、年降雨量は平均2,000mm、山岳部で3,500mmに達する。潮汐は平均潮位差0.88mとなっている。

海岸域は最近災害に見舞われており、プララン島アンセ・ケランでは1986年以来海岸侵食が続き、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、2013年1月のマヘ島南部低平地の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の観光や住宅開発等人為的な影響も受け高まっている。

このような状況の下、海岸域での海岸侵食や洪水防止を対象とした海岸保全計画及び洪水管理計画の策定、セーシエルの環境条件に適合した対策工のパイロット事業としての実施、これらに関連する技術移転を目的として調査を実施した。

2. 海岸侵食、洪水災害の現況

海岸侵食の状況を、地図や航空写真、現地踏査により調査すると、(1)長期的に侵食されている海岸、(2)波浪条件の季節変化により地形が変動する海岸、(3)海岸構造物により侵食、堆積が生じている海岸、(4)安定している海岸に分けることができる。長期的に侵食されている海岸としてはノース・イースト・ポイント(マヘ島)、ベ・ラザール(マヘ島)があり、リーフ間の水路を通して洪水時や沿岸方向の漂砂移動に伴い、沖へ砂が失われていると推定される。季節変動が顕著な海岸としてはノース・イースト・ポイント、ブ・バロン(マヘ島)、アンセ・ケラン(プララン島)があり、変動を受け入れる広い砂浜を有している状況では侵食は問題となっていない。構造物の建設による影響については、突堤の影響があるアンセ・ケラン(プララン島)、防波堤の設置によるラ・パッセの海岸侵食と泊地の堆積がある。

洪水被害の状況を、過去の浸水被害の記録、水理解析、現地踏査により調査すると、(1)排水施設の不備、(2)都市化による流出の増加、(3)低平地の開発、(4)河口閉塞により生じているとして分類することができる。首都のビクトリアでは市街地の開発とその前面が埋め立てられ、昔の海岸線に位置していた区域の排水が十分でないことにより、浸水被害が一部の区域で発生している。セーシェルでは平地が少ないことから、海岸域の浸水リスクのある低平地が開発され、学校、公共施設、住宅

の建設が行われ、浸水被害を生じている事例がある。ポイント・ラルー(マヘ島)における空港の埋め立てによる排水困難、アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤル(マヘ島)、ラ・ディーグ島の開発により浸水被害が発生している。これらは河口閉塞により低平地から海への排水がいずれも困難となった結果、洪水問題を引き起こしている。

セーシェルでの海岸侵食や洪水への対策に関しては、セーシェル持続発展戦略(2012～2020)、国家気候変動戦略、国家災害管理政策が策定されている。これらの中に海岸域の総合管理の実施や関連する行動計画が策定されている。また、法制度としては、都市計画法(1975)、環境保護法(1994)、海浜規制法(1997)、砂利採取法(1991)などが制定されており、環境影響評価(EIA)についても条例(1996)で規定されている。

海岸域の災害対策に関連する主要な組織としては、環境エネルギー省、土地利用住宅省、地域開発省がある。環境エネルギー省には環境局の中に気候適応情報部、国家気象サービス、海岸管理課があり、海岸侵食や洪水を含む海岸域の管理を実施しており、またリスク災害管理部では災害一般に関する応急対策及びリスク管理を担当している。土地利用住宅省は、土地利用計画や土地利用規制を所掌している。

海岸域の災害対策に関する課題としては、

- 海岸侵食や低平地の浸水のリスクを考慮せず、道路、学校、住宅が建設されていること、
- 海岸域の管理や環境影響評価は制度及び担当組織はあるが、人材や経験が不足していること、
- 過去に災害が少なく、災害への関心が薄いため、基本的情報が不足していること、
- 災害対応計画は策定されているが、セーシエルの特性や制約に対応していないことがあり、
- 今後海岸域での開発、将来の気候変動の影響が想定され、新たな災害への対応が求められている。

3. 海岸管理計画

海岸保全及び洪水管理計画はこれらの課題のもとに、(1)基礎調査と課題特定、(2)管理計画策定、(3)実施計画策定、(4)モニタリングと評価の一連の計画実施サイクルの手順をとり、(5)情報管理と工法を考慮して策定することとした。

これら管理計画の目的としては、

- 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の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することとした。

計画の基本条件として目標年次と施設設計規模を表1のように設定した。

表 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

各地域を類型化し、リスクを評価するとともに対策の代替案に関して検討を行い、防御、適応、移住の観点からセーシェルで提案する対策を検討した。その結果、海岸保全に関しては構造物対策として突堤と養浜、洪水管理に関しては、排水改善と河口処理を含む河道改修、また適応策としては土地利用規制(セットバックを含む)、予警報システム、応急対策、広報活動、環境影響評価を採用した。これらの実施工程については、構造物対策に関しては短期から中期、非構造物対策については短期、中期、長期を想定している。

海岸保全及び洪水管理に関する実施計画の策定として、それぞれ優先海岸と優先地域を、対策の必要性、緊急性、技術的特性、将来の地域発展、セーシェル国の要請の 5 つの評価基準を基に選定した。その結果、海岸保全についてはノース・イースト・ポイント、ベ・ラザール(マヘ島)、アンセ・ケラン(プララン島)、ラ・パッセ(ラ・ディエグ島)を選定し、洪水管理についてはビクトリア、ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤル(いずれもマヘ島)を選定した。

4. 優先海岸の海岸保全計画

優先海岸に関する海岸保全計画は次のようになる。

ノース・イースト・ポイント

海岸は延長約 2 km、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。課題としては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 年の間に幅で 30m 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によると想定される。

対策として、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。これは維持管理が必要であるが、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、侵食を助長すると考えられる。

ベ・ラザール

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。課題としては、海岸侵食と波の上げが海岸道路、住宅、商店に影響を与えている。海岸侵食は 2008 年より 2 から 3 年前にはじまり、波及びサンゴ塊の上げが 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る。

対策として、幅 20m、延長 400m の維持も含めた養浜の実施と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。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河口前面における潜堤の建設は費用莫大で経済的でない。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。

アンセ・ケラン

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。海岸に沿っては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いて観光面で、最良の海岸の一つである。課題は、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とである。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、それが沿岸漂砂を止め、南から北への漂砂の回復を阻止することになった。侵食により海岸道路を内陸に移動せざるを得なくなった。

対策としては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の海浜に対する維持も含めた幅20mの養浜を提案する。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低減のために適切と考えられる。護岸の建設案は侵食を止めるが、その前面の海浜砂の損失をもたらす、適切ではない。

ラ・パッセ

海岸はラ・ディグ島の西に位置し、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。プララン島への連絡船となるフェリー利用のための栈橋が存在し、3基の防波堤が泊地を守っている。

防波堤と栈橋により泊地での砂の堆積とその南の海浜の侵食を生じている。侵食は土地の損失と海岸に位置する病院への越波の問題を生じている。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。

対策として、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。防波堤遮蔽域の砂の堆積を防ぐための突堤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。

5. 優先地域の洪水管理計画

優先地域の洪水管理計画は次のようになる。

ビクトリア

当該地域では、海岸側を埋め立てて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おり、排水路及び河川の流下能力が洪水に対し十分でない。浸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、道路の下の排水路の排水能力を向上させることである。中期的には、河川の流下能力を向上させることが望ましい。

短期計画として、総延長1.3km、8本の排水路の改善により40%の排水能力向上を図る。対象箇所

は、オリビエ・マラダン(88m)、マーケット・ストリート(108m)、フタウ・レーン (179m)、パーム・ストリート(121m)、ベネゼ・ストリート(125m)、ステート・ハウス・アベニュー(96m)、インデペンデンス・アベニュー(223m)、フランシス・レチェル(321m)である。

中期計画として、河道掘削 1,080m、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。対象河川はアングレシ川、モーサ川、メイントレー川、サンルイ川、ラ・ポドリエ川の 5 河川である。

ポイント・ラルー

以前は海岸沿いの道路では小河川から、海へと流水があふれ出していた。セーシェル国際空港と主要道路が、海岸沿いの旧道の前面を埋め立てて設置され、この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。

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管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。短期計画として道路下の暗渠管 30m と湿地帯への排水路 40m の新設と既存水路の拡幅を提案する。中期計画として既設暗渠管 8.0m の断面積を拡大することを提案する。

アンセ・オ・ピン

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、宅地や地方行政事務所等の公共施設がある。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。チェッティ・フラットでは不十分な維持管理により排水施設がほとんど機能していない。

対策は、短期計画としてチェッティ・フラットでは 120m の海までの水路新設を提案する。新設水路の延長は短く、維持管理も容易である。中期計画として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、もう一つは暗渠管の新設を伴う 200m の河道拡幅である。

オ・カップ

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。課題は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。新しい対策として管が設置されているが、流下能力が不十分である。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。

対策として短期計画は排水施設の改善を提案する。中期計画は河口付近 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。

アンセ・ロイヤル

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。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。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。

対策として短期計画は排水側溝 120m の新設を提案する。中期計画として 2 河川合わせて、河口付近 170m の河道拡幅、1,400m 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。

6. パイロット事業

パイロット事業は海岸保全及び洪水管理計画の有効性及実施可能性を検証し、事業の計画、設計、施工を通して技術移転を行うことを目的としている。各計画案の中から緊急性、重要性、セーシェルでの適用可能性、事業規模を考慮して選定した。その結果、ノース・イースト・ポイントの養浜、ラ・パッセの突堤と養浜、ポイント・ラルーのカルバートと水路、オ・カップの放水路を提案した。ただ、ポイント・ラルーでは土地所有者との交渉が長引き、調査期間で工事を実施するのは困難となり、中止することとなった。

ノース・イースト・ポイント

ノース・イースト・ポイントでのパイロットプロジェクトの目的は、海岸侵食を軽減する手段としてセーシェルに養浜を導入し、養浜の効果を評価し、海浜での侵食の要因と量を推定することである。対象海岸の南に、延長 400m にわたり幅約 10m、4,000m³の砂を養浜した。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ある。今後もモニタリングを継続する必要がある。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、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た。

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、他の島との連絡船であるフェリー利用のための栈橋や泊地を守るために防波堤が建設されたが、そ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。

現地観測から南部での堆積や北部での侵食が起きており、防砂突堤により沿岸漂砂が防がれたことが明らかになった。砂の浚渫により埋まっていた古い防砂突堤が出現し、これもまた、新規の防砂突堤と共に南から北への漂砂を防いでいる。養浜により住民や観光客に利用されるビーチが創りだされた。

長期間のモニタリングが必要であるが、現時点では防砂突堤は沿岸漂砂を防ぐために効果的である。浚渫した砂による海浜の創出もまた、観光客や地元の人々のための海浜利用に寄与している。

ラ・パッセには港湾の開発計画があるが、重要な観光資源である海浜の保護も考慮する必要がある。パイロットプロジェクトは防波堤の影響のための緩和策の一つであり、本パイロット対策の成果は持続可能な港湾開発方法として今後適用できよう。

オ・カップ

オ・カップでのパイロットプロジェクトの目的は、洪水軽減のための放水口の改良、特に湿地地帯の河口での放水口の既存の対策を改良すること、この種の工事のための DOE の設計及び管理能力を改善することである。洪水が海へ滑らかに流れるようにし、水路での砂の堆積を防ぐために、延長 25m の水路を建設した。

モニタリング結果から維持管理作業が雨季前に必要であることが明らかになり、放水口での流下状況は建設前に比較し改善されることが示された。この種の構造物は湿地帯における洪水に対する対策の 1 つとなり得る。DOE はこの結果を他の放水口に適用するよう計画し、水平展開に向けた取り組みを実施し始めている。

7. 技術移転

技術移転に関しては、技術ガイドラインの作成、OJT(On the Job Training)による工学的知識の習得、セミナー等を実施した。技術ガイドラインとして環境影響評価、排水計画ガイドライン、海浜モニタリング等をセーシェルでの適用性を考慮して改善を行った。工学的知識の習得については、航空写真撮影、海岸調査、洪水被害調査、GIS 活用、水位計管理、水準測量、構造計算に関するOJT を行った。セミナーにおいては日本の防災技術の紹介、パイロット事業の紹介、モーリシャス国との技術交流を行った。本邦研修として日本における海岸保全及び洪水管理に関する適切な管理手法や設計手法を学んだ。これらの成果は2013年1月及び2014年1月に発生した洪水の復旧事業実施にすでに活用されている。

8. 結論と提言

セーシェルの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。海岸侵食の対策は長期的なモニタリングが必要ではあるが、パイロット事業は一応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、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、技術的能力向上を目的としており、調査の実施中でのOJT や研修を行った。特に、パイロット事業の計画策定、設計、工事発注をセーシェル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、その対策として本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、セーシェルの関連する技術的能力が向上することを期待する。

海岸侵食及び洪水被害の軽減に関して、限られた資源の基で、以下の項目に重点を置くことを提言する。

- 海岸保全及び洪水管理計画に関しては、適応管理の手法を用い、定期的に計画を見直すこと、
- リスクが存在する場所の開発規制、土地利用管理を強化すること、
- 財政措置として計画の実施および維持管理に必要な予算を確保すること、
- 海岸侵食や洪水の危険のある地域での環境影響評価を強化すること、
- 侵食が問題となる海岸での海浜のモニタリング、湿地での水位モニタリングを実施すること、
- 過去の災害についての対応経験を取りまとめ、マニュアルを改訂すること、
- 具体的な災害の経験を記録に残し、その経験の継承を図ることを提言する。

目 次

要 約

目 次

表目次／図目次／略語集

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	基本方針	1-3
1-4	調査項目と方法	1-3
1-5	調査工程	1-4
1-6	報告書の構成	1-5
第 2 章	基礎調査	2-1
2-1	自然条件	2-1
2-1-1	地 形	2-1
2-1-2	気 候	2-1
2-2	社会経済条件	2-1
2-2-1	人 口	2-1
2-2-2	経済活動	2-2
2-2-3	土地利用	2-2
2-3	政策、法制、組織	2-3
2-3-1	国家政策	2-3
2-3-2	法制度	2-6
2-3-3	組 織	2-7
2-4	海岸侵食解析	2-10
2-4-1	海岸地形	2-12
2-4-2	潮 汐	2-12
2-4-3	波 浪	2-14
2-4-4	過去の海岸災害	2-19
2-4-5	海岸侵食	2-22
2-4-6	既存の海岸構造物	2-33
2-5	洪水災害解析	2-35
2-5-1	概 要	2-35
2-5-2	河川特性	2-36
2-5-3	水文観測	2-38

2-5-4	確率降雨	2-41
2-5-5	流出解析	2-44
2-5-6	氾濫解析	2-48
2-5-7	過去の洪水災害.....	2-65
2-5-8	既存の洪水対策.....	2-65
2-6	気候変動解析.....	2-67
2-6-1	概 要.....	2-67
2-6-2	海面上昇と波浪.....	2-68
2-6-3	水文変化	2-69
2-6-4	サンゴ礁	2-71
2-6-5	海岸侵食と洪水への影響.....	2-73

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	3-3
3-4-1	対象地域と設計確率	3-3
3-4-2	自然条件	3-3
3-4-3	担当機関	3-4
3-5	リスク予測	3-4
3-5-1	海岸の類型化.....	3-4
3-5-2	侵食海岸のリスク推定.....	3-8
3-5-3	洪水地域の類型化.....	3-10
3-5-4	洪水地域のリスク推定.....	3-12
3-6	対策案	3-13
3-6-1	基本条件	3-13
3-6-2	防護案	3-13
3-6-3	適応案.....	3-15
3-6-4	移転案.....	3-16
3-7	優先順位と管理計画.....	3-16
3-7-1	優先順位	3-16
3-7-2	管理計画	3-18
3-7-3	優先地域	3-18
3-7-4	実施工程	3-20
3-8	モニタリングと評価.....	3-21
3-8-1	モニタリング	3-21
3-8-2	評 価.....	3-22
3-9	情報管理と教育.....	3-22

3-9-1	情報管理.....	3-22
3-9-2	データベース	3-22
3-9-3	住民啓発.....	3-23
3-9-4	利害関係者協議.....	3-24
3-10	環境社会配慮.....	3-24
3-11	管理計画の評価	3-26

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	4-2
4-2-1	計画の手順.....	4-2
4-2-2	優先海岸の保全案	4-3
4-3	基本設計	4-16
4-3-1	養 浜	4-16
4-3-2	突 堤.....	4-16
4-4	維持管理計画.....	4-17
4-4-1	養 浜	4-17
4-4-2	突堤等構造物	4-17
4-4-3	海岸道路.....	4-17
4-5	費用便益.....	4-18
4-6	環境影響評価.....	4-19
4-6-1	概 要.....	4-19
4-6-2	環境影響評価	4-19

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
5-2-1	ビクトリア市街.....	5-3
5-2-2	ポイント・ラルー	5-19
5-2-3	アンセ・オ・ピン	5-22
5-2-4	オ・カップ.....	5-24
5-2-5	アンセ・ロイヤル.....	5-27
5-3	基本設計	5-31
5-3-1	河道改修.....	5-31
5-3-2	排水改良.....	5-32
5-4	維持管理計画.....	5-32
5-5	住民啓発と関係者協議.....	5-34
5-6	環境影響評価.....	5-36

第6章 パイロットプロジェクト 6-1

6-1	パイロットプロジェクトの選定	6-1
6-2	詳細計画・設計	6-6
6-2-1	ノース・イースト・ポイント	6-6
6-2-2	ラ・パッセ	6-9
6-2-3	ポイント・ラルー	6-15
6-2-4	オ・カップ	6-21
6-3	調 達	6-26
6-4	建設管理及び施工監理	6-26
6-4-1	工程管理	6-26
6-4-2	品質管理	6-27
6-4-3	環境配慮	6-27
6-5	環境社会配慮	6-29
6-5-1	環境概観	6-29
6-5-2	環境影響評価	6-31
6-5-3	緩和策	6-32
6-5-4	公開協議	6-34
6-5-5	環境管理・モニタリング計画	6-35
6-6	モニタリング・評価	6-36
6-6-1	ノース・イースト・ポイント	6-37
6-6-2	ラ・パッセ	6-41
6-6-3	オ・カップ	6-44
6-7	パイロットプロジェクトの活用	6-47
6-7-1	養 浜	6-47
6-7-2	突 堤	6-48
6-7-3	放水路	6-48
6-7-4	管理計画への適用	6-49

第7章 技術移転 7-1

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改善	7-3
7-2-1	環境影響評価	7-3
7-2-2	排水計画ガイドライン	7-7
7-2-3	航空写真ガイドライン	7-7
7-2-4	深浅測量ガイドライン	7-8
7-2-5	海浜測量ガイドライン	7-9
7-3	工学的知識の習得	7-12

7-3-1	航空写真撮影	7-12
7-3-2	海岸調査.....	7-12
7-3-3	洪水被害調査	7-12
7-3-4	GIS 研修	7-13
7-3-5	研修結果.....	7-15
7-3-6	水位計計測データ回収作業の現地研修	7-16
7-3-7	水準測量研修	7-16
7-3-8	流出解析研修	7-17
7-3-9	構造計算研修	7-17
7-4	講習会及びワークショップ	7-18
7-4-1	講習会	7-18
7-4-2	ワークショップ.....	7-21
7-4-3	本邦研修.....	7-24

第8章 提 言

8-1

8-1	概 要.....	8-1
8-2	海岸保全計画と洪水管理計画.....	8-2
8-3	法令、制度、組織.....	8-3
8-4	財政措置.....	8-3
8-5	環境影響評価.....	8-4
8-6	水文観測とモニタリング	8-4
8-7	災害対応.....	8-5
8-8	啓発活動.....	8-5

付属資料

1. 協議議事録（インセプション・レポート）
2. 協議議事録（インテリム・レポート）
3. 協議議事録（ドラフト・ファイナル・レポート）

表 目 次

表 1-5-1	プロジェクトの実施工程.....	1-4
表 2-1-1	気候条件.....	1
表 2-2-1	人口と GDP の変化.....	2
表 2-2-2	観光客の入国数.....	2
表 2-2-3	マヘ島の土地利用	2
表 2-4-1	セーシエルの主要な島の面積と海岸延長.....	11
表 2-4-2	潮位差	11
表 2-4-3	過去の海岸災害	11
表 2-4-4	既存の海岸構造物	12
表 2-4-5	主要分潮の振幅と位相(ポイント・ラルー)	13
表 2-5-1	降雨強度曲線に乗じる補正係数.....	35
表 2-5-2	雨量計設置場所の状況	38
表 2-5-3	ビクトリア市における水位計設置場所の状況	40
表 2-5-4	雨量観測所の名称	42
表 2-5-5	確率規模別の日最大降雨量	42
表 2-5-6	確率規模別の日最大降雨量	43
表 2-5-7	国際空港の降雨量に対する各地区の降雨量の比率	44
表 2-5-8	降雨強度曲線に乗じる比率	44
表 2-5-9	勧告されている計画再現期間	45
表 2-5-10	目標とする整備水準.....	45
表 2-5-11	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)	46
表 2-5-12	降雨強度曲線式.....	46
表 2-5-13	計画流量の算定結果.....	47
表 2-5-14	整備水準に対応する潮位の確率評価結果.....	50
表 2-5-15	最大流量の推定.....	52
表 2-5-16	各流域からの流出量.....	54
表 2-5-17	潮位データ (2013 年 1 月 28 日)	55
表 2-5-18	過去 25 年間ににおける主な洪水・浸水被害の概要.....	65
表 2-5-19	洪水対策の実施状況.....	66
表 2-5-20	6 ヶ年における洪水対策の実施状況	67
表 2-5-21	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	67
表 2-6-1	推定される 21 世紀末 (2090-2099) の海面上昇 (1980 年から 1999 年の平均値 からの変化).....	68
表 2-6-2	21 世紀末の降雨量変化の推定 (1972 年から 1990 年の平均からの変 化)(Chang-Seng(2007)による)	70

表 2-6-3	21 世紀末(2090 年-2099 年)の全地球の平均気温の上昇量の推定 (1980 年-1999 年平均に対する量)	70
表 2-6-4	世紀末(2090 年-2099 年)のマへの平均気温の上昇量の推定 (1980 年-1999 年平均に対する量) (Chang-Seng (2007)より).....	70
表 2-6-5	可能な最悪シナリオによる浸水建物の推定(2100 年)	74
表 2-6-6	可能な最悪シナリオによる浸水道路延長の推定(2100 年)	75
表 3-4-1	目標年次と施設設計の確率規模	3
表 3-4-2	設計潮位 (単位: MSL 上 m).....	3
表 3-4-3	設計波浪(25 年確率).....	4
表 3-5-1	侵食海岸の特性	5
表 3-5-2	海岸侵食の類型化	6
表 3-5-3	危険のランク付け	9
表 3-5-4	危険の起こりやすさの評価	9
表 3-5-5	海岸侵食に対する現在のリスク	9
表 3-5-6	海岸侵食に対する将来のリスク	10
表 3-5-7	洪水地域の特性	11
表 3-5-8	洪水の類型化.....	11
表 3-5-9	洪水に対する現在のリスク	12
表 3-5-10	洪水に対する将来のリスク	12
表 3-7-1	海岸保全構造物対策の優先順位	17
表 3-7-2	洪水構造物対策の優先順位	17
表 3-7-3	適応及び移住案の優先順位	17
表 3-7-4	海岸侵食の類型化とその対策.....	18
表 3-7-5	洪水の類型化とその対策.....	18
表 3-7-6	海岸保全計画策定の優先海岸選定	19
表 3-7-7	洪水管理計画策定の優先地域の選定	20
表 3-7-8	海岸保全・洪水管理計画の実施工程.....	21
表 3-10-1	プロジェクトのスコーピング (海岸保全)	24
表 3-10-2	プロジェクトのスコーピング(洪水管理).....	25
表 3-4-1	目標年次と施設設計規模.....	3-3
表 3-4-2	設計潮位 (単位: MSL 上 m).....	3-3
表 3-4-3	設計波浪(確率規模 1/25 年).....	3-4
表 3-5-1	侵食海岸の特性	3-5
表 3-5-2	海岸侵食の類型化	3-6
表 3-5-3	危険のランク付け	3-9
表 3-5-4	危険の起こりやすさの評価	3-9
表 3-5-5	海岸侵食に対する現在のリスク	3-9

表 3-5-6	海岸侵食に対する将来のリスク	3-9
表 3-5-7	洪水地域の特性.....	3-10
表 3-5-8	洪水の類型化	3-11
表 3-5-9	洪水に対する現在のリスク	3-12
表 3-5-10	洪水に対する将来のリスク	3-12
表 3-7-1	海岸保全構造物対策の優先順位.....	3-17
表 3-7-2	洪水構造物対策の優先順位.....	3-17
表 3-7-3	適応及び移住案の優先順位.....	3-17
表 3-7-4	海岸侵食の類型化とその対策	3-17
表 3-7-5	洪水の類型化とその対策.....	3-18
表 3-7-6	海岸保全計画策定の優先海岸選定	3-19
表 3-7-7	洪水管理計画策定の優先地域の選定.....	3-19
表 3-7-8	海岸保全・洪水管理計画の実施工程.....	3-20
表 3-10-1	プロジェクトのスコーピング（海岸保全）	3-24
表 3-10-2	プロジェクトのスコーピング(洪水管理).....	3-25
表 4-1-1	ノース・イースト・ポイントにおける保全計画.....	4-1
表 4-1-2	ベ・ラザールにおける保全計画.....	4-1
表 4-1-3	アンセ・ケランにおける保全計画	4-1
表 4-1-4	ラ・パッセにおける保全計画	4-2
表 4-2-1	ノース・イースト・ポイントでの代替案の評価.....	4-6
表 4-2-2	ベ・ラザールでの代替案の評価.....	4-9
表 4-2-3	アンセ・ケランでの代替案の評価	4-12
表 4-2-4	ラ・パッセでの代替案の評価	4-15
表 4-5-1	対策工の単価	4-18
表 4-5-2	対策の費用.....	4-18
表 4-6-1	環境と保全計画のまとめ.....	4-19
表 4-6-2	海岸保全計画に関する環境影響評価のまとめ	4-20
表 5-1-1	ビクトリア市における管理計画.....	2
表 5-1-2	ポイント・ララーにおける管理計画.....	2
表 5-1-3	アンセ・オ・ピンにおける管理計画.....	2
表 5-1-4	オ・カップにおける管理計画	3
表 5-1-5	アンセ・ロイヤルにおける管理計画.....	3
表 5-2-1	既存の排水系統.....	5
表 5-2-2	流下能力不足水路の整理.....	10
表 5-2-3	Moosa 川地域における排水改善計画案	11
表 5-2-4	Maintry 川地域における排水改善計画案	12
表 5-2-5	St. Louis 川地域における排水改善計画案	13
表 5-2-6	La Poudriere 川地域における排水改善計画案	14

表 5-2-7	ビクトリア市における構造物対策案.....	16
表 5-2-8	ポイント・ラルーにおける現状の整理.....	19
表 5-2-9	ポイント・ラルーにおける構造物対策案.....	20
表 5-2-10	アンセ・オ・ピンにおける現状の整理.....	22
表 5-2-11	アンセ・オ・ピンにおける構造物対策案.....	23
表 5-2-12	オ・カップにおける現状の整理.....	24
表 5-2-13	オ・カップにおける構造物対策案.....	26
表 5-2-14	アンセ・ロイヤルにおける現状の整理.....	27
表 5-2-15	アンセ・ロイヤルにおける構造物対策案.....	29
表 5-4-1	河川の維持管理計画.....	33
表 5-4-2	排水路の維持管理計画.....	33
表 5-4-3	維持管理活動の委託に係る 2011 年の契約金額（マへ島内）.....	33
表 5-5-1	聞き取り調査結果.....	35
表 5-5-2	DA を対象とした聞き取り調査の結果.....	36
表 6-1-1	パイロットプロジェクト地域の選定.....	1
表 6-1-2	パイロットプロジェクトの規模と費用.....	3
表 6-2-1	設計条件（ノース・イースト・ポイント）.....	6
表 6-2-2	設計条件.....	10
表 6-2-3	設計条件.....	22
表 6-3-1	調達手順.....	26
表 6-5-1	パイロットプロジェクトの概要.....	29
表 6-5-2	ステークホルダーミーティングで協議された主要項目.....	35
表 6-5-3	環境管理計画.....	35
表 6-5-4	環境モニタリング計画.....	36
表 7-1-1	技術移転項目のまとめ.....	1
表 7-1-2	技術ガイドラインの整備項目と内容.....	2
表 7-1-3	工学的知識の習得項目と内容.....	3
表 7-2-1	モニターすべき海浜とその特性.....	10
表 7-2-2	各海浜の測量断面の位置と基準高さ.....	11
表 7-3-1	GIS 研修の概要.....	14
表 7-3-2	GIS 研修スケジュール.....	15
表 7-4-1	第 1 回講習会プログラム.....	18
表 7-4-2	第 2 回講習会プログラム.....	19
表 7-4-3	第 3 回講習会プログラム.....	20
表 7-4-4	第 1 回ワークショッププログラム（2011 年 5 月 18 日）.....	21
表 7-4-5	第 2 回ワークショッププログラム（2011 年 10 月 25 日）.....	22
表 7-4-6	第 3 回ワークショッププログラム（2012 年 4 月 11 日）.....	22
表 7-4-7	第 4 回ワークショッププログラム（2012 年 7 月 4 日）.....	23

表 7-4-8	第1回本邦研修のカリキュラムとスケジュール（2011年）	24
表 7-4-9	第2回本邦研修のカリキュラムとスケジュール（2012年）	24
表 8-1-1	提言のまとめ	8-1

目 次

図 1-2-1	調査体調地域位置図 (マヘ島).....	1-2
図 1-2-2	調査対象地域位置図(プララン島とラディエグ島).....	1-3
図 2-3-1	環境エネルギー省の組織図.....	8
図 2-3-2	気候適応情報部の組織図.....	8
図 2-3-3	リスク・災害管理部の組織図.....	10
図 2-4-1	海水面の年変化.....	14
図 2-4-2	インド洋に月平均の有義波高 (m): 2月(左)と8月(右).....	14
図 2-4-3	インド洋の月平均の有義波周期 (s): 2月(左)と8月(右).....	15
図 2-4-4	波向き毎の波高分布.....	15
図 2-4-5	波向き毎の周期分布.....	16
図 2-4-6	波向きの頻度分布.....	16
図 2-4-7	リーフ上の波高分布: 高潮位は高波浪が入射.....	16
図 2-4-8	マヘ島での津波の遡上高 赤い数値は各地点での最高水位を示す.....	18
図 2-4-9	プララン島での津波の遡上高 赤い数値は各地点での最高水位を示す.....	19
図 2-4-10	アンセ・ケランの侵食 (出典: Seychelles Nation, May 18, 1998).....	20
図 2-4-11	各海岸における海浜幅の長期的変化.....	22
図 2-4-12	ノース・イースト・ポイントの海岸線変化(1960s ~2011).....	23
図 2-4-14	アンセ・オ・ピンの海岸線変化(1998~2011).....	25
図 2-4-15	オッカブの海浜変化(1963~2011).....	26
図 2-4-16	アンセ・ロイヤルの海浜変形(1963~2011).....	27
図 2-4-17	ベ・ラザールの海浜変形(1963~2011).....	28
図 2-4-18	アンセ・ラモッシュの海浜変化(1963~2011).....	29
図 2-4-19	アンセ・ケランの海浜変形(1966~2011).....	30
図 2-4-20	グラン・アンセの海浜変形(1966~2011).....	30
図 2-4-21	ラ・パッセの海岸線変化(1964~2011).....	32
図 2-4-22	ラ・パッセでの漂砂移動.....	32
図 2-5-1	洪水解析の検討フロー.....	36
図 2-5-2	マヘ島内の河川網図.....	36
図 2-5-3	河川特性と問題点に関する基本的な考え方.....	37
図 2-5-4	雨量計の設置位置図.....	39
図 2-5-5	雨量計設置状況 (ヘミテージ、PUC).....	39
図 2-5-6	雨量計と PC の接続.....	39
図 2-5-7	ビクトリア市水位計設置位置図.....	41
図 2-5-8	雨量観測所の位置.....	42
図 2-5-9	3地域における雨量の補正係数.....	44

図 2-5-10	排水処理設計ガイドラインの表紙	45
図 2-5-11	洪水氾濫タイプ例	48
図 2-5-12	HEC-RAS のウェブサイト	49
図 2-5-13	潮位の確率評価	50
図 2-5-14	Hermitage 観測所における時間雨量の設定	51
図 2-5-15	実績潮位 (2004 年 12 月 28 日～29 日)	52
図 2-5-16	水位計算結果と横断図の重ね合わせ (河口から 450m 付近)	53
図 2-5-17	2013 年 1 月洪水の確率強度曲線へのプロット	54
図 2-5-18	計算結果と現地調査結果との比較	オ・カップ(1/4)
図 2-5-19	計算結果と現地調査結果との比較	オ・カップ(2/4)
図 2-5-20	計算結果と現地調査結果との比較	オ・カップ(3/4)
図 2-5-21	計算結果と現地調査結果との比較	オ・カップ(4/4)
図 2-5-22	計算結果と現地調査結果との比較	アンセ・オ・ピン(1/5)
図 2-5-23	計算結果と現地調査結果との比較	アンセ・オ・ピン(2/5)
図 2-5-24	計算結果と現地調査結果との比較	アンセ・オ・ピン(3/5)
図 2-5-25	計算結果と現地調査結果との比較	アンセ・オ・ピン(4/5)
図 2-5-26	計算結果と現地調査結果との比較	アンセ・オ・ピン(5/5)
図 2-6-1	環礁の発達モデル(Kennedy et al. (2002)より)	71
図 3-2-1	計画実施のサイクル	2
図 3-5-1	カズン島の海浜変形 右 : 2008 年 8 月、左 : 2009 年 3 月(Google Earth から)	7
図 3-5-2	Iso-parametric scour plot for sand beaches	8
図 4-2-1	計画のフロー	4-3
図 4-2-2	ノース・イースト・ポイントにおける推定される漂砂移動	4-3
図 4-2-3	ノース・イースト・ポイントの海浜形状	4-4
図 4-2-4	ノース・イースト・ポイントの海岸保全対策	4-6
図 4-2-5	ベ・ラザールにおける推定される漂砂移動	4-7
図 4-2-6	ベ・ラザールの海浜形状	4-7
図 4-2-7	ベ・ラザールでの海岸保全対策	4-9
図 4-2-8	アンセ・ケランとグラン・アンセにおける推定される漂砂移動	4-10
図 4-2-9	アンセ・ケランの海浜形状	4-10
図 4-2-10	アンセ・ケランの海岸保全対策	4-12
図 4-2-11	ラ・パッセにおける推定される漂砂移動	4-13
図 4-2-12	ラ・パッセの海浜形状	4-14
図 4-2-13	ラ・パッセの海岸保全対策	4-15
図 4-3-1	ラ・パッセ突堤の縦断図と横断図	4-16
図 5-2-1	セントラルビクトリアおよびグレートビクトリアの区分	4
図 5-2-2	調査地域	5

図 5-2-3	浸水常襲地区および被害状況.....	7
図 5-2-4	流下能力不足水路の位置と洪水エリア	9
図 5-2-5	Moosa 川地域における排水経路図.....	11
図 5-2-6	Maintry 川地域における排水経路図.....	12
図 5-2-7	St. Louis 川地域における排水経路図	13
図 5-2-8	La Poudriere 川地域における排水経路図.....	14
図 5-2-9	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.....	15
図 5-2-10	ビクトリア市における構造物対策案の位置（Anglaise 川）	16
図 5-2-11	ビクトリア市における構造物対策案の位置（Moosa 川）	17
図 5-2-12	ビクトリア市における構造物対策案の位置（Maintry 川）	17
図 5-2-13	ビクトリア市における構造物対策案の位置（St. Louis 川）	18
図 5-2-14	ビクトリア市における構造物対策案の位置（La Poudriere 川）	18
図 5-2-15	ポイント・ラルーにおける洪水被害地域.....	19
図 5-2-16	ポイント・ラルーにおける構造物対策案の位置	21
図 5-2-17	アンセ・オ・ピンにおける洪水被害地域.....	22
図 5-2-18	アンセ・オ・ピンにおける構造物対策案の位置	23
図 5-2-19	オ・カップにおける洪水被害地域	24
図 5-2-20	オ・カップにおける構造物対策案の位置.....	26
図 5-2-21	アンセ・ロイヤルにおける洪水被害地域.....	27
図 5-2-22	アンセ・ロイヤルにおける構造物対策案の位置	30
図 5-3-1	河川擁壁の構造形式.....	31
図 5-3-2	都市排水路の代表断面	32
図 5-4-1	EEWS-DOE による維持管理活動の地域区分	34
図 6-1-1	プロジェクト地域と構造物	4
図 6-2-1	プロジェクト位置図（ノース・イースト・ポイント）	6
図 6-2-2	ノース・イースト・ポイントでの養浜計画	8
図 6-2-3	プロジェクト位置図（ラ・パッセ）	9
図 6-2-4	防砂突堤配置図（ラ・パッセ）	11
図 6-2-5	防砂突堤一般図（ラ・パッセ）	12
図 6-2-6	防砂突堤の縦断面図.....	13
図 6-2-7	養浜断面図	14
図 6-2-8	プロジェクト位置図（ポイント・ラルー）	15
図 6-2-9	排水路配置図（ポイント・ラルー）	18
図 6-2-10	排水路一般図（ポイント・ラルー）	19
図 6-2-11	開発を計画している私有地.....	20
図 6-2-12	プロジェクト位置図（オ・カップ）	21
図 6-2-13	放水路配置図（オ・カップ）	24
図 6-2-14	放水路一般図（オ・カップ）	25
図 6-6-1	計画実施のサイクル例（ノース・イースト・ポイント）	37

図 6-6-2	ノース・イースト・ポイント GIS データ (1998 年)	38
図 6-6-3	ノース・イースト・ポイント航空写真 (2011 年 5 月)	38
図 6-6-4	ノース・イースト・ポイント航空写真 (2013 年 3 月)	38
図 6-6-5	ノース・イースト・ポイント航空写真 (2013 年 11 月)	38
図 6-6-6	ノース・イースト・ポイントにおける海浜断面積の変化.....	39
図 6-6-7	養浜直後の状況 (2013 年 4 月)	39
図 6-6-8	2013 年 11 月時点の状況	39
図 6-6-9	計画実施のサイクル例 (ラ・パッセ)	41
図 6-6-10	ラ・パッセ GIS データ (1998 年)	42
図 6-6-11	ラ・パッセ航空写真 (2011 年 5 月)	42
図 6-6-12	ラ・パッセ航空写真 (2013 年 1 月)	42
図 6-6-13	ラ・パッセ航空写真 (2013 年 11 月)	42
図 6-6-14	突堤設置前後のラ・パッセにおける海浜横断形状の変化.....	43
図 6-6-15	計画実施のサイクル例 (オ・カップ)	44
図 6-6-16	パイプによる排水状況 (2012 年)	44
図 6-6-17	カルバートの閉塞 (2012 年 5 月 17 日)	44
図 6-6-18	オ・カップでの 2013 年 8 月から 9 月の放水路河口部の水位変化.....	45
図 7-2-1	洪水被害調査の質問票	7-13
図 7-2-2	水準測量概念図.....	7-17

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	Gloval 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

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・ディエグ島の狭い海岸に集積している。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依存しており、年間約 200,000 万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の観光や住宅開発等の人為的影響も受け高まっている。

セーシェル政府は気候変動に関する国際連合枠組み条約（UNFCCC）の第 2 回国別報告書の作成に際し、海岸侵食と浸水問題を重要な課題と位置づけた。これ以後、2008 年に「海岸侵食と洪水」に関する報告を作成した。同報告書では海岸域の脆弱性の緩和を提案している。

クールアースパートナーシップ協定が 2008 年 9 月にわが国とセーシールの間で結ばれたことを受けて、JICA は 2009 年 2 月にセーシェル環境・天然資源・運輸省と協議した。2009 年 6 月には準備調査が実施され、セーシェル政府から「セーシェル国海岸侵食・洪水管理プロジェクト」について正式な要請があり、日本政府はこれを実施することとした。2010 年 6 月に JICA により詳細計画策定調査が実施され、調査団とセーシェル内務・環境・運輸・エネルギー省環境局との間で、調査のための S/W に合意し調印した。本調査は 2011 年 2 月のインセプション・レポートの説明に始まり、2014 年 3 月まで 3 カ年のプロジェクトとして行われた。

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

調査対象地域は以下の通りである。

- 1) 災害に対する海岸保全対象地域
マヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島の海岸
- 2) 洪水管理対象地域
ビクトリア市内、及びマヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島の洪水危険地域

調査対象地域を図 1-2-1 と図 1-2-2 に示す。

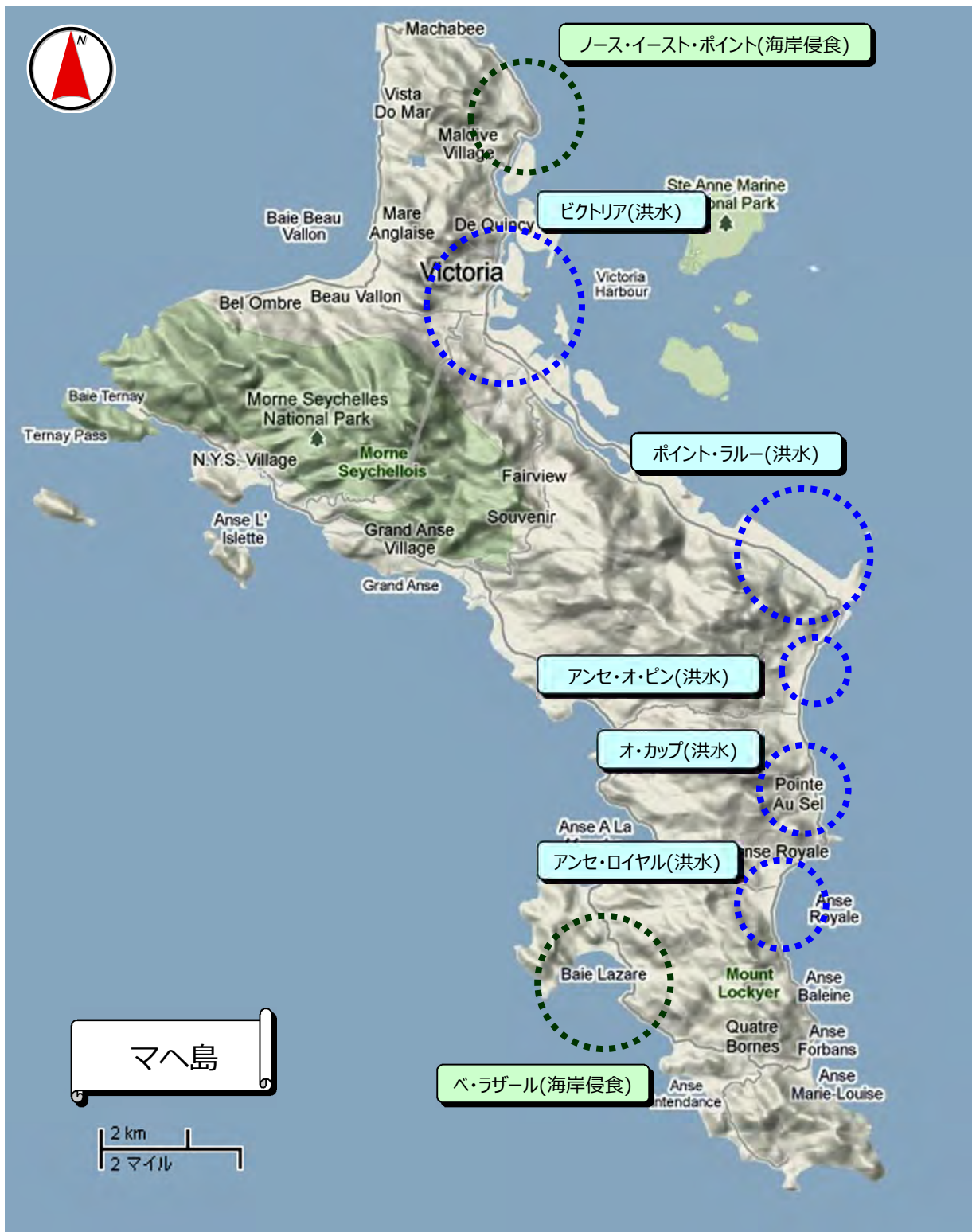


図 1-2-1 調査体調地域位置図 (マヘ島)

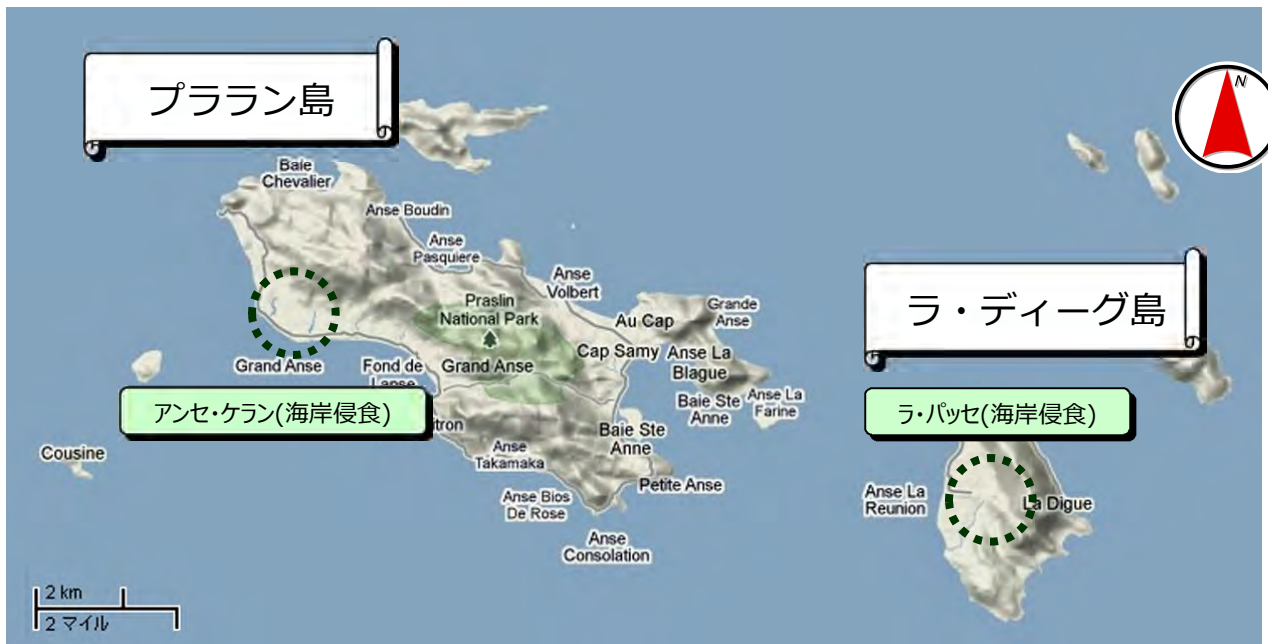


図 1-2-2 調査対象地域位置図(プララン島とラディーグ島)

1-3 基本方針

セーシェル国家戦略、気候変動戦略、環境管理計画についてはセーシェル政府によって既に作成されており、現在災害管理計画が検討されている。しかし、海岸侵食や洪水の分野では、情報、原因の解析、具体的な対応策や計画が不足している。したがって、重点的に具体的な対策に結び付く調査、計画、パイロット事業、技術移転を実施した。

海岸侵食や洪水の形態は自然条件によって限定されている。海岸侵食は北西季節風と南東貿易風による波向き変動に伴い生じた沿岸漂砂が関連している。洪水は山麓で生じるフラッシュフラッドである。これら自然条件に加え、人間活動、すなわち低平地の開発、構造物の建設、サンゴ礁の採取などが原因となっている。対策としては、これらのセーシエルの特性を考慮したものとした。

災害対策はいくつかの組織で実施されている。それらは、環境局 (DOE)、リスク・災害管理部 (DRDM)、コミュニティ開発・青年省 (MCDY)、国家開発省 (MND)、地方行政事務所である。災害の防止のためにはこれらの組織の連携が必要である。したがって、これら関係機関との連携についても配慮した。

情報の欠如がひとつの課題である。住民が十分な経験を有していると災害に対して対応することができる。セーシェルでは災害が稀であるために、情報の交換が非常に重要である。このため、関連する情報の収集、蓄積、活用について考慮した。

1-4 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。

コンポーネント1: 基礎調査

基礎調査は既存データの収集、海岸と洪水域の測量とモニタリング、海岸侵食と洪水の解析からなる。基礎調査では収集データと測量に基づき海岸の侵食と洪水の状況把握と原因解明に重点をお

いた。過去の EIA 報告書を集め、EIA マニュアルの改善のために、現況に基づき評価した。海岸や洪水災害防止の既存構造物の特性についても設計指針改善のため、分析した。

コンポーネント2： 海岸保全・洪水管理計画の策定

災害防止に関する海岸保全計画をいくつかの優先海岸について策定した。優先海岸は自然の特性や被害の厳しさに基づいて主要 3 島の海岸から選定した。洪水管理計画はビクトリアとその他の地区に分けて策定した。その他の地区の計画は自然特性や被害の厳しさに基づいて選定して優先地域に対して策定した。

計画は国家戦略、上位の関連計画の基に策定した。計画の基本概念は 5 つの方向、すなわち無対策、適応、自然との協同、防護、積極的対応から将来の能力と経済性の観点から選定した。計画の実現を図るよう必要性、優先順位、住民合意を含めた。

セーシェルでは資源が限られていることから、適用する技術は自然及び社会経済条件、災害の規模、将来の発展に対応できるものとした。構造物は地元の材料、例えば石や木材と地元の技術を活用するようにした。自然にやさしい工法、例えば高波浪を緩和し、サンゴ砂の堆積を助長する海岸植生などを適用するよう努めた。

計画策定においては、セーシールの社会経済的な特色に配慮し、大規模な構造物対策は行わず、小規模な構造物対策、及び非構造物対策を提案した。

コンポーネント3： パイロット事業

パイロットプロジェクトは計画の効果の証明、必要な技術の習得、計画の改善のために選択された計画の中から実施する。事業は EIA、工事の発注手続き、住民との討議を考慮して実施した。

コンポーネント4： 技術移転

この調査の主要な目的は、海岸侵食や洪水によるリスクを軽減する能力を高めることにあることから、技術移転は海岸侵食と洪水に関連する政府関係職員を対象とし、OJT、ワークショップ、セミナー、日本での研修により実施する。また、関係する NGO や建設会社、コンサルタントの能力向上にも配慮する。本プロジェクトは表 1-5-1 に示す工程で実施した。

1-5 調査工程

調査工程を表 1-5-1 に示す。

表 1-5-1 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

1-6 報告書の構成

この報告書はファイナル・レポートとして調査の最終結果を説明する。初めとして調査の背景、目的、内容について第1章で説明する。

第2章では基礎調査の結果を説明する。これには海岸保全及び洪水管理に関する自然条件、社会経済条件、政策、法制度、組織が基礎的条件として述べられている。また、海岸侵食問題と洪水と排水問題に関して分析を行った。

第3章は海岸保全及び洪水管理に関する管理計画について説明した。はじめに計画の作成手順を説明した。これは問題の特定、管理計画の準備と適用、実施、モニタリングと評価を計画のサイクルとして含んでいる。管理計画は代替案について議論した後に設定した。

第4章は優先海岸に対する海岸保全計画について説明している。選定された優先海岸はマヘ島のノース・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・ディエグ島のラ・パッセである。それぞれの海岸に対して侵食問題の取りまとめといくつかの代替案から対策を選定した。

第5章は優先地区に対する洪水管理計画について説明している。それらはビクトリア、ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤルである。洪水管理計画は排水と洪水に関する分析に基づいている。主要な対策は排水改善であり、将来の気候変動と経済発展に向けた非構造物対策からなる。

第6章はパイロットプロジェクトの選定、計画と設計とその結果を説明している。対象地としてはノース・イースト・ポイントとラ・パッセが海岸対策として、ポイント・ラルーとオ・カップが洪水対策として選定された。各プロジェクト計画と設計、調達、施工と管理、モニタリング計画について説明している。

第7章は技術移転の内容と成果に関し述べている。それらはガイドラインの作成、OJT(On the Job Training)、日本における研修、ワークショップとセミナーである。3回のセミナーと4回のワークショップをビクトリアで開催した。また、調査の実施中、カウンターパート等に対しモニタリング、計画、設計のOJTを実施した。

第2章 基礎調査

第 2 章 基礎調査

2-1 自然条件

2-1-1 地 形

セーシェルは、西インド洋の中央部 100 万 km² 以上の海域に広がる 115 の島からなり、領土は 445km²、排他的経済水域は 130 万 km² に及ぶ。セーシェル列島は、花崗岩で構成される高い山を有するマヘ島グループ (43 島)、標高が海面より少し高い程度の低平なサンゴ礁島のグループ (72 島) の 2 つのグループに明確に分けられる。最も重要な島であるマヘ島は、南緯 4 度、東経 55 度に位置し、長さ 27km、幅 11km、面積 148km² であり、モルーン・セーシェル山 (905m) を有する。マヘ島から 33.6km 離れたプララン島と 48km 離れたラ・ディエグ島もまた、面積及び人口の面から重要な島である (Seychelles in Figures, 2011 ed., National Bureau of Statistics (NBS))。花崗岩の島は先カンブリア時代 (6 億 5,000 万年前) のもので、1 億 3,500 万年前の Gondwana 大陸の分裂により形成された。

2-1-2 気 候

セーシエルの気候は常に温暖で、気温は 24℃～32℃である。北西季節風の吹く 10 月から 3 月までの間、海は比較的穏やかであり、気候は温かく、湿度が高く、風速は 8～12 ノットである。1 月と 2 月には降雨により河川の流量が多くなる。5 月から 9 月は乾燥した涼しい気候であり、風速は 10～20 ノットである。表 2-1-1 にセーシェル国際空港で観測された統計平均値を示す。

表 2-1-1 気候条件

	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	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)

2-2 社会経済条件

2-2-1 人 口

セーシエルの人口は約 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 72.6 歳、男性 68 歳、女性 78 歳である。(出典: Seychelles in Figures 2012 ed., NBS)

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

セーシェルの経済は主に観光と漁業に大きく依存し、主として漁業ではマグロにより外貨を稼いでいる。観光客は表 2-2-2 に示すように 2005 年に 12.8 万人、2011 年には 19.45 万人が訪れている。農業については、利用できる土地が限られ、地元消費のための限定された生産量である。

1971 年の国際空港の開港に伴い、観光業により主要な外貨を稼ぎ、主要な労働人口を雇用している。観光客の 75% はフランス、イタリア、ドイツなどのヨーロッパからである。一方、アフリカからは 13% である。

漁業とこれに関連した活動はセーシェル経済の主要な構成要素である。漁業は、地元のサンゴ礁に棲む魚類を対象とした漁業と、広大なセーシェルの排他的経済水域における多国籍マグロ漁業に分けられる。近年、マヘ島のアンセ・ロイヤル及びアンセ・ボアルーの狭い海岸平野で野菜の栽培が行われている。マグロ加工工場、塗装やビールやソフトドリンクの製造を除いては、地域の工業は発達していない。

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

マヘ島は半分が森林あるいは保護区であり、住宅地は都市開発により増加しつつある (Zoran Vuksanovic (2008): Ile Perseverance, a new town in the Seychelles has an innovative way of avoiding urban sprawl, 44th ISOCARP Congress)。

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 国家政策

海岸保全及び洪水管理に関する主要な政策は、セーシェル戦略 2017、セーシェル気候変動戦略、セーシェル持続的発展戦略 2012-2020、国家災害管理政策である。

(1) セーシェル戦略

セーシェル国家戦略 2017(2007)では、セーシェル政府は漁業と観光に焦点をおいた拡大プログラムを通して、生活水準を改善するため、国内総生産(GDP)を 10 年後の 2017 年までに 2 倍にすることを約束している。なお、2007 年の GDP は一人あたり 8,722 ドルである。

建設産業を育成する国の政策は人的資源の能力強化と技術及び建築仕様のレビューに焦点を合わせている。交通状況については道路計画の強化と公共輸送施設の性能向上を通して改善する。詳細な将来の土地の需要予測と埋め立てによる利用可能な土地の評価により、土地配分による活用を最大化することに重点を置いた慎重な土地管理計画が作成されている。環境保護については人々の認識と貢献を向上するプログラムが導入されている。また、セーシエルの人々が自分自身、環境についての責任者としての視点を持つことを奨励している。(出典：Seychelles Strategy 2017(2007))

アフリカ開発銀行(AfDB)の 2011 年の報告によれば、セーシエルの経済は過去 2 年間に大きな変化を経たとしている。2009 年以前の拡張的財務・財政政策は、貿易・為替相場政策と相まって、重大なマクロ経済の不均衡をもたらした。セーシエル経済は脆くなり、2008 年の終わりには対外債務不履行をもたらした。政府が実施した包括的な改革プログラムと、主要な発展パートナーからの支援により、経済は大きな好転を記録した。この期間、国はその信用を改善して、改革について良い実績を示したとしている。(出典：African Development Bank: Seychelles Country Strategy Paper 2011-2015, 2011.)

(2) 第 1 次国別報告書

気候変動に関するセーシエルの最初の国別報告書は、2000 年の第二回会議(COP 2)の決定である 10/CP.2 によるガイドラインに基づいて準備された。国別報告書は、(1)国の状況、(2)発生源と吸収源に関する温室効果ガスの目録、(3)技術と緩和策、(4)脆弱性、影響、適合オプション、(5)能力構築の必要性和優先順位の 5 つの章からなる。

気候変動の影響を受け易く、脆弱な主要な社会経済セクターは、自然の生息地と生物多様性、海岸域と居住地域、農業、水資源、漁場、人の健康、自然災害であると報告書は述べている。

IPCC の報告において認識されているように、海面上昇は、海岸域と人間の居住地に対し、特に経済の柱である観光産業と漁業に影響を及ぼす。セーシエルの居住地と施設の約 85%は海岸に位置しており、海面上昇によりかなりの住民が移転を余儀なくされる。また、海岸線の後退は、施設と生物多様性に悪影響を与え、低いサンゴ礁からなる島と砂州は、消滅する恐れがある。特に、猛烈な嵐や異常な高潮により海岸域の氾濫は激化し、海岸線と観光用の浜辺が侵食される。花崗岩でできた島の急勾配の斜面では地すべりが起きやすく、さらに海岸平野の狭い地域では洪水氾濫が起きやすいことがこの状況をさらに悪化させている。水資源(水量、水質等)にもまた影響が予想される。

セーシエルでは、海面変動に対して多くの様々な対応機会が発生することから、適応策としては、

計画的な後退戦略、現状維持戦略、防御戦略と統合海岸管理が挙げられる。また、これら分野の能力開発が重要な適応要素となる。

自然災害に関し、海水面の温度が上昇するにつれて、セーシエルの熱帯低気圧が発生する海域では、異常気象事象の発生確率が上昇している。マヘ島を通過する熱帯に向かって吹き込む貿易風により、鉄砲水を引き起こす集中豪雨とともに、50 ノット(100km/h)を超える突風が生じる。海域の温暖化により、熱帯低気圧の頻度、強度、地域性に変化をもたらし、セーシエル諸島の脆弱性が高まることとなる。高潮と高波浪は、海岸の低平地で営まれる観光産業にとって非常に重大な脅威となる。強烈な嵐は局地化しており、その結果、洪水は谷を速く流下し、海岸の洪水や地すべりを引き起こすとしている。(出典：Ministry of Environment and Transport: Seychelles Initial National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2000.)

(3) セーシエル持続発展戦略 2012-2020

環境管理計画(Environment Management Plan in Seychelles)と呼ばれる EMPS 1990-2000 と EMPS 2000-2010 の目的は、セーシエルの持続的発展を促進、調和させ、総合化を図ることにある。EMPS2000-2010 では、適切な指標が欠如していたため、セーシエルの発展計画の効果を評価できていない。また、調和を図ることはできたが、全てのセクターで横断的に総合化を図ることができていなかった。それゆえ、これまでの環境管理計画を持続発展戦略(SSDS)に変えることとした。

SSDS のビジョンは、自然環境を含む生活の質的向上を保証する持続的発展に向けて、知識、革新によるアプローチを実現すること、自然資本の総合的な保全を図り、現在と将来世代での社会及び経済的要求間の釣り合いを達成することにある。

アクションプランには戦略を実現するための 13 分野があり、その実施費用は 7 億 400 万ドルと算定されている。目標の中には海岸保全と洪水管理に関して、次の 6 分野での目標を掲げている。

- 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の長期的な国家発展と土地利用管理政策の策定
- 効果的な総合的海岸域管理の確立
- 気候変動緩和のための対応強化
- 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

(出典：Seychelles Sustainable Development Strategy, 2012-2020)

(4) セーシエル国家気候変動戦略

国家気候変動戦略におけるビジョンは、様々な社会水準での協調的・積極的な活動を通じ、気候変動の影響を最小にすることである。

これらの問題に対処するために、以下の 5 つの戦略的優先目標が提案されている。

- (1) 気候変動、その影響、適切な対応についての理解を進める
- (2) 気候変動の影響に適応した抵抗性を構築し、脆弱性を最小にするよう場所に関する対応を図る
- (3) 温室効果ガス排出の縮小を通して、持続可能なエネルギーの保障を達成する
- (4) 国家の方針、戦略と計画において気候変動に対する配慮を主要な流れとする
- (5) あらゆる階層で気候変動に適切に対応するため、能力開発と社会的な権限移譲を図る

これらの目的から次の海岸侵食と洪水管理に関する行動計画が設定された。それは次の通りである。

- 海面上昇と海表面温度を含む海洋学的なパラメータの長期モニタリングを確立する
- 現在の海浜と湿地のモニタリングプログラムを強化する
- 高解像度の地域及び世界の海域と海岸のデータベースにアクセスする
- 海面上昇と潮汐の観測を確立する
- 予報と設計の手段として、雨量観測モニタリングネットワークを拡張する
- 潜在的な海岸の危険地帯、脆弱性、地区の適当な防護レベルを評価する
- 法的拘束力のある海岸沿いの土地利用計画の開発（気候変動の影響と海岸の自然な変化を取り入れる）
- 気候変動を考慮した、海岸排水、海岸保全施設、道路、他の公共施設開発プロジェクトのための基本的な設計指針の確立
- 気候変動への適応とリスク及び負荷軽減における EIA と SEA の役割を確立し強化する
- パイロット・スケールで、コミュニティ・レベルの海岸の再生・保全手段などの効果的な適応策と手段を開発し実施する。
- 海面上昇に適応する代替となる海岸施設設計を研究開発する
- 自然に基づく方法に基本とした、適合技術実施のデモンストレーションを行う
- 気候変動への対応に関係する主な機関を特定、評価し、対立や重複を特定し、ネットワークと相乗効果の発展を進める
- 国家計画で気候変動への適応性を考慮する主な手順、ガイドライン、仕様をレビューする
- 国家発展戦略、政策、法律へ気候変動に係るリスク情報を総合的に活用できるようデータ化するために、関連する組織、学会等に政府が関与する
- 基本となるステークホルダーを確認し、ステークホルダー調整委員会を通じて気候変動への適応に基本ステークホルダーを関与させる政策を展開する
- 大学での気候変動研究と適応訓練プログラムを導入する
- 知識データベースを開発、維持し、気候変動に係るリスク削減の事例研究に活用する
- 気候変動、海岸保安・保全についてのリーダーシップ研修を統合し、適応する

（出典：Seychelles National Climate Change Committee: Seychelles National Climate Change Strategy, 2009）

(5) セーシェル国家災害管理政策

セーシェル政府は、変化する状況へ適合するための反復レビューと改善の継続的過程が、災害への抵抗力の構築に結び付くと認識している。さらに、国家のイニシアティブとプログラムを統合するための、災害軽減国際戦略（ISDR）とその「行動のための兵庫枠組み 2005-2015」を強固で総合的な枠組みと認識している。これは、開発セクターを横断した災害リスクの軽減と統合、また効果的なセーシェルでの災害管理サイクルとの一体化を可能とするものである。

この政策は、政府が要求された目的を追求するために、その意図と行動手順を簡潔に定めたものである。すなわちセーシエルの現状で、災害リスク軽減の際に必要ないくつかのセクターとシナリオのために、詳細な行動計画、手順、方法の継続的な発展のためのパラメータを提供することを意図している。

方針は以下に示す任務表明に基づき、政府の意志を定めている。これは資源と状況の制約の中、5つの目的と行動から論理的に導かれている。少なくとも5年以内に、状況に従い政策を評価することを意図している。

任務表明

セーシェルの人々の安全、健康、社会経済的安定について、災害リスクと脆弱性の最適な軽減ができるよう、能力、機構、手順を確立し、継続的に評価し、改善する。

目的

- (1) 地域と国家レベルで災害リスク軽減の実施のため、強力な組織化された基礎を準備する
- (2) 災害リスクを特定し、評価し、モニターし、早期警戒を強化する
- (3) 的を絞った効果的な情報の普及により、あらゆる階層での安全と回復力の文化を発展させる
- (4) 根本となるリスク要素を低減する
- (5) あらゆる階層で災害の準備を強化することにより、効果的な対応能力を向上させる

2-3-2 法制度

いくつかの法令と規制が海岸保全と洪水管理に関係している。それらは都市法 1975、都市計画法 1972、環境保護法 1994、海浜規制法 1971、砂利採取法 1991 とその他である。

(1)都市法

都市法 1975 は建築許可の承認または拒否の根拠の基礎となる。この法律は基本となるほとんどの環境(下水、雨水管理、ごみ収集、景観等)の整備を含む。

(2)都市計画法 1972 (Cap237,TCPA)

海岸域の観光開発を含むいかなる土地開発も許可が必要であり、建築活動は規則の 7 から 83 までの規定に従わなければならない。

(3)環境保護法 1994

環境保護法は、環境影響評価のプロセス、環境の影響を受けやすい区域の設定、海岸域管理、廃棄物管理、各種基準について規定し、環境汚染の防止、制御、軽減を規定している。また、この法律は、責任ある組織に海岸域管理の計画を策定する権限(第 11 節)を与えている。これは、海岸の生態系と景観の優れた地域の評価、海岸侵食の影響評価、海岸汚染と影響の原因と発生源の評価を含んでいる。

(4)環境保護(基準)条例 1995

この条例には工業、運転、操作からの排水に関する水質基準が規定されている。

(5)環境保護(影響評価)条例 1996

環境保護(影響評価)条例は、採掘、ホテル業(ホテル、レストラン、観光活動)、道路建設、海岸保全、埋め立て、住宅開発などのプロジェクトについての EIA 報告を準備することを規定している。またこの条例は、保護区域または生態学的に敏感な地域、例えば海浜、潮間帯、海岸域、小島や遠島、保護区域と同様に区域では無いが独特な自然の生息域の開発に対して制限を与える。

(6)海浜規制法 1971、付属条例 1991

海浜規制法及び条例は、海岸近くの「海面」利用、例えばプレジャーボートの使用やウォーター

スポーツに対する制限に対して特別の規制を設けるとともに、(第 14 章では)指定した組織に対して海浜の特定地域でのいくつかの活動について環境や公共の安全に対し危機にさらさないことで許可を与える権限を付与する。現在、ブヴァロン(Beau Vallon)とポートルアウニー(Port Launay)の 2 地域がこの条例に従って指定されている。

(7)砂利採取法 1991、203 章

砂利採取法では、砂や砂利の河川、小川、海浜からの採取を規制する。

(8)その他の法律

- 海域法 No.2(1997) 、海域法(海洋汚染)条例(1981)
この法律は、海域、領海、大陸棚と排他的経済水域を定め、犯罪と罰則を制定している。条例は、海洋汚染の防止と制御と同様に海域環境の保護と保全を規定している。
- 国立公園と自然保護法(1969)
この法律は、保護区域の管理のために、国立公園に対する規制を定める。国立公園は、一般市民の利益や楽しみとして、野生生物の繁殖、保護、保全、また、審美的、地質的、歴史的、考古学的または他の科学的興味のために保存する区域として定義される。
- 保護区域法(1967)
この法律は、当初は国家的また内部的な安全のために、特定の地域への人または公共のアクセスを禁止することに適用されてきたが、環境上の理由からある区域を指定することに利用されている。
- 土地埋め立て法(1961)
この法律は前浜を埋め立てる際に従うべき手続きを定める。提案された埋め立てが、所有する財産、または公共の権利や海岸景観のいずれかに悪影響を与える可能性があると考えられる人は異議を申し立てて良い

2-3-3 組織

セーシェルの政府は、大統領府、副大統領府と以下に示す 11 の省と憲法府からなる。

- 地域開発・社会問題・運動省
- 内務運輸省
- 教育省
- 外務省
- 天然資源工業省
- 財務・貿易・投資省
- 環境エネルギー省
- 観光文化省
- 土地利用・住宅省
- 保健省
- 雇用人的資源開発省

本プロジェクトのカウンターパート機関の環境局(DOE)は環境エネルギー省に属する。

(1) 環境エネルギー省

図 2-3-1 の組織図に示すように、環境エネルギー省は環境局とエネルギー局の 2 つの局を有する。

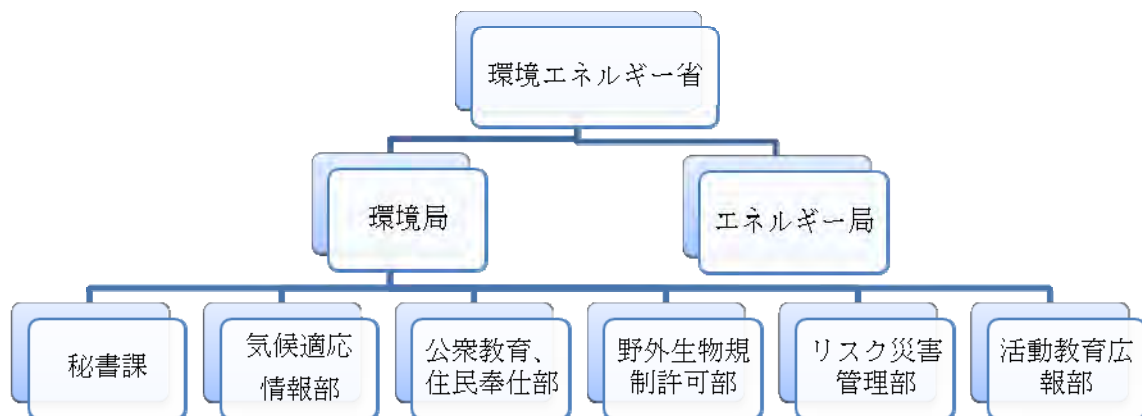


図 2-3-1 環境エネルギー省の組織図

(2) 環境局

環境局は、第一としてセーシェルの自然環境の安全を守り、持続的な方法で、すべての開発計画を適切に計画し実施することを確保する。機構と手段を通し人間活動による汚染や負の影響を規制し、制御する。加えて、環境に対する一般公衆の正しい行動を促進する。

環境局は保護区のネットワークを管理し、環境に係わる非政府機関や私企業を支援する。局は 6 つの部を有しており、それらは自然環境と資源へ影響を与える活動を規制することにより環境プログラムの効果的実施に対して必要な能力を提供している。(出典：Department of Public Administration: Public Sector Function Manual, 2008)

(3) 気候適応情報部

気候適応情報部は湿地、河川、海岸での環境計画と影響評価を担当している。その組織を図 2-3-2 に示す。

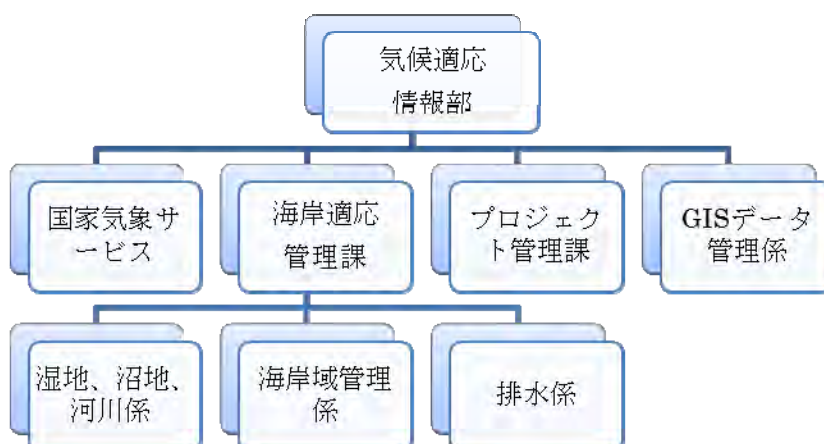


図 2-3-2 気候適応情報部の組織図

(a) 国家気象サービス

国家気象サービスは観測を行い、セーシェルの気象を明らかにするよう努めるとともに、国際的

な支援のもとに気象データを提供する。

(b) プロジェクト管理課

環境プログラム大規模プロジェクトを適切な時期に効果的に実施するとともに、環境管理計画 2000-2010 と 2011-2020 の実施をモニタリングする。

(c) 海岸適応管理課

本部門はすべての排水管理、洪水処理、海岸域管理に関する課題を監督し、調整する責任を有する。その任務は、効果的な排水管理、洪水処理、海岸域管理を促進し、教育し、効果的に実施することにある。部門は湿地・沼沢・河川ユニット、海岸域管理ユニット、洪水と排水ユニットの 3 つのユニットに分かれている。なお人員は変動があるが、7 名程度である。

湿地・沼沢・河川ユニットは下記の項目を取り扱う。

- 湿地の河川の保全、保護、管理
- 持続可能な実施例と洪水緩和に関する広い市民教育
- 健康な生態系を確保するための定期的清掃と湿地回復

海岸域管理ユニットは次の項目を取り扱う。

- 海岸域の管理、保全、保護
- 海岸開発に対する監督、指導、助言
- 総合海岸域管理の確認と実施
- 市民への良き海岸事例の広報

洪水と排水ユニットは次の項目を取り扱う。

- 排水ネットワークの設計、施工、モニタリング
- 水文及び流域データの収集
- 国家レベルでの洪水リスクに対する脆弱性の低減

(4) リスク・災害管理部

災害リスク低減のために、政策指針のための国家プラットフォームとして、国家災害委員会 (NDC) が 1997 年に設立された。2006 年には NDC の事務局が日々の広範囲な災害管理サイクルを実施するための運営体としてリスク・災害管理部に改組された。2010 年の 6 月 1 日から環境局のもとに、リスク部と災害管理部の複数を有する部に再組織化された。リスク・災害幹部の組織を図 2-3-3 に示す。

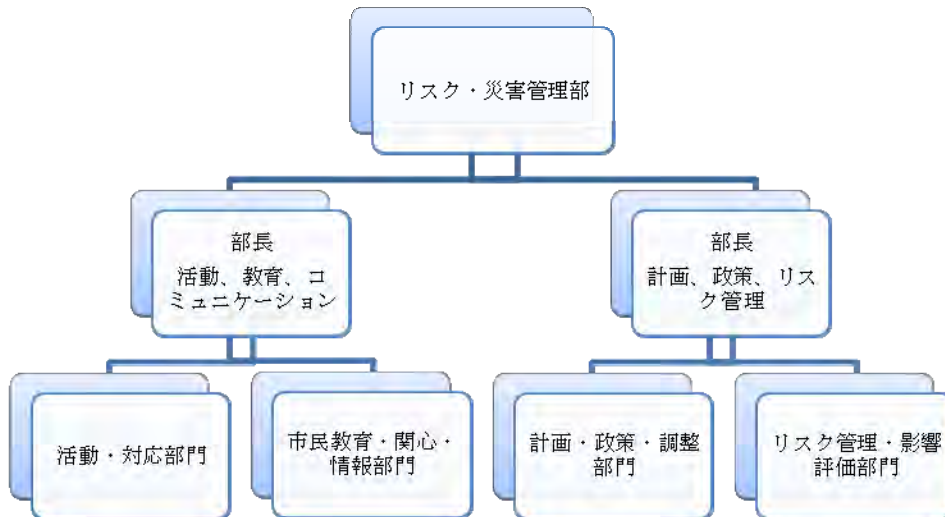


図 2-3-3 リスク・災害管理部の組織図

それぞれの部門の役割は次のとおりである。

活動・対応部門

- 主要な危機対応、迅速な対応チーム、事例管理、ドリルと訓練、調整、直接またはコミュニティ準備、早期警報普及

市民教育・関心・情報部門

- トレーニング、教育、認識、支持、プログラム発展、広報、パブリックリレーション文書センター

計画・政策・調整部門

- 一般的計画と政策、法制度、シナリオ計画とビジョン、地域及び国際計画、国家対応、応急対応、早期警報計画と研究

リスク管理・影響評価部門

- リスク管理、災害特定と解析、リスクアセスメント地図、緩和計画、緩和プロジェクトと訓練
- 非常事態には国家非常事態運営センターの災害対応責任を受け持つ

(5) 他の関係組織

他の関係する組織としては外務省、土地利用・住宅省、コミュニティ開発・青年・スポーツ省、セーシェル港湾局、セーシェル沿岸警備隊がある。土地利用・住宅省は災害に対する非構造物対策としての土地利用計画、土地利用規制を所掌している。コミュニティ開発・青年・スポーツ省は小規模な排水改善を支援している。

2-4 海岸侵食解析

セーシエルの海岸線は、花崗岩の崖海岸、前面に裾礁（海岸部に接して発達したサンゴ礁）、背面に海岸平野を有する海岸の二つの基本的タイプに分けられる。裾礁は波を砕き、海岸平野を形成し発

達させる。サンゴ礁はセーシエルの観光業を支える資源である。主な島の面積と海岸線の長さを表 2-4-1 に示す。

表 2-4-1 セーシエルの主要な島の面積と海岸延長

島名	面積 (km ²)	海岸延長 (km)
マヘ島	154	105
プララン島	38	43
ラ・ディーグ島	10	-
その他	250	-
全体	452	-

(STATISTICAL ABSTRACT 2007, NSB)

セーシエルの潮汐の概要を表 2-4-2 に示す。長期的な海面上昇は 1993 年から 2010 年の間で 0.66cm/年である。

表 2-4-2 潮位差

大潮	平均	小潮
1.15 m	0.88 m	0.45 m

波は主に乾期の南東貿易風により発生し、南東から南方面より来襲する。雨期の波は北西モンスーンにより発生し、北西から来襲する。最大波高は 30 年確率で 6m と推定される。

来襲波はサンゴ礁で砕けて減衰する。一般的にサンゴ礁上の波高は、来襲波高、潮位により変化する水深と関係し、次のようになる。

$$H=0.5*(h+0.1*H_s)$$

ここで、H:サンゴ礁上の有義波高(m)、h:水深(m)、H_s: サンゴ礁に入射する有義波高(m)

2004年のインド洋津波はセーシエルに到達し、マヘ島での氾濫最高水位は平均海面上 1.6m~4.4m 以上となり、プララン島では 1.8m~3.6m であった。

過去の主な海岸災害は表 2-4-3 のようにまとめられる。

表 2-4-3 過去の海岸災害

海岸名	災害の種類	年月	被害
アンセ・ケラン	海岸侵食	1989 年以来	30m の侵食
ラ・パッセ	海岸侵食	1991 年以来	5m 以上の侵食
全島	津波	2004 年 12 月	橋梁の破壊と氾濫

マヘ島、プララン島、ラ・ディーグ島 3 島の過去の海岸侵食を解析した結果によると、侵食の原因は次のように考えられる。

- 海岸線は北西モンスーンと南東貿易風による波による季節的な波向き変化により、変動している。
- 道路護岸、突堤、防波堤のような構造物は漂砂移動に影響を与え、その周辺に侵食と堆積が生じている。
- サンゴ砂は過去の採取により失われ、またサンゴ礁の水路を通して砂が沖に輸送されている。
- EIA は過去に実施されているが、その機能と規制は、特に侵食が問題となる海岸で十分で

ない。

海岸にはいくつかの海岸構造物が存在する。それらは表 2-4-4 に示すように、海岸保全のための護岸と突堤、港湾や漁港のための防波堤である。

表 2-4-4 既存の海岸構造物

構造物の形式	海岸名
海岸護岸	オ・カップ、アンセ・ロイヤル、アンセ・ケラン
木杭護岸	ベ・ラザール、アンセ・ラモッシュ、ラ・パッセ
突堤	アンセ・ケラン、ラ・パッセ
防波堤	ベ・ロン、ラ・パッセ

2-4-1 海岸地形

セーシエルの花崗岩の島の海岸線は、花崗岩の切り立った崖で波が直接砕ける海岸と、背後に海岸平野を有し、サンゴ礁で縁取られた海岸の 2 つの基本的タイプに分けられる。サンゴ質の海岸では、サンゴ礁の縁端で波が十分砕け、海岸平野の形成と発達を可能としている。サンゴ礁の縁端と海岸の間では細かい砂の砂浜で保護されたラグーンが形成される場合がある。平らな土地、静かなラグーンとサンゴ質海岸への海からのアクセスは定住と発展を魅力的にし、セーシエルの農業、都市開発、観光を支援している。サンゴ礁に形成される水路は釣り船やプレジャーボートの安全な港から海への連絡を容易にする。同時にサンゴ礁は海浜とシュノーケルやダイビングの場所を提供し、セーシエルの観光産業を支援する基本的な施設を提供している。サンゴ礁と海藻床は重要な社会的な利益を有し、地元の漁民により広範に漁場として利用されている。

花崗岩の島の海岸域は「プラトー(plateau)」として地元知られている高いテラスからなる。海面上 2m の高みはサンゴ礁質からなり、砂丘と「アンセ(Anse)」と知られるポケットビーチを形成している。砂質の堆積物はこの 6 千年間で溜まった。対照的に河口周辺の低地は、沼沢地であり細かい粘土と石英で特徴づけられる。首都のビクトリア港はこのような堆積物の上に形成されている。主要な島であるマヘ島は長さ 27km、幅 6km、面積 148km² である。海岸線は長さ約 105km で砂浜が 36km に及ぶ。第二の島、プララン島は海岸線が 43km、砂浜 21km となっている。ラ・ディーグ島のプラトーは面積 167ha、プララン島のプラトーは面積約 193ha である。

花崗岩の島の海域は系統的に岩礁または砂浜、砂連帯、海藻床、放射帯、海藻縁、サンゴ礁縁、サンゴ礁外縁と区分できる。環礁は花崗岩の島の海岸線のほとんどで数か所のみで見ることができ、マヘ島の北西海岸で幅 1,500m に達する平坦でない地帯として広がっている。マヘ島のアンセ・マリー・ルイズの北東湾約 27km におよぶ花崗岩島の最大の連続する環礁の形成がセーシエル国際空港による東海岸埋立てにより中断されている。海草床と海藻類は広範囲に存在し、波のエネルギーの緩衝と侵食緩和帯として特別に注意する必要がある。(出典：Status of the Marine Environment Report Seychelles, 2008, UNEP-GEF)

2-4-2 潮 汐

セーシエルでは、潮汐は 1993 年からセーシエル国家気象サービスで管理しているポイント・ラルーで観測されている。過去には、ビクトリア港(ホドール、A,B 地点)とオードブラ、プララン島で観測されていた。潮汐の観測資料は利用可能でインターネットリンク

(<http://www.soest.hawaii.edu/UHSLC>)でアクセスできる。

潮汐の概要は次のとおりである。

- 最高天体潮 2.10m
- 平均朔望満潮位 1.63m
- 平均満潮位 1.45m
- 平均小潮満位 1.27m
- 平均潮位 1.10m
- 平均小潮干潮位 0.81m
- 平均干潮位 0.63m
- 平均朔望干潮位 0.45m
- 最低天体潮 0.20m

(出典: Macharia J., <http://www.odinafrica.org/index.php/learn-about-odinafrica/81-seychelles>)

調和解析は2006年の観測資料で行なわれた。その結果は、大潮潮差1.15m、小潮潮差0.45m、平均潮差0.88mであり、主な分潮の振幅と位相を表2-4-5に示す。

表 2-4-5 主要分潮の振幅と位相(ポイント・ララー)

分潮記号	分潮名	振幅(cm)	位相(deg)
M2	主太陰半日潮	40.11	13.98
S2	主太陽半日潮	17.75	52.55
N2	太陰長円半日潮	8.22	350.27
K1	日月合成日周潮	18.27	0.01
P1	主太陽日周潮	5.40	357.94
O1	主太陰日周潮	10.44	4.55

(出典: Charles M.: TIDAL ANALYSIS AND PREDICTION IN THE WESTERN INDIAN OCEAN, REGIONAL REPORT, WIOMSA&IOC, 2008.)

気候変動の影響と海岸保全施設の計画のために、ポイント・ララーにおいて1993年から2010年の17年間に観測された資料を用いて、長期にわたる海面変化と最高潮位の確率を解析した。セーシェルでは来襲波が小さく、サンゴ礁で波が砕けるため潮位が重要で、構造物に対する波の打ち上げは潮位に影響されている。

最低潮位、平均潮位、最高潮位の年変化を図2-4-1に示す。最近、平均海面は0.66cm/年の割合で上昇している。2004年以前の上昇量はそれほど大きくなかった。

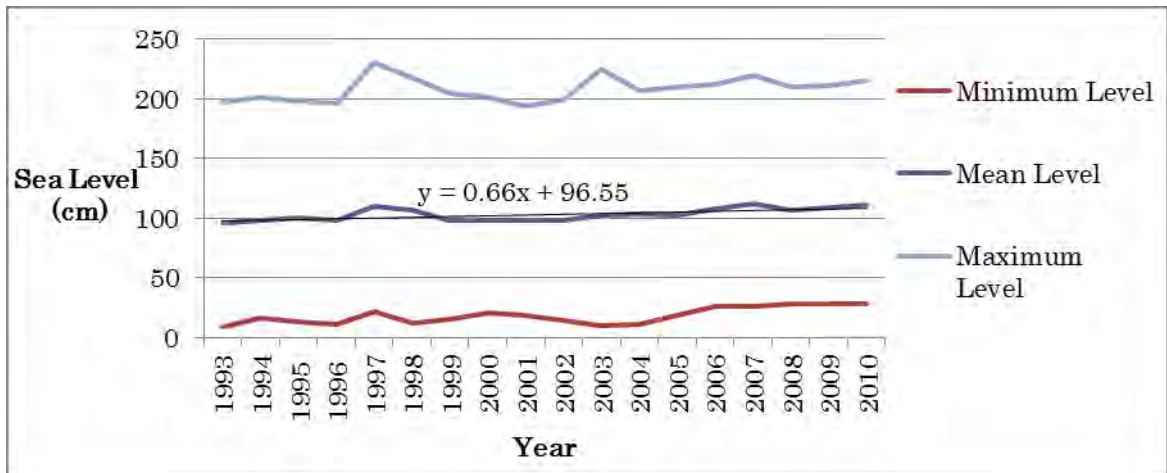


図 2-4-1 海水面の年変化

2-4-3 波 浪

(1) 風 波

セーシェルでは波浪観測は行われていない。利用できるのはヨーロッパ中期気象予測センターが集積した波浪地図(<http://www.knmi.nl/waveatlas>)であり、1957年9月から2002年8月の45年間のERA-40データ集である。その結果は世界的に1.5*1.5度格子で利用できる。インド洋の月毎の平均波向を含めた地図を図2-4-2に示す。これは1971年から2000年までの6時間の有義波高、周期、波向の月平均値である。波は風波であり、うねりは含んでいない。

セーシェルでは波高は1月から2月で1.0m~2.0m、7月から8月は2.0mから2.5mである。ほとんどの波は南または南東から来る。

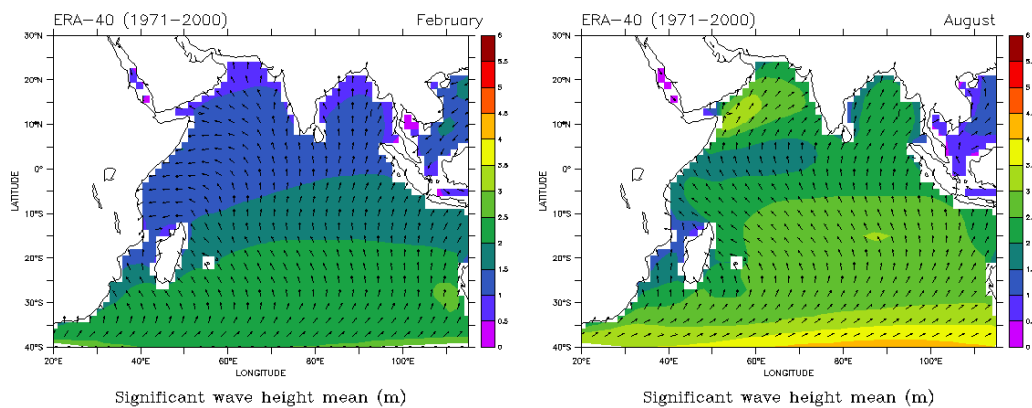


図 2-4-2 インド洋に月平均の有義波高 (m): 2月(左)と8月(右)

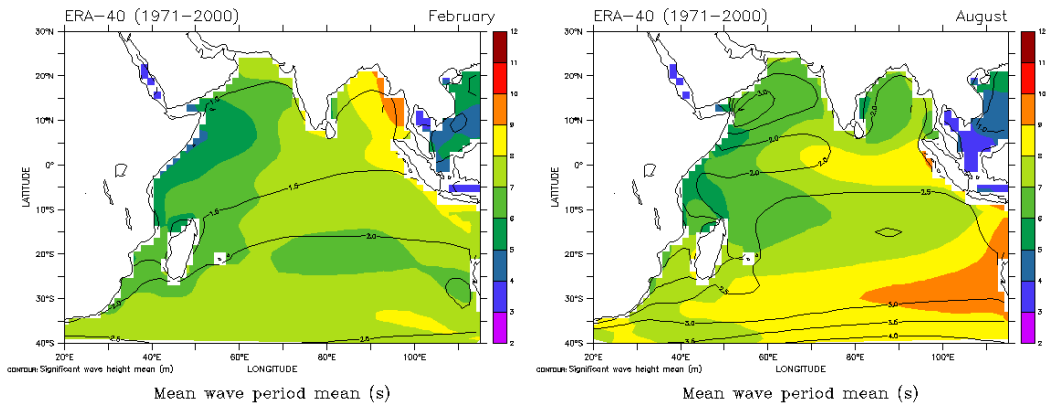


図 2-4-3 インド洋の月平均の有義波周期 (s): 2月(左)と8月(右)

各方向の来襲波の波高分布は2種類に分けることができる。図2-4-4に示すように波が北北西(315度)から北(0度)を経て東(90度)から来襲する場合、波高は1mから2mが90%を占める。東から南(180度)を経て北北西から来襲する場合、波高1mから2mに集中しているが、波高2mから3mの波は20%を占めている。

各方向の来襲波の周期分布は段階的に変化している。図2-4-5に示すように、西(270度)から北を通り北西(45度)からの周期は4秒から6秒で、北西から南の波の周期は9秒に増加する。南から南西の波の周期は5秒から9秒の広い範囲をとる。これは南西貿易風により発生したうねりの影響である。

セーシェルが位置する海域の全体の波向き頻度分布は図2-4-6に示すように、南東から南から来る波が卓越し、75%程度を占め、次は東から南東で20%弱である。

波の特性は漂砂を特徴づける。北から北西に面している海岸は地域の風で発生した波を受ける。東から南を経て西に面した海岸は貿易風により発生したより長い波を受ける。

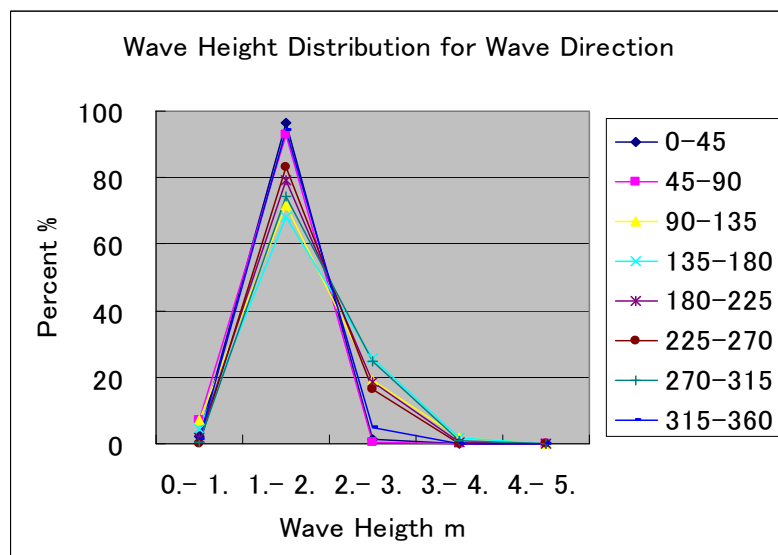


図 2-4-4 波向き毎の波高分布

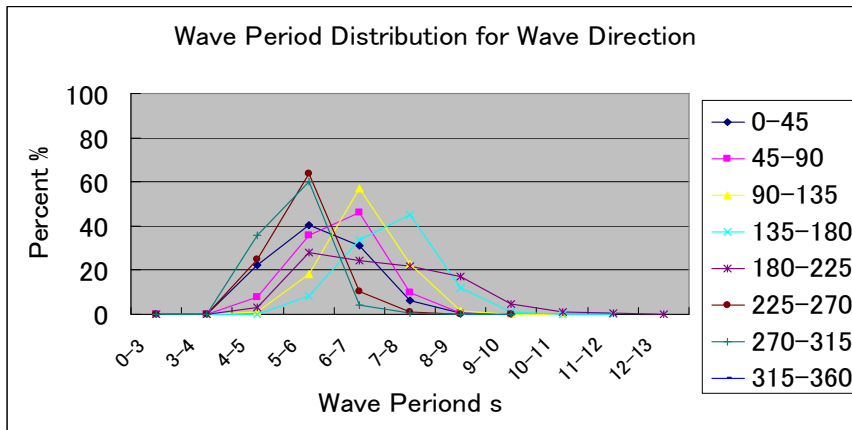


図 2-4-5 波向き毎の周期分布

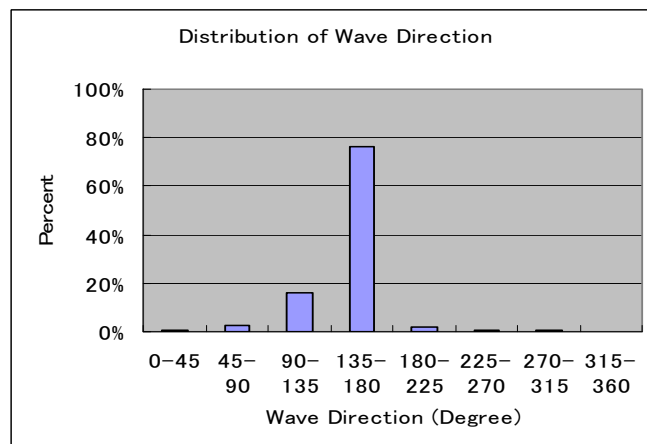


図 2-4-6 波向きの頻度分布

入射波はサンゴ礁で砕けて減衰する。一般に、サンゴ礁上の波高は入射波と潮位により変化する水深により変化する。図 2-4-7 に示すように高い潮位は高波浪をもたらし、低い潮位は低波浪をもたらす。

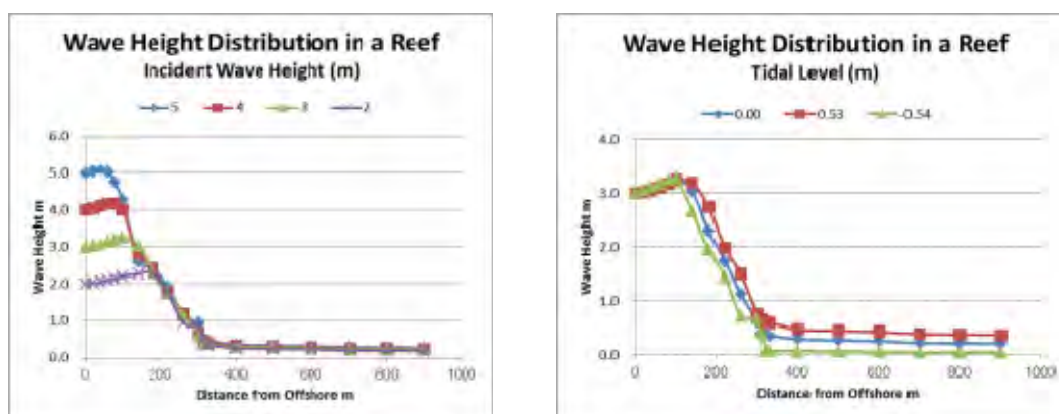


図 2-4-7 リーフ上の波高分布: 高潮位は高波浪が入射

リーフ上の波高変化は波に変形計算から推定する。その結果単純化された次の式が導かれる。

$$H=0.5*(h+0.1*Hs)$$

ここで、H:サンゴ礁上の有義波高(m)、h:水深(m)、Hs: サンゴ礁に入射する有義波高(m)である。

この式はサンゴ礁内の波高は水深に比例するとの考えで導かれている。水深は潮位と入射波による波のセットアップから求められる。入射波による波のセットアップは入射波高の 10%と仮定している。

(2) 津 波

インド洋津波が 2004 年にセーシェルに到達した。マヘ島での津波の打ち上げ高は平均海面上 1.6m から 4.4m の範囲であった。プララン島での津波の打ち上げ高は 1.8m から 3.6m である。最大の干潮はマヘ島の潮位観測所では観測井が干上がったために観測されていないが、平均海面下 4m より低下した証拠がある。カナダの地質調査所のチームが調査した津波の打ち上げ高を図 2-4-8 と図 2-4-9 に示す。

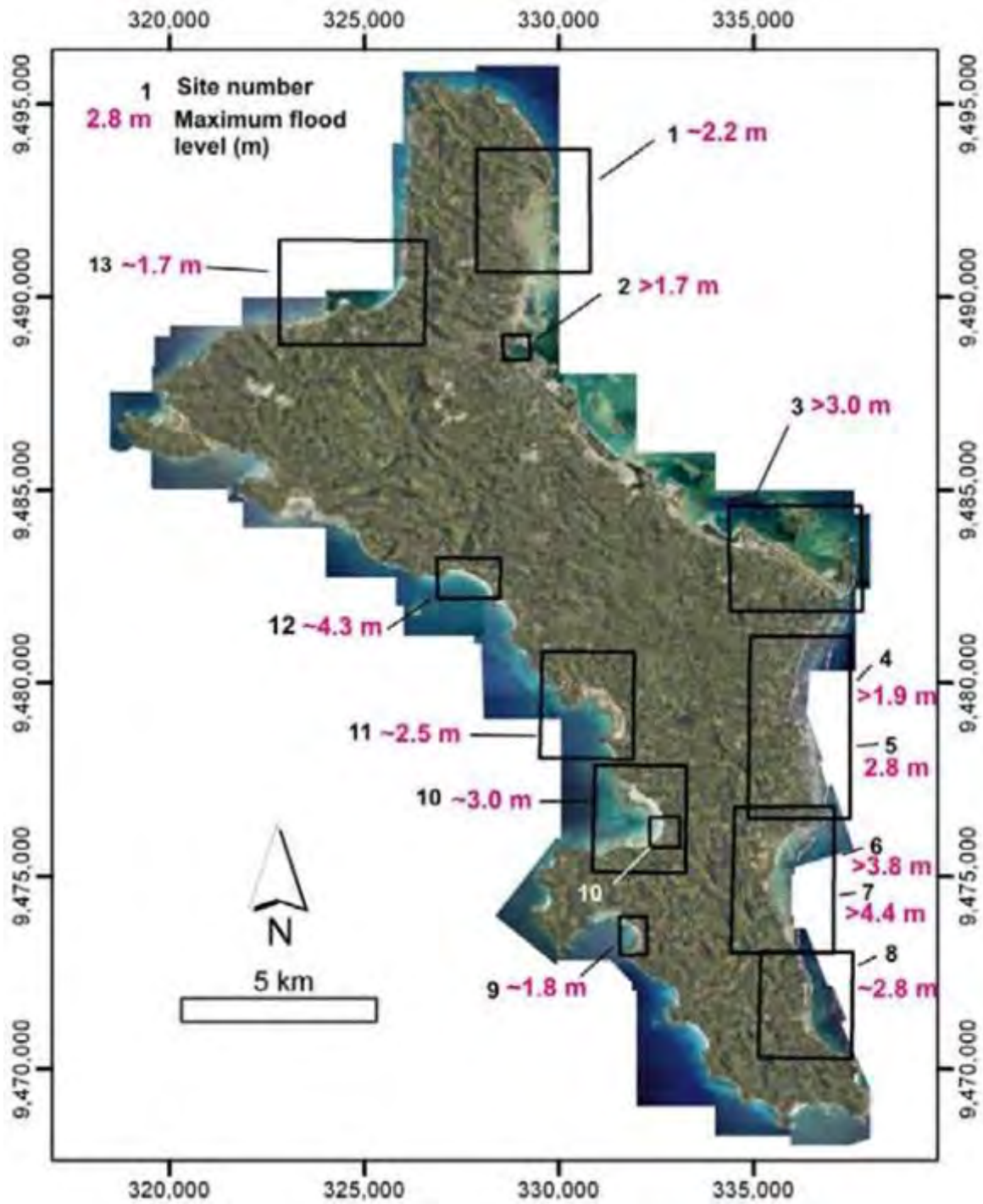


図 2-4-8 マヘ島での津波の遡上高

赤い数値は各地点での最高水位を示す

(出典: Jackson, L.E., Jr., Barrie, J.V., Forbes, D.L., Shaw, J., Manson, G.K., Schmidt, M.: Effects of the 26 December 2004 Indian Ocean tsunami in the Republic of Seychelles. Report of the Canada-UNESCO Indian Ocean Tsunami Expedition, Geological Survey of Canada, 2005.)

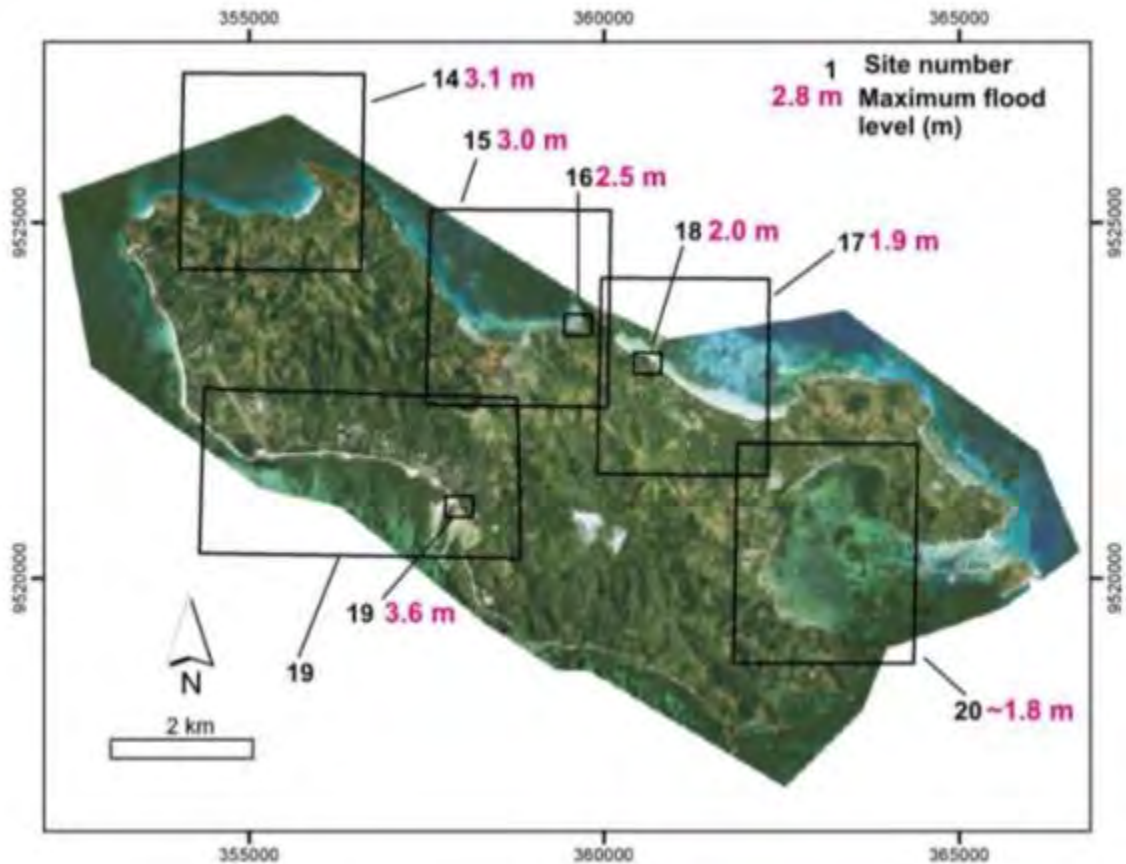


図 2-4-9 プララン島での津波の遡上高

赤い数値は各地点での最高水位を示す

(出典: Jackson, L.E., Jr., Barrie, J.V., Forbes, D.L., Shaw, J., Manson, G.K., Schmidt, M.: Effects of the 26 December 2004 Indian Ocean tsunami in the Republic of Seychelles. Report of the Canada-UNESCO Indian Ocean Tsunami Expedition, Geological Survey of Canada, 2005.)

2-4-4 過去の海岸災害

海岸の過去の災害記録は非常に限定される。記録されているのはプララン島のアンセ・ケランの海岸侵食、ラ・ディグ島での侵食と堆積、インド洋津波による災害である。ここでは状況と原因の概要について記載する。実際の現象とその原因を明確にすることが今後の対策の検討に必要である。この報告は解析の基礎情報となる。

(1) アンセ・ケランの海岸侵食

セーシェル・ネーション(新聞)の1998年の記事は図2-4-10とともに、次のように説明している。プララン島のアミティからアンセ・ケランまでの主要道路上、アンセ・コリグーで陸と海が激しく争っている。海はアミティ近くで海浜を内陸へ押し上げたが、その進行は突堤の建設によりいっから止められている。

アンセ・ケランの住民は、海が約10,000m²の海岸線を洗い流したと推定している。海浜は約30m後退し、このため道路を内陸に移設することになった。海は現在アンセ・コリグーで道路の基礎を脅かしている。

満潮には波は浜に打ち上げる。風に吹かれている木々、樹高の高いカジユリナ、植生が広がって

いるタカマカ、景観を形成しているココヤシが最初の犠牲者である。砂の中で根による支持力を失うことにより、木々は一つまた一つと倒れ、枯れていく。

突堤の建設は海岸侵食対策の一つの手段である。しかし、アンセ・ケランの住民が信じているようにすべての砂が失われるわけではない。過去にアンセ・ケランの侵食が生じると、ジョセフアルバートの土地に隣接したヌベレ・デコベルテでは砂が堆積した。アンセ・ケランの土地の損失はヌベレ・デコベルテの土地の増加をもたらしている。

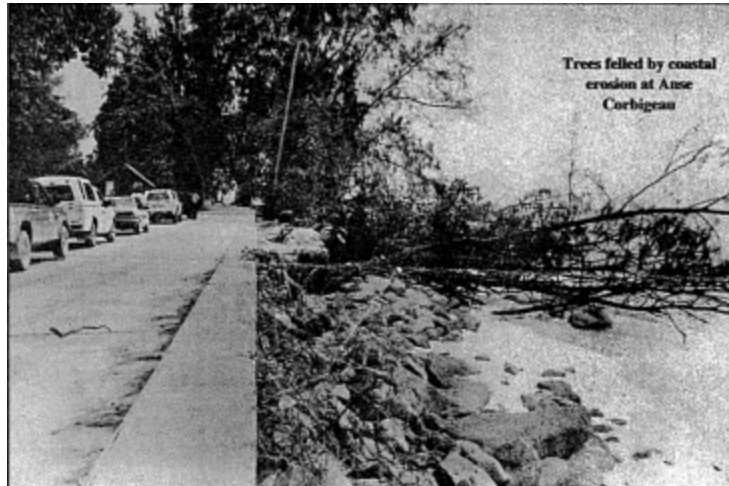


図 2-4-10 アンセ・ケランの侵食 (出典 : Seychelles Nation, May 18, 1998)

シャー(1994)による他の報告では、プララン島のアンセ・ケラン及び隣接するアミティの海浜は、恐らく花崗岩島における劇的な海岸線後退の事例である。その地域にはほとんど守られていない狭い堡礁がある。海岸後退の原因は、波の作用と沿岸漂砂の可能性がある。同じ頃、南に位置するグラン・アンセの海浜は堆積により拡大している。この状況は過去 15 年から 25 年繰り返されており、南東貿易風の時期の一般的な北西へ向かう風と北西モンスーンの時期の一般的な南東へ向かう風により、年ごとに繰り返される沿岸漂砂のあいだの微妙なつり合いが存在していた。しかし、現在アンセ・ケランから南東方向への漂砂が存在し、十分に海浜の砂が戻らない結果、このつり合いが崩れている。この理由は明確でないが、過去の自然及び人為的な原因によると考えられる。埋め立て、住宅、海岸護岸、道路、上陸用突堤を含む海浜や砂丘の開発がつり合いを崩したとの海岸工学の専門家の意見である。海浜やサンゴ礁の形状をモニターする試みは無く、利用できる定量的なデータは無いが、侵食が非常に激しいため、海岸道路を移設した。

長年、海岸線を守るため海岸護岸の建設が試みられたが、護岸は侵食を助長し、波反射が増加し海浜が洗掘され、護岸の倒壊に至った。後浜の捨て石による護岸が試みられ、アンセ・ケランの海岸線の後退対策として、1990年に5基の花崗岩ブロックによる突堤が建設された。これにより、北西モンスーンの時期に沿岸漂砂を捉え、アンセ・コビソ(ここでは侵食の苦情がある)といった季節的な変動をしている河口近くの海浜を奪うことが明らかとなった。南東モンスーンの時期は、反対に隣接する北部の海浜が影響を受ける。突堤間の海浜は安定化したもののアンセ・ケランの侵食はなお継続している。(出典 : Shah, N. J.: Seychelles National Report, Coastal Erosion, Sea-level Changes and their Impacts, IOC Workshop Report No.96-Supplement 1, UNESCO, 1994)

(2) ラ・パッセの海岸侵食

シャー(1994)の報告はラ・パッセの海岸侵食についても次のように説明している。ラ・ディーグ島の港と上陸用突堤が位置しているラ・パッセで侵食が著しくなった。カップ・バブの花崗岩岬の南までの現在の海浜は、付近の浚渫工事で発生した有機物が炭素化した粒径の粗い物質が混じった石英の砂からなる。これが侵食による崖、古い海浜砂の上に 1m の高さで積み上がっている。海浜は西北西を向いており、後浜に位置していた魚集積センターとヨットやスクーターの泊地の前の平らな砂浜が、1991年には海岸侵食の危機にさらされた。海はセンターの下の土地を侵食し、近くのコヤシは根こそぎになった。

調査は本来の海岸線が 1986 年の初期、魚集積センターの建設前にすでに約 4.5m 侵食していたことを示した。これは恐らく、ヨットの泊地の以前の浚渫工事と保護施設となっていたサンゴ礁の破壊によるものと推定される。1990 年 5 月の更なる浚渫工事の後、海浜の侵食は速度を上げ約 5m 後退した。これは魚集積センター背面の平らな砂浜が 4~6m 残っているに過ぎない状況である。短期的な原因は、海岸線と魚集積センターの間に高張力の電力ケーブルを引くためのオープントレンチが掘られ、埋め戻されておらず、高潮時の波を導くことになったためであると地元の専門家により明らかにされた。しかし、主な問題は、2つの狭いカルバートを除けば、沿岸漂砂を阻む突堤として作用する強固な構造の既存の栈橋であると考えられる。それゆえ、ヨットの泊地は定期的な浚渫が必要であり、これは海岸侵食と海岸線の後退をもたらしている。1992 年 4 月 8 日に現地を訪れたアーストンは、後退は過去 20 年以上にわたる北西モンスーンにより相対的に強調され、南または南西の漂砂によるものであると確信している。

回復活動のために、コミュニティ開発省の上級技師と環境局の専門家により詳細な提案が用意されたが、専門家の助言とは反対に魚集積センターを守るための海岸護岸が造られた。(出典：Shah, N. J.: Seychelles National Report, Coastal Erosion, Sea-level Changes and their Impacts, IOC Workshop Report No.96-Supplement 1, UNESCO, 1994)

(3) インド洋津波

東海岸及び西海岸における海岸施設の被害は、自然海岸が改変された箇所、例えば海浜表面で砂丘が取り除かれた箇所、海浜のすぐ近くに道路が接している箇所、最高水位線に隣接するホテルや海に突き出たホテルのある箇所等で最も深刻であった(ジャクソンら(2005))。ある場合には、わずか 0.65m ほどの高さの砂丘が家を浸水から守った。ある場合には砂丘のないホテルは浸水し、自然の砂丘から 50~100m 離れた家は浸水を免れた。

セーシェル諸島での死者は全部で 2 名であった。いずれもマヘ島で生じ、一人はノース・イースト・ポイントの近くで釣りをしており、すぐに亡くなった。他はアンセ・ロイヤルで波にさらされ、怪我の後しばらくして亡くなった。各々の家族にとっては悲劇であるが、インド洋津波の全数に比較すると非常に少ない犠牲者数である。セーシェルは最初の大きな津波が低潮時に発生したことで高い犠牲者の発生を免れた。ドックの繁忙期や海岸沿いの学校が使われている普段の日の高潮時に津波が来襲したら、死者はもっと多かっただと考えられる。

多くの被害はホテルとレストランで生じた。これらの建物は意識的に海浜に近い湾に位置している。ある場所では、家が浸水し、いくつか構造的損傷を受けた。ビクトリア港のドックは損傷を受け、ビクトリアと空港間の道路橋が落ちるなど、多くの場所で海岸道路が損害を受けた。(出典

Jackson, L.E., Jr., Barrie, J.V., Forbes, D.L., Shaw, J., Manson, G.K., Schmidt, M.: Effects of the 26 December 2004 Indian Ocean tsunami in the Republic of Seychelles. Report of the Canada-UNESCO Indian Ocean Tsunami Expedition, Geological Survey of Canada, 2005.)

(4) 他の海岸侵食災害

シャー(1994)により書かれた報告書では、他の形式の海岸侵食災害について説明している。それによると主な原因は、砂採取、サンゴ礁の破壊、海岸植生の除去、砂丘での建物、海岸護岸、突堤、防波堤、栈橋の建設であるとされている。(出典：Shah, N. J.: Seychelles National Report, Coastal Erosion, Sea-level Changes and their Impacts, IOC Workshop Report No.96-Supplement 1, UNESCO, 1994)

2-4-5 海岸侵食

海岸線の変化を侵食が報告されている主要 3 島の砂浜海岸について主に解析した。解析した海岸は、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・ディグ島のラ・パッセである。基本となる資料は、古い地図、GIS データ、グーグルアース、ヘリコプターで撮影した航空写真である。

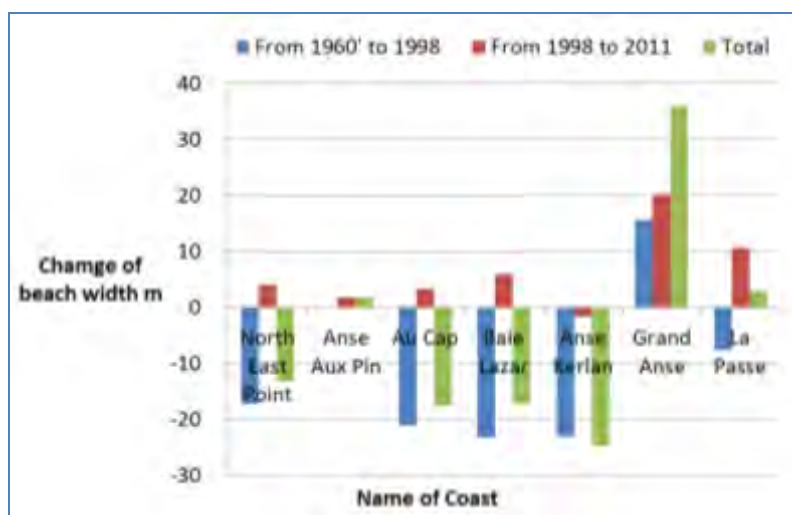


図 2-4-11 各海岸における海浜幅の長期的変化

長期的な 1960 年代から 1998 年、2011 年までの海浜変形は図 2-4-11 に示すように推定される。1960 年代の資料は古い地図、1998 年は GIS、2011 年は航空写真を用いた。ここで海浜幅は構造物前の植生ラインからの砂浜幅である。この推定には、写真撮影時の潮位により 5m 程度の誤差がある。

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 年以降はそれほど顕著ではない。アンセ・ケランでの侵食はグラン・アンセの堆積と関係している。1960 年代から 1998 年の侵食は主に海浜の砂採取で生じたと推定される。しかし、海浜変形の資料及び砂採取による侵食の記録が明確でないことから、海浜の変形とその原因を解析することは困難である。各海岸の海浜変形を次に述べる。

(1) ノース・イースト・ポイント(マヘ島)

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。サンゴ礁は水深 10m で勾配 1/30、平坦なリーフは存在しない。入射波はサンゴ礁で碎波し、減衰する。海浜では入射波と潮位により制約された波高となる。砂浜は 10m~40m の幅を有し、平均 20m と狭い。海岸では道路、バス停、リハビリテーションセンターが存在する。

海岸の変化の解析結果を図 2-4-12 に示すが、海浜は 1960 年代から平均年 0.5m の割合で、継続的に後退している。図 2-4-12 で黄色は 1960 年代の海浜を、赤色は 2011 年の海浜を示す。特に南側で海浜が侵食されていることが明らかである。侵食の原因は沖への漂砂移動によると推定される。ビーチロックは、沖への移動を促進させるが、侵食に対してある種の抵抗として働いている。季節的な波向き変化による沿岸漂砂が顕著であり、それは海岸線の 20m の変動をもたらしている。

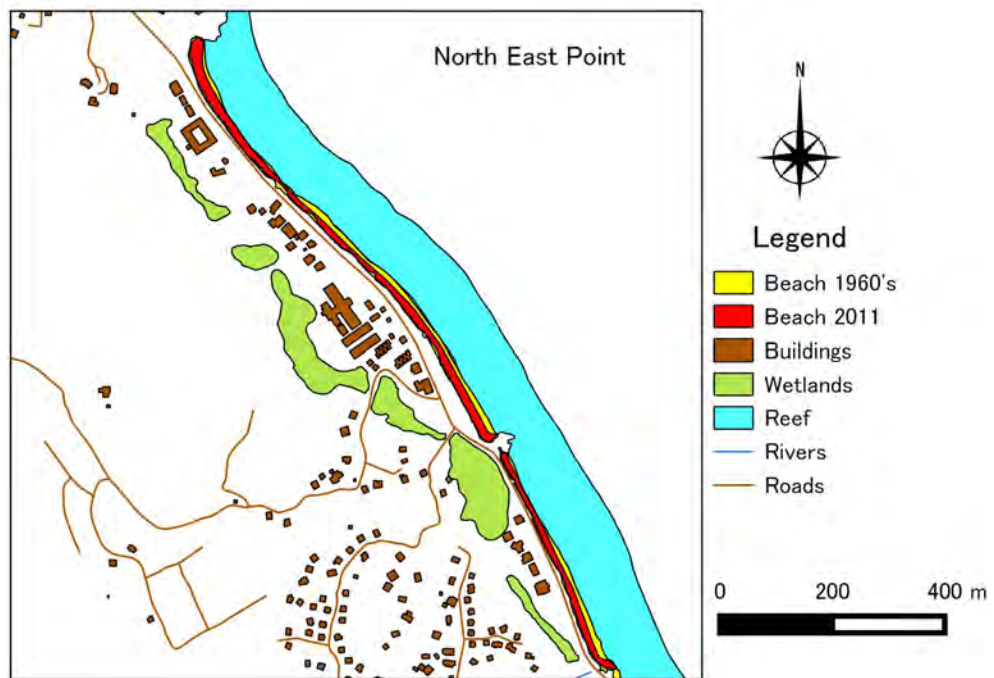


図 2-4-12 ノース・イースト・ポイントの海岸線変化(1960s ~2011)

海浜は狭く海岸道路が砂浜に沿っている。ある場所では玉石護岸が置かれている。時には道路は高潮位時に越波と砂の堆積の影響を受ける。2004 年では道路、バス停、リハビリテーションセンターはある程度の被害を受けた。写真 2-4-1 はリハビリテーションセンター前の海浜の状況と道路への砂の打ち上げを示す。

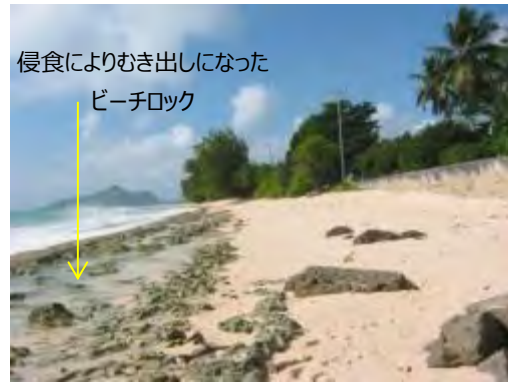


写真 2-4-1 ノース・イースト・ポイントの道路への砂の打ち上げと海岸の侵食状況

まとめとして、海岸線の長期的な侵食は 1960 年代から 2011 年までに約 30m であり、年平均 0.5m の侵食、また 20m の季節的変動がある。海岸道路への高潮時の波と砂の打ち上げが問題である。長期的な海岸侵食の原因としては沖への漂砂が考えられる。

(2) アンセ・オ・ピン(マヘ島)

国際空港の南、アンセ・ファウレから南の地区境界に至る位置で、東に面している 1.5km の海岸である。北では埋め立てと防波堤が 2003 年に造られている。島の海側には約 100m の広いサンゴ礁が存在する。海浜はサンゴ礁とこれら構造物で守られている。波は二つの開口部から来襲し、遮蔽域に回折する。

海岸侵食が報告され、埋立てと防波堤で生じた開口部を通じた回折波で生じていると考えられる。海岸に存在する市場の地点では海浜底質は開口部からの波により北へ輸送され堆積する。海浜面積は 2004 年の 6,300m² から 2011 年の 9,200m² へと増加している。それ故、ラグーンの侵食は局所的に浜崖または護岸の前面で減衰した波のために海浜が回復しないことが原因と考えられる。

海岸はイル・ソレイルと名付けられた埋立て地と防波堤の背後に位置している。埋立て前は海岸道路と護岸の前面に砂浜が点在していた。埋立て後、地元の人々は海岸侵食が生じていると苦情を申し立てている。これに関しては詳細な解析が行われておらず、解析に利用できるのは地図と航空写真のみである。

1960 年代の地図、1984 年の航空写真、1998 年の GIS、2004 年のグーグルアース、2011 年にヘリコプターから撮影された航空写真での解析で、イル・ソレイルと海岸の間のラグーンで堆積が生じていることが示された。図 2-4-13 は 1998 年から 2011 年の間での海浜面積の増加を示している。ただ、詳細な調査では市場地点の前面、写真 2-4-2 に示すように部分的に侵食された箇所がある。

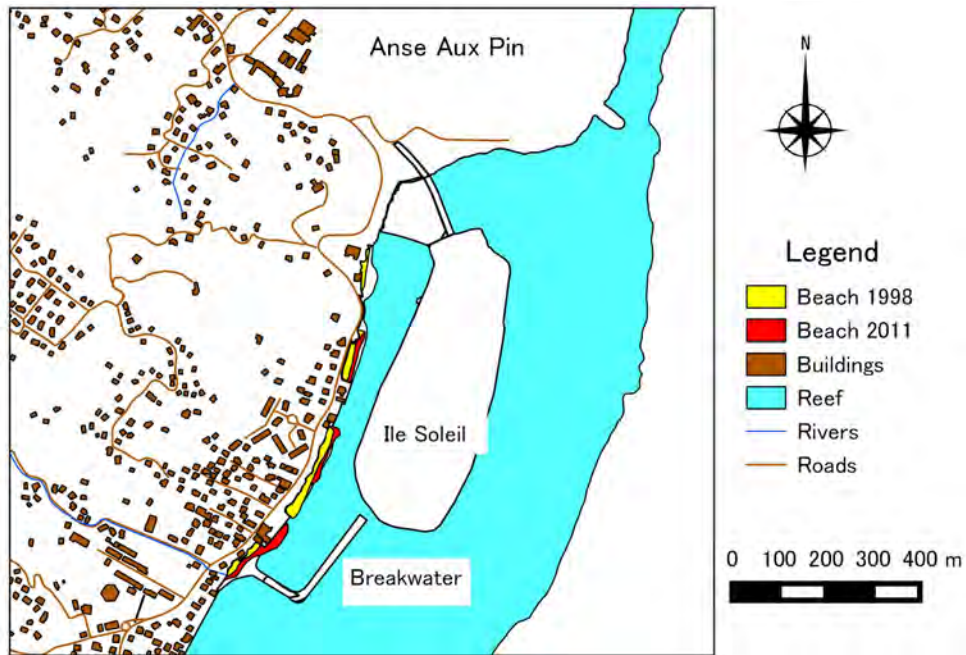


図 2-4-13 アンセ・オ・ピンの海岸線変化(1998~2011)



写真 2-4-2 アンセ・オ・ピンの侵食海岸(左:浜崖が見られる、右: 市場の前面に侵食対策として造られた護岸)

平均的に、減少した波浪と潮汐の作用により海岸とラグーンでは堆積している。二つの開口部からの回折波により沿岸漂砂が生じ、堆積と侵食が発生している。

侵食に関する他の理由としては、減衰した波が海浜の根元に作用するのみで高い場所まで砂を輸送する能力の無いことが挙げられる。これにより小さな浜崖が発達し、侵食された底質は沖へ移動して海浜は平らになる。通常は小さな波で侵食を生じることは非常に稀である。しかし、海浜は、その前面で丁度碎波する場合には洗掘される。波が小さいことから、何らかの材料で海浜を保護することは容易である。

(3) オ・カップ(マヘ島)

海岸は延長約 1.0km で、マヘ島の南東に位置し、東に面している。サンゴ砂で構成され、前面には 400m の幅のサンゴ礁が存在する。高波浪が 4 月から 10 月の南東貿易風により来襲する。波はサンゴ礁で碎波し波高の変動は小さい。しかし、北西のモンスーンと南東の貿易風による季節的な波向き変動は大きい。潮汐の変動は満潮では 2.1m と干潮では 0.4m と波高に比較して大きい。

海岸線について 1963 年の地図と 2011 年の航空写真の比較を図 2-4-16 に示すが、1963 年の黄色

で示す海浜に比較して、2011年の赤色の海浜は部分的に残っている状況で、全海岸で約20mの激しい侵食が生じている。これは1998年までに生じており、それ以後2011年までの侵食はそれほど顕著ではない。オ・カップでは4基の突堤が存在する。2004年のグーグルアースでは突堤の南側での堆積、北側での侵食と、漂砂が南から北へ移動していることを示している。侵食の原因は明確ではないが、これが自然現象として生じているとは考え難い。

海岸道路が、オ・カップの北、ラ・プレイン・サン・アンドレ・エステイトを通り、セオドレ・バトラー川の河口、南のアンセ・ア・コルベスまで続いている。時にはオ・カップからポイント・ア・セルまでの海岸道路は、特に高潮時に越波の問題を抱えている。これは、ある程度道路前面の侵食が一因となる。直立構造物は波の作用による底質の損失により状況を悪くしている。

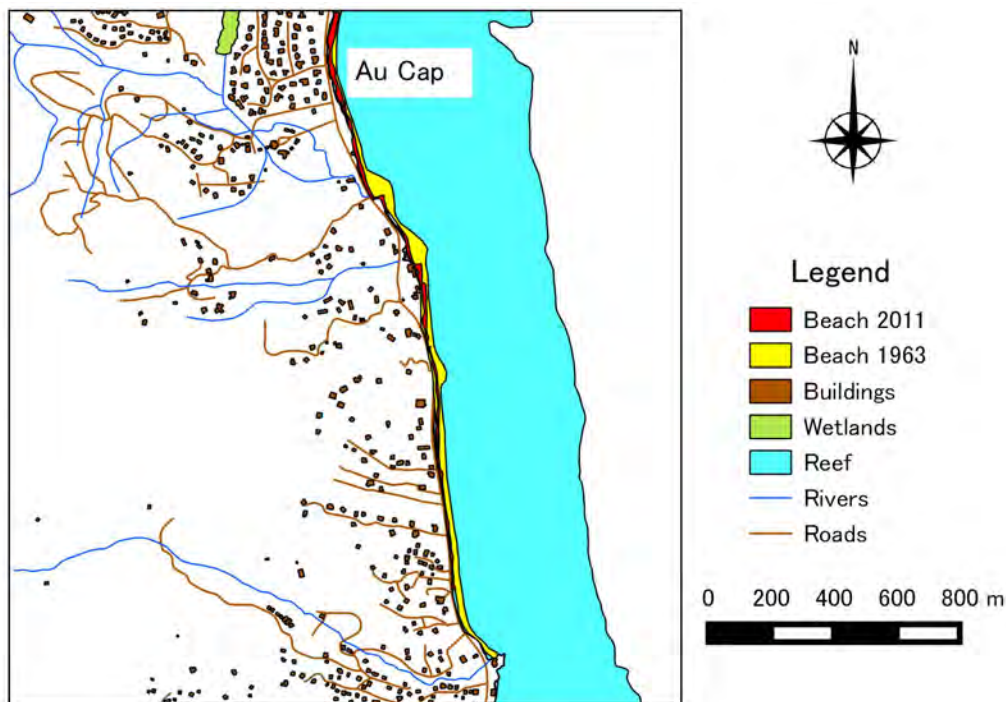


図 2-4-14 オッカブの海浜変化(1963~2011)

(4) アンセ・ロイヤル(マヘ島)

海岸はマヘ島の南東、オ・カップの南に位置し、延長約2.5kmで両側は岬に囲まれている。東に面し、水路を有する幅500m~880mのサンゴ礁が存在する。高さ2m以上の浜崖が報告されており、これは漁船の航路確保のためにサンゴ礁を爆破したことで生じたとされている。これらの情報は観測、地域住民からの情報、写真に基づいている。2003年から2008年の海浜モニタリングの結果は、連続的な侵食ではなく、一時的な海浜変化を示している。

1963年の海浜の地図と2001年の航空写真の比較によると図2-4-15に示すように侵食を示している。北と南では侵食は明らかであり、中央部ではそれほど明確ではない。中央ではサンゴ礁内の広い水路の存在が明確である。水路を通じた沖への漂砂移動は海浜の侵食が原因である可能性がある。

海岸に沿って1960年代から1970年代にかけて突堤が建設され、コンクリート護岸が1980年代に建設されたが、そのいくつかは部分的に壊れている。海浜は15mから20mと狭く、砂浜がない箇所もある。最近は玉石護岸で海浜は守られている。海岸護岸の破損と玉石護岸の残骸を写真2-4-3に示す。

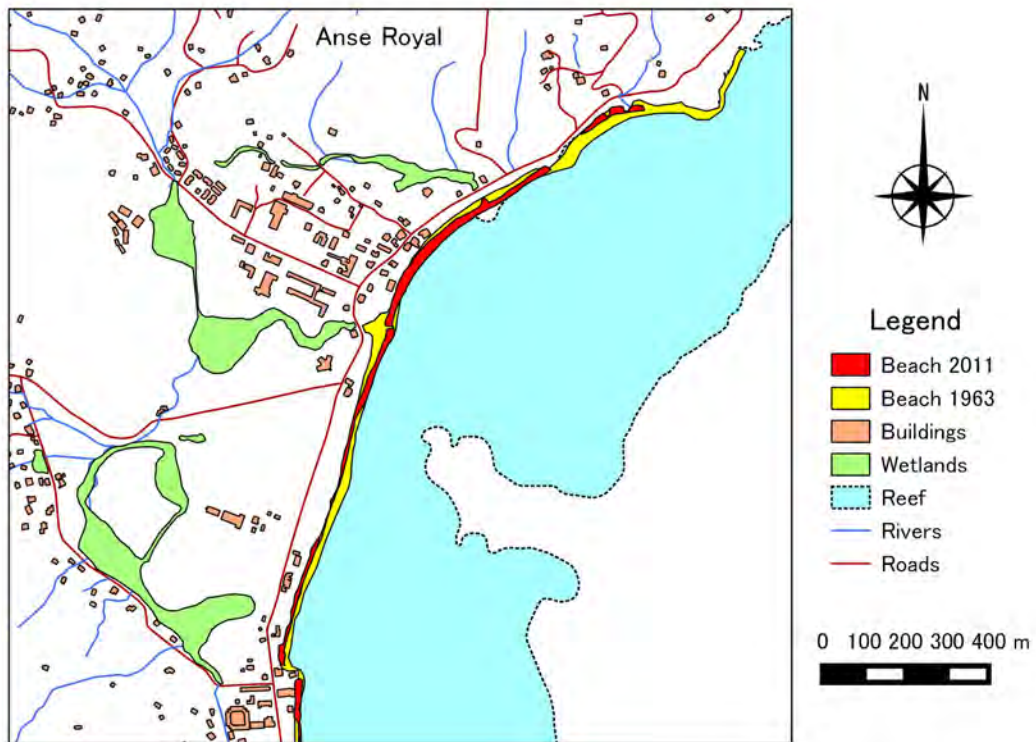


図 2-4-15 アンセ・ロイヤルの海浜変形(1963~2011)



写真 2-4-3 アンセ・ロイヤルの損傷した護岸と散乱した護岸の玉石

(5) ベ・ラザール (マヘ島)

マヘ島の南西、ベ・ラザールまたはアンセ・ガレットと名付けられた湾奥に位置する約 2.2km の海岸である。海岸は南から西に面しており広い 100m のサンゴ礁を有する。海岸の中央ではベ・ラザール川が海に流入している。河川からの淡水と濁りのため、サンゴ礁の発達は活発でない。南西からの長い波が卓越する。海岸に沿って道路、住宅、商店が位置している。

海岸の北にはベ・ラザール川が流れている。1963 年の地図と 2011 年の航空写真から、海浜変形は図 2-4-16 に示すように侵食が明らかである。1978 年の地図と 1998 年の GIS の比較では小さな侵食が生じている。侵食は 1978 年以前に生じており、それはベ・ラザール川の河口近くで生じている。これは底質が洪水の期間に沖へ移動しており、時には底質が突堤の機能を発揮し、海岸に沿った漂砂を止め、河口近くで堆積が生じている。

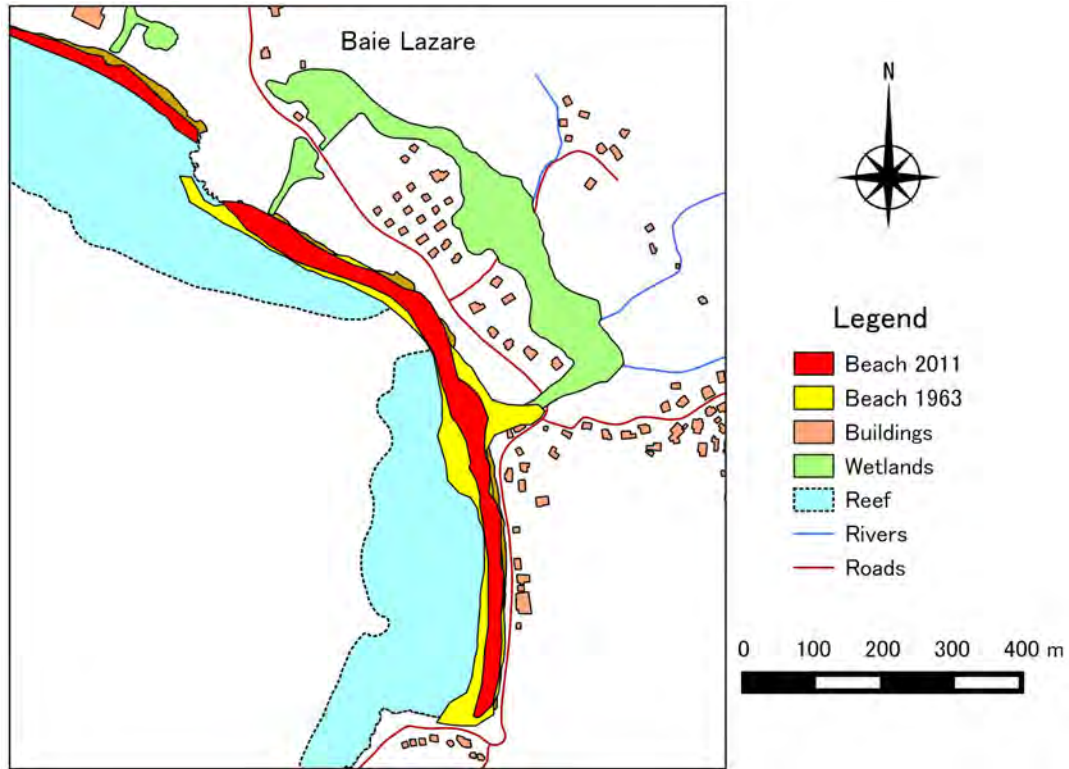


図 2-4-16 ベ・ラザールの海浜変形(1963~2011)

波とサンゴ塊の打ち上げが 2007 年 5 月の高潮時に報告されている (UNFCCC(2008))。海岸侵食は 2~3 年前から発生し、海岸 300m に沿って高さ 0.5~1.0m の浜崖が見られるとしている。

石と木柱の護岸が過去に造られ、半ば壊れた残骸が写真 2-4-4 に示すように見られる。最近、サンゴ礁では漁船のための水路が掘削されたが、海浜への水路の影響は明確ではない。

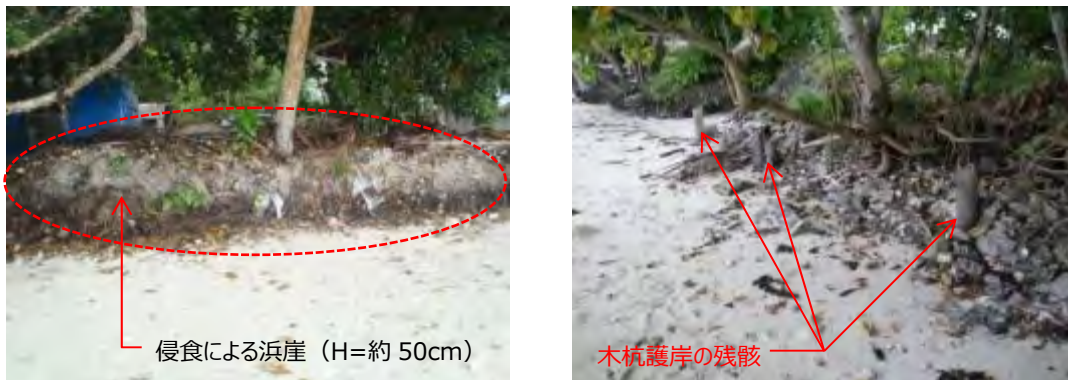


写真 2-4-4 ベ・ラザールの浜崖と木柱の護岸の残骸

(6) アンセ・ラモッシュ(マヘ島)

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 のサンゴ礁が存在している。海岸はアンセ・ルイスの南に位置するロック・ソレイルからアンセ・ラモッシュ岬に至るアンセ・ラモッシュ海岸の一部である。波は湾の地形上、西北西から来襲する。

漂砂の方向は西から東で、海岸が湾曲していることから南から北となる。これは 1963 年の地形図から明らかである。海岸には道路との接続部の近くで、河口の南での堆積、北での侵食となり、海岸に沿った東への砂洲が存在する。道路は地図に示すように海岸に沿って走っている。

1978年の地図ではボチャウ川の河口で突堤と埠頭を有する砂州の埋立てが行われている。それぞれの構造物近くでは、西での堆積と東での侵食が生じている。これが、道路の前面の侵食をもたらしている。地図上では、南での侵食のために、道路と海岸線間の距離は北では長く、南では短くなっている。長期的な海浜変形は1963年の地図と2011年の航空写真の比較から、図2-4-17に示す通りである。全体での堆積、西側でのある程度の堆積、構造物近くの侵食となっている。

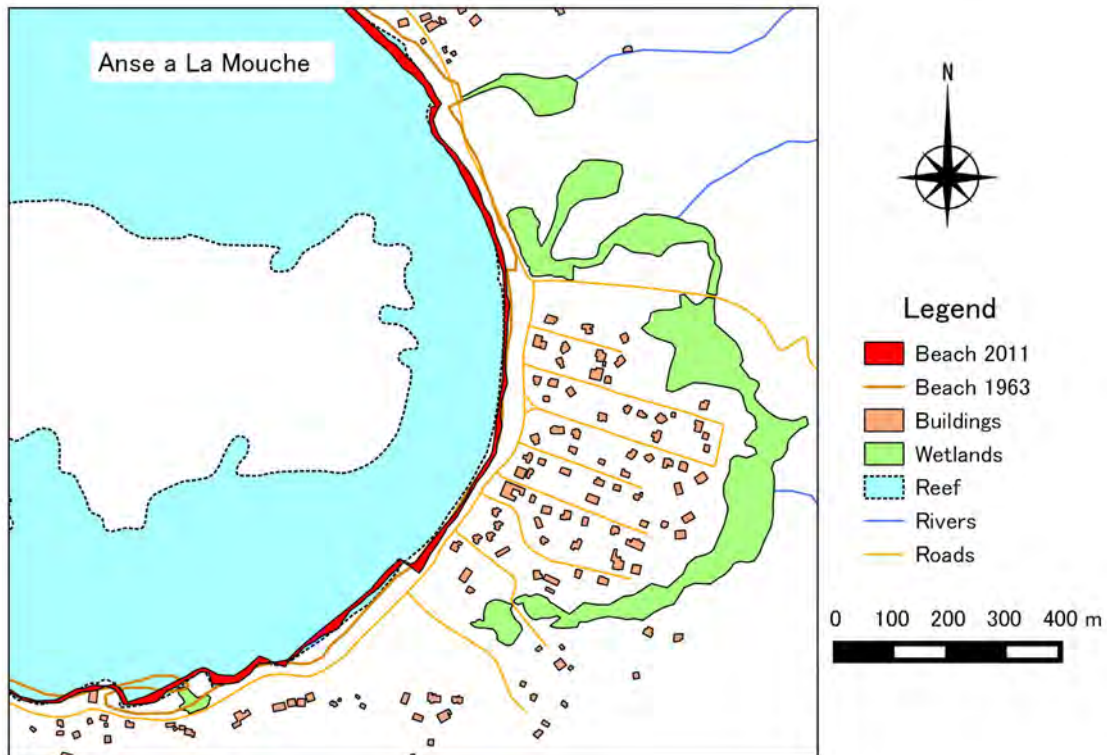


図 2-4-17 アンセ・ラモッシュの海浜変化(1963~2011)

主な侵食の原因は河口での導流堤の建設による西への漂砂供給の減少である。沖への漂砂の損失も一つの原因と考えられる。道路前面の侵食は波の打ち上げをもたらす、交通障害となる。

(7) アンセ・ケラン(プララン島)

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の漂砂セルを構成している。これはアンセ・ケランとグラン・アンセを含む。海岸は凸型で、北部では西に面し、南部では南に面している。海岸に沿って道路が位置している。

海岸侵食はすでに新聞(ネーション 1989年3月18日)で報道されている。地元住民はすでに12,000m²の土地が失われ、海岸は30m侵食されたとしている。この時点で、海岸では高潮時に樹木が倒れたため、突堤の建設が始められた。また、アンセ・ケランの侵食は南に位置するアンセ・コビグーの堆積に対応すると説明されている。

1960年の地図と2011年の航空写真は図2-4-18に示すように、アンセ・ケランでの侵食、図2-4-19のようにグラン・アンセでの堆積を明確に示している。1990年代の地図と1998年のGISも同様の傾向を示している。アンセ・ケランの北では10mから50mの侵食が生じている。1967年の地図と1998年のGISの比較では、グラン・アンセの南で30mの堆積となっている。これは主に海浜変化が1998年以前に生じたことを示している。北部での侵食と南部の堆積については、漂砂が北から南

へ移動していることが分かる。最近の 1998 年の GIS と 2011 年の航空写真の比較では海岸の変化は明確でない。

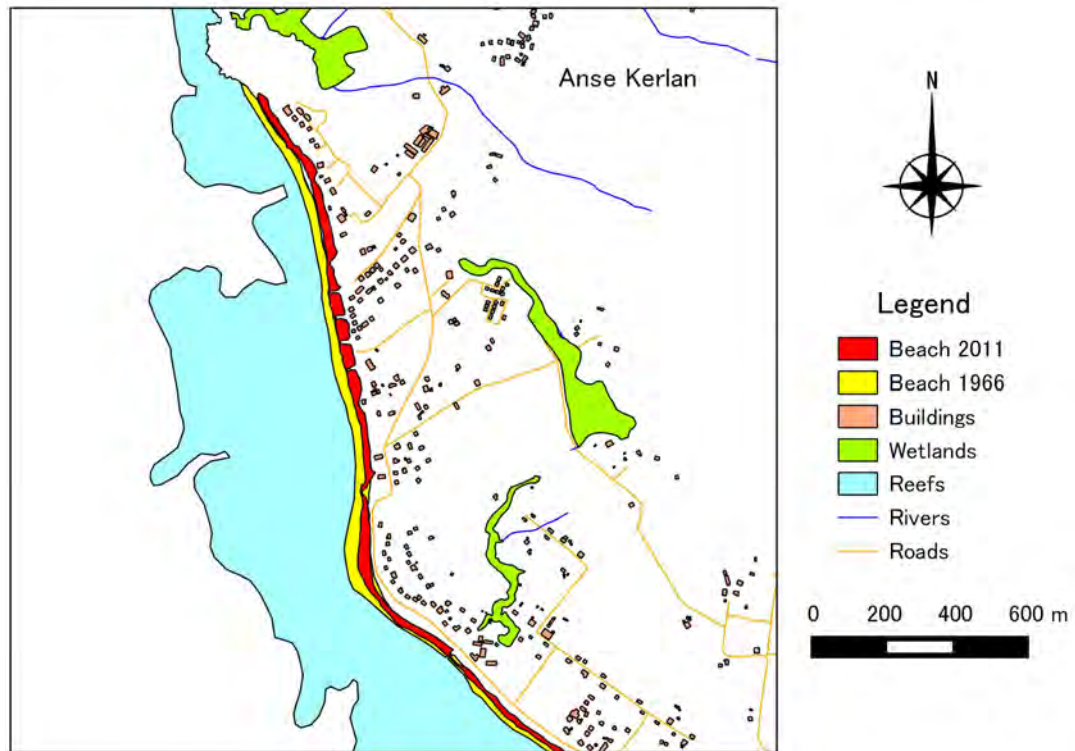


図 2-4-18 アンセ・ケランの海浜変形(1966~2011)

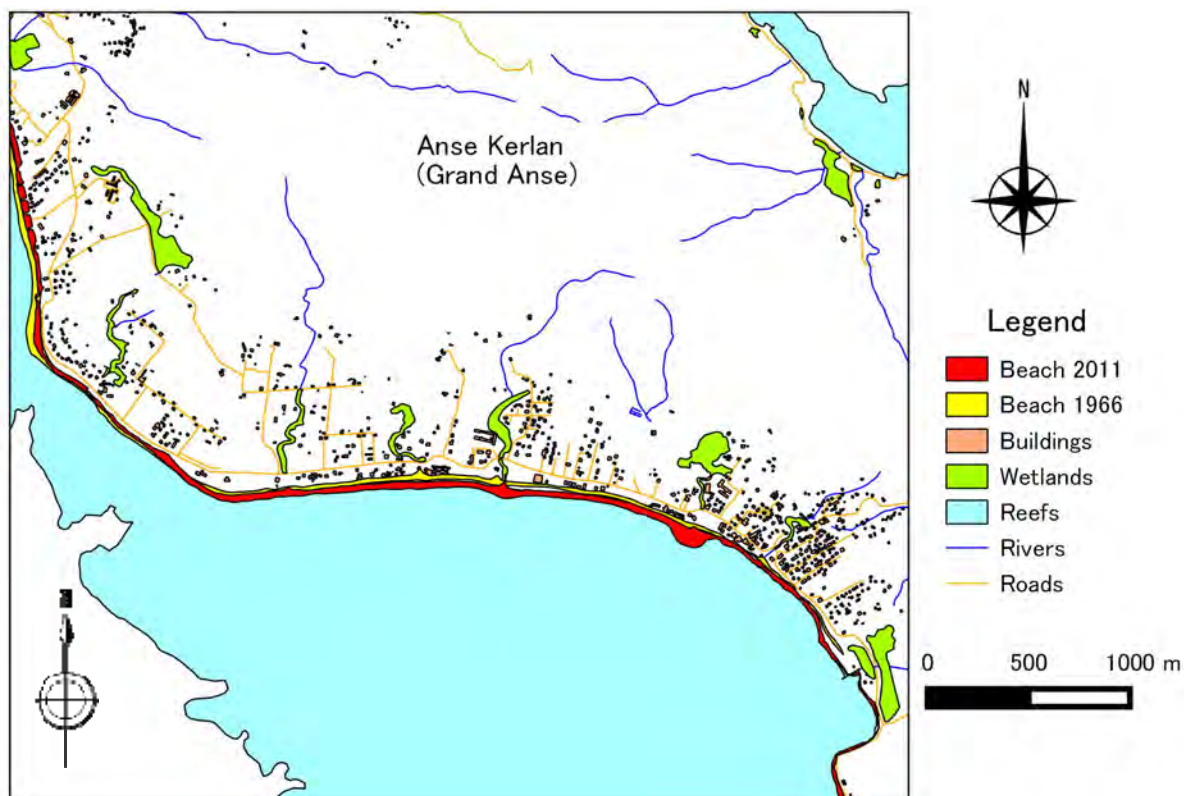


図 2-4-19 グラン・アンセの海浜変形(1966~2011)

1990 年に 5 基の突堤が、また 1999 年には 2 基の突堤が建設された。侵食された海岸に突堤が建

設されたために、漂砂の回復を阻害している可能性がある。また、突堤は沖への漂砂を助長している。最近の侵食海岸と突堤を写真 2-4-5 に示す。



写真 2-4-5 アンセ・ケランにおける侵食状況と突堤群

(8) ラ・パッセ (ラ・ディーグ島)

この海岸はラ・ディーグ島の西部に位置し、幅 300m のサンゴ礁を有し、前面にプララン島があることから、北西または南西からの波が来襲する。海岸にはラ・ディーグ島から他の島と結ぶフェリーの埠頭と泊地がある。

魚の集積センターが危険に瀕し、海岸が侵食されココナツの木が抜けたことが報告されている。海浜は 1991 年にこのセンターが建設された時点から 4.5m 侵食されたとしている(出典 IOC Workshop Report No.96)。

1964 年の地図と 2011 年のヘリコプターによる航空写真の比較から、図 2-4-20 に示すように、海浜の侵食と堆積が明らかである。海岸の構造物としては 1964 年には警察の前に短い埠頭が位置し、幅 20m から 50m の海浜が北から南に広がっていた。2011 年には海浜は北で侵食され、埠頭の南では大きく堆積している。堆積は埠頭の近くでは幅 50m、長さ 50m に達している。突堤の南側では堆積が埋め立てられた島の周辺で生じている。島と埠頭の間では侵食が生じている。漂砂は南から埠頭に向かい、また両側から島に向かい移動していると推定される。

防波堤の建設が波の分布状況を変え、新しい分布状況に対応するよう海岸が変化した。新しい防波堤は北からの波を遮蔽し、南からの波により遮蔽域での海浜の堆積を生じさせている。漂砂は南から移動し図 2-4-21 のように侵食を生じさせている。病院が危険になり、玉石護岸が建設された。南への漂砂の機構がないことから、堆積が継続的に生じている。

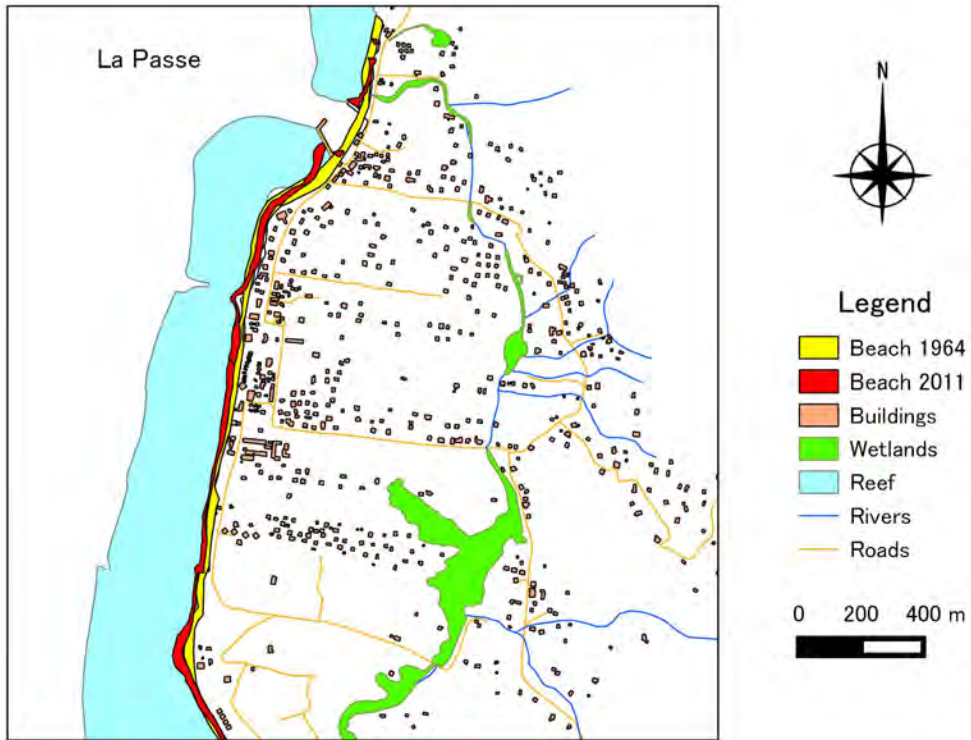


図 2-4-20 ラ・パッセの海岸線変化(1964~2011)



図 2-4-21 ラ・パッセでの漂砂移動



写真 2-4-6 ラ・パッセでの泊地での堆積と侵食による樹木の倒壊

(9) まとめ

マヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島の3島の過去の海岸侵食を解析した結果によると、侵食の原因は次のように考えられる。

- 海岸線は北西モンスーンと南東貿易風による波による季節的な波向き変化により、変動している。
- 道路護岸、突堤、防波堤のような構造物は漂砂移動に影響を与え、その周辺に侵食と堆積を生じさせている。
- サンゴ砂は過去の採取により失われ、またサンゴ礁の水路を通して沖に輸送されてきた。
- EIAは過去に実施されているが、その機能と規制は、特に侵食が問題となる海岸で十分でない。

2-4-6 既存の海岸構造物

海岸線には、海岸保全のための護岸と突堤、港と漁港のための防波堤、河口処理のための排出工といったいくつかの海岸構造物がある。施設の数が制限されるので、海岸の変化に与える効果と影響、及び施設の機能を改善するために調査することは容易である。

(1) 海岸護岸

海岸の道路は、オ・カップではコンクリート護岸(写真 2-4-7)、アンセ・ボアルーでは木杭護岸(写真 2-4-8)で守られている。時々、捨て石護岸がノースイースト・ポイント(写真 2-4-9)のように使用されている。その高さは2mから3mで、護岸前面の地盤高は平均海面以上である。他の形式の捨て石護岸が、マヘ島の東海岸でのサンゴ礁上の埋立地を守るために使用されている。



写真 2-4-7 オ・カップのコンクリート護岸



写真 2-4-8 アンセ・ボアルーの木杭護岸



写真 2-4-9 ノース・イースト・ポイントの捨石護岸

(2) 突堤

海岸侵食の防止のために、プララン島のアンセ・ケラン(写真 2-4-10)やオ・カップでは突堤が使われている。アンセ・ケランの突堤は長さ 100m から 200m で、捨て石でできている。材料は花崗岩の石や木杭のように地元で生産しているものである。



写真 2-4-10 プララン島アンセ・ケランの突堤



(3) 防波堤

ラ・ディエグ島のラ・パッセでは2基の防波堤があり、マヘ島ではベル・オンブレ(図 2-4-32)及びアンセ・チメティエ(図 2-4-33)の漁港の防波堤がある。それらは捨て石でできており、延長は 100m から 200m である。



写真 2-4-11 ベル・オンブレの防波堤



写真 2-4-12 アンセ・チメティエの漁港防波堤

2-5 洪水災害解析

2-5-1 概要

- (1) 河川流域はマへ島中央に位置する山脈によって東西に大別される。それらの地域内で 100 以上の河川が流れており、ほとんどの流域は 1.0 km²の大きさである。
- (2) 資料収集及び文献調査を通じて、ほとんどの洪水被害は数時間以内の短期降雨の影響によることが分かっている。しかし、セーシェルでは 1 時間単位の短期降雨データが国際空港でしか観測されていない。
- (3) JICA 調査団は 3 個の雨量計と 8 個の水位計を新たに設置した。雨量計はビクトリア市内及びその近郊に設置され、2011 年 6 月に観測を開始した。4 個の水位計はビクトリア市内に設置され、残りの 4 個はその他の地区に設置された。後者の 4 個については取り外しが可能となっており、一定期間観測したのちに観測地点を移動させることが可能となっている。
- (4) セーシェルでは降雨強度曲線が国際空港地点でのみ作成されている。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、降雨特性を考慮した補正係数を乗じることとする。収集した雨量データの地域分布及び地形特性からマへ島を 3 地域（北部・中部・南部）に分割することができ、それぞれの地域における補正係数は以下のとおりである。

表 2-5-1 降雨強度曲線に乗じる補正係数

Area	North area	Central area	South area
Ratio	1.1	1.0	0.9

- (5) 流出解析の実施にあたっては、既存のガイドライン” Storm Water Drainage Design Guidelines” を参考とした。基礎データの不足によりパラメータの設定が困難な場合は日本で用いられている知見を活用したが、この場合にはいくつかの仮定が含まれているため、将来的に基礎データが十分に蓄積された時点でパラメータの妥当性をチェックすることが望ましい。
- (6) 氾濫解析の実施にあたっては HEC-RAS を用いた。過去の洪水時の水文データが入手できないため詳細なモデルの検証は実施できないものの、収集した写真をもとに既往の洪水イベントの再現計算を行っている。
- (7) 過去 25 年の新聞記事を閲覧した結果、13 の洪水被害が確認された。しかし収集可能な情報は被害発生地域や被害の概要に関する記述にとどまっており、降雨量や浸水時間、浸水深といっ

た詳しい情報は入手できない。記事によると、豪雨による地すべりの発生、それにとまなう交通の停滞といった状況が記録されている。人的被害に関しては記述されていない。

(8) セーシェル国政府は排水問題におけるタスクフォースを設置し、予備調査を実施した。この調査で提案されたいくつかの対策は、実施段階に入っている。

本調査における洪水解析の方針を以下のフロー図に示す。

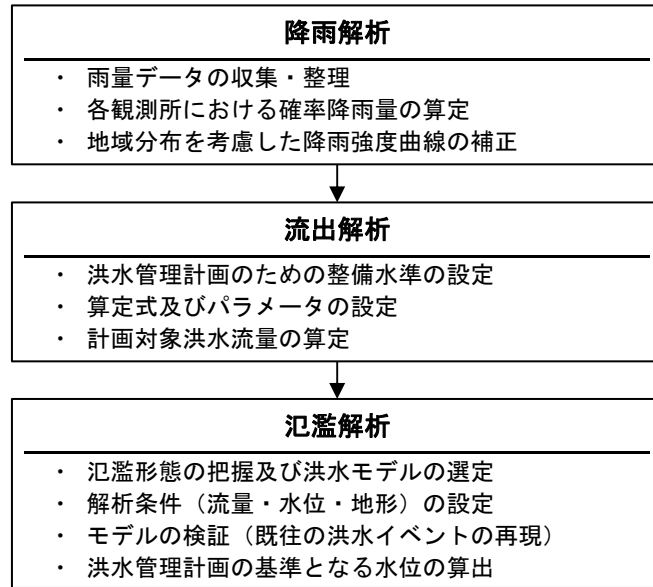


図 2-5-1 洪水解析の検討フロー

上記の検討フローに従って実施した洪水解析結果の評価は、5章に記載する。

2-5-2 河川特性

河川流域はマへ島中央に位置する山脈によって東西に大別される。それらの地域内で 100 以上の河川が流れている（図 2-5-2 参照）。流域の大きさは最大で 2.3 km² であり、1.0 km² 以上の流域面積をもつ河川数は 13 に過ぎない。ほとんどの流域の面積は 1.0 km² 以下である。

雨水は短時間のうちに海岸沿いの平野部まで流下し、そのほとんどはウェットランドを経由して海に排出される。平野部における河川の勾配は 1/1,000 から 1/2,000 程度であり、川幅は 3m から 8m 程度、最大水深は約 2m である。

ビクトリア市内と河口部を除き、ほとんどの地域は自然状態のままである。またほとんどの河川は周辺地盤より低い位置を流れており、護岸が施されている箇所は限定的である。島内の南部及び西部では乾季に河口閉塞が発生し、維持管理を必要とする。初期段階に実施した調査結果から、河川特性と問題点に関して図 2-5-3 のように整理できる。

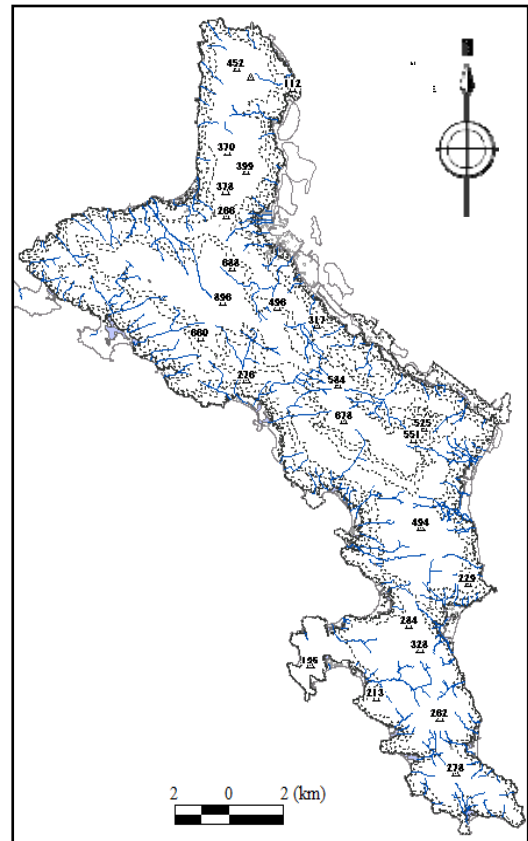


図 2-5-2 マへ島内の河川網図

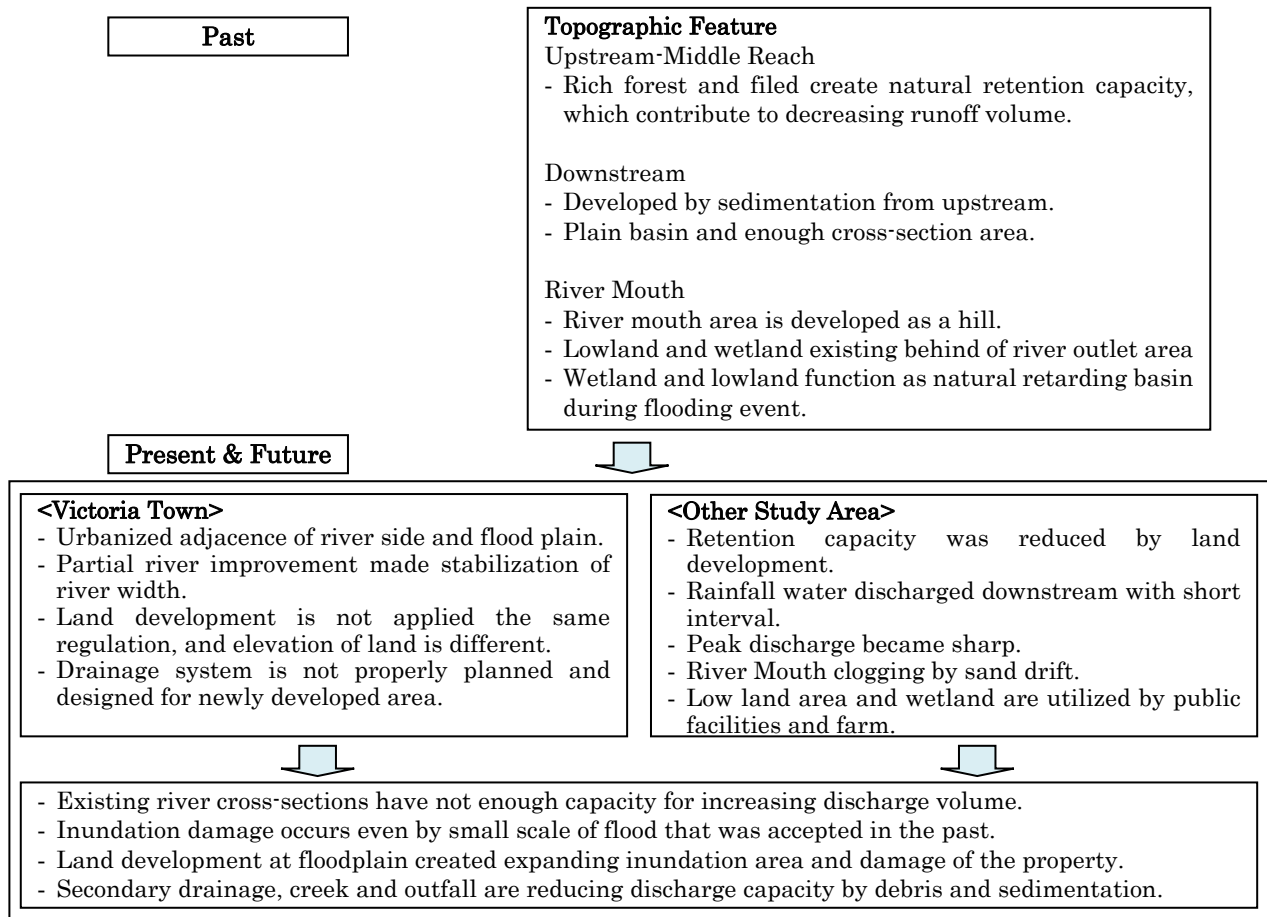


図 2-5-3 河川特性と問題点に関する基本的な考え方

洪水管理計画を検討するにあたり、収集データ及び文献を参考にして、地域特性及び被害状況に基づき洪水被害のパターンを以下のように分類する。この分類は実施すべき対策と対応している。

- (1) 都市域における洪水
- (2) 不適切な排水システム
- (3) 低平地の開発
- (4) ウェットランドがもたらす洪水

(1)から(3)については人間活動に起因する洪水被害であり、(4)は自然条件がもたらす洪水である。

ビクトリアの排水問題は都市洪水の一種と位置づけられる。ビクトリアでは上流域における自然状態の河川水が、海岸部の埋め立てにより拡張した都市域に向かって流下する。洪水流は道路側溝など通じて集められる。近年の都市開発にともない流出量が増大しており、排水能力の不足が生じている。ビクトリア市の状況を踏まえると、一般的な洪水管理対策の実施が適切である。

洪水問題の多くは、不適切な排水システムの計画・設計によってもたらされている。例えばポイント・ラルーでは、低平地の洪水への配慮を怠ったために、国際空港の埋め立てによって海岸道路から海へ向かう既存の排水系統が阻害されている。そのため、適切な排水システムの計画・設計が望まれる。

セーシェルでは利用可能な土地面積に制約があり、洪水が起きやすい低平地は住宅団地や公共施設のために利用されている。

海岸砂丘の裏側にはラグーンやウェットランドが形成されており、山地に降った雨水はこれらを経由して海に向かって流下する。ラグーンは海への排水機能を確保する役割を果たしており、これを干拓すると状況は悪化する。このことを踏まえ、構造物対策に加えて土地利用の調節や規制が対策として望まれる。

セーシェルにおける河川の自然特性として、ほとんどの洪水流は海へ排出される前にウェットランドで一時的に貯留される。これは海岸沿いの砂丘が洪水流の速やかな排出を妨げていることが原因となっている。このことが原因となり、ウェットランドの周辺では浸水が生じる。対策方針としては自然の氾濫として許容するか、構造物で制御することが挙げられる。




2-5-3 水文観測

(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。ビクトリア市における豪雨の影響を検討する際、この2地点間の距離は大きい。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）に雨量計を設置する。設置箇所の状況を表2-5-2に示す。また位置図を図2-5-4に示す。

表 2-5-2 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	<ul style="list-style-type: none"> • Basically agree for installation of new gauge. (April 26, 2011) • Need official letter from PUC to the company 	<ul style="list-style-type: none"> • Discussed with PUC (April 21, 2011) • Agree for install no need further documentation. • Location already fixed • June 20, 2011 finished installation. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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

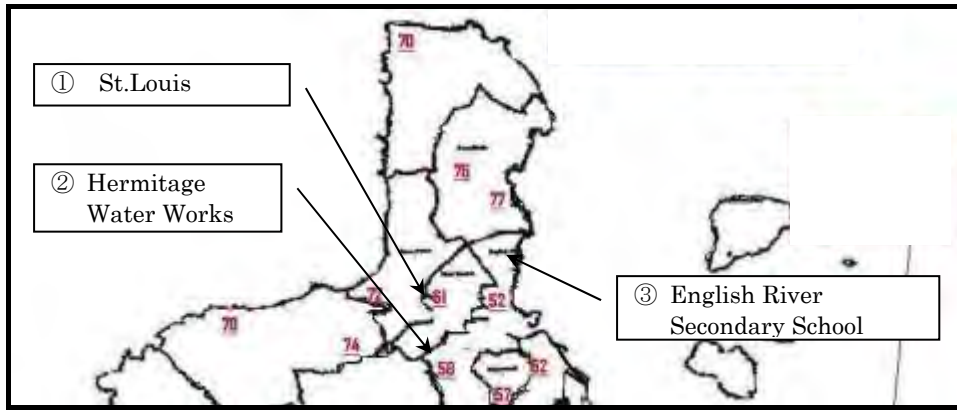


図 2-5-4 雨量計の設置位置図



図 2-5-5 雨量計設置状況 (ヘミテージ、PUC)

雨量計データのダウンロード及び管理方法を以下に示す。

- (1) 機材のカバーを外し PC と雨量計を接続する。



図 2-5-6 雨量計と PC の接続

- (2) PC の操作 (Rainfall Logging System のユーザーマニュアルを参照)

- 雨量計の状態を表示
- データのダウンロード
- ダウンロードしたデータのチェック
- 雨量計のリセット

(3) 維持管理





- ・漏斗の汚れの有無や通水の障害が起きていないかどうかを定期的に確認する。
 - ・漏斗下部のますが清掃時に取り外し可能かどうか確認する。
 - ・必要に応じて洗浄液を使って上部の受け口の清掃を行う。
 - ・木枝、枯葉、鳥糞、昆虫などの汚れにも注意する。
 - ・維持管理は以下のタイミングで実施することが望ましい。
- 定期点検
- ・3ヶ月に最低1回（乾季）
 - ・1ヶ月に最低1回（雨季）
- 不定期点検
- ・1週間程度降雨が継続した場合
（ロガーのメモリ容量：64kb、もしくは1レコード1分として13,000レコード）

上記により、洪水の評価分析に用いることが可能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（ビクトリア市）

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2-5-3、設置場所を図2-5-5に示す。

表 2-5-3 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	<ul style="list-style-type: none"> • Installation will be after the clean work • DOE will clean the vegetation on the side 	<ul style="list-style-type: none"> • Need clean the installation side • DOE will clean the vegetation on the side

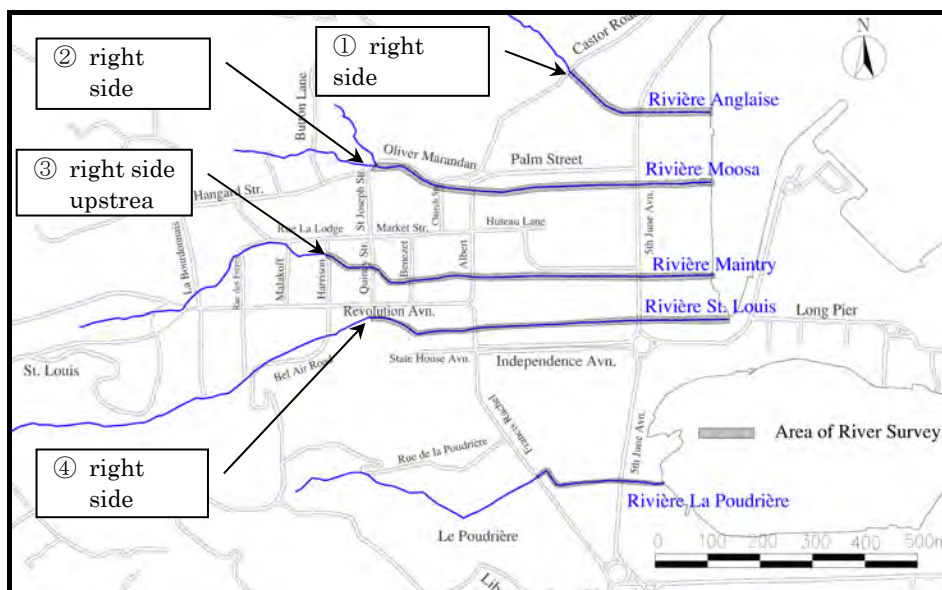


図 2-5-7 ビクトリア市水位計設置位置図

(3) 水位計（ビクトリア市以外）

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。

2-5-4 確率降雨

(1) 雨量観測及び収集データ

マヘ島内にて現在稼働中の雨量観測所 26 ヶ所のうち、20 年以上の資料がある 22 ヶ所の資料を入手した。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 2-5-4 及び図 2-5-8 に示す。

表 2-5-4 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 Stn	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

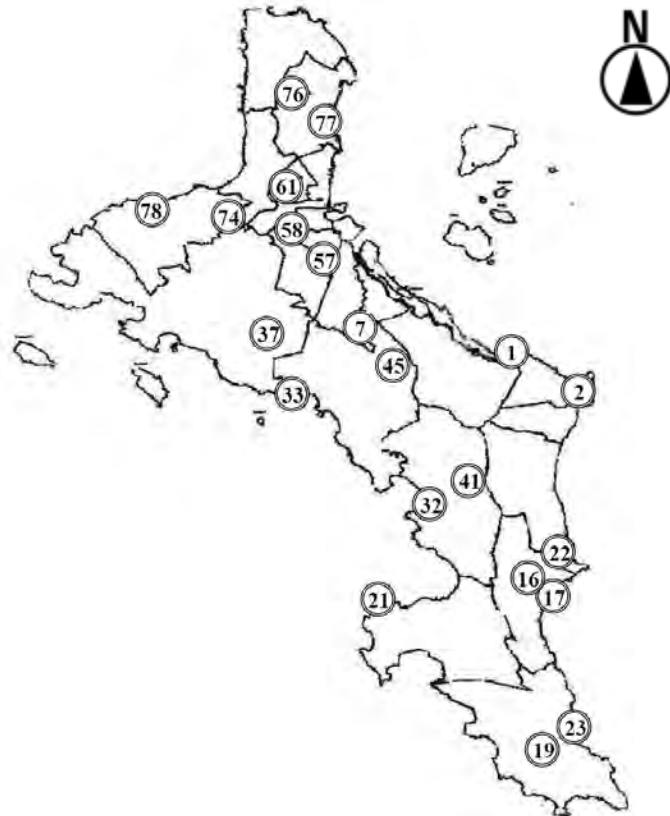


図 2-5-8 雨量観測所の位置

(2) 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 2-5-5 に示す。

表 2-5-5 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

(3) 地域分布を考慮した降雨強度曲線の設定

(a) 降雨の地域分布の整理

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、降雨分布を考慮した補正係数を乗じることとする。

各地点の既往最大日雨量、10年確率日雨量の平面分布によると、南地区の降雨量が北地区に比べて少ない傾向が見られ、この傾向は既往成果の年総雨量分布とも一致している。既往成果 (Disaster risk profile of the Republic of Seychelles July 2008 UNDP) では、確率処理の結果を踏まえた雨量の地域分布をもとにマヘ島内を南北に2分割している。

既往成果にならい、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、各地域内の確率雨量を大きい順に並べ直すと次表となる。

表 2-5-6 確率規模別の日最大降雨量

Area	St.No	Name / Return Period	400	200	150	100	80	50	30	20	10	5	3	2	1.5
North	58	Hermitage Waterworks	412	381	368	349	339	318	295	276	243	210	183	158	138
	61	St Louis	374	344	331	313	303	282	259	241	210	177	150	127	106
	74	Le Niol Waterworks	343	317	306	291	282	265	245	230	203	175	153	133	116
	77	Ma Constance(North East)	353	323	310	293	283	263	241	223	192	160	134	111	92
	37	Tea Factory	348	319	306	289	280	260	238	221	191	159	134	112	93
	78	Belombre	348	319	307	290	280	260	238	221	190	158	133	111	91
	57	Rochon Waterworks	345	316	304	287	278	258	236	219	189	158	133	110	91
	76	La Gogue	327	298	286	269	260	241	219	202	172	141	117	95	76
Center	45	La Misere (Mr. Rose)	405	370	355	335	323	299	273	252	216	178	147	120	97
	1	Seychelles Airport	337	312	302	287	279	262	244	229	203	177	156	136	120
	33	Grand Anse Waterworks	337	309	298	281	272	254	233	216	187	157	133	112	93
	7	La Misere (Fairview)	323	297	287	271	263	245	226	210	183	155	133	113	95
	6	Cascade	299	274	264	250	242	225	207	193	167	141	120	101	85
	41	Bon Espoir	288	265	255	242	234	219	202	188	164	139	120	102	87
	2	Rawinsonde	278	255	245	232	224	208	191	177	153	128	108	90	75
	32	Anse Boileau	271	249	239	227	219	204	188	175	152	128	109	92	78
South	16	Anse Royale PUC	340	314	303	288	280	262	243	228	201	174	152	132	115
	22	Pointe Au Sel	301	279	269	256	249	234	218	204	181	157	138	121	106
	17	Anse Royale Police Stn	269	249	241	229	223	209	194	182	162	140	123	108	95
	21	Anse Soleil	240	221	213	202	196	184	170	159	140	119	103	89	77
	23	Anse Forbans	210	194	188	178	173	163	151	142	125	109	95	83	73
	19	Quatre Bornes	202	186	179	170	164	153	141	132	115	98	84	72	61

(b) 降雨強度曲線の設定

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する。ここで上位3地点としたのは、計画上の安全性に配慮した結果である。その比率を算定した結果を表 2-5-7 に示す。確率年によって多少の差があるものの、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。

表 2-5-7 国際空港の降雨量に対する各地区の降雨量の比率

Area / Return Period	400	200	150	100	80	50	30	20	10	5	3	2	1.5
North Area(3)	376	347	335	318	308	288	266	249	219	187	162	139	120
Center Area(3)	360	330	318	301	292	272	250	232	202	171	145	123	103
South Area(3)	303	281	271	258	251	235	218	205	181	157	138	120	105
N Area Ratio of Airport	1.12	1.11	1.11	1.11	1.10	1.10	1.09	1.09	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00
C Area Ratio of Airport	1.07	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	1.02	1.01	0.99	0.96	0.93	0.90	0.86
S Area Ratio of Airport	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88

長期計画も念頭に置き、計画上の安全性も勘案した結果、3 地域における確率降雨量の設定として以下の補正係数を採用することが適切と判断できる。

北部地区	空港地点の1.1倍（110%）
中部地区	空港地点と同一（100%）
南部地区	空港地点の0.9倍（90%）



図 2-5-9 3 地域における雨量の補正係数

したがって、計画流量算定における降雨強度曲線の適用に際しては、対象地区別に以下の係数を乗じた値を用いる。

表 2-5-8 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

2-5-5 流出解析

(1) 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。

上記のガイドラインのほかに参考とした既往調査は、以下のとおりである。

- ビクトリア市の洪水問題に関する予備調査（2005年）結果
- 様々な地域の洪水問題に関する予備調査（2004年10月：Drainage Task Force Committee）の結果
- オ・カップ地域の洪水問題（排水システム調査）の結果及び是正措置のための勧告

その他に現地踏査結果や、GIS データに取り込まれた地形データ及び既存の排水路網データベースを利用し本調査を実施した。



図 2-5-10 排水処理設計ガイドラインの表紙

(2) 洪水管理計画のための整備水準

ビクトリア市内の排水施設は、10年確率が勧告されており、その他の地域は次表の整備水準が示されている。

表 2-5-9 勧告されている計画再現期間

Category	Return Period
Central Business – Victoria City	10 years
Commercial & Industrial	5 years
High Density Residential – greater than 35 dwelling units/hectare	10 years
Medium Density Residential – 25 to 35 dwelling units/hectare	5–10 years
Low Residential – less than 25 dwelling units/hectare	5 years
Culvert Structures – Major roads	25 years
– Minor roads	2–5 years
Major drainage natural channels	25 years

本調査においては、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 2-5-10 目標とする整備水準

	整備水準(対象確率年)		
	短期	中期	長期
Victoria	10	25	100
Others	5	25	100

なおビクトリア市以外の4優先地域における短期の整備水準については、各地域の土地利用状況（Commercial & Industrial 地区、ないし Low Residential - less than 25 dwelling units/hectare 地区が含まれている点）を勘案して、ガイドラインに示される5年の再現期間とする。

(3) 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、河川合流状況、現地調査結果も踏まえて、対象地域内の流域分割を実施した。詳細はサポーティングレポートに示す。

(4) 算定式

計画流量の算定に合理式の適用が勧告されている。合理式は流域面積が 20km² 以下の小河川流域において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もあり、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

(5) パラメータの設定

合理式中のパラメータは、下表のように設定した。

表 2-5-11 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 2-5-8)を既存の降雨強度曲線(表 2-5-12)に乗じる。

表 2-5-12 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。

(6) 算定結果

上記(1)~(5)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法にて算定する。算定結果を以下の表に示す。

表 2-5-13 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

2-5-6 氾濫解析

(1) 検討方針

洪水時の氾濫形態は、河川特性や氾濫区域の地形条件の影響を受け、流下型、拡散型、貯留型の3タイプに分類される。対象地域の地形特性をマクロに見れば、自然河道区間が大半であり、洪水時には自然河道に沿って流下し、氾濫流の拡散は少なく、ウェットランド等の低平地に一時的に滞留しつつ流下してゆく氾濫形態（流下型）が予想できる。このことを踏まえると、一次元解析による洪水の評価が可能であるといえる。

本調査では、洪水管理計画の策定に向けて、合理式で求めた計画流量を一次元不等流解析モデルに適用し河道水位を推定する。なお計画流量流下時の下流端潮位は確率潮位を設定する。

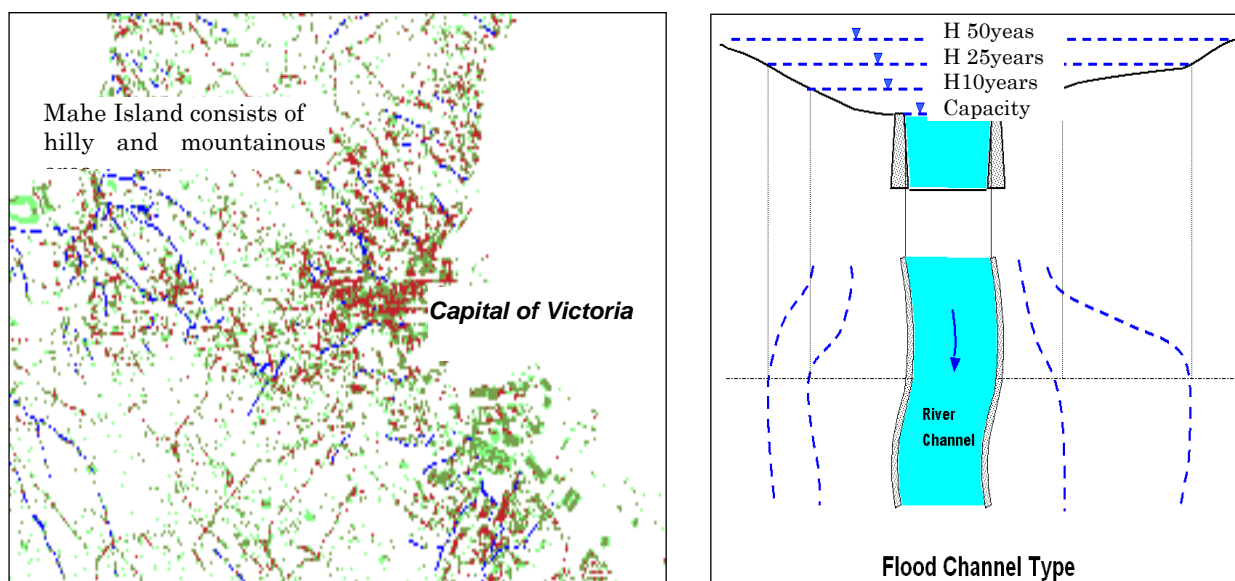
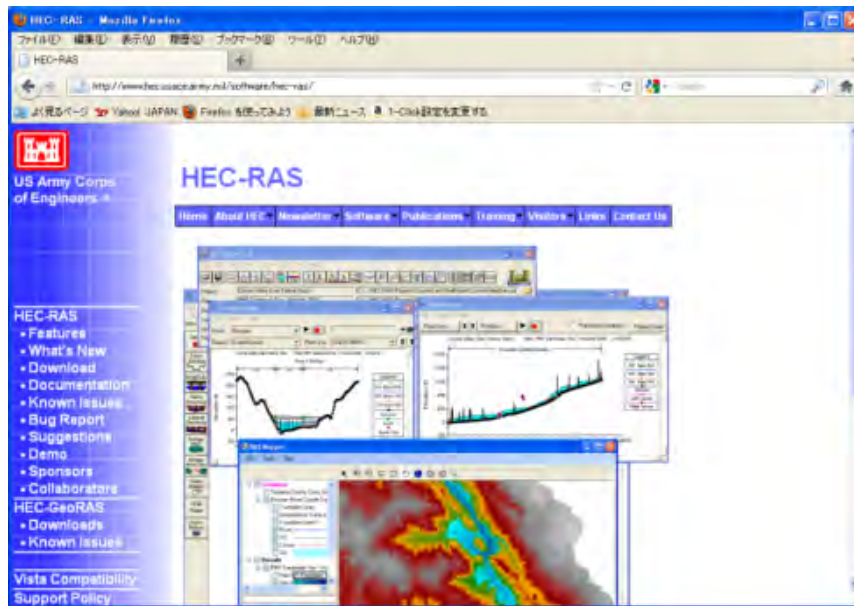


図 2-5-11 洪水氾濫タイプ例

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、米国の陸軍工兵隊によって開発された HEC-RAS を解析に用いる。このプログラムは無料で以下のウェブサイトから入手可能である。（図 2-5-12 参照）



<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

図 2-5-12 HEC-RAS のウェブサイト

(2) 洪水管理計画のための解析条件

(a) 河道断面

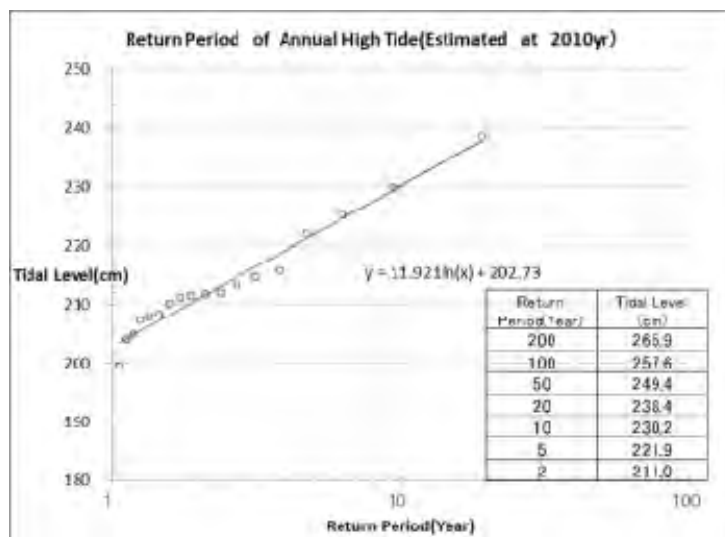
河川管理のための基準点設定や横断測量成果が存在していないため、本調査において必要最小限の現地測量を実施した。これらの測量成果を解析の入力条件とする。

(b) 流入量

各河川において各断面を通過する流量は、上述の流出解析結果(表 2-5-13)をもとに与えられる。Moosa、Maintry の 2 河川は、ビクトリア市内中心部を流下しており、過去に浸水が発生している区域を含んでいることを考慮し、河道への流入位置を適切にモデル化できるよう流域を細分化している。

(c) 潮位

国際空港にある潮位観測所の観測成果によれば、近年約 6mm/年の平均潮位上昇がある。この結果をもとに、過去の実測値を 2010 年にスライドした上で確率処理を行った。その結果を図 2-5-11、表 2-5-14 に示す。



*plotting position: weibull plot

図 2-5-13 潮位の確率評価

表 2-5-14 整備水準に対応する潮位の確率評価結果

Item	Return Period Year	Tidal Level above TSZ (cm)	Tidal Level above MSLD (cm)
Short Term	10	230	133
Medium Term	25	241	144
Long Term	100	258	161

TSZ: Tidal Staff Zero, MSLD: Mean Sea Level Datum, 97cm above TSZ, CD: Chart Datum, 7cm above TSZ

(3) 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。解析河川は浸水区域の近傍にあたる、ビクトリア市内を流れる Maintry 川とする。

(a) 洪水状況の把握

近年、災害情報のデータベースが作成されており、FLOOD の分類が含まれるものの、発生年月日と被害のあった行政地区名程度の内容である。そのため、降雨、浸水深、範囲、時間、被害実態等の定量的な情報は不明である。

過去の報告書において示されているビクトリア中心部の浸水写真は、時間が不明確ながら浸水状況が推定可能な資料の一つである。(写真 2-5-1 参照)



写真 2-5-1 ビクトリア中心部の浸水写真

写真は 2004 年 12 月 28 日、29 日の降雨によって発生した浸水状況であり、建物の床面と同一レベルの水面であることから、路面上 30cm 程度の浸水状況であることがわかる。

その他の地域における資料は入手できておらず、浸水状況は不明である。

(b) 検証条件の設定

1) 降雨規模の評価

マへ島における降雨は、ビクトリアを含む北部地域で雨量が多く、南部では少ない。空港地点の日雨量は 12/29 68mm（最大時間雨量 25mm）と少なく、一方でビクトリア近傍の Hermitage 観測所では 169mm が記録されている。

時間雨量が唯一存在する空港地点の降雨波形を Hermitage 観測所に対して適用し、日雨量が 169mm となるように各時間雨量を引き延ばすことにより、Hermitage 観測所における降雨分布を推定した。

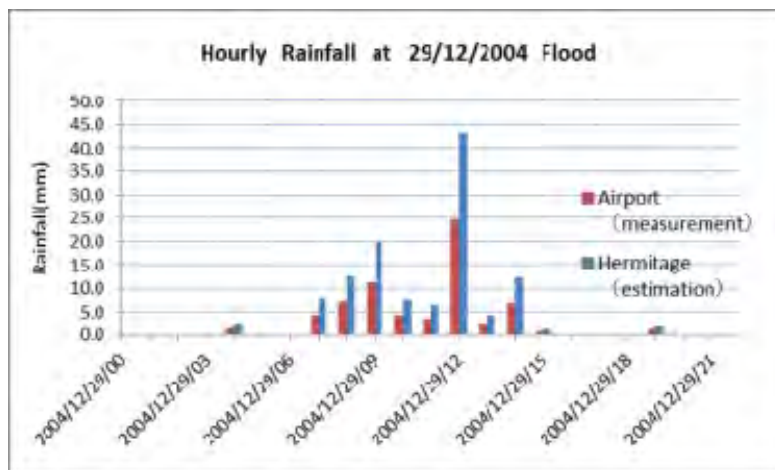


図 2-5-14 Hermitage 観測所における時間雨量の設定

降雨継続時間に相当する 6 時間雨量で確率規模を評価すると、ガイドライン記載の確率降雨強度曲線に照らせば約 5 年確率相当の降雨であったものと推定される。

- 空港実績 6 時間雨量：55.3mm
- Hermitage 引き伸ばし 6 時間雨量：136.7mm
- 5 年確率降雨強度曲線 6 時間雨量：132.7m

2) 流入量

上述のとおり、ビクトリア近傍では 5 年確率相当の降雨があったものと推定されるので、合理式にて最大流量を推算すると、以下となる。

表 2-5-15 最大流量の推定

Name	Area (ha)	5Year Return Period		
		Cy	ly	Qy
Maintry	33.0	0.62	72.0	4.1

Hermitage 引き伸ばし 6 時間雨量：136.7mm は空港地点での 5 年確率雨量 103%に相当している
ので、最大流量は 3%増の 4.2m³/s と想定する。

3) 河道断面

現地測量により得られた断面データを用いるが、測量後高さ約 20 cmの河床掘削が行われており、これを考慮した。

4) 最高潮位

実測潮位の最高値は、次図の 0.74m(MSL)であり、この値を用いる。

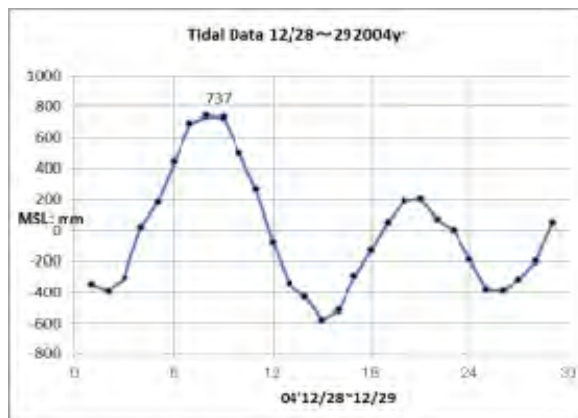


図 2-5-15 実績潮位 (2004 年 12 月 28 日～29 日)

(c) 計算結果

水位の計算結果を図 2-5-16 に示す。

図 2-5-16 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 2-5-16) 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。

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できる。

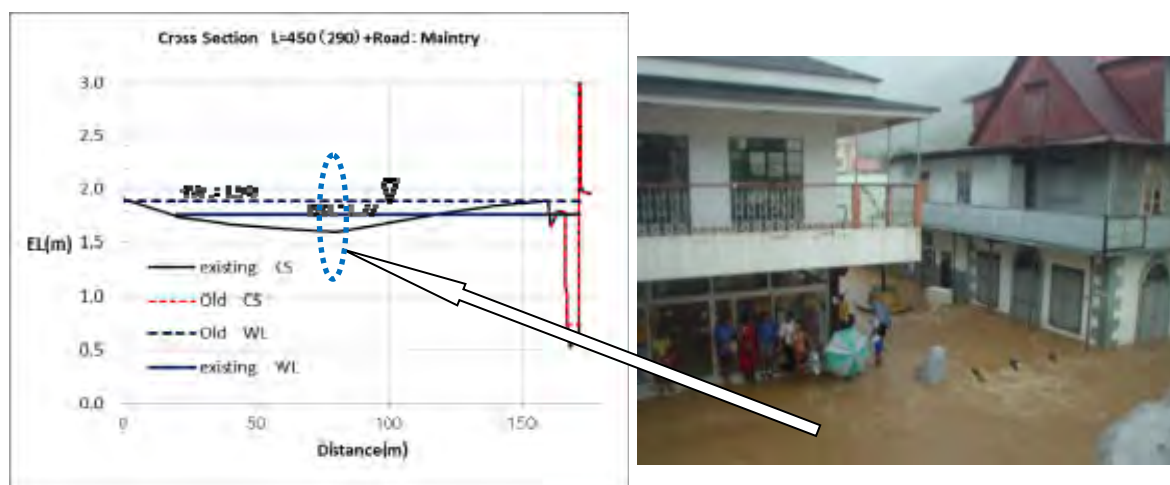


図 2-5-16 水位計算結果と横断図の重ね合わせ（河口から 450m 付近）

(4) 2013 年洪水状況の把握

2013 年 1 月に発生した洪水について情報収集、現地調査を行った。また得られた情報をもとに洪水解析を実施し、洪水の特性の把握を試みた。

対象河川は、浸水被害が報告された地区のうちアンセ・オ・ピン地区及びオ・カップ地区とする。

(a) 解析条件の設定

1) 降雨規模の評価

対象災害が発生した 2013 年 1 月 25 日～1 月 29 日の断続的な降雨において、6 時間雨量が最大となる 1 月 25 日、1 時間雨量及び 12 時間雨量が最大となる 1 月 28 日について、降雨強度曲線上にプロットしたところ、図 2-5-17 のようになる。

この図より、2013 年洪水時の雨量は概ね 2 年確率相当であったと推定できる。

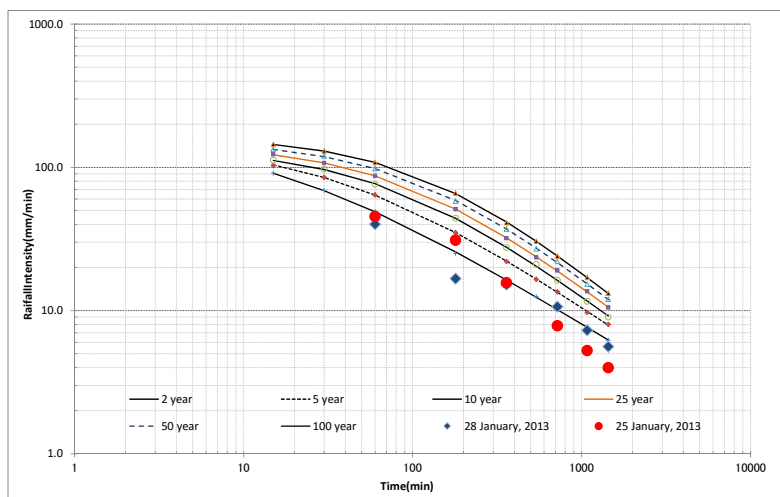


図 2-5-17 2013 年 1 月洪水の確率強度曲線へのプロット

2) 流入量

災害発生時の時間最大雨量は、2013 年 1 月 28 日 16 時に発生しており、41mm/h である。この降雨に対して合理式を適用し、各流域（オ・カップ、アンセ・オ・ピン）の流量を算出した。流出率は、今回の洪水の確率規模が 2 年程度と考えられるため、2 年確率相当の $f=0.54$ とした。各流域からの流出量は下表のようになる。

表 2-5-16 各流域からの流出量

	Au Cap									Total Area
	AC-1	AC-2	AC-3	AC-4	AC-5	AC-6	AC-7	AC-8	AC-9	
流域面積 (ha)	41.0	95.0	27.0	54.0	58.0	50.0	46.0	31.0	25.0	427.0
流量 (m ³ /s)	2.5	5.7	1.6	3.2	3.5	3.0	2.8	1.9	1.5	25.7

	Anse Au Pins							Total Area
	AAP-1	AAP-2	AAP-3	AAP-4	AAP-5	AAP-6	AAP-7	
流域面積 (ha)	18.0	34.0	58.0	55.0	101.0	16.0	33.0	315.0
流量 (m ³ /s)	1.1	2.0	3.5	3.3	6.1	1.0	2.0	18.9

3) 河道断面

現地測量により得られた断面データを用いる。

4) 潮位

災害発生時の時間最大雨量発生時刻（1 月 28 日 16 時）直後に満潮となっており、この潮位を解析の下流端水位条件として与える。

表 2-5-17 潮位データ (2013 年 1 月 28 日)

		潮位 (TSZ)	潮位 (MSLD)
1月28日	5:13	1.8	0.83
1月28日	12:00	0.4	-0.57
1月28日	17:49	1.5	0.53
1月28日	23:42	0.6	-0.37

(b) 計算結果

計算結果（断面ごとの水位）を以下に示す。なお、洪水の被害状況を把握するために、2013 年 7 月に聞き取り調査を実施しており、この調査結果を合わせて示し、計算結果と比較した。概要は以下の通りである。

【調査期間】 2013 年 7 月 6 日

【調査方法】 アンケート形式による聞き取り調査

【聞き取り内容】 堤内地における浸水深

断面ごとの計算水位を見ると、聞き取り調査から得られる水深と概ね整合が取れている。特に、浸水しやすい河川や流下能力の低い箇所といったネック箇所の評価は、本モデルで検討可能であると考えられる。

次頁以降に示す計算結果と調査結果の重ね合わせから、以下のことがいえる。

- オ・カップ川については、河口から 90m の地点の断面が狭くなっており、そこから上流側において水位が高く、河道から水が溢れている。このことから、河口部における断面の拡幅が対策として必要と考えられる。また、河口 500m～600m 付近において、右岸側に広がる平地が広く浸水している。この平地には住宅地などの建物が立地していることから対策が必要である。聞き取り調査によるとこの辺りの浸水は内水氾濫が原因となっていることから、河道の拡幅あるいは雨水排水機能の改善が必要となる。
- アンセ・オ・ピンについては、湿地帯の標高が低くなっており、河川の広い範囲において浸水している。住民への被害が及ばない範囲内で、この湿地帯の貯留効果を活用することができれば望ましい。また河口付近においての浸水は外水氾濫が原因であり、河道の拡幅が望まれる。

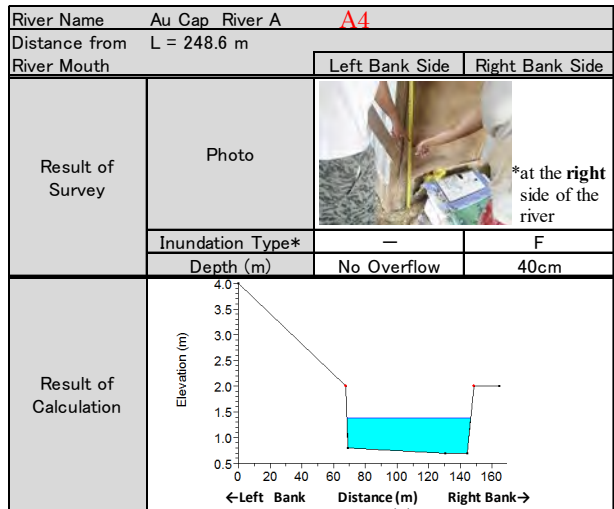
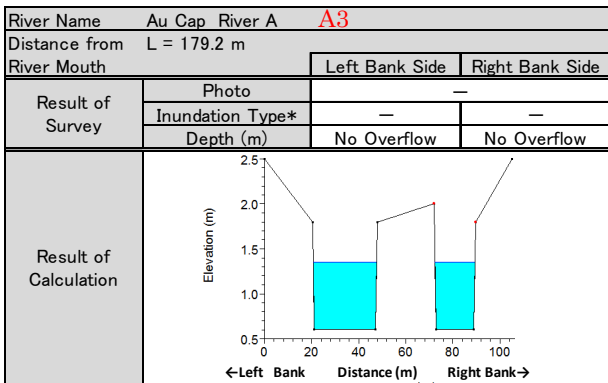
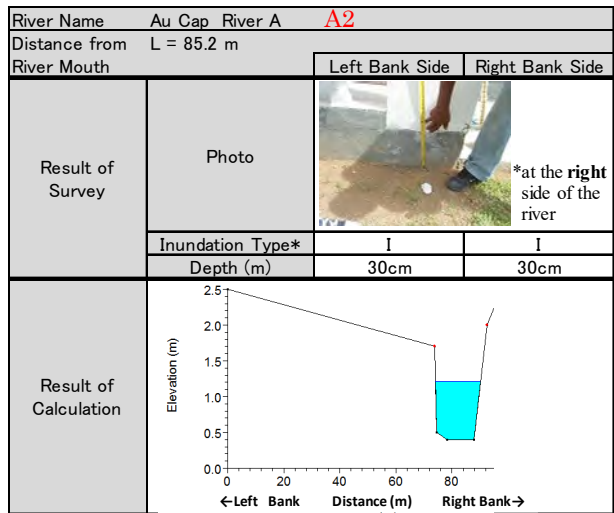
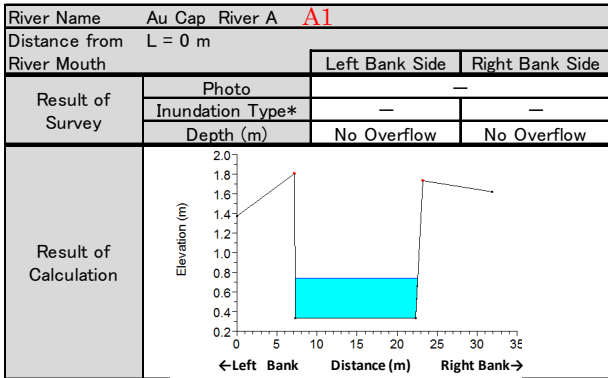


図 2-5-18 計算結果と現地調査結果との比較 オ・カップ(1/4)

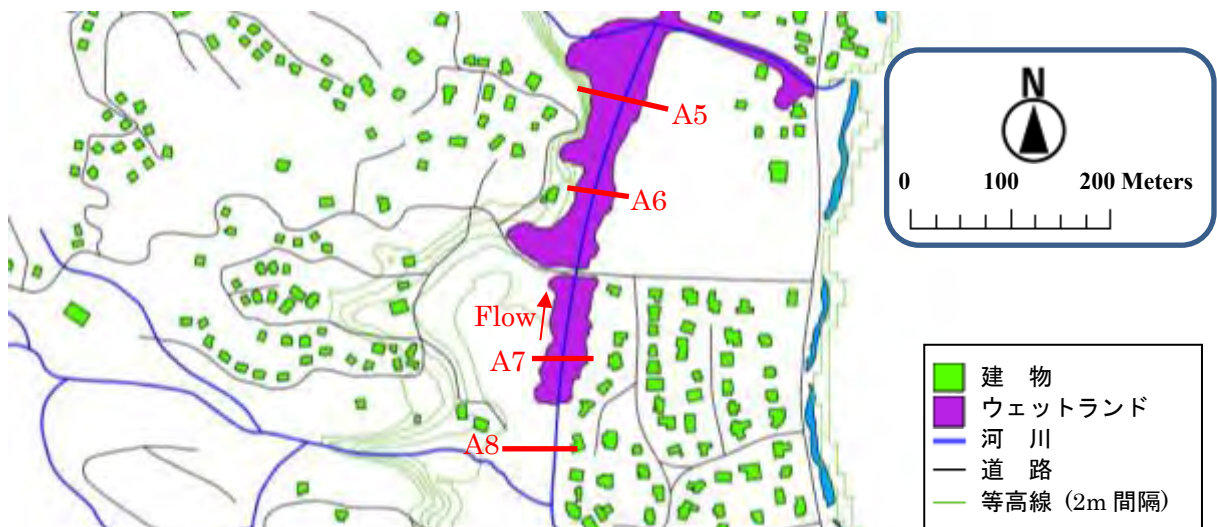
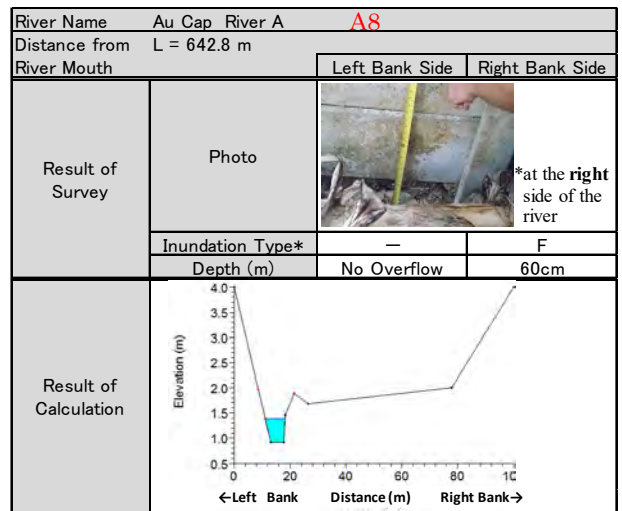
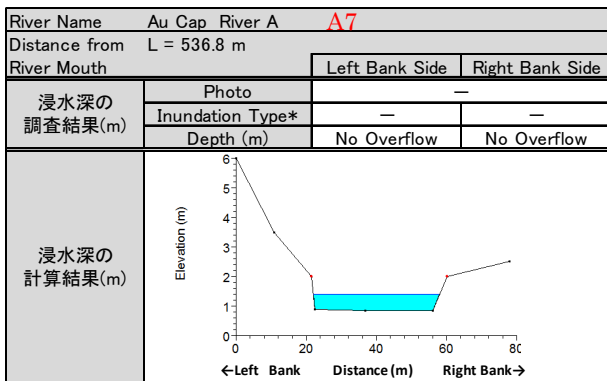
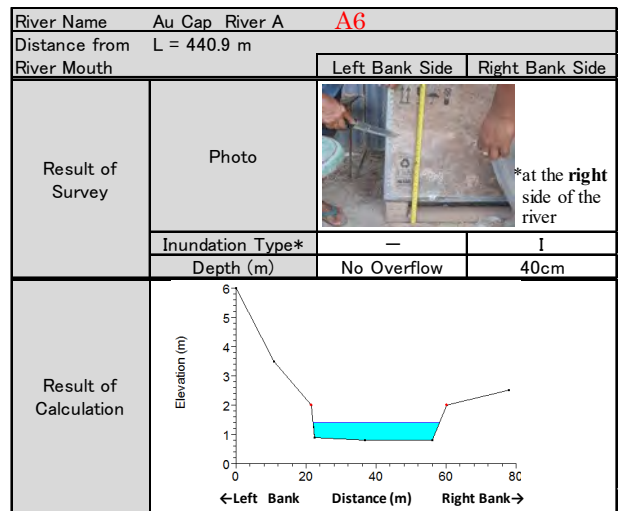
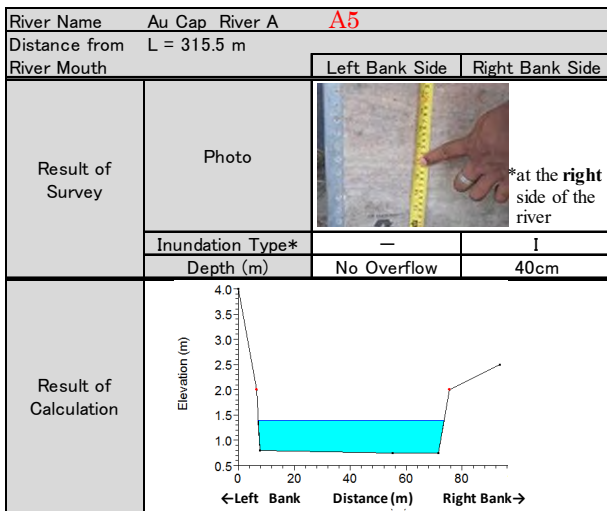


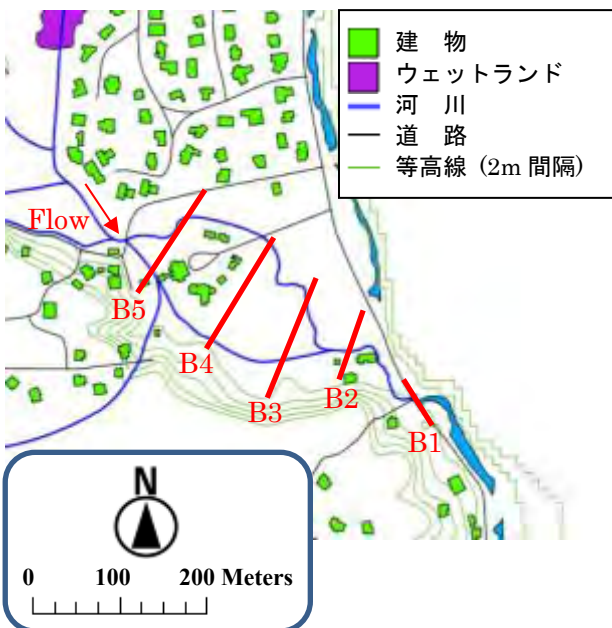
図 2-5-19 計算結果と現地調査結果との比較 オ・カップ(2/4)

River Name Au Cap River B B1			
Distance from L = 0 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo		
	Inundation Type*	—	I
	Depth (m)	No Overflow	15cm
Result of Calculation			

River Name Au Cap River B B2			
Distance from L = 90.6 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo		
	Inundation Type*	I	I
	Depth (m)	60cm	60cm
Result of Calculation			

River Name Au Cap River B B3			
Distance from L = 177.0 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo		
	Inundation Type*	F	I
	Depth (m)	30cm	40cm
Result of Calculation			

River Name Au Cap River B B4			
Distance from L = 272.3 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo		
	Inundation Type*	I	I
	Depth (m)	80cm	100cm
Result of Calculation			



River Name Au Cap River B B5			
Distance from L = 379.0 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo		
	Inundation Type*	Not allowed to enter the site	I
	Depth (m)		80cm
Result of Calculation			

図 2-5-20 計算結果と現地調査結果との比較 オ・カップ(3/4)

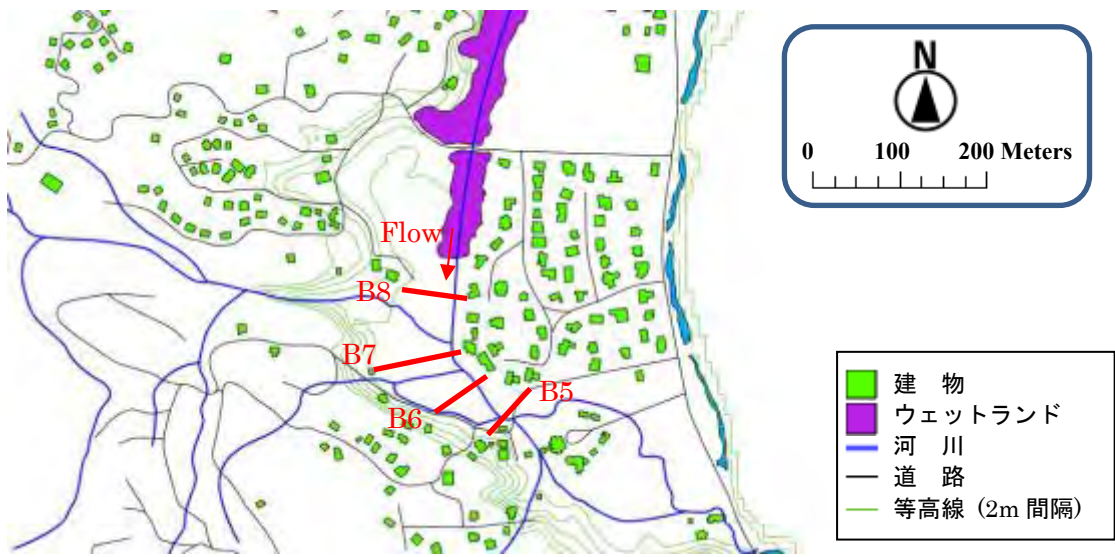
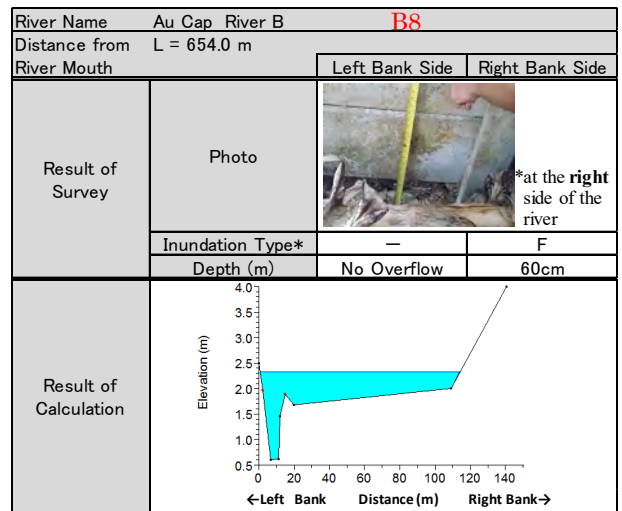
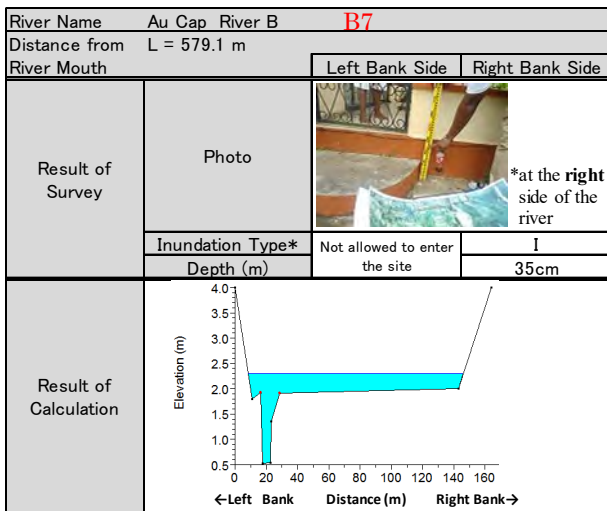
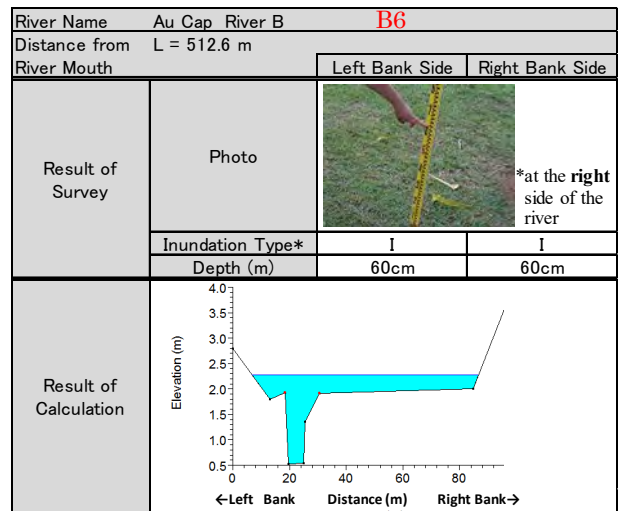
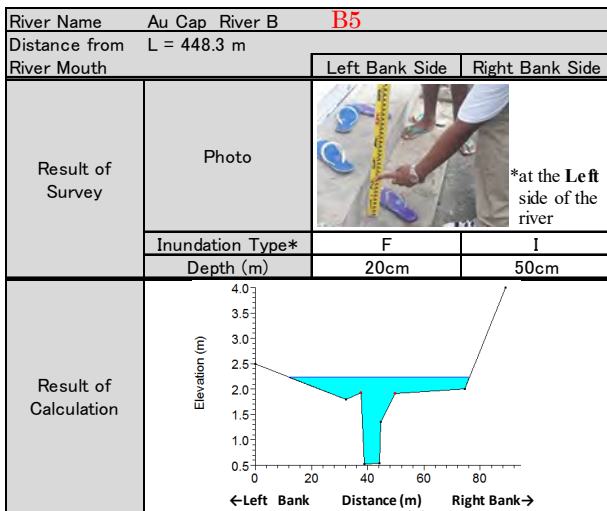


図 2-5-21 計算結果と現地調査結果との比較 オ・カップ(4/4)

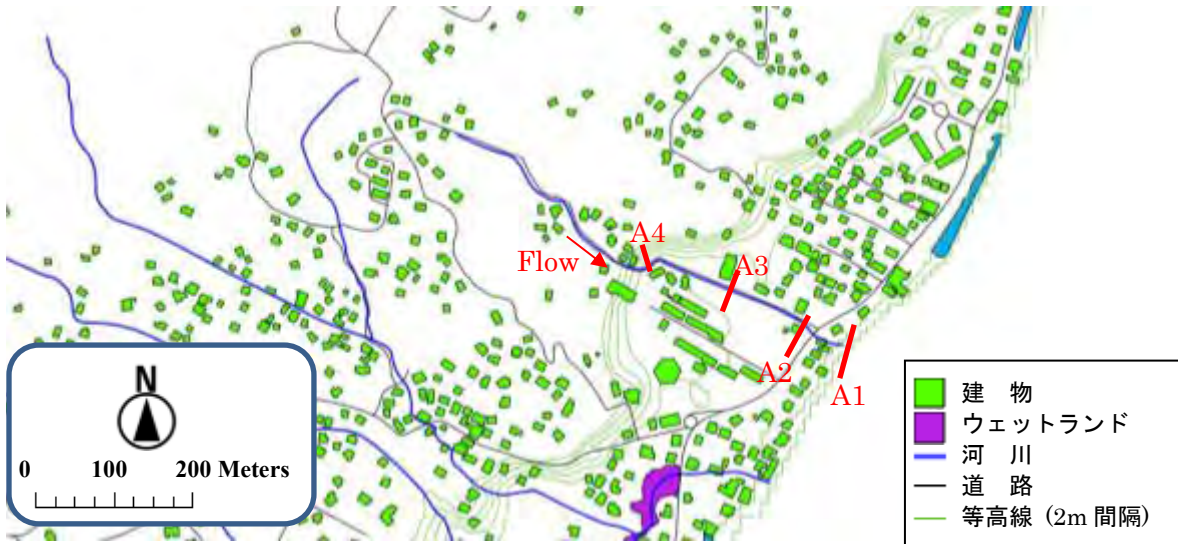
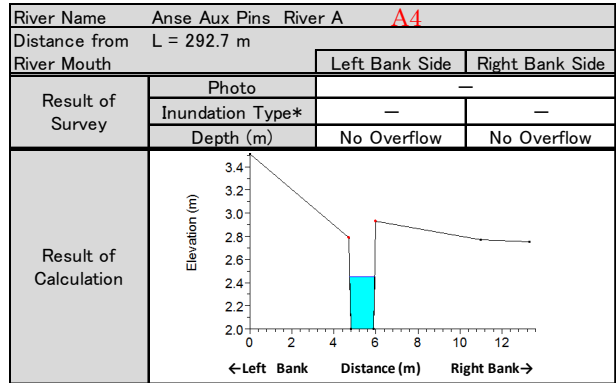
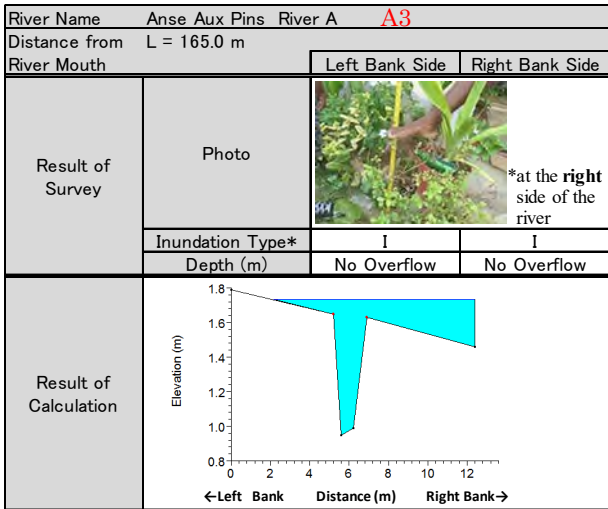
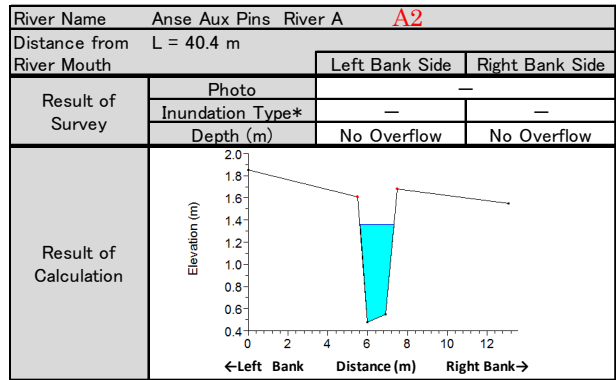
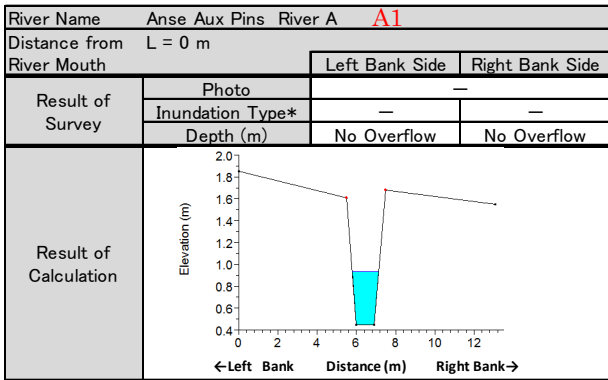


図 2-5-22 計算結果と現地調査結果との比較 アンセ・オ・ピン(1/5)

River Name Anse Aux Pins River B B1			
Distance from L = 0 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo	—	
	Inundation Type*	—	—
	Depth (m)	No Overflow	No Overflow
Result of Calculation			

River Name Anse Aux Pins River B B2			
Distance from L = 51.2 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo	 *at the Left side of the river	
	Inundation Type*	F and I	—
	Depth (m)	60cm	No Overflow
Result of Calculation			

River Name Anse Aux Pins River B B3			
Distance from L = 141.6 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo	 *at the Left side of the river	
	Inundation Type*	F	F
	Depth (m)	60cm	90cm
Result of Calculation			

River Name Anse Aux Pins River B B4			
Distance from L = 226.9 m			
River Mouth		Left Bank Side	Right Bank Side
Result of Survey	Photo	 *at the Left side of the river	
	Inundation Type*	F	No resident
	Depth (m)	70cm	
Result of Calculation			



図 2-5-23 計算結果と現地調査結果との比較 アンセ・オ・ピン(2/5)

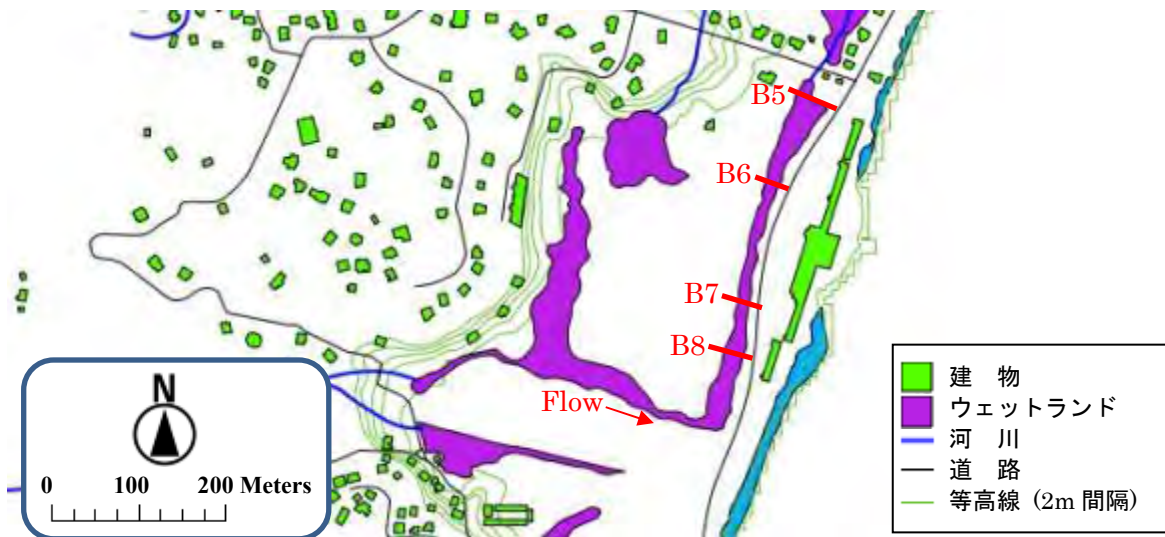
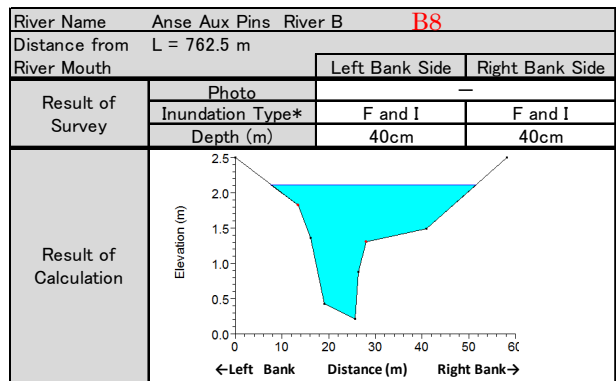
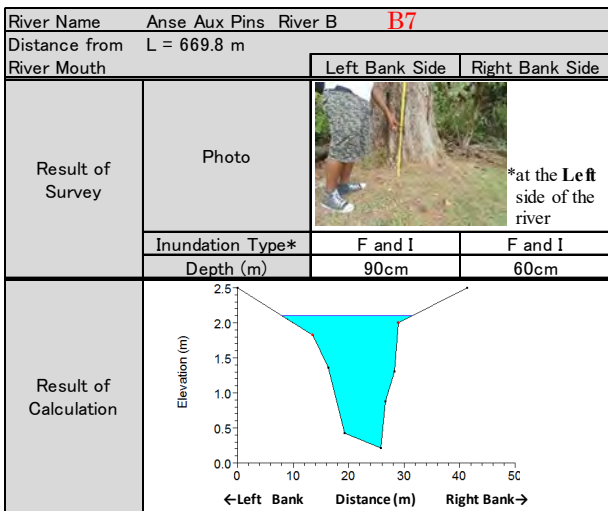
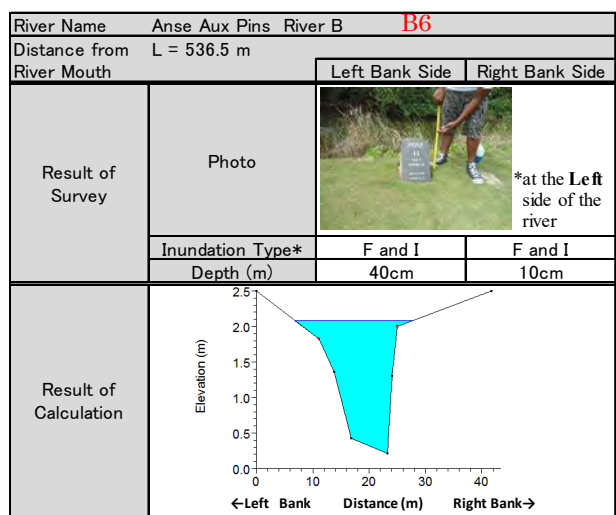
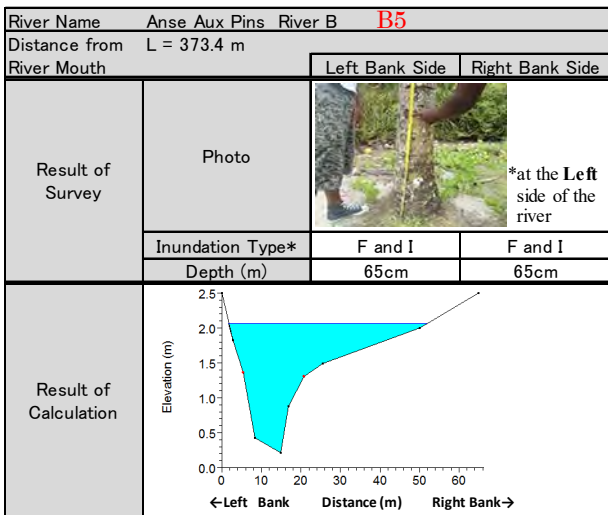


図 2-5-24 計算結果と現地調査結果との比較 アンセ・オ・ピン(3/5)

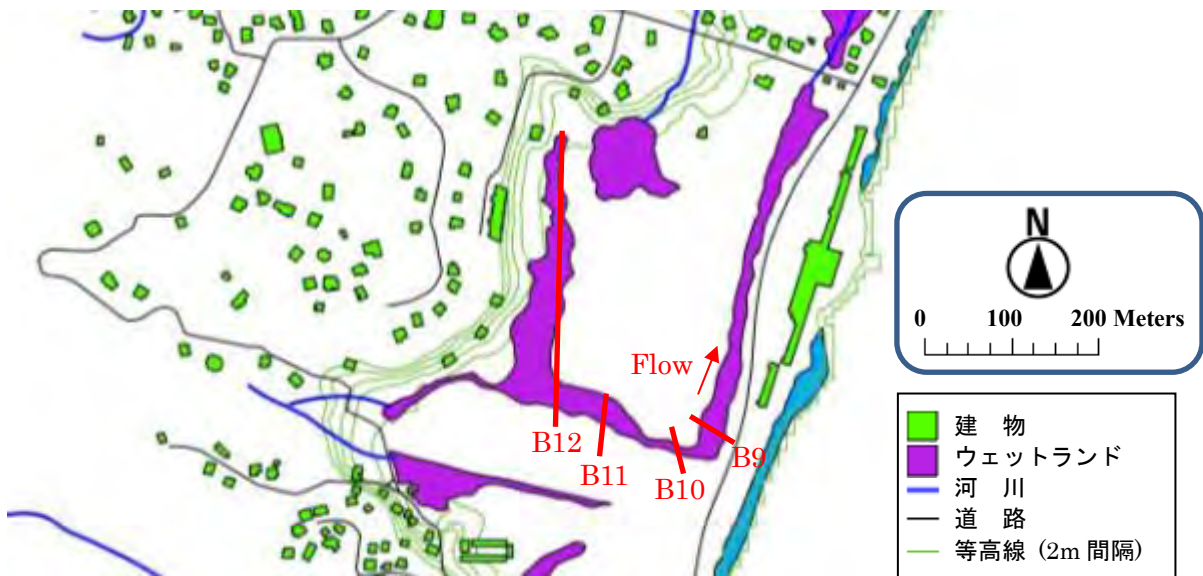
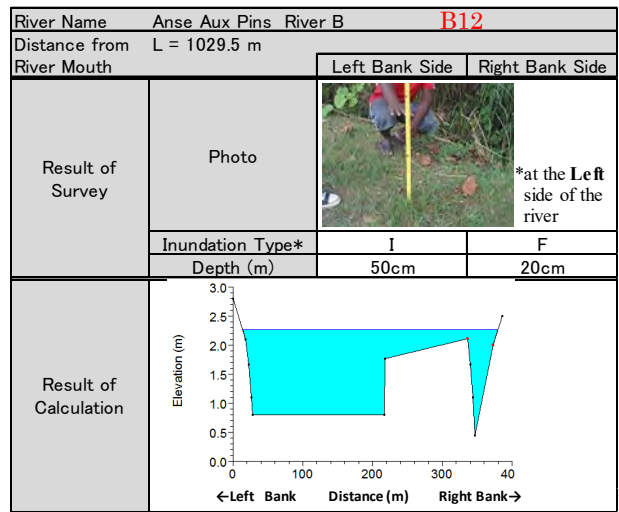
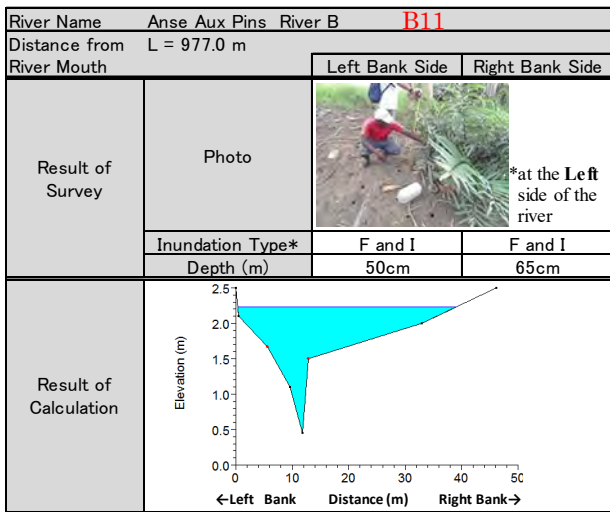
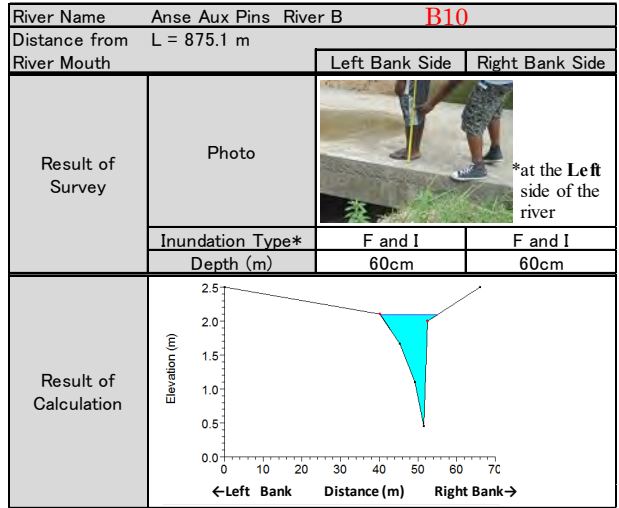
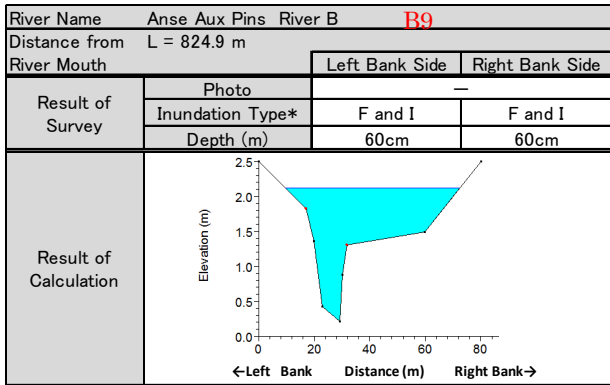


図 2-5-25 計算結果と現地調査結果との比較 アンセ・オ・ピン(4/5)

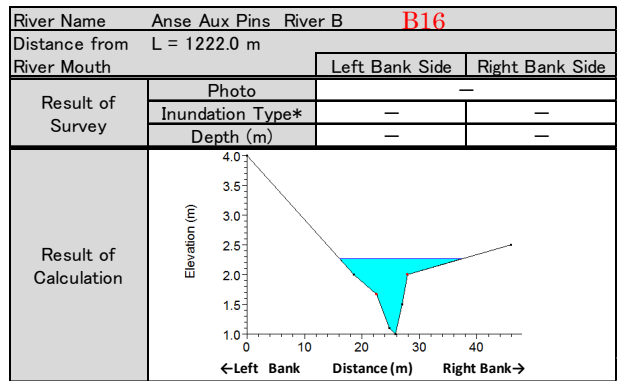
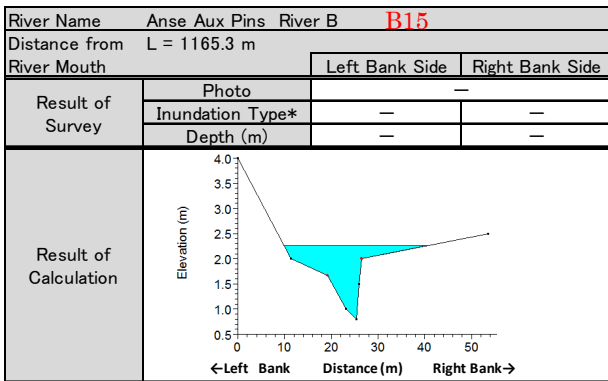
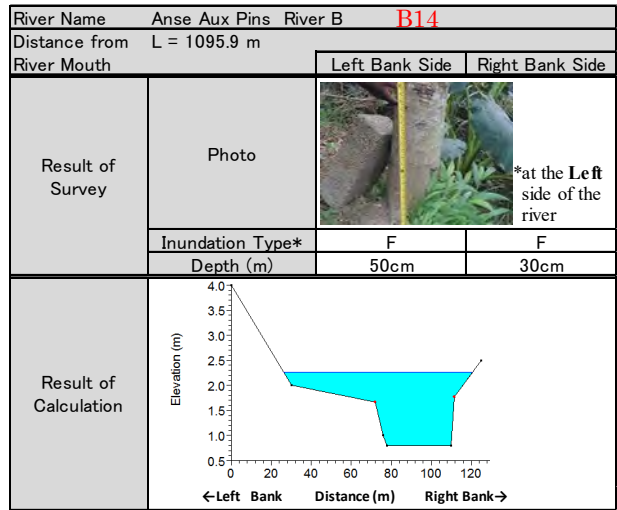
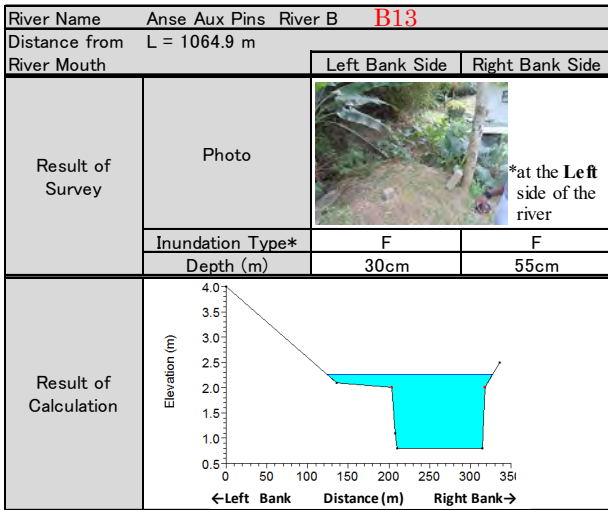


図 2-5-26 計算結果と現地調査結果との比較 アンセ・オ・ピン(5/5)

2-5-7 過去の洪水災害

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されていないため、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。その結果、過去の災害では、1990 年、1997 年、2004 年、2005 年、2006 年に大規模な洪水・浸水被害が発生していることが分かったが、洪水状況に関する詳細な情報は得られなかった。過去 25 年の洪水災害の概要を表 2-5-18 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。しかし、人的被害に関する報告はない。住民は水位が低下する数時間の間屋内に避難した。洪水被害に関する詳細な記録は National Archives (<http://www.sna.gov.sc/>) から入手できる。

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 2-5-18 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, 5 killed, 1237 affected.
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, EM-DAT “Number of killed and affected”

2-5-8 既存の洪水対策

セーシェルにおける過去の洪水災害は表 2-5-18 に示すとおりである。その他の洪水発生エリアについては、Drainage Task Force Committee が 2004 年に実施した調査結果がある。このタスクフォースはマヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島における洪水及び排水問題の予備調査を実施しているも

の、定量的な分析は報告書に示されていない。調査団によって収集されたレポートは以下の 3 点である。

- (1) Preliminary Study of the Drainage Problems in Various Districts: October 2004
- (2) Preliminary Study of the Drainage Problems in North Mahe (incomplete): December 2005
- (3) The Flooding Problems at Au Cap, A Study of Drainage Pattern and Recommendations for Corrective Actions

(1) ビクトリア市街

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における洪水及び排水問題の予備調査を実施した。

この調査では、11 のプロジェクトが提案され、実施に向けた優先順位が設定された。この 11 のプロジェクトはいずれも排水路の改善策に関する調査であり、河川改修は実施していない。それぞれのアクションプランの実施状況は下表に示すとおりである。

表 2-5-19 洪水対策の実施状況

No.	Project Location	Project Cost (SR)	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: The Preliminary Study of the Flooding Problems in Victoria, June 2005

調査レポートは排水問題が生じている各地域における解決策を述べているが、排水施設に対する具体的な計画は提案されていない。レポートによると、費用の推定値は各省庁及び関係機関が排水対策を実施する時点のレートに基づいている。しかし、費用の内訳は示されていない。計画実施の優先順位を決定する際の要素・基準として、人的被害及び資産被害の資料が用いられている。しかし、具体的な要因や基準に関する詳しい説明は述べられていない。

(2) その他の地域

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、の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。洪水の影響を受けた地域はその地域における優先順位にもとづき、当局との協議を踏まえて、以下のようにランク付けがなされた。

- (1) 早期計画- 人命・衛生のリスク、資産への被害、大災害が起こりやすいエリア、耐用年数を超過した施設の維持管理
- (2) 短期計画 - 資産の保護、人口密度、問題の深刻さ及び実施に向けた費用
- (3) 中期計画 - 予防策、費用の提示、必要資源及び着工準備
- (4) 長期計画 - 予防策

各アクションプランの実施状況を下表に示す。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 2-5-20 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

2005年から2011年までの総費用は3.96百SCRとなった。したがって、1年あたりの実施費用は0.66百万SCRと推定される。

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下表に示すとおりである。

表 2-5-21 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

オ・カップにおける洪水問題のレポートにもとづき、提案された解決策は早期計画と長期計画に分割された。それぞれの計画にかかるプロジェクト費用は1.74百万SCR及び1.926百万SCRであった。ただし、DOEはオ・カップにおけるプロジェクトの状況については詳述していない。

2-6 気候変動解析

2-6-1 概要

セーシェルは115の花崗岩またはサンゴからなる島で形成されているが、人口はこの調査で対象としている3つの花崗岩の島に主に集まっている。人口と経済活動のほとんどは3島の狭い海岸の平地に位置している。勾配のきつい地形と公共施設への適切な土地が無いことから、グループで最も住民の多いマヘ島の東の海岸で広い面積の埋立てが行われてきた(出典: Seychelles National Climate Change Strategy (2009))。これらの条件は、小さな島が海面上昇の影響を受けやすい典型

的に考えられ、セーシェルを将来の気候変動に対して脆弱にしている(出典: The Seychelles National Climate Change Committee, 2009. *Seychelles National Climate Change Strategy*, p.96)。

この節では海岸侵食と洪水に密接に関連する気候変動問題を取り扱う。将来の気候変動が海岸保全と洪水管理計画に関連する脆弱性への範囲や影響に関して、マヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島の3島を特に対象とした気候変動や地域特性の情報を収集し、出来るだけ既存の文献または報告から評価を行った。しかし、それらの情報は制限があり、質および地域が限定せざるを得ない状況にある。

上記の情報の制約に加えて、将来の気候変動の予想は以下に示すように、不確定性を示している。特に不確定性は時間の増加に伴って生じると考えられる。気候変動への対応には、将来の気候変動推定に伴う不確定性を認識しておく必要がある。これに関連し、将来次の活動を強化する必要がある。

- モニタリングと解析による気候変動に関する十分な理解
- 推定手法の改善
- 変化する将来の影響に対する海岸及び洪水管理での適応

2-6-2 海面上昇と波浪

(1) 海面上昇

第4次 IPCC 報告によると、21世紀の全体的海面上昇の推定は表 2-6-1 に示すようになっている。

表 2-6-1 推定される 21 世紀末 (2090-2099) の海面上昇
(1980 年から 1999 年の平均値からの変化)

SRES シナリオ	B2	A1F1
海面上昇量 (m)	0.20~0.43	0.26~0.59
海面上昇率 (mm/yr) 2090 年から 2099 年	2.1~5.6	3.0~9.7

(出典: IPCC 4th Report (WG I))

小さい島の地域気候に関する推定として、第4次 IPCC 報告はインド洋の小さな島の周辺では、今世紀の間、海面は平均として上昇し続けるようであるとされており、また上昇は地理的に一様ではなく、各モデル間の大きな分散はインド洋を横断する地域的な推定を不確かとしている。

南西インド洋の地域的な海面上昇は、1960年から1990年の間に比較し2070年から2100年の間で+0.4mから+0.6mが予測される(Chang-Seng (2007)).(出典: Chang-Seng, S. D., 2007. *Seychelles Climate Change Scenarios for Vulnerability and Adaptation Assessments*, Report for Ministry of Environment and Natural Resources, Republic of Seychelles)。

セーシェルにおける海面のモニタリングデータは、マヘ島のポイント・ラルーで観測された資料が18年(1993年-2010年)に限定されるなど十分に揃っていない。しかし、調査団が解析した結果、最近の平均海面の上昇割合は6.6mm/年との結果が得られた(プロGRESS・レポート1)。もし、この状況が今世紀続けば、海面は2010年に対し、2050年で+0.264m、2100年では+594mの上昇となる。

(2) 波浪

セーシェルでは沖の風波は主に二つの季節風、すなわち北西モンスーンと南東貿易風が卓越し、これは異なった季節間で反対方向の風と波をもたらす。それ故、季節風の傾向が変化しなければ、有義

な範囲での波浪の変化はないであろう。気候変化を考慮したセーシエルの将来の波浪条件の将来の推定に関しては、情報が限定されている。ただ、波高の増加が熱帯性低気圧またはサイクロンの強度増加に関連していると考えられる。

インド洋は熱帯でサイクロンが最も多く発生する海域であるが、熱帯のサイクロンの軌跡が赤道の近くに位置するセーシエルの島々を接近することは稀である。しかし、インド洋の熱帯サイクロンによる大きなうねりがセーシエルに影響を与えることを指摘しておくことは重要である(Seychelles National Climate Change Strategy (2009))。(出典: The Seychelles National Climate Change Committee, 2009. *Seychelles National Climate Change Strategy*, p.96)

全球的気候モデルの研究結果は広く変動しているが、20世紀後半と21世紀においては熱帯サイクロンの頻度が減少し、それに反し強度が増加する傾向を示している。全球的な解析結果からインド洋における熱帯サイクロンの気候を求めると、同様の結果、すなわち熱帯サイクロンの頻度は減少し、その強度は増加すると結論づけられている(INGC Climate Change Report (2009))。(出典: *Sea Level Rise and Cyclone Analysis*, INGC Climate Change Report, p.33-66, 2009)

上記の議論以外に、沖での波浪条件の変化がなくてもセーシエルの海岸域では海面上昇により水深が深くなることから波エネルギーの減衰が小さく、より大きな波エネルギーが来襲する。これは、現状に比較してより厳しい海岸侵食と高い波の打ち上げをもたらす。

(3) 高潮

熱帯サイクロンの1972年から2001年までの軌跡を基にすると、セーシエルは主要な暴風の軌跡外に位置している。記録によると、この調査で対象としている主要3島、マヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島と同じ緯度を通るサイクロンは稀である。最近のそのような状況は1956年に生じた(Seychelles National Climate Change Strategy (2009))。熱帯サイクロンの軌跡は赤道近くに位置するセーシエルの島々に接近したことは2~3回である。(出典: The Seychelles National Climate Change Committee, 2009. *Seychelles National Climate Change Strategy*, p.96)

現在では、気候変動による熱帯サイクロンの軌道や強度への影響を予測することは技術的な能力を超えている。調査団は18年間(1993年から2010年)のマヘ島、ポイント・ラルーでの観測値を用いて、高潮極値の次の確率式を設定した。これには天文潮と高潮が含まれている。高潮位の極値は次のようになる。

$$\text{高潮の極値(平均海面上 m)}=11.921*\ln(\text{回帰年})+105.73$$

2-6-3 水文変化

表 2-6-2 は今世紀末のいくつかの全球気候モデル(GCM)による地域降雨の推定値である(Chang-Seng (2007))。推定の変動は大きいですが、いくつかのモデルによる推定は年降雨のそれぞれ2050年と2100年に対して小さな変化、3-5%と5-6%を示している。

表 2-6-2 21 世紀末の降雨量変化の推定
(1972 年から 1990 年の平均からの変化)(Chang-Seng(2007)による)

SRES シナリオ	年	季節	降雨量の変化 (mm)		変化の割合(%)	
			モデルの合成	推定範囲	モデルの合成	推定範囲
B2	2050	年雨量	+58	-105 ~ +184	+2.7	-4.8 ~ +8.5
		雨期 (DJF)	+17	-11 ~ +25	+5.3	-0.3 ~ +9.3
		乾期(JJA)	+6	-6 ~ +18	+7.3	-7.7 ~ +22.7
	2100	年雨量	+119	-188 ~ +355	+5.4	-8.6 ~ +16.3
		雨期 (DJF)	+15	-18 ~ +39	+4.9	-5.6 ~ +12.4
		乾期(JJA)	-9	-31 ~ +13	-10.8	-36.3 ~ +14.9
A1	2050	年雨量	+99	+50 ~ +212	+4.6	+2.3 ~ +9.7
		雨期 (DJF)	+11	-11 ~ +25	+3.4	-3.4 ~ +8.2
		乾期(JJA)	+0	-20 ~ +6	-8.7	-25.0 ~ +7.8
	2100	年雨量	+125	-199 ~ +375	+5.8	-9.1 ~ +17.2
		雨期 (DJF)	+16	-19 ~ +41	+5.2	-6.0 ~ +13.1
		乾期(JJA)	-9	-31 ~ +13	-11.4	-38.3 ~ +15.8

注: DJF(12月、1月、2月)、JJA(6月、7月、8月)

(出典: Chang-Seng, S. D.,2007. *Seychelles Climate Change Scenarios for Vulnerability and Adaptation Assessments*, Report for Ministry of Environment and Natural Resources, Republic of Seychelles))

気温は直接的に雨量に関係はないが、水文現象に関係する重要な要素である。第 4 次 IPCC 報告では全地球の気温は上昇と推定され、今世紀末には表 2-6-3 に示すようになる。

表 2-6-3 21 世紀末(2090 年-2099 年)の全地球の平均気温の上昇量の推定
(1980 年-1999 年平均に対する量)

SRES Marker シナリオ		B2	A1F1
年平均気温(°C)	年平均	2.4	4
	範囲	1.4~3.8	2.4~6.4

(出典: IPCC 4th Report)

B2 の中期排出量に関する感度分析のシナリオは、マへ地域の平均気温は今世紀末に+3°C より暖かくはならないとしている。温暖化の相対的比率は主に寒期の南東貿易風の間には発生する。その割合は 2100 年で+2.1°C (+1.8 to +2.5 °C)となる(B2 Scenario) (Chang-Seng (2007))。

表 2-6-4 世紀末(2090 年-2099 年)のマへでの平均気温の上昇量の推定
(1980 年-1999 年平均に対する量) (Chang-Seng (2007)より)

SRES Marker シナリオ		B2	A1
年平均気温(°C)	年平均	2.1	2.2
	範囲	1.8~2.5	?

(出典: Chang-Seng, S. D.,2007. *Seychelles Climate Change Scenarios for Vulnerability and Adaptation Assessments*, Report for Ministry of Environment and Natural Resources, Republic of Seychelles))

2-6-4 サンゴ礁

(1) サンゴ礁

セーシェル内島のサンゴ礁は大規模に利用されるとともに、最も脅威を受けているサンゴ礁の生態系である。リーフは内島では一般的であり、花崗岩の玉石の上にサンゴ礁が形成されている。セーシェルのサンゴ礁は1998年のエルニーニョ現象により温度ストレスを受けて大規模なサンゴの白化現象により広い範囲で影響を受けている。白化は内島のほとんどでサンゴの被覆率を5%以下に減少させた。現状のサンゴ礁は白化後サンゴの回復能力があることを示しているが、最近の全島を対象にした調査では回復は部分的であることを示している。現在、平均的な内島での回復の状況は11%と推定されている(Bijoux et al. (2007))。(出典: Jude Bijoux et.al, 2007. *Status of Coral Reefs of the Seychelles Islands*)

地形的研究(Kennedy et al. (2002))では図2-6-1に示すように、完新世の環礁の成長は6つのモデルで記述できることを提案している。マへ島周辺の環礁はモデル「D」または「E」に分類できる。モデル「D」では既存のリーフに平行に断片的に付加されたリーフとそれらの間を埋める通常非固結のリーフ起源の底質により形成される。モデル「E」は岸側に礁湖を有する沖を中心にリーフの形成が始めに行われる。環礁は選択的に鉛直に成長する。もし、鉛直方向への成長の余地がなければ、水平方向に成長する。鉛直方向に十分な余地があるリーフでは、天端と前面への成長は比較的早い。それ故、海面上昇期のリーフの形成はその上の空間へ鉛直に成長することが可能であろう。(出典: Kennedy. D.M., Woodroffe. C.D., 2002. *Fringing reef growth and morphology: a review*, Earth Science Review 57, 255-277)

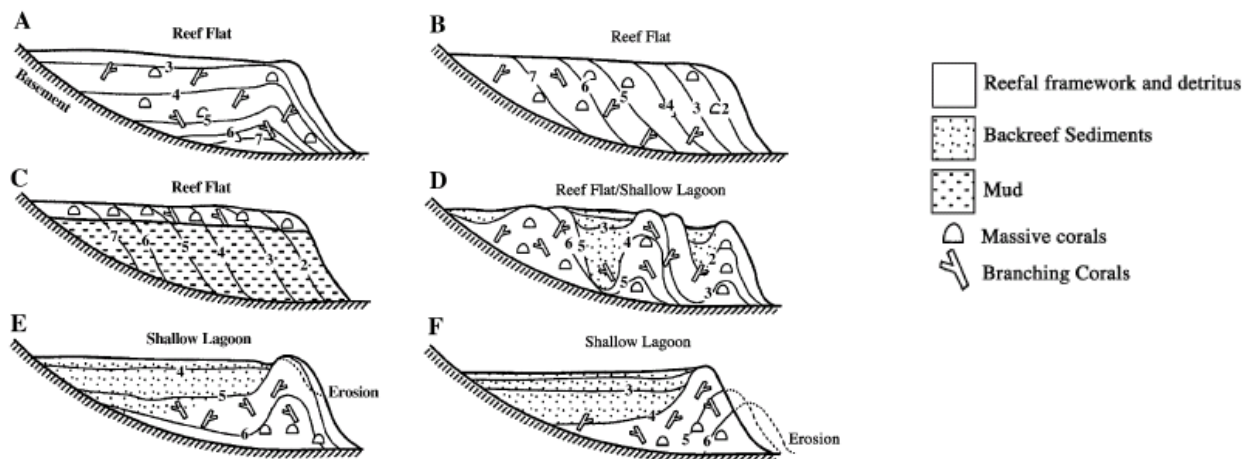


図 2-6-1 環礁の発達モデル(Kennedy et al. (2002)より)

生態系は年年の海の条件によるとはいえ、リーフの地質学的な構造は、異常な暴風と海面上昇の効果が重なったことによる。マへ島のアンセ・オ・ピンの環礁の外側での試掘孔の解析によると、Braithwaite (2000)は完新世の堆積物の記録は8ka(8千年)前に形成されたとしている。この主体となる部分の成長は1ka以内に比較的深い水深で始まった。その後の堆積は「追いつく」スタイルであったが、海面上昇の速度が緩やかになり、堆積の空間が減少した。卓越する堆積量は新しい堆積モデルで求められている。それは極端な暴風がなく、中程度のエネルギーを有する気候条件で形成される連続的な堆積、及び厳しい暴風がリーフ構造の連続性を破壊し、粗い海岸の堆積を増加させるもの

を暗示させる。(出典: Braithwaite. C.J.R., 2000. *Origins and development of Holocene coral reefs: a revisited model based on reef boreholes in the Seychelles, Indian Ocean*, Int. J Earth Sci. 89, 431-445)

Montaggioni (2005)は試掘孔の調査を再検討した上で、最後の氷河期以降のサンゴ礁の一般的発展形態を提案し、マヘ島のリーフの堆積速度として 3.5(23-8.8)mm/年を示している。また、栄養塩のレベル、水理的エネルギー、下層の利用可能性、サンゴの再生が、サンゴ礁の成長を制御している最も重要な要素であることを示している。(出典: Montaggioni, L.F., 2005. *History of Indo-Pacific coral reef systems since the last glaciation: Development patterns and controlling factors*)

(2) 海面温度 (SST)

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洋で、10年間で0.1°Cの温度上昇であることを示している。サンゴ礁は白化を生じる海面温度上昇の影響を受ける。過去20年では正常な夏季の最高温度が1.0°C上昇すると白化を導いてきた。ある研究では、熱帯の海では次の30から50年の間に毎年白化が生じるとの予測がある(UNFCCC background paper for the expert meeting on adaptation for SIDS (2007))。(出典: *VULNERABILITY AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN SMALL ISLAND DEVELOPING STATES*, UNFCCC background paper for the expert meeting on adaptation for small island developing States, 2007)

セーシェルでは極端な最高及び最低海面温度は漁業とサンゴ礁に影響を与える。英国の気候研究ユニットの解析結果では、海面温度の上昇傾向を示しているが、NOAAによる海面温度の特定地域の変動解析で西インド洋での冷却を示している(Seychelles National Climate Change Strategy (2009))。観測資料の欠如はこれらの観測の結論を不明確にしている。(出典: The Seychelles National Climate Change Committee, 2009. *Seychelles National Climate Change Strategy*, p.96)

セーシェルでのいくつかの排出シナリオの中で、海面温度の変化は2100年辺りでは0.38°Cから2.58°Cの範囲の変化であろうとしている(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。背景となる平均海面温度の増加の結果、状況は悪化すると仮定を考慮すると残ったサンゴ礁の生存は疑わしい(Payet et al. (2006))。(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)

(3) その他

他のサンゴ礁への影響は大気中のCO₂濃度の上昇に関連する海水のCO₂濃度の上昇である。CO₂レベルの推定に基づくと、2050年では40から30%のサンゴのカルシウム化が減少することが示唆されている。溶存CO₂の増加を通じた海中の酸性化の結果は、生態的なカルシウム化の減退をもたらす。これはサンゴに対して重大な問題を提起する。今日の海水のpHのレベルは、2100年までの大気中のCO₂の増加によって低下をもたらす(INGC Climate Change Report (2009))。(出典: *Sea Level Rise and Cyclone Analysis*, INGC Climate Change Report, p.33-66, 2009)

2-6-5 海岸侵食と洪水への影響

海面上昇はセーシェルへ最も重大な影響を与えるであろう。それは海洋、気象、水文条件の変化により海岸侵食や洪水により大きな影響を与える。加えて、主要 3 島では生活と経済活動が海岸域に大部分集中していることから、海面上昇は他の有害な影響に合わせてセーシェルに危険をはらんだ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、高潮と洪水の被害を同時にもたらすことが考えられる。2100 年にもし再現期間 25 年の 1.4m の高潮がすでに 0.6m 上昇している海面に襲来し、河川では 0.5m の越流が生じるとすると平均海面上 2.5m より低い建物や道路は浸水の影響を受けると推定される。

GIS データを用いて、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を表 2-6-5 と表 2-6-6 に示す。表 2-6-5 の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ている。

表 2-6-6 の結果は、マヘ島で 67km、プララン島で 43km、ラ・ディエグ島で 7km の道路が浸水し、これはマヘ島で 33km、プララン島の 20 km、ラ・ディエグ島の 3 km の主要道路を含む。すなわち、マヘ島の主要道路の 72%、プララン島で 72%、ラ・ディエグ島で 27%が浸水の被害を受けることとなり、これらによる環境に対する負の影響は重大である。

これらのリスク評価の資料は土地住宅省、GIS センターから入手したものをを用いた。建物と道路の資料は 2005 年及び 2008 年に更新されたものであるが、GIS センターは現在、詳細な航空写真測量を行っており、2012 年の後半には新しい GIS の資料を得ることが出来る。あたらしい GIS データが利用できるようになれば、それに基づいて上記のリスク評価の更新を行うべきである。

表 2-6-5 可能な最悪シナリオによる浸水建物の推定(2100 年)

島名	地区	浸水のリスク				
		建物の数	含まれる施設の数			
			病院	学校	料理店	ホテル
マヘ島 (14,529)	グラシス	48	1	0	0	1
	アンセ・アトール	113	0	1	1	1
	イングリッシュ・リバー	109	1	1	0	1
	サン・ルイ	82	1	0	1	0
	ベル・エアー	82	1	0	1	0
	モン・フレリー	191	2	0	0	1
	プレサンス	7	0	0	0	0
	レ・マメレス	29	0	0	0	0
	ロック・ケイマン	198	0	1	0	0
	カスケード	73	0	0	0	0
	ポイント・ラルー	150	0	2	0	0
	アンセ・オ・ピン	168	1	1	1	2
	オ・カップ	192	0	0	3	6
	アンセ・ロイヤル	66	1	2	0	0
	タカマカ	41	0	0	0	3
	ベ・ラザール	89	0	0	3	1
	アンセ・ボアルー	122	1	1	0	0
	グラン・アンセ、マヘ	98	0	0	0	1
	ポート・グラード	77	0	1	0	0
	ベ・ロン	27	0	0	0	1
ブ・バロン	55	0	0	4	6	
	小計	2,017	9	10	14	24
プララン島 (2,528)	ベ・サン・アン	656	0	1	4	15
	グラン・アンセ、プララン	945	1	2	3	18
	小計	1,601	1	3	7	33
ラ・ディーグ島 (674)	ラ・ディーグ	321	1	2	0	12
合計		3,939	11	15	21	69

注: カッコ内の数は各島の建物の数

表 2-6-6 可能な最悪シナリオによる浸水道路延長の推定(2100年)

島名	地区	浸水リスク				浸水する海岸主要道路	
		浸水道路の 全延長 (m)	道路形式ごとの浸水延長 (m)			海岸主要道路の全延 長 (m)	浸水の延 長(m)と 比率(%)
海岸主要道 路	他の主要 道路		2次道路				
マヘ	グラス	1,541	1,295	0	245	北海岸道路	3,843
	アンセ・アトアル	1,665	1,486	0	180		16,611
	イングリッシュ・リバー	976	772	205	0	第5アベニュー	1,391
	サン・ルイ	1,627	303	1,231	94		1,391
	ベル・エアー	4,375	804	3,333	238	モン・フェリー道路	617
	モン・フレリー	4,819	1,179	3,299	341		2,012
	プレサンス	49	49	0	0	ボイス・デ・ローズ道 路	1,429
	レ・マメレス	1,236	1,188	0	48		1,703
	ロック・ケイマン	5,925	2,875	259	2,791	東海岸道路	9,578
	カスケード	4,170	2,447	1,665	58		17,069
	ポイント・ラルー	4,075	1,910	0	2,165	プロメイテスアベニ ュー	3,164
	アンセ・オ・ピン	2,611	1,238	106	1,266		3,550
	オ・カップ	8,175	3,645	349	4,180	プロビデンス高速道 路	686
	アンセ・ロイヤル	2,541	1,490	508	542		3,211
	タカマカ	1,151	920	0	231	南海岸道路	1,756
	ベ・ラザール	4,617	1,676	243	2,699		8,418
	アンセ・ボアルー	5,827	3,490	308	2,029	西海岸道路	10,697
	グラン・アンセ、 マヘ	5,189	3,302	0	1,887		25,509
	ポート・グラード	3,765	2,230	49	1,486	-	-
	ベ・ロン	1,060	0	704	356	-	-
ブ・バロン	1,642	863	0	779			
	小計	67,037	33,162	12,260	21,615	小計	33,162
							79,475
							41.7%
プララン	ベ・サン・アン	19,066	10,521	416	8,129	-	-
	グラン・アンセ、 プララン	23,942	9,922	66	13,953	-	-
	小計	43,007	20,443	482	22,082		28,267
							72.3%
ラ・ディーグ	ラ・ディーグ	7,472	3,270	1,199	3,003		12,108
							27.0%
Total		117,516	56,875	13,941	46,700		119,850
							47.5%

第3章 管理計画の策定

第3章 管理計画の策定

3-1 概要

基礎調査の結果は以下のように整理される。

- 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、環境影響評価に関する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、さらに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 2011-2012）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、また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にあたり、現在問題となっている海岸侵食や排水に関す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の防止、災害を予防する管理の視点を含めることとした。

海岸域の気候変動による影響に関しては、海面上昇や降雨量の増加が低平地の洪水をもたらすことは明らかであるが、その詳細に関しては明確になっていない。海岸域の低平地はサンゴ礁で囲まれ、高度に利用されていることから、越波や海岸侵食、また排水困難の影響を受けると考えられる。

3-2 計画策定の手順

海岸保全や洪水管理に関する計画策定の手順としてはいくつかの提案が考えられる。将来の気候変動や経済発展の状況が不確定のため、ここでは図 3-2-1 に示す管理計画作成手順を選択した。この手順は、将来の計画を改定する際にも用いることができる。ここでの計画の策定と実施は最終的なものではなく、継続的な過程である。

その手順は次のような段階をとる。

- 1) 課題の特定と基礎的な調査
- 2) 管理計画の策定と実施
- 3) 実施計画の策定と実施
- 4) モニタリングと評価

実施された結果は、管理と将来の改善のサイクルを通して、注意深くモニターするとともにフィードバックされる。この過程では情報管理と教育が基本的な要素として必要となる。

この枠組みを活用することにより、綿密に計画された効果的な適応、すなわち海岸域の持続的な発展につながるものとする事ができる。しかし、これは海岸域の災害を軽減に寄与するが、海岸侵食や洪水防止を完全な形で実施することはできないという点を念頭に置く必要がある。

計画はまず基本的な調査と問題の特定から始まる。海岸侵食及び洪水に対する管理計画はそれに基づき準備、適用される。その後、実施計画が策定され、その中で選択された事業が実施される。管理計画、及び実施計画はその結果がモニターされ、評価される。この計画サイクルにおいて、計画を支援するため、関連する情報が管理され、公共教育が実施される。

この手順は将来の改善のためにも適用可能である。海岸保全計画及び洪水管理計画の 2 計画は、その中の非構造物対策において大きな差異が無いことから、一つの管理計画としてまとめることとした。

管理計画に関しては、計画の目的、目標年次と地域、担当機関を検討し決定する。この調査では海岸災害防止を目的とした海岸管理計画と、優先海岸または地域を対象とした洪水管理計画を、それぞれ実施計画として策定した。また、パイロット事業の実施は計画実施の事例として示すこととした。

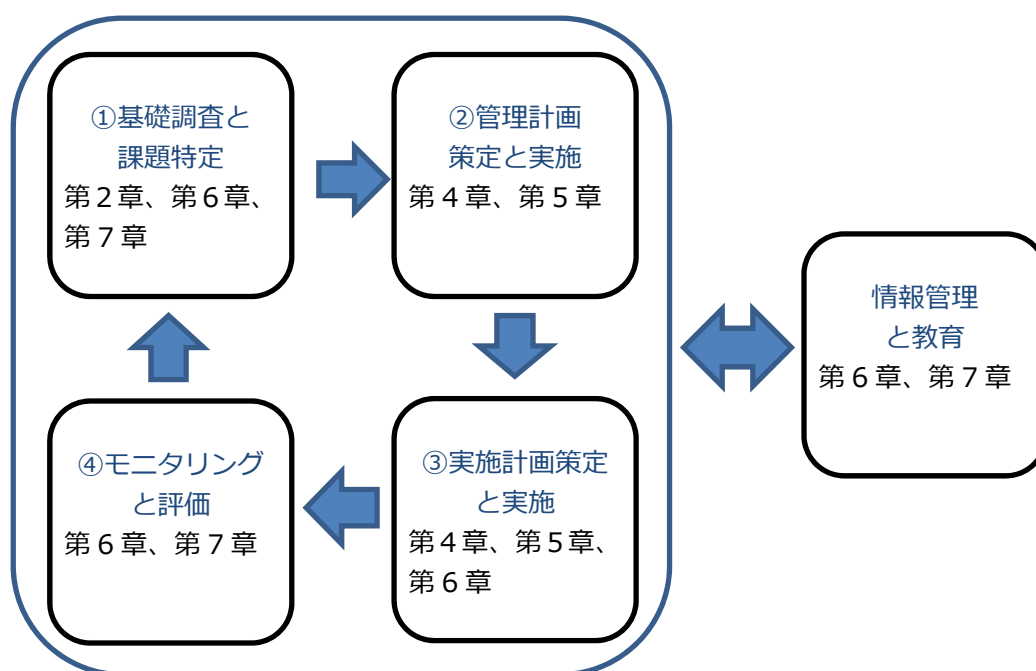


図 3-2-1 計画実施のサイクル

図 3-2-1 には、具体的な方法やその内容について参照できるように、本報告書における関連する章等を合わせて示した。

3-3 目的

管理計画の目的は、海岸侵食や洪水により人間生活、環境、経済活動への悪影響が生じる可能性を低減するという政策及び戦略の基に、以下の通り作成する。

- 海岸侵食、洪水、潮汐、波浪、津波等による人命や資産の損失を軽減する
- 海岸域、湿地、河川の自然環境保全とその利用に対して調和のとれた対策とする
- 将来の持続的な発展のため、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する。

この目的は戦略と政策に関する文書、具体的には、セーシエル戦略2017、セーシエル気候変動戦略、持続的発展戦略 2011-2020、セーシエル国家災害管理政策などを基に設定されており、第2章に記載されている。

3-4 計画の基本条件

対象地域、目標年次、自然条件、担当機関が計画の基本条件として検討され、提案されている。

3-4-1 対象地域と設計確率

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。3つの目標年次、すなわち短期の2020年、中期の2050年、長期の2100年を設定した。セーシエルでは10年間隔で評価を行っていること、2050年と2100年における気候変動予測が利用可能なことからこれを設定した。施設の計画及び設計の再現確率について、小規模構造物は10年確率、通常構造物は25年確率、重要な構造物については100年確率を採用した。一般に再現確率は施設の重要性とその寿命により決定される。通常、排水改善のような小規模構造物では5年から10年とし、短期とされる。通常の海岸構造物や河道改修については、再現確率は30年から50年で、中期とされる。重要な構造物は再現確率100年以上で、長期とするが、セーシエルではこのような構造物は無いと考えられる。セーシエルの排水計画ガイドラインで推薦している設計確率では、ビクトリアの排水施設に対しては10年確率、他の地域では5年確率、主要な施設たとえば主な河川のカルバートに対しては25年確率を最小としている。このガイドラインに基づき、表3-4-1に示すように目標年次と施設設計の確率規模を設定した。

表 3-4-1 目標年次と施設設計の確率規模

	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

3-4-2 自然条件

(1) 潮 汐

計画と設計の潮汐の条件を、観測データの解析に基づき表3-4-2のように決定した。目標年次により設計潮位が異なるのは、今後の海面上昇を考慮していることによる。

表 3-4-2 設計潮位 (単位: MSL 上 m)

再現確率	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

(2) 波 浪

各海岸の波浪条件は、1971年から2000年までの30年間の波浪観測値より推定した。波浪観測値の25年確率における最大有義波高を表-3-4-3に示す。

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

表 3-4-3 設計波浪(25年確率)

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

(3) 降 雨

計画及び設計のための降雨はセーシェルの排水計画ガイドラインに基づき、第2章2-5-4での地域特性を考慮し設定した。地域特性によって算出された降雨強度は、ガイドラインの値に対し北部で1.1倍、南部で0.9倍となり、中央部についてはガイドラインの値となっている。

(4) 計画及び設計ガイドライン

セーシェルでは排水処理設計ガイドライン以外の確立したガイドラインが無いことから、日本、米国、英国のガイドラインについてセーシェルでの適用性を考慮して使用した。

(5) 建設資材と施工法

基本的には現地の材料を使用することとしたが、鉄筋およびフィルター材は輸入したものを用的ることとした。施工法は現地の工法を活用するよう配慮した。

3-4-3 担当機関

担当機関は環境・エネルギー省の環境部とする。環境部は海岸域の保全、海岸侵食対策と洪水対策を実施しているセーシェル唯一の機関である。

3-5 リスク予測

3-5-1 海岸の類型化

(1) 侵食海岸のまとめ

侵食海岸の類型化に際して、侵食されている海岸の地域特性を取りまとめると表 3-5-1 のようになる。これらの海岸は、過去の海岸侵食に関する報告、海岸線変化に関する解析、現地踏査を基に選定した。海岸の長さは漂砂セルの長さを示しているが、これは侵食の度合いを示す一つの指標となる。海岸が長い場合、侵食は広い範囲に影響を与え、対策も困難になる。

海岸の平面形は海岸線が凸型であると、広い範囲から波が来襲することになる。これは波向きの季節変化により、海浜が沿岸漂砂により変動することを示す。凹型であると変動が制約され、ポケット・ビーチのように侵食問題は稀になる。また、海岸の向きも侵食の一つの要素となる。セーシェルでは、南東からの波は高く、北からの波は穏やかである。従って、南東に面した海岸は高い波を受けることになる。

サンゴ礁が存在する場合、特に平らなサンゴ礁の場合、緩衝域として作用する。また、ビーチロックも侵食を防ぐ作用を有する。過去または現在の侵食をもたらすその他の要素としては海岸構造物がある。海岸利用もまた要素の一つのである。海岸が高密度に利用されていると侵食は厳しくなり、その対策は困難かつ費用のかかるものとなる。

海岸侵食がもたらす問題にはいくつかの形態がある。それらは、土地や資産の損失、道路や家屋への越波の問題、津波による浸水などである。土地や資産の損失はプラランのアンセ・ケランで生じている。また、ノース・イースト・ポイント、オ・カップ、アンセ・ロイヤル、ベ・ラザール、アンセ・ラモッシュ、アンセ・ボアルーでは海岸沿いの交通に問題が生じている。

表 3-5-1 侵食海岸の特性

島名	海岸名	延長	海浜条件	海岸利用	侵食問題
マヘ	ノース・イースト・ポイント	1.7 km	北面する凸型海岸、狭いリーフとビーチロック、小規模護岸	海岸道路、住宅、リハビリテーション・センター	過去 20m の侵食と 20m の季節変動、高潮時の越波
	アンセ・オ・ピン	0.5 km	東面する直線海岸、前面に広いリーフ及び埋立地	海岸道路、住宅、市場	浜崖、前面堆積
	オ・カップ	2.3 km	東面する緩やかな凹型海岸、広いリーフ、コンクリート護岸	海岸道路、ホテル、住宅、海水浴場	過去の砂採取による侵食、高潮時の越波
	アンセ・ロイヤル	2.5 km	東面する凹型海岸、広いリーフ、水路、コンクリートと玉石護岸	海岸道路、住宅、教会、海水浴場	過去の砂採取による侵食、高潮時の越波
	ベ・ラザール	1.7 km	西面する凹型海岸、広いリーフ、水路、破損したコンクリート護岸	海岸道路、住宅、商店、海水浴場	過去 20m の侵食、河口での季節変動、越波
	アンセ・ラモッシュ	0.35 km	西面する凹型海岸、広いリーフ、杭式護岸	海岸道路、住宅、海水浴場	堆積海岸、部分的海岸道路前面の侵食、越波
	アンセ・ボアルー	2.0 km	南西面する凹型海岸、広いリーフ、杭式及び玉石護岸	海岸道路、住宅、海水浴場	海岸道路への越波
プララン	アンセ・ケラン	2.0 km	西に面する凸型海岸、リーフ、突堤と玉石護岸	海岸道路、ホテル、レストラン、海水浴場、釣り場	過去 30m 侵食と季節変化、私有地の損失、道路移転
	グラン・アンセ	3.0 km	アンセ・ケランの続く海岸、南西に面する	ホテル、レストラン、海水浴場、釣り場	過去 20m 堆積、北からの波の時期の水質問題
ラ・ディエグ	ラ・パッセ	2.3 km	西面した凸型海岸、前面にプララン島、防波堤、玉石護岸、人工島	病院、レストラン、住宅、ゲストハウス、海水浴場	構造物による侵食と堆積、季節変動、全体としての侵食は不明

(2) 類型化

侵食海岸の類型化は、その結果を海岸の管理及び侵食対策に活用してゆくことにある。セーシェルでは海岸は大きく砂浜海岸、岩石海岸、埋立て海岸の 3 種類に分類される。海岸侵食の調査対象としては砂浜海岸が主な対象となる。岩石海岸の侵食は、岩が花崗岩で侵食に抵抗するため、調査対

象となることはほとんど無い。

砂浜海岸の海岸侵食と土砂収支に関しては、漂砂セルの考え方が適用可能である。砂浜海岸では海岸の両側が漂砂を止める岩礁やヘッドランドで仕切られていることから、セル内について土砂の供給や損失の差異を解析し、侵食・堆積量を示すことができる。

侵食の形態は表 3-5-2 に示すようにいくつか分類することができる。

表 3-5-2 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	プララン島のアンセ・ケラン、ラ・ディグ島のラ・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	

(a) 長期的侵食海岸

セーシエルの主要 3 島では 2 種類の変化が顕著である。一つは沖への漂砂による長期的な侵食であり、他は沿岸漂砂による侵食と堆積である。元々サンゴ礁の島、特にサンゴ砂の浜はリーフ縁端での波の作用により生成されたサンゴ塊が岸側に輸送され、堆積したもので形成される。漂砂の損失は、波による沖への損失、河川河口の沖への輸送、サンゴ砂の採取によるものが考えられる。現在の漂砂損失の主な原因は、河口での沖への損失であると考えられる。サンゴ礁内には河川からの淡水および濁水により水路が形成される。洪水時に漂砂はこの水路を通り沖へ運ばれるが、海浜に戻ることはない。

比較的狭い湾、例えばアンセ・ラモッシュでは漂砂は湾口から湾奥へと海岸に沿って移動し、そこに徐々に堆積する。このタイプの湾では埋め立てや突堤の建設により侵食が生じることがあるが、長期的には海浜は回復する。

また、砂採取は海岸侵食の一つの原因である。1991 年に砂利採取法が制定された。このことは砂の採取が当時、海岸に被害をもたらしていたことを示していると考えられる。1994 年の報告では、毎年 35,000m³ の砂が採取されていたとされている。古いコンクリートブロックの表面の材料から、建設資材がどこから来たかの情報が得られる。1995 年の USGS の報告ではセーシエルの鉱物生産はそのほとんどが建設資材であり、粘土、サンゴ、石、砂となっている。当時は花崗岩の利用は試験的なものとされていた。

(b) 波浪による海浜変動

波向きの変動は沿岸漂砂による海岸の変化をもたらす。特に小さい島では各方向からの波を受ける。一つの例が図 3-5-1 に示すプララン島近くのカズン島の例である。海浜の変化は大きく、漂砂は島の周りを移動している。



図 3-5-1 カズン島の海浜変形

右：2008年8月、左：2009年3月(Google Earth から)

波高の変化も同様に侵食及び堆積をもたらす。高波浪で侵食され、低波浪で堆積する。一つの例を写真 3-5-1 に示すが、これは 2011 年 3 月及び 2011 年 7 月のマヘ島、ブ・バロン海岸での例である。3 月には侵食されていたが、7 月には回復しており、また 11 月から 3 月にかけては侵食された。



写真 3-5-1 ブ・バロン海岸での 2011 年 3 月の侵食と 7 月の堆積

セーシェルの海岸では、侵食の特性を示すいくつかの浜崖の発生が見られる。第 2 回国別報告では 2m の高さの浜崖が激しい侵食と定義されている。しかし、季節的な海浜の変動は通常海岸の、平衡に達する過程である。この報告ではノース・イースト・ポイントとインデンダンス海岸では有意義な回復が行われたと説明されている。この 2 つの海岸では 2007 年 5 月 15 日及び 16 日の大潮とサイクロン「ボンド」の両者により激しい侵食が生じたとしている。

(c) 構造物による影響

海岸構造物は時に侵食をもたらす。セーシェルでは防波堤、突堤、護岸の周辺海岸で侵食を生じている。ラ・ディーグ島のラ・パッセの防波堤は堆積と侵食を生じている。アンセ・ケランの侵食は突堤の建設と結び付いている。

海岸に護岸が設置されている場合、その前面では洗掘が生じる。砂浜海岸での洗掘深の例を図 3-5-3 に示す。洗掘深は波形勾配が減少するにしたがって増加し、 h/H_s 比が約 2 の時に最大値をとる。また、この図は護岸が水面下に建設されると洗掘されることを示している。サンゴ礁では波形勾配が小さく、波高は碎波により h/H_s 比が 2 程度になる。これは、護岸が常に水面下にあると洗掘が生じることを示している。浜崖は護岸のような機能を発揮し、その前面に洗掘を生じる。(Sutherland J., A. Brampton, G. Motyka, B. Blanco, and R. Whitehouse (2003): Beach Lowering in front of Coastal Structures, Appendices 1-3, R&D Project Record FD1916/PR, Defra.).

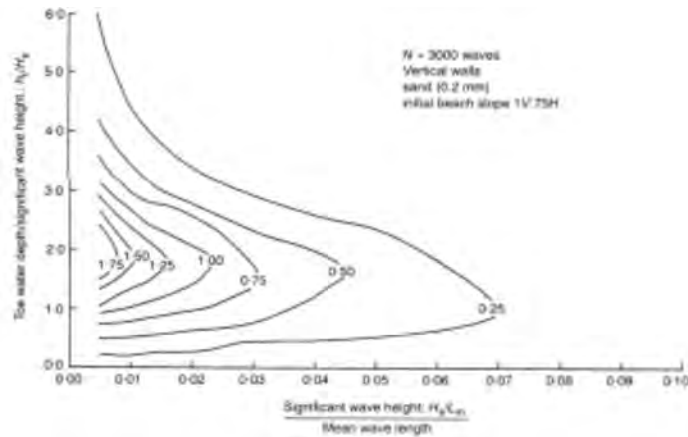


図 3-5-2 Iso-parametric scour plot for sand beaches

(h_t/H_s : maximum relative water depth, h_t is the water depth at the wall, H_s is the extreme unbroken deep water wave height H_s/L_m : wave steepness, L_m is the mean wave length of the unbroken wave (using $T^2g/2$), S : scour depth after 3,000 waves: Powell K, Whitehouse R.J.S. (1998): The occurrence and prediction of scour at coastal and estuarine structures. 33rd MAFF Conference of River and Coastal Engineers, 1-3 July 1998).

(d) ポケット・ビーチ

ポケット・ビーチはヘッドランドで守られており、安定性が高い海浜である。漂砂移動は自然現象として岸沖方向と沿岸方向に分けられる。ポケット・ビーチでは波向き変動が抑えられることから、沿岸方向の漂砂量が少ない。

3-5-2 侵食海岸のリスク推定

リスクの形態と規模は、海岸侵食が生じている海岸で、その特性と被害の規模に基づいて推定することとした。リスクは、現在のリスクと将来の経済発展や気候変動によるリスクの 2 種類ある。リスクの推定においては、条件が特定されていることから類型化した海岸ではなく、侵食の事例海岸に関して行った。

現在のリスクは過去の事例や他の島国の事例をもとに推定した。長期の侵食海岸や構造物による侵食海岸は土地の損失や海浜利用、越波による浸水についてのリスクを有している。海岸道路がある場合は、越波が交通に影響を与える。砂浜海浜は観光客に利用されており、また亀の産卵場としての自然保護の機能を有している。波浪の変動による侵食・堆積は、土地の損失は無いがその他については同様のリスクを有している。構造物による影響を受ける海岸は、平衡状態に達した場合はリスクが低下する。

経済発展に関連するリスクは、構造物の建設が原因となって生じるリスクと同様と考えられる。他の開発は海岸線を変更する埋立てである。開発の割合は GNP の増加率で推定でき、2004 年から 2010 年で 5%、2007 年から 2010 年で 2%である。これを適用し、資産の増加が GNP に比例し、資産の増加により被害が増加すると仮定すると、2050 年には現在の 2 倍から 6 倍となる。これは、不確定要素が多く将来の予測が困難である。

気候変動によりリスクは海面の上昇、暴風の強度増加、海水温の上昇がある。海面上昇は海岸への入射波がリーフの水位による影響を受けることから、海岸侵食に影響を与えられられている。水位の上昇は高波浪をもたらす。サンゴ礁の島の砂浜はサンゴにより生産、維持されている。海水温の上昇によるサンゴの劣化は、海岸侵食を加速する可能性がある。暴風の強度増加は海岸に高波

浪及び高潮をもたらし、侵食を助長する。主要 3 島では時々高潮により氾濫や洗掘が生じており、暴風の強度増加は海岸の自然及び人為的な活動に影響を及ぼす。

現状では、海面上昇がもっとも大きな影響を与える。表 3-4-2 に示す通り 2010 年から 2100 年の間に約 0.6m 海面が上昇し、これによる砂浜海岸の侵食は約 10m と推定される。

リスクは危険な状況の発生確率として定義され、危険は人や資産、環境への危害を与えるポテンシャルを有する事象と考えることができる。したがって、危険はその規模と発生確率でランク付けができる。しかし、将来の不確実性があるため詳細な検討は困難であるが、これは管理を実施していく中で改善されると考えられる。表 3-5-3 と表 3-5-4 に各危険に関する影響を基にしたランク付けを示す。

表 3-5-3 危険のランク付け

ランク	程度	影響の程度
1	問題無し	家屋、資産に被害無し、経済損失無し、報道、公共の興味無し
2	微小	家屋、資産に最小被害、経済損失無し、限定された報道
3	中程度	家屋、資産に限定被害、いくらかの経済損失、限定された報道
4	多大	家屋、資産に被害、経済損失、危機的報道
5	破局的	耐え難い経済損失、国際報道

表 3-5-4 危険の起こりやすさの評価

ランク	程度	起こりやすさの程度
A	ほとんど有る	通常の場合には生じる
B	有りそう	通常の場合に多分起こるのであろう
C	可能	ある程度生じる
D	有りそうに無い	時には起こる可能性
E	稀	例外的状況で起こるかもしれない

事例海岸での海岸侵食に対する現在のリスクを表 3-5-5 に、将来のリスクを表 3-5-6 に示す。

表 3-5-5 海岸侵食に対する現在のリスク

対象地域	起こりやすさ	厳しさ	全体リスク
ノース・イースト・ポイント	ほとんど有る	微小	中程度
オ・カップ	可能	微小	低い
アンセ・ロイヤル	可能	微小	低い
ベ・ラザール	有りそう	微小	中程度
アンセ・ラモッシュ	稀	問題無し	低い
アンセ・ケラン	ほとんど有る	多大	中程度
ラ・パッセ	有りそう	微小	中程度

表 3-5-6 海岸侵食に対する将来のリスク

対象地域	起こりやすさ	厳しさ	全体リスク
ノース・イースト・ポイント	ほぼ確実に発生	中程度	中程度
オ・カップ	発生しそうである	微小	低い
アンセ・ロイヤル	発生しそうである	微小	低い
ベ・ラザール	ほぼ確実に発生	微小	中程度
アンセ・ラモッシュ	発生する可能性がある	問題無し	低い
アンセ・ケラン	ほぼ確実に発生	多大	高い
ラ・パッセ	発生しそうである	中程度	中程度

危険の起こりやすさを各海岸について推定した。ノース・イースト・ポイントとアンセ・ケランでは過去にも侵食が発生しており、将来も対策がとられなければ侵食が発生すると考えられる。これらは“ほぼ確実に発生する”と分類できる。ベ・ラザールとラ・パッセではそれぞれ道路、病院で高潮時に越波の被害を受ける。したがって、“発生しそうである”に分類できる。オ・カップとアンセ・ロイヤルについては、高潮時および南東貿易風による波により海岸道路が越波の影響を受ける可能性がある。したがって、“発生する可能性がある”に分類できる。アンセ・ラモッシュの海岸では堆積が進んでおり、越波の発生が稀であることから、稀に分類できる。

将来については、海面上昇により、発生の機会が増加すると推定され、“発生しそうである”から“ほぼ確実に発生する”に、また“発生する可能性がある”から“発生しそうである”に変化する。アンセ・ラモッシュの海岸では堆積となるが、海面上昇により侵食が生じることから、“発生の機会は稀”から“発生する可能性がある”に変化する。

重大性に関しては次のように評価した。アンセ・ケランでは海岸は継続的に侵食され、ホテルや家屋が危機にさらされている状況が報道されている。これにより重大性は多大と判定される。ノース・イースト・ポイント、オ・カップ、アンセ・ロイヤル、ベ・ラザール、ラ・パッセにおける被害に関する報道は稀であることから、家屋や財産、また経済的損失が少ないと捉えられる。このことから重大性は微小と判定される。アンセ・ラモッシュでは家屋の損傷は無く経済的損失も限定されている。したがって重大性は問題無しに判定される。

将来については、ノース・イースト・ポイント、ラ・パッセでは海面上昇による家屋や資産の損失が限定的である。したがって重大性は微小から中程度に変化する。その他の海岸では、重大性は、家屋や資産の損失が有義に増加するとは考えられず、現在と同程度と推定した。

危険の発生の程度および重大性に基づいて、全体のリスクを推定した。アンセ・ケランでは発生の程度および重大性は現在も将来も同様である。しかし、将来は観光資源としての重要性から管理が求められていることからリスクは高いであろう。他の海岸のリスクは中程度で、ここでは限定的な管理が求められる。

3-5-3 洪水地域の類型化

(1) 洪水地域のまとめ

洪水地域の類型化のために各洪水地域の特性を第2章2-5の結果により表3-5-7に示すように取りまとめた。地域は過去の排水タスクフォースの報告書、過去の洪水解析、現地調査に基づいて選定した。

表 3-5-7 洪水地域の特徴

島名	地域名	自然条件	土地利用	洪水問題
マヘ	ノース・イースト・ポイント	海岸に沿った湿地を有する低平地	住宅、リハビリテーション・センター、海岸道路	砂の堆積による河口閉塞、低平地の洪水
	アンセ・エトアル	河口前面の埋立て	学校、地域事務所、商店、道路	学校の浸水
	ビクトリア	急流河川と旧海岸の埋立て地	商店及び住宅街	不適切な排水、排水路の阻害、都市化による流出増加
	ポイント・ラルー	旧海岸の埋立て、低平地と湿地	空港、ガソリンスタンド、学校、住宅、道路	空港埋め立てによる排水障害、不適切な排水路、低平地の埋立て
	アンセ・オ・ピン	海岸に沿った湿地を有する低平地	学校、商店、住宅開発	不適切な排水、河口閉塞
	オ・カップ	海岸に沿った湿地を有する低平地	住宅、ホテル、学校	低平地の埋立て、不適切な排水、河口閉塞
	アンセ・ロイヤル	海岸に沿った湿地を有する低平地	大学、住宅開発、農地	不適切な排水、河口閉塞
	アンセ・ラモッシュ	海岸に沿った湿地を有する低平地	住宅開発、道路	不適切な排水、河口閉塞
	アンセ・ボアルー	海岸に沿った湿地を有する低平地	住宅開発、道路	不適切な排水、河口閉塞
プララン	アンセ・ケラン	海岸に沿った湿地を有する低平地	ホテル、レストラン、住宅、道路	不適切な排水、河口閉塞
	グラン・アンセ	海岸に沿った湿地を有する低平地	ホテル、レストラン、住宅、道路	不適切な排水、河口閉塞
ラ・ディーグ	ラ・パッセ	広い低平地と限定された排水路	ホテル、住宅、道路、農地	不適切な排水、河口閉塞

(2) 類型化

洪水地域の資料収集、現地調査に基づいて表 3-5-8 に示すように洪水の形態を地域特性と被害の程度に基づいて分類した。

表 3-5-8 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出量が増えて氾濫	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

洪水は通常河川による洪水である。しかしセーシェルでは大きな川がないことから、河川の洪水は限定される。

ビクトリアの排水問題は都市型洪水として特徴づけられる。ビクトリアでは自然河川が都市域に流入し、埋め立て地を通して海に至る。河川は道路排水や側溝排水などの排水を通して水を集めている。これまでの開発に伴う流出の増加により、洪水流量の増加と共に、排水路の流下能力が不足

してきた。

通常洪水は不適切な排水が原因である。不適切な排水とは排水システムについての計画、設計が行われていないことを意味する。例えば、ポイント・ラルーでは国際空港の埋立てが、陸側の氾濫を考慮せずに、海岸道路から海への既存の排水を阻害している。セーシェルでは利用できる土地が限られることから、氾濫が生じる低平地が住宅地として開発され、公共施設のために利用されている。そのため、低平地の開発が洪水問題を引き起こす一つの原因となる。低平地を通る山から海までの河川の流れは、海岸の砂丘の背後に池や湿地を形成する。池は海への河口の維持に役立っていることから、その埋め立ては時には状況を悪化させることになる。

セーシェルでは自然の現象として、海岸の砂丘が海への流れを止めていることで、洪水は海に出る前に、近くの湿地に流れ込む。湿地に溜められた水は徐々に排水され、乾期の河口維持に役立っている。すなわち、河川と湿地はその周辺の氾濫をもたらす自然のシステムを形成している。

3-5-4 洪水地域のリスク推定

洪水地域のリスク推定の基本は 3-5-3 節と同様である。現在、海岸域、特に低平地や湿地では開発が見られる。これが現在および将来のリスクの増加をもたらす。

表 3-5-9 洪水に対する現在のリスク

対象地域	起こりやすさ	厳しさ	全体リスク
ビクトリア	可能	問題無し	低い
ポイント・ラルー	可能	微小	低い
アンセ・オ・ピン	有りそう	問題無し	低い
オ・カップ	有りそう	微小	中程度
アンセ・ロイヤル	有りそう	微小	中程度

表 3-5-10 洪水に対する将来のリスク

対象地域	起こりやすさ	厳しさ	全体リスク
ビクトリア	有りそう	中程度	中程度
ポイント・ラルー	有りそう	微小	低い
アンセ・オ・ピン	有りそう	微小	低い
オ・カップ	有りそう	中程度	中程度
アンセ・ロイヤル	有りそう	中程度	中程度

洪水地域に関するリスク解析の結果を、現在に関して表 3-5-9 に、将来に関して表 3-5-10 に示す。危険の起こりやすさを各洪水地域について推定した。アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤルにおいては、大部分洪水または排水の問題は雨期に生じる。南東の貿易風が高波浪をもたらす。海浜では砂が堆積し、河口が閉塞することにより、乾期には低平地からの排水を困難なものとする。ビクトリアとポイント・ラルーでは排水問題は強度の強い雨によってもたらされる。ポイント・ラルー、オ・カップ、アンセ・ロイヤルでは、家屋や資産の被害は少なく、報道も限定されることから、厳しさは微小と推定された。ビクトリア、アンセ・オ・ピンでは 2011 年の 10 月 30 日の洪水が 10 年確率以上のものであったにもかかわらず、被害を生じなかったことから問題は無しと推定した。

将来の海面上昇は排水にも問題を生じさせる。アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤ

ルでは洪水の頻度は顕著に増加するとは考えられないが、重大性は増加するであろう。これより重大性は微小から中規模に、問題無しから微小に変化する。ビクトリアとポイント・ララーでは排水問題の生じる機会は‘可能’から‘有りそう’に増加する。ビクトリアでは、海面上昇の影響が大きいことから、重大性は問題無しから中規模になるであろう。しかし、ポイント・ララーでは、現在の排水問題が不適當な排水施設によって生じていることから、海面上昇の影響は限定される。

危険の起こりやすさと重大性から、全体のリスクを推定した。その結果、中規模または低いと考えられる。ポイント・ララー、アンセ・オ・ピンでは全体のリスクは、将来においては被害の規模が小さいことから低いと考えられる。

3-6 対策案

海岸侵食や洪水の防止にはいくつかの対策案が考えられ、それらは 3 つのカテゴリーに分けられる。すなわち、何もしないことを基本として、防護、適応、移転である。その適応性を、セーシェルの自然条件と社会経済条件に照らして検討した。

3-6-1 基本条件

何も対策が取られなかった場合には、海岸域の資産は海岸侵食や洪水による影響、特に海面上昇の影響を受ける。その影響域は第 2 章で推定されている。海岸道路の有る場所では、高潮位や豪雨時には使用が困難になる。学校や病院などの公共施設は低平地では洪水により問題を生じる。開発、特に観光に対しては低平地では制約を受ける。海岸の生態系や景観への影響は明確ではない。

3-6-2 防護案

海岸侵食の防御に関しては、護岸、養浜、突堤、離岸堤が適用可能である。また洪水の防御に関しては、河道改修、排水改善、輪中堤、調整池、ポンプシステム、水門が適用できる。

(1) 海岸護岸

護岸や堤防は海岸線を守るための伝統的な施設である。建設費用は、海岸の低平地が波により多大な被害を受ける場合に正当化される。歴史的な侵食海岸においては、海と構造物で守られた海岸線の間の緩和帯の幅が徐々に減少することが想定される。護岸の前面の洗掘、周辺海岸への影響が問題の一つである。海岸の生態系や景観への影響も、海岸護岸の建設により生じる可能性がある。

(2) 養 浜

養浜は海浜にサンゴ砂や礫などの底質を投入する工法である。養浜はソフトな代替案として、現在ではいくつかの理由で選定される代替案の一つである。特に、将来の海面上昇への適応や観光開発のための海浜利用への対応が容易な防護法である。

(3) 突 堤

突堤は局所的な侵食を低減することにより、海浜変形を緩和する働きをする。漂砂供給の減少により侵食問題が生じている場合に適用することが出来る。漂砂下手側の侵食緩和のために、養浜と

合わせて適用される。その目的は、沿岸漂砂を捕捉するのではなく、問題を発生させずに漂砂損失を減少させることにある。

(4) 離岸堤

離岸堤は海浜の安定を図り、防護のために波エネルギーを減衰させる工法である。しかし、セーシェルではリーフがこの機能を果たしている。時には、離岸堤背後の砂の堆積は、周辺海岸の侵食によりもたらされる。したがって、離岸堤はその効果と費用の面から適用は妥当ではない。効果が限定的となることから、その適用には詳細な調査が必要である。

(5) 河道改修

河道改修は水路拡幅、河川堤防建設、河口閉塞防止の構造物などを含む。河道改修は洪水を海に排出することを目的とする。建設工法としてはセーシェルで一般に活用されている工法が適用でき、材料は現地で調達することが出来る。したがって、施設の維持管理は大きな問題とならない。通常、河道は中流から海まで滑らかな流れを確保するため、一定の幅を必要としている。しかし、セーシェルでは河口付近の地形的制約により河道が上流より狭くなっている。したがって、河道改修は河口部での用地確保とその補償が必要となる。さらに、将来河道改修を行うためには、兩岸の土地利用の規制やゾーニングを図る必要がある。気候変動への対応に際しては、構造物対策は変化への対応が容易でない。

(6) 排水改善

排水改善は排水路の延長や適切な断面を有する排水路の再構築からなる。これはこれまでDOEが実施しているものである。費用は河道改修に比べ安価となる。

(7) 輪中堤

輪中堤は低平地を洪水から守る一つの方法であるが、内部の水を堤防外に排水するのに困難が伴う。輪中堤は重要な地域を完全に守ることができ、堤防は道路として利用することが出来る。気候変動に対しても高さを上げることで対応できる。しかし、その建設は構造上の要求から多量の材料を必要とするため、建設費は他の工法に比べ高価となる。また、洪水中および洪水後、堤防内の雨水排水のためにポンプを必要とし、ポンプは定期的な管理と運転費用を必要とする。

(8) 調整池

調整池は洪水期間中、短期的に水を貯留し、河道の水位が低下した後に、ゆるやかに排水する施設であり、短い洪水には有効である。その位置は基本的には低平地であり、水は池から自然に流れるようにする。場合によっては、建設費を下げるために家屋の下に建設することができる。セーシェルではほとんどの河口周辺で低平地や湿地において利用可能である。しかしこれらの地域は農業、学校、住宅の用地として利用されている。

この目的のためには農地等の所有者の合意が必要であり、政府は損害に対する補償を考える必要があるかもしれない。効率を上げるためには、連続した調整池が必要である。この場合、湿地の保全が重要であり、また住宅の基準の改定も求められる。

(9) ポンプシステム

ポンプシステムは低平地から河川または海へポンプにより排水するものである。定期的な維持管理、洪水時の運転と燃料費を必要とする。一般に、維持管理費はポンプの規模によるが、全体の工費は他の工法に比較して高くなる。それゆえ、セーシェルでは不適當である。

(10) 水門

水門は河川に沿って設けられ、洪水や海水が低平地に流入するのを防止するものである。一基の水門は高価ではないが、複数になると高価になる。また、監視や水門扉の操作に人力が必要であり、これが関係機関に負担をかけることになる。

3-6-3 適応案

海岸侵食、洪水に対する適応案としては、住宅改善、規制、環境影響評価(EIA)、災害意識の向上、リスク地図の作成、警報があげられる。これらの手法は以下に説明するようにすでにセーシェルでは採用または計画されていることから、次の段階としては、制約される資源および能力の基で、その適用性を改善し、特定の分野について重点的に実施することである。

(1) 住宅改善

住宅改善は建物基礎の嵩上げ、防水材料の採用、埋立てによる地盤の嵩上げが考えられる。これら全ては洪水に対して、また時には侵食に対して効果がある。しかし、住宅の改築や地盤の嵩上げなどは費用を必要とする。これらの対策を促進するためには、セーシェル政府が危険地域に住んでいる住民に対して補助するシステムの可能性を検討するべきである。

(2) 規制

土地利用の規制は非常に重要である。新しい土地利用法が検討され、内閣の承認を待っている。これには 7 つの関連する規則が土地利用省や他の関係機関により準備されている。新しい規制は最終的に 2012 年 5 月にまとまる。

(3) 環境影響評価

環境影響評価についての要求項目は現在、DOE で改定されている。最初の案が 2012 年 6 月に作成され、2012 年 9 月に内閣の承認予定である。環境影響評価の改定は地元のコンサルタントで検討されている。環境影響評価は新しい開発により生じる海岸侵食や洪水の緩和に有用な方法である。

(4) 災害意識

DRDM は国際援助機関や NGO と共に災害に対する意識向上プログラムの進行役を務めている。教育戦略は 2011 年に準備され、行動計画は各援助機関と NGO が策定した。

意識教育は住民と学校を対象として避難訓練、訓練のための地図の準備、意識向上活動を考えている。これらの活動は、継続的な実施が求められ、適切な予算と計画の基に行われるべきである。

(5) リスク地図

洪水と津波に関するリスク地図は 2008 年に、古い地図（1998-1999 年発行で埋め立て地を 2004 年に修正）を基に策定されている。住宅土地省によって基本地形データが更新され 2012 年に利用可能となる。

セーシェルではここ数年、国際的なビジネスや観光を発展させる計画であり、多くの開発計画がある。新しいデータにより、DRDM は洪水および津波危険地図を準備することが出来よう。

(6) 警 報

気象状況の放送は毎日行われている。限定された衛星データのため、予報の精度はそれほど高くない。洪水は短時間の現象であるため、警報システムは気象庁と利用者との迅速な情報交換システムの構築が必要である。また、警報システムは、機器の維持管理、専門家の洪水前後の確保等に費用と維持管理を必要とする。

3-6-4 移転案

住民移転は、特に将来の海面上昇に対する海岸侵食や洪水の問題への有効な対策の一つである。地元住民の合意が必要ではあるが、セットバックと移住はセーシェルで適用可能な方法と考えられる。

(1) セットバック/ゾーニング

セットバックは新たに EIA に採用され、低平地、湿地、海岸域の開発制限を規定する助けとなるであろう。ゾーニングは地形特性に基づいて、新しい開発の最小地盤高を定め、将来の改修に向けた河道両岸の範囲を保全するものである。さらに、この考えは将来の海岸域および流域の保全に結びつく。

セットバックは新しい開発に適用できるが、現在の施設に対しては難しい。将来、政府は住民に高い土地への移住を、補償するシステムも含め検討する必要があるだろう。

(2) 移 転

海岸や低平地に住んでいる人々を海岸侵食や洪水から守ることは地形的な条件から困難である。他方、施設に対し、盛土により地盤を上げることは費用が掛かり、洪水問題を解決する適切な方法ではない。海岸侵食と洪水問題を解決し、将来の海面上昇に適応するためには、移転が一つの方法である。

3-7 優先順位と管理計画

3-7-1 優先順位

海岸侵食や洪水対策として幾つかの案が示された。セーシェルでの各案の適用性について優先順位に基づき検討した。適用性を検討するために、判定項目として 7 項目とその判定基準を選定した。最初の 3 項目は管理の目的に関するもので、海岸侵食と洪水を防止すること、海岸と低平地の利用を促進すること、自然条件を保全することとした。第 4 は将来への柔軟性である。第 5 が費用、第 6

は維持管理の必要性である。第 7 はセーシエルの自然及び社会経済条件への適用性である。これらの項目に基づき全体としての適用性を評価した。

判定基準は数値、+1、0、-1 で評価した。有効なものは+1、有効でないものは-1、不明は 0 とした。現状では、十分な情報がないことから詳細な検討は困難であるため、ここでは最小限度の分類とした。もし、十分な情報と手法が蓄積されれば、さらに新たな評価基準を追加することが出来る。特に、非構造物対策の効果と費用の推定が不確定である。

各対策を評価する項目は次の通りである。

- 機能:セーシエルでの有効性 (有効: +1、不明: 0、無効: -1)
- 利用: 持続的発展に寄与 (寄与: +1、無関係: 0、阻害: -1)
- 環境:環境を配慮 (正: +1、無関係: 0、負: -1)
- 将来の変化: 気候変動に適応(有効: +1、不明: 0、無効: -1)
- 費用: 求められる費用 (少ない: +1、不明: 0、多い: -1)
- 維持管理: 頻繁な維持管理や操作の必要性(殆ど無い: +1、不明: 0、定期的: -1)
- 適用性:セーシエルでの必要性(有効: +1、不明: 0、無効: -1)

評価結果を、海岸保全に関する構造物対策に関して表-3-7-1 に、洪水管理の構造物対策に関して表 3-7-2 に、非構造物対策に関して表 3-7-3 に示す。

表 3-7-1 海岸保全構造物対策の優先順位

番号	方法	機能	利用	環境	将来変化	費用	維持管理	適用性	総合
1	護岸	+1	0	-1	-1	-1	+1	+1	0
2	突堤	+1	0	0	0	-1	+1	0	+1
3	養浜	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1
4	離岸堤	+1	+1	-1	-1	-1	+1	0	0

表 3-7-2 洪水構造物対策の優先順位

番号	方法	機能	利用	環境	将来変化	費用	維持管理	適用性	総合
1	河道改修	+1	-1	0	-1	-1	+1	+1	0
2	排水改善	+1	-1	0	-1	+1	+1	+1	+2
3	輪中堤	+1	0	-1	+1	-1	-1	0	-1
4	調整池	+1	0	+1	0	-1	0	0	+1
5	ポンプシステム	+1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-4
6	水門	+1	-1	0	0	+1	-1	-1	-1

表 3-7-3 適応及び移住案の優先順位

番号	方法	機能	利用	環境	将来変化	費用	維持管理	適用性	総合
1	住宅改善	+1	0	0	-1	-1	+1	+1	+1
2	規制	+1	0	+1	+1	0	0	+1	+4
3	環境影響評価	0	0	+1	+1	0	0	+1	+3
4	災害関心	+1	0	0	+1	0	-1	0	+1
5	リスク地図	+1	0	0	+1	0	0	0	+2
6	警報	+1	0	0	+1	-1	-1	0	0
7	応急対応	+1	0	0	0	-1	0	+1	+1
8	セットバック	+1	-1	+1	+1	-1	0	+1	+2
9	移転	+1	-1	0	+1	-1	0	0	0

3-7-2 管理計画

優先順位の検討結果である表 3-7-1 から表 3-7-3 に基づいて、セーシエルの海岸保全及び洪水管理に関する管理計画として、ここで正の評価を得た方法を提案する。負の評価の方法は提案できない。ゼロの評価に関しては、今後の有効性の検討状況によっては実施することとする。

類型化した海岸および洪水地域に関する管理計画として、海岸侵食や洪水に対する代替案から優先順位を基に対策を選定した。主要な対策を表 3-7-4 と表 3-7-5 に示す。

選定した構造物対策は、海岸保全については養浜と突堤、洪水管理に関しては排水改善と調整池である。非構造物対策は規制、環境影響評価、リスク地図、セットバックを提案する。

表 3-7-4 海岸侵食の類型化とその対策

類型化	課題	対応策
長期的侵食海岸	長期的な沖への漂砂流出による侵食	土砂損失に対する養浜、セットバックゾーニング、移転
波浪による海浜変動	季節的波高変化による岸沖方向の変動、波向の変化による沿岸漂砂による変動海岸	変動域でのセットバックゾーニング、沖への漂砂に対する養浜、沿岸漂砂に対する突堤または養浜、規制
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	環境影響評価、規制、影響の形態による構造物対策
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、将来の経済発展や気候変動による侵食	無対策、モニタリング、土地利用規制、環境影響評価

表 3-7-5 洪水の類型化とその対策

類型化	課題	対応策
河川洪水	セーシエルでは稀である	河川改修
都市洪水	都市化により洪水の流出が増えて氾濫	排水改善、規制、環境影響評価
排水不良	排水施設が整備されていないか、能力不足のために氾濫	排水改善、規制、環境影響評価
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	排水改善、環境影響評価、調整池、リスク地図、セットバックゾーニング、住宅改善
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	河川改修、河口閉塞対策、調整池、規制、セットバックゾーニング、環境影響評価

気候変動による 2100 年の予測結果を考慮すると、地盤高 2.5m より低い土地は安全な場所ではない。豪雨でなくても地盤高が 2.0m では海面上昇と高潮位の両者の影響を受ける。この状況ではセーシエル政府は短期及び中期の結果を基に、長期の対策を必要としている。

3-7-3 優先地域

海岸保全及び洪水管理に関する管理計画を作成した後、優先海岸に関して海岸保全計画を策定した。優先海岸は、必要性、緊急性、技術的特性、将来の地域発展、セーシエル側の要請を基に選定した。

候補海岸は、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、アンセ・ロイヤル、アンセ・タカマカ、ベ・ラザール、アンセ・ラモッシュ、アンセ・ボアルー、ブ・バロン、プララン島のアンセ・ケラン、アンセ・ラチオ、ラ・ディーグ島のラ・パッセである。4 か所の海岸が詳細調査の際にセーシエル側から要請され、それらはノース・イースト・ポイント、ベ・ラザール、アンセ・ケラン、ラ・パッセである。アンセ・オ・ピンでは海浜はイル・ソレイルの埋立てで

保護されており、沖では砂が堆積している。漁船のための水路による回折波のために侵食が生じているが大きな問題ではない。オ・カップとアンセ・ロイヤルでは侵食と越波が課題である。その対策はノース・イースト・ポイントと類似なものが適当である。アンセ・タカマカでは JICA の準備調査で侵食が報告されている。しかし、海岸はリーフで保護され、延長が短いことから侵食は大きな問題ではない。アンセ・ラモッシュとアンセ・ボアルーはすでに RECOMAP プロジェクトが始まり、木杭による対策が実施されている。ブ・バロンとプララン島のアンセ・ラチオは、その白い砂浜と透明な水、緑の木々から観光客にとって重要な海浜である。これらの海岸は災害対策としての保全以外に、観光開発や環境保全のために持続可能な計画を策定する必要がある。このような検討からセーシェルから提案のあった 4 か所の海岸が優先海岸として選定された。第 4 章ではこれら優先海岸の保全計画について述べる。

海岸侵食に関して候補となった 12 海岸の中から優先海岸として選定された海岸は表 3-7-6 に示すように、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 海岸である。

表 3-7-6 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

洪水管理計画に関しては、セーシェル側からビクトリア、ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤルが提案された。排水タスクフォースの報告から、浸水問題は海岸での河口閉塞を含む不適切な排水施設に起因している。河口閉塞は主に、マヘ島の比較的高波浪が来襲する東海岸で生じている。アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤルはこれらの地域に位置している。ポイント・ラルーは観光客に重要な国際空港へのアクセスが豪雨により困難となることから選定した。優先地域は、セーシェル側の要請に基づいて選定した。候補地域として選ばれた 10 地区から表 3-7-7 に示すように 5 地区を選定した。それらはビクトリア、ポイント・ラルー、アンセ・オ・ピン、オ・カップ、アンセ・ロイヤルである。

表 3-7-7 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。

これらに基づき検討した結果として、第 4 章に優先海岸における海岸保全計画を、また第 5 章に優先地域における洪水管理計画を示す。

3-7-4 実施工程

計画の実施工程を検討し、表 3-7-8 に結果を提案する。ここで、目標年次は短期 2020 年、中期 2050 年、長期 2100 年と分けて設定した。第 3-7-1 節で選定された対策は、構造物対策と非構造物対策である。海岸保全に関する中期の優先海岸における主要な侵食対策は、養浜と突堤である。長期的には海岸域の開発として観光及び自然環境の保全が主要な課題となろう。それらは、海岸侵食問題に配慮している SSDS と総合海岸域管理計画によって解決できよう。これは表に海岸域管理として示してある。

洪水管理に関しては、主要な課題はすでに述べた優先地域の行動計画に含まれている排水改善である。これらは短期のプロジェクトであり、改善と維持が主要な活動となる。低平地の排水問題に対しては河川の改修と河口処理が短期プロジェクトに含まれる。中期対策としては、河道改修が優先地域で必要である。長期的には水資源も含む流域管理が持続的開発に関連して主要な問題となる。

非構造物対策についてはそれらのいくつかはすでに実施されている。したがって、これらも実施工程に含めた。

表 3-7-8 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	[管理期間]			侵食対策
b	海岸域管理	[管理期間]			海岸域管理
洪水対策					
a	排水施設	[管理期間]			排水路の改修、新設
b	河川改修	[管理期間]			河道改修
	i)河道と河口改良	[実施期間]			
	ii)河川改修	[実施期間]			
c	流域管理	[管理期間]			河川流域管理
2 非構造物対策					
a	土地利用規制	[管理期間]			土地利用の規制、管理
b	予警報システム	[管理期間]			情報システム強化
c	応急避難所の整備、改善	[管理期間]			避難ルート、訓練
d	住民への広報活動	[管理期間] [実施期間] [必要に応じて継続]			浸水予想の公表
		[管理期間]	[実施期間]	[必要に応じて継続]	

3-8 モニタリングと評価

どのような適応策も実績を注意深くモニターし、評価し、教訓は維持管理と将来の介入のサイクルを通して図 3-2-1 に示すようにフィードバックすべきである。その過程で、情報管理と教育が基礎的な要素として求められる。

この枠組を用いて、海岸域の持続的な発展を促進する効果的な適応が可能となる。しかし、適応策は海岸災害の脆弱性を減少させることはできるが、海岸侵食や洪水の完全な防止は達成できないことを知っておくことは重要である。

3-8-1 モニタリング

計画の効果を評価するためには、その計画がどの程度有効であるかを調べる必要がある。モニタリング計画は計画の目的、資源、利用できる方法によっている。予算または資金が制約される中、単純で効果的なモニタリングを提案した。

海岸侵食に関しては、海浜形状のモニタリングが欠かせない。その頻度は年 2 回、北西モンスーンと南東貿易風の間とする。対象海岸は優先海岸であり、可能であれば、マヘ島のブ・バロン、アンセ・ラモッシュ、アンセ・ポアルー、プララン島のアンセ・ラチオがある。調査は約 1 週間かかる。海岸侵食に関する記録は DA や新聞から得られる。海岸線の変化はグーグル・アースから得ることが出来る。

洪水に関しては、DA または地域住民から情報が有効である。DOE で記録しておくべきである。新聞記事も有効な情報である。

潮位、風速と風向、雨量などの基本資料は気象庁から得ることが出来る。

3-8-2 評価

海岸保全や洪水管理の計画の有効性を評価することは、最近始まった。セーシェルでは災害の発生は稀であり、計画の効果を評価することは短期間では困難である。したがって、評価は長期間、例えば10年間隔で行うべきである。

計画の評価は述べられている目的に関連して行う。第1の目的は人間及び資産への損害を軽減することである。目的に対する効果の評価は、災害の記録、地域住民の要求、気象観測結果等により解析することが出来る。第2の目的は自然環境と海岸域利用との調和である。これはDOEの活動、新聞記事、自然環境保護に関係するNGOの意見等から評価できる。第3は持続的な発展への寄与であり、第4は意識の向上である。これらは、この目的が戦略として含まれているSSDSの評価の中で実施することが出来る。非構造物対策の効果と海岸域の発展は、GISデータベースを用いて解析できよう。

3-9 情報管理と教育

3-9-1 情報管理

海岸侵食や洪水管理のためには、自然条件、社会経済条件、過去の災害記録、海岸構造物と排水施設に関するデータベースの維持が重要である。現在は、管理のためのデータベースは土地住宅省のGISデータベースが唯一のものであるが、計画や日常管理に十分活用されていない。しかし、日常の管理に利用されつつある。過去に排水タスクフォースで作成された報告書の基礎データが失われており、問題を解析する基本的な条件に関する検討を困難にしている。

3-9-2 データベース

海岸侵食や洪水管理に必要なデータとしては、自然条件としての地形、潮汐、波浪、社会経済条件としての土地利用、既存の資産、公共構造物や施設、過去の海岸侵食や洪水に関連する災害がある。限られた資源および組織の能力から、限定された必要なデータを集めて、維持すべきである。現在、気象資料、災害記録、海岸地形とGISデータが存在する。

(1) 気象資料

基礎資料として降雨、潮汐、風は重要である。降雨はセーシェルでは河川流域が小さいことから短期間のものが重要である。短時間の降雨観測のため、2011年にビクトリアに3台の雨量計を設置した。確率降雨強度曲線を得るためには10年以上の観測を要する。風資料はセーシェルでは波の資料が限定されていることから、波浪条件の予測に活用できる。潮汐資料は低平地の氾濫に影響する将来の潮位条件を予測するために重要である。これら基礎資料は毎年ウェブサイト公表し、気候変動の影響を知るために、5年毎に解析すべきである。

(2) 災害記録

この調査では災害記録と短期の降雨資料の欠如が洪水条件の解析を難しくしている。いくつかの計画は、利用可能な資料に基づいて策定したが、新しい資料により改善することが必要である。洪

水の規模が限定され、さらに資料を必要としている。

(3) 海浜地形モニタリング

海浜地形のモニタリングは一度 2003 年に始まり、2009 年まで続いた。海岸の変化を解析するためには、海浜地形のモニタリングは重要である。その結果は長期の海岸の侵食、堆積変化、季節変化、潮汐や波浪の変化に伴う地形応答などの調査に使用することが出来る。これらは、セットバック区域の設定や海面上昇による海浜変形の解析に役立つ。それゆえ、継続的な海浜地形モニタリングを提案する。

この調査では重要な海岸を選定し、基礎的条件、すなわち測線、測量原点、測定の頻度を含む条件を設定した。選定した海岸はマヘ島のノース・イースト・ポイント、アンセ・ロイヤル、ベ・ラザール、アンセ・ラモッシュ、プララン島のアンセ・ケラン、グラン・アンセ、ラ・ディエグ島のラ・パッセである。季節的な変化を把握するため年 2 回の測量を行うことを提案する。一回の観測には全体で、約 1 週間かかるであろう。

(4) GIS データ

地理情報システム(GIS)は海岸を管理するためには有用なシステムである。さらに、セーシェルでは過去の土地住宅省が非常に有効な GIS システムを確立している。しかし、通常の海岸と排水の管理活動には十分活用されていない。一つの理由としては、使用するソフトウェアである ArcGIS が複雑で高価なことである。それ故、簡単で経済的なソフトウェア、例えば、PostGIS や QGIS、さらに簡単な Mapwindow GIS を活用するのが良い。

GIS データの維持は政府のプロジェクトで実施することが出来よう。1998 年の GIS データの改定が 2012 年に開始された。残されていることは、海岸および洪水管理データを既存の GIS データに追加することである。幸いにも CESD は GIS とデータ管理部門を有している。この管理部門は、基礎データの準備、ソフトウェアの提供、GIS の活用に関する訓練の鍵となる組織である。この組織を活用することが求められる。

3-9-3 住民啓発

一般的に DRDM が海岸侵食や津波などの海岸災害を含む住民啓発を実施している。2009 年に DRDM についての持続可能なセーシェルに関する報告書が策定された。報告書では、住民調査、ステークホルダーへのインタビュー、フォーカス・グループへのインタビュー、ワークショップに基づいて、災害に関する住民意識の状況、リスク管理に関する課題が述べられている。住民啓発戦略に関する主要な要素に関する提案もなされている。この中には戦略を導く方向、知識、行動目標の表を含んでいる。(Sustainability for Seychelles, DRDM (2009): Risk and Disaster Management, Public Awareness Strategy for Seychelles)

DRDM は最近これらに関する国家全体の活動をすでに始めている。活動内容は、ニュースレターの発行、活動を示すブログ、携帯電話によるテキストメッセージの警報である。

DRDM (<http://drdm-drdm.blogspot.com/>)は DOE によりこの活動をモニターし、その実施に関して評価し、将来の改善に結びつけることが出来よう。

海岸災害の問題は時間スケールが非常に長い。ひとたび海岸侵食や津波を経験した地域の住民は、

これらについて関心を有している。ここで学校の生徒に対して、海岸侵食の記録を出版する、または経験を教科書に入れることは一つの手法と考えられる。過去に経験した人々のエッセイも重要な記録である。

3-9-4 利害関係者協議

海岸侵食と洪水管理計画は SSDS にも提示されている。その中で利害関係者協議が一つの戦略であり、継続的な部門間のステアリング・コミッティとして表明されている。これは SSDS の実施と協議に利害関係者を結びつけるものである。その戦略は(1)SSDS の有効性の確認、(2)適切な協調の実施、(3)情報へのアクセスである。戦略の中には実施方法が説明されている。

なお、海岸域総合管理に関しては次の関係機関が示されている。

- DOE: Climate and Environment Services Division, Wildlife Enforcement and Permits, and Divisions of Risk and Disaster Management
- Department of Transport and Energy
- Ministry of Community Development, Youth and Sports
- Ministry of Land Use and Housing
- District Administrators
- NGO: Nature Seychelles, Sustainability for Seychelles,

3-10 環境社会配慮

環境法は保護区または生態系が影響を受けやすい地域での活動に対しては環境影響評価を要求している。規則では海岸護岸、海岸堤防、排水路のプロジェクトが環境影響評価を必要とする活動としている。管理計画の構造物対策、すなわち養浜、突堤、排水改善はこれらの活動に含まれている。生態系が影響を受けやすい地域としては海岸域や小川とその周辺を含んでいる。それ故、管理計画の構造物対策は規則により環境影響評価が必要である。

ここで提案された対策に関して海岸保全と洪水管理に分けて実施したスコーピングを表 3-10-1、表 3-10-2 に示す。各プロジェクトに対して環境影響評価を実施するには、さらにプロジェクトの詳細が特定されていなければならない。それ故、第 4 章及び第 5 章でこのスコーピングに基づいて優先海岸と優先地域のプロジェクトに対して環境影響評価を実施した。

表 3-10-1 プロジェクトのスコーピング (海岸保全)

影響項目		評定	根拠・理由
環境 社会	1 非自発的住民移転	-	海岸保全のために非自発的住民移転の必要はない
	2 雇用や生計手段等の地域経済	C	地域経済に影響を与える可能性があるが、規模が小さく影響は小さい。
	3 土地利用や地域資源利用	-	現在の土地利用計画に影響を与える可能性がある新たな土地利用計画はない。
	4 社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	C	社会関係資本や非公式な組織は存在すると考えられ、社会組織に影響を与える可能性がある。
	5 既存の社会インフラや社会サービス	C	養浜が湿地から海岸への排水口をふさぐ可能性があるが、影響は小さい
	6 貧困層・先住民族・少数民族	-	海岸保全対策として行う砂の涵養は貧困層・先住民族・少数民族に影響を及ぼさない。

	7	被害と便宜の偏在	C	対策計画によって形成される海浜形状が、気象状況によって変動する可能性がある。モニタリングを行うべきである。
	8	文化遺産	-	プロジェクト地域内に文化遺産はない。
	9	地域内の利害対立	-	海岸侵食対策としての養浜が他の海岸侵食を引き起こす可能性はない。
	10	水利用、水利権、入会権	-	水利用計画と排水系統が改変される可能性はない。
	11	公衆衛生	-	プロジェクト関連地域で水質が変化する可能性はない。
	12	災害、HIV/AIDS のような感染症	-	災害対策が新たな災害を生じる可能性はない。
自然環境	13	地形・地質	C	養浜により地形変化が生じる可能性があるが、常に継続して起こる変化であり、問題は少ない。
	14	土壌浸食	-	施工中、土壌浸食が発生する可能性はない。
	15	地下水	-	養浜により地下水位が変化する可能性はない。
	16	湖沼・河川状況	C	養浜により海岸・海域の特性が変化する可能性がある。
	17	海岸・海域	C	養浜により海岸・海域の特性が変化する可能性がある。
	18	動植物、生物多様性	C	養浜により海岸の動植物、生物多様性に影響する可能性があるが、程度は小さい。
	19	気象	-	活動規模は気象に影響を与えるほど大きくない。
	20	景観	C	養浜により景観に影響する可能性があるが、影響は小さい。
	21	地球温暖化	-	地球温暖化に影響する可能性はない。
汚染	22	大気汚染	C	工事中大気汚染が発生する可能性があるが、影響は小さい。
	23	水質汚濁	C	工事中水質に影響が出る可能性がある。
	24	土壌汚染	-	養浜により土壌汚染が発生する可能性はない。
	25	廃棄物	C	養浜、突堤工事により廃棄物が発生する可能性がある。
	26	騒音・振動	C	養浜及び突堤の築造により騒音が発生する可能性がある。
	27	地盤沈下	-	養浜による地盤沈下の可能性はない。
	28	悪臭	-	悪臭を発生させるものはない。
	29	沈殿物	-	養浜が沈殿物を発生させる可能性はない。
	30	事故	C	作業中、事故が発生する可能性がある。
全体評価			C	

注) A: 重大なインパクトが見込まれる B: 多少のインパクトが見込まれる C: 不明(検討する必要あり)
 -: ほとんどインパクトは考えられない(FA/EIA 対象外)

表 3-10-2 プロジェクトのスクーピング(洪水管理)

		影響項目	評価	根拠・理由
社会環境	1	非自発的住民移転	-	排水改善、河道改修により非自発的住民移転の可能性はない。
	2	雇用や生計手段等の地域経済	C	地域経済に影響を与える可能性があるが、規模が小さく影響は小さい。
	3	土地利用や地域資源利用	-	現在の土地利用計画に影響を与えるような新たな土地利用計画はない。
	4	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	C	社会関係資本や非公式な組織は存在すると考えられ、社会組織に影響を与える可能性がある。
	5	既存の社会インフラや社会サービス	C	既存の社会インフラに影響が発生する可能性がある。(河川の河道内を地下埋設物が占用している)
	6	貧困層・先住民・少数民族	-	河川の改修は地域内の貧困層・先住民・少数民族に影響を与えない。
	7	被害と便宜の偏在	-	対策が優先区域における河川の排水機能の確保であり、被害と便宜の偏在の可能性は小さい。
	8	文化遺産	-	河川の改修により影響を受ける文化遺産はない。
	9	地域内の利害対立	-	洪水対策が他の洪水を引き起こす可能性はない。

	10	水利用、水利権、入会権	-	洪水管理計画は水利用と水利権を改変する可能性はない。
	11	公衆衛生	-	洪水管理計画が関連地域の水質を変化させる可能性はない。
	12	災害、HIV/AIDS のような感染症	-	災害対策が新たな災害を生じる可能性はない。
自然環境	13	地形・地質	-	構造物対策により、地質の変化と同様、地形の変化が生じる可能性はない。
	14	土壌浸食	-	施工中、土壌浸食が発生する可能性はない。
	15	地下水	C	排水系統の変更により地下水位が変化する可能性があるが、影響は軽微である。
	16	湖沼・河川状況	C	排水改善、河道改修が湖沼・河川状況を悪化させる可能性は少ない。
	17	海岸・海域	C	洪水管理計画が海岸・海域の特性を変化させる可能性は少ない。
	18	動植物、生物多様性	C	構造物対策により海岸・湿地の動植物、生物多様性に影響する可能性がある。
	19	気象	-	活動規模は気象に影響を与えるほど大きくない。
	20	景観	C	構造物対策により景観に影響する可能性がある。
	21	地球温暖化	-	地球温暖化に影響する可能性はない。
汚染	22	大気汚染	C	施工中の機材搬入、重機の操業等により大気汚染が発生する可能性がある。
	23	水質汚濁	C	施工中、水質に影響が出る可能性がある。
	24	土壌汚染	-	施工中、土壌汚染が発生する可能性はない。
	25	廃棄物	C	施工中、廃棄物が発生する可能性一部ある。
	26	騒音・振動	C	施工中、騒音・振動が発生する可能性がある。
	27	地盤沈下	-	洪水管理計画では、地盤沈下の可能性はない。
	28	悪臭	-	悪臭を発生させるものはない。
	29	沈殿物	-	排水系統の変更が沈殿物を発生させる可能性はない。
	30	事故	C	施工中、事故が発生する可能性がある。
全体評価			C	

注) A: 重大なインパクトが見込まれる B: 多少のインパクトが見込まれる C: 不明(検討する必要あり)
 -: ほとんどインパクトは考えられない(FA/EIA 対象外)

3-11 管理計画の評価

管理計画を 6 項目、すなわち技術的、経済的、財政的、社会的、行政的、および環境的に健全であるかの視点で評価した。管理計画では、観測、計画、設計の手法は簡単なものを用いており、セーシユルに適用できるものである。施設の工費は合理的であり、政府または支援団体からの支援を得られるものである。また、DOE はその職員と能力により計画を管理することができる。管理計画はさらに環境問題にも配慮している。これより、その目的と方法は地域住民に受け入れられると考えられる。

第4章 優先海岸の海岸保全計画

第 4 章 優先海岸の海岸保全計画

4-1 概 要

第 3 章の管理計画では海岸侵食に関する対策が提案され、優先海岸が選定された。これを基に各優先海岸について、計画手順に従い、海岸保全計画としての詳細な実施計画を策定した。通常、計画では構造物はある生起確率に対して設計される。この計画では確率を 25 年とし、中期計画と呼ぶこととする。

計画の手順は、課題の抽出、無対策の場合の予測、計画決定のための代替案の評価からなる。優先海岸、すなわちノース・イースト・ポイント、ベ・ラザール、アンセ・ケラン、ラ・パッセについて計画を策定した。各優先海岸について、現状と課題を基に対策を検討し、結果をまとめたものを概要として表 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 2 km、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 年の間に幅で 20m 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水路における潜堤の建設は費用が掛かり経済的でない。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	海岸はブ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。海岸に沿っては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。この海岸はブ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。

項目	内容
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。護岸の建設案は侵食を止めるが、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1000mの海浜に対する維持も含めた幅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・ディグ島の西に位置し、広いリーフと西のブ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。ブ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。

優先海岸の保全計画を基に、第6章でパイロットプロジェクトが選定され、計画策定、施設設計が行われ、工事が実施された。

4-2 優先海岸の海岸保全計画

4-2-1 計画の手順

計画の策定は次の5つの手順による。すなわち、問題の特定、無対策の場合の状況推定、代替案の策定、代替案の比較と効果の評価、計画の選定である。このフローを図4-2-1に示す。

基本条件として、自然条件である潮位、波浪、地形、環境、土地利用等の社会経済条件、既存の公共施設が計画の基礎となる。プロジェクトは侵食問題の緩和に関する必要性から始まる。第2段階は問題の特定である。その後、無対策の場合の状況を推定する。問題の解決と改善のため、複数の代替案を提案し、いくつかの観点から評価する。また、代替案を比較して、その中から最終案を選択する。

手順として無対策も採用される場合があり、一つの代替案として取り扱った。第3章の管理計画ではセーシェルの自然条件および社会経済条件を考慮して優先順位を付けて、いくつかの代替案を選定した。この章では、問題と条件が異なることから各優先海岸について代替案を提示した。代替案は各特定海岸の問題解決のために、いくつかの案の組み合わせからなる。ある場合には、効果を比較するために代替案としては第3章での優先案以外が含まれている。

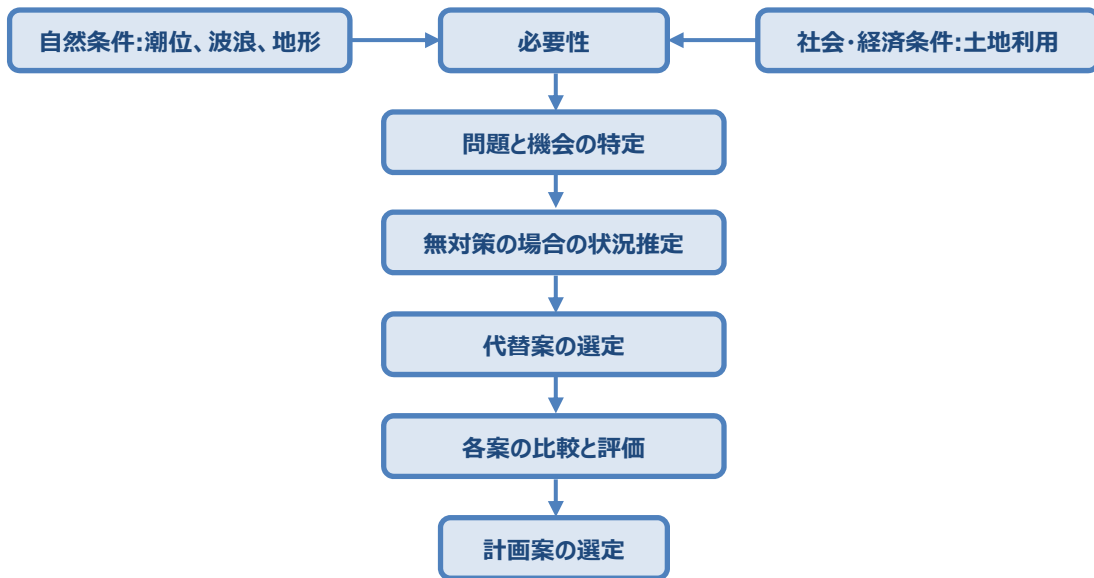


図 4-2-1 計画のフロー

4-2-2 優先海岸の保全案

(1) ノース・イースト・ポイント

(a) 課題

第2章の2-4-5の結果に基づき課題をまとめると図4-2-2に示すように、長期的な侵食は1960年代から2011年の間に幅30m、平均では0.5m/年であり、季節的な変動幅は約20mである。高潮位時の波と砂の海岸道路への打上げの問題もある。長期的な海岸侵食の原因は沖への漂砂と想定される。季節的な変動は北西モンスーンと南東貿易風により生じている。



図 4-2-2 ノース・イースト・ポイントにおける推定される漂砂移動

(b) 基本条件

計画のためには、海浜形状、設計波高と周期、設計潮位を定めなければならない。海浜形状は測量結果より図 4-2-3 に示される。海浜は平均で高さ約 2.5m、勾配は約 1/7 である。道路の地盤高は 2.5m から 3.0m で海浜の地盤高は 2.5m から 4m である。ある場所では海浜は季節変化により後退し、地盤高 1.5m 以上で勾配がきつくなる場合がある。

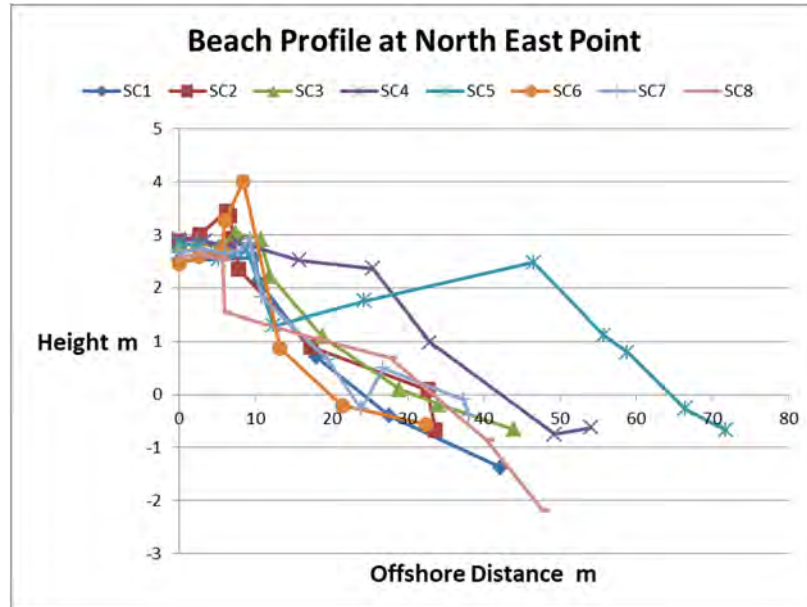


図 4-2-3 ノース・イースト・ポイントの海浜形状

設計波高と周期、潮位は確率 1/25 として観測結果から 3-4-2 により次のように定まる。

- 設計波高: 4m, 周期: 8.0s
- 潮位: 平均海面(MSL)上 2010 年では+1.44 m、2050 年では+ 1.70 m

リーフ上の波高変化は提案式により推定され、波の打上げ高は 2010 年では 3.6m、2050 年では 4.0m となる。これは海浜勾配 1/7 で設計波が来襲した場合の値である。海浜が後退し、地盤高が 1.5m 以上で海浜勾配がほぼ鉛直になった場合の波の打上げ高は 4.3m となる。したがって、現在の条件では高潮位時には波が道路に打ち上げることになる。

(c) 代替案

選ばれた代替案は次の通りである。

- 代替案 1: 無対策
- 代替案 2: 防御: 波の打上げと越波を防ぐために海岸道路に沿って護岸を設置、または道路の嵩上げ
- 代替案 3: 礫養浜: 長期的な侵食、季節変動、越波防止のための礫養浜
- 代替案 4: 砂養浜: 長期的な侵食、季節変動、越波防止のための砂養浜
- 代替案 5: 適応: 高潮位及び北西波浪の際の交通規制、水路を通した砂の損失状況と原因解明のモニタリングと解析

代替案 1: 無対策

代替案 1 は海浜の復旧や越波防止を行わない案である。これは短期的また長期的に負の影響をもたらす。短期的には海岸侵食により道路が沈下し、補修や玉石護岸が近い将来必要になる。長期的には侵食や越波が激しくなり、交通の維持や道路の補修が必要になる。

代替案 2: 護岸

代替案 2 は現在の海岸道路に沿って護岸を建設することである。ノース・イースト・ポイントではビクトリアからグラスヒスを通りブ・バロンへの円滑な交通流は重要である。海岸は海浜前面のビーチロックとリーフがあることから、ある程度侵食され安定化する可能性がある。護岸はさらなる海浜の侵食を減らし、侵食により生じる越波を防止するため高くする必要がある。その高さは 4.5m 以上となる。しかし、侵食の原因や季節変化への対策とはならない。護岸は海岸の北から南、延長約 2 km に対して必要となる。海岸道路とリハビリテーション・センター、住宅は守られる。

海浜のほぼ中央の岩礁の両側に湿地からの二つの排水がある。もし海浜が侵食されれば、護岸の海側に水門を設ければ、湿地に流入する洪水を滑らかに排水する利点がある。

代替案 3: 礫養浜

養浜はソフトな対策としての代替案の一つである。礫または砂を海浜に投入する。養浜材料は現況の底質と類似のものが望ましい。広い海浜は道路への波の打上げを防止する。養浜は侵食を止めるものではなく、養浜量は侵食量と海浜変動、波の打上げを低減する必要幅により決められる。礫養浜の利点は礫が波の作用に対して抵抗することから、損失と費用を少なくすることができることである。欠点は、海浜の利用や景観の観点に対して元の海浜と底質が異なることである。

代替案 4: 砂養浜

代替案 4 は代替案 3 とほぼ同様であるが、海浜材料として礫のかわりに砂を用いるものである。その機能は代替案 3 とほぼ同じである。欠点は礫よりも多量の砂が維持管理も含めて必要なことである。利点は元の海浜と同じ材料を利用することで、海水浴や景観がより快適になることである。

代替案 5: 適応

適応策として、高潮時、北西風の時に交通規制を行うことであり、北西風は 12 月から 3 月に吹き、高潮位は月 2 回、ほぼ 3 日間生じる。気象と潮位条件の予報により警報を発令することができる。利点は費用である。欠点は警報に応じて交通を管理することである。

長期的には、海岸のセットバックを設定し開発をその範囲内とするのが移住の一つの解である。既存の海岸道路やリハビリテーション・センターの移転や嵩上が求められる。

(d) 代替案の比較

代替案の 5 種類から、基準に基づいて表 4-2-1 に示すように比較を行い、計画を選定した。評価項目および基準は 3-7 と同様である。

表 4-2-1 ノース・イースト・ポイントでの代替案の評価

評価項目/対策案	代替案 1 無対策	代替案 2 護岸	代替案 3 礫養浜	代替案 4 砂養浜	代替案 5 適応
機能	-1	+1	+1	+1	0
利用	-1	-1	0	+1	-1
環境	-1	-1	+1	+1	+1
将来の変化	-1	-1	+1	+1	+1
費用	+1	0	-1	-1	+1
維持管理	-1	0	0	-1	-1
適用性	0	+1	+1	+1	0
総合	-4	-1	+3	+3	+1
機能:セーシェルでの有効性 (有効: +1、不明: 0、無効: -1)					
利用: 持続的発展に寄与 (寄与: +1、無関係: 0、阻害: -1)					
環境:環境を配慮 (正: +1、無関係: 0、負: -1)					
将来の変化: 気候変動に順応(有効: +1、不明: 0、無効: -1)					
費用: 求められる費用 (少ない: +1、不明: 0、多い: -1)					
維持管理: 頻繁な維持管理や操作(殆ど無い: +1、不明: 0、定期的: -1)					
適用性:セーシェルで必要(有効: +1、不明: 0、無効: -1)					

(e) 海岸保全計画

ノース・イースト・ポイントでは、将来の気候変動への対応の容易さから養浜を選定した。将来の気候変動に対しては、もし、海面上昇の速度が増加した場合にはセットバックや移住が望まれる。その決定は、潮位の長期のモニタリングで行うべきである。養浜とセットバックの状況は図 4-2-4 に示す。

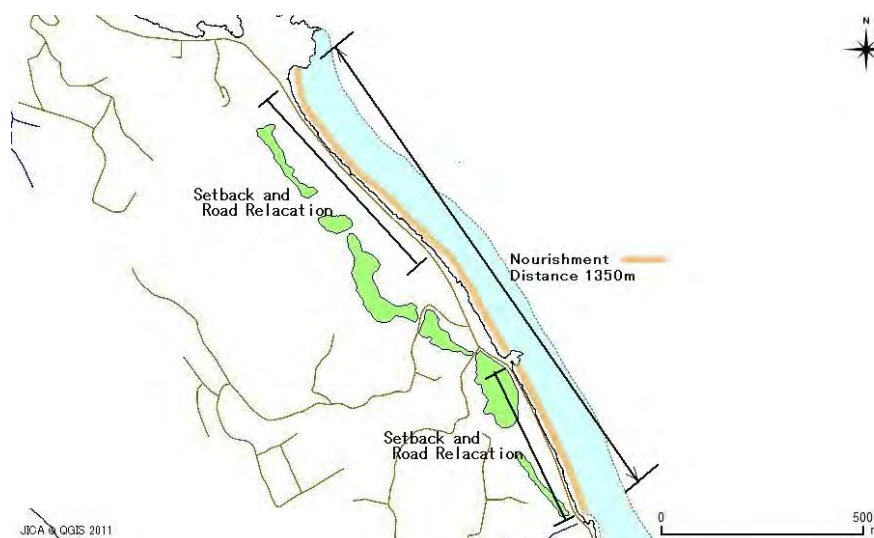


図 4-2-4 ノース・イースト・ポイントの海岸保全対策

(2) ベ・ラザール

(a) 課題

海岸侵食は第 2 章の 2-4-5 示すように過去に生じており、また 2008 年の 2 年～3 年前にも報告されており、波やサンゴ塊の打上げが 2007 年の高潮位時に生じたことが報告されている。

(UNFCC(2008)) 石や木杭の護岸が過去に建設されており、今日半ば破損した残骸が残っている。波の打上げはまた、海岸に沿った道路や商店・家屋に影響を与えている。

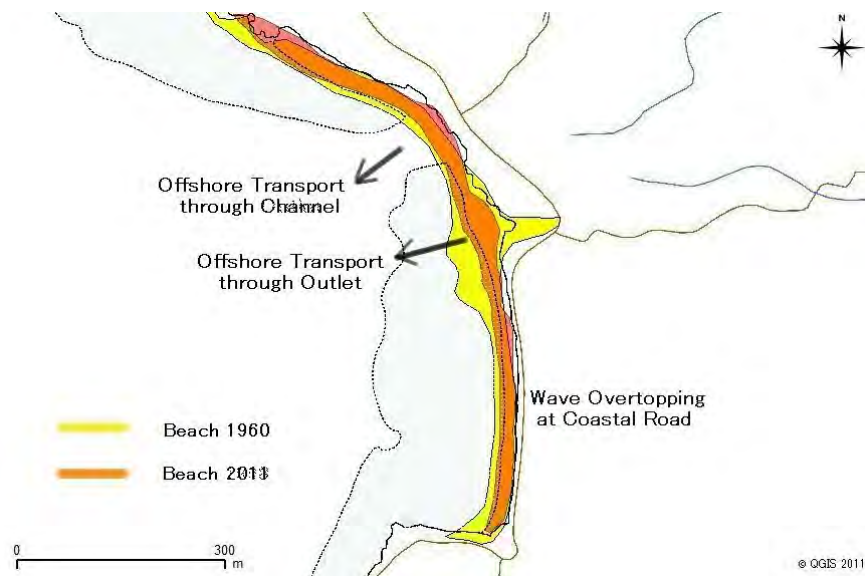


図 4-2-5 ベ・ラザールにおける推定される漂砂移動

(b) 基本条件

計画のために基本的な海浜形状、設計波高と周期、設計潮位を設定する。海浜形状は測量により図 4-2-6 に示す。

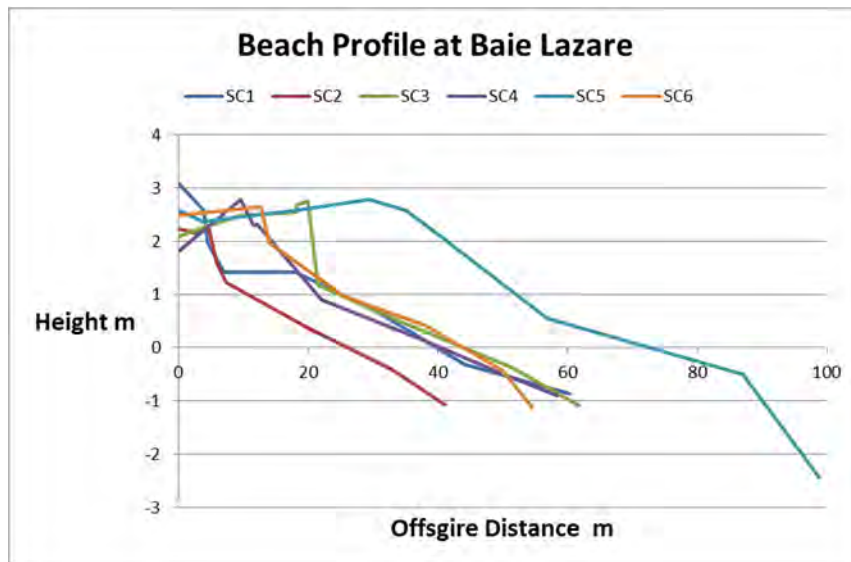


図 4-2-6 ベ・ラザールの海浜形状

海浜は約 2.5m の高さで勾配は約 1/6 である。海浜道路の地盤高は 2.0m から 2.5m であり、海浜の高さは 3m より低い。ある断面では海浜は季節変化により後退し、高さは 1m で他の箇所よりきつくなっている。設計波高、周期、潮位は 3-4-2 に示す結果より確率 1/25 に対して設定し、その結果は次のようになる。

- 設計波高: 4.0 m, 周期: 7.0s
- 潮位: 平均海面(MSL)上 1.44 m

リーフ上の波浪の変形は提案式より推定し、設計波浪と海浜勾配 1/6 に対応する波の打上げ高は平均海面上 2010 年では 2.5m、2050 年では 2.8m と推定される。後退した断面、すなわち標高 1m 以下の勾配を 1/6、それ以上を鉛直とした場合の打上げ高は 3.1m となる。したがって、現在の条件では入射波の打上げは道路高より高くなる。

(c) 代替案

対策として次に示すいくつかの案を選定した。

- 代替案 1: 無対策
- 代替案 2: 防御: 道路に沿った護岸の建設
- 代替案 3: 長期的侵食、季節変動、越波対策としての養浜
- 代替案 4: 適応: 高潮位と南西風の際の交通規制、水路への漂砂の損失状況と原因のモニタリングと解析

代替案 1: 無対策

代替案 1 は海浜の回復や越波防止に対し何も実施しない案である。これは短期及長期にいくつかの負の影響をもたらす。短期的には道路に沿って越波が生じ、道路の維持管理を必要とする。長期的には、海岸侵食と越波が増加し、交通規制や道路の維持管理がさらに必要となる。

代替案 2: 護岸

代替案 2 は既存の海岸道路に沿った護岸の建設である。護岸は将来の侵食を低減し、侵食による越波の増加を防ぐよう十分高いものとする必要がある。しかし、侵食の原因を止めるものではない。玉石護岸はセーシェルで用いられ、一般的である。海岸道路、商店、住宅は守られる。

代替案 3: 砂養浜

養浜はソフトな対策としての代替案の一つである。砂を海浜に投入する。養浜材料は現況の底質と類似のものが望ましい。広い海浜は道路への波の打上げを防止する。養浜は侵食を止めるものではなく、養浜量は侵食量と海浜変動、波の打上げを低減する必要幅により決められる。欠点は、養浜とその維持に多量の砂を必要とすることである。利点は海浜の利用や景観に対して改善をもたらすことである。

代替案 4: 適応

適応としては高潮時、南西の風の時の交通規制がある。南西の風は 4 月から 10 月にかけて吹き、高潮位は月 2 回、3 日程続く。気象と潮位の予測で対応できる。

(d) 代替案の比較

代替案の 5 種類から、表 4-2-2 に示すように基準に基づいて比較を行い、計画を選定した。

表 4-2-2 ベ・ラザールでの代替案の評価

評価項目/対策案	代替案 1 無対策	代替案 2 護岸	代替案 4 砂養浜	代替案 5 適応
機能	-1	+1	+1	0
利用	-1	-1	+1	-1
環境	-1	-1	+1	+1
将来の変化	-1	-1	+1	+1
費用	+1	0	-1	+1
維持管理	-1	0	-1	-1
適用性	0	+1	+1	0
総合	-4	-1	+4	+1

(e) 海岸保全計画

ベ・ラザールでは、機能と共に利用、環境、将来の気候変動への対応の容易さから砂による養浜を選定した。養浜の範囲を図 4-2-7 に示す。また、状況によっては適応策としての交通規制を行うことも考えられ、その範囲も併せて示した。

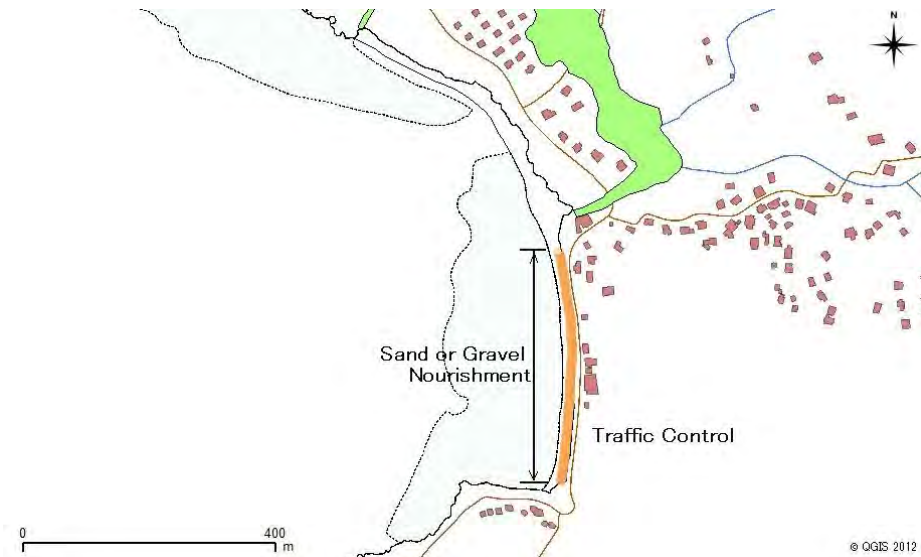


図 4-2-7 ベ・ラザールでの海岸保全対策

(3) アンセ・ケラン

(a) 課題

第2章の2-4-5に示すように、基本的に砂は北から南に移動し、アンセ・ケランで侵食が生じ、砂がグラン・アンセに堆積している。また、風の変化により季節的な変動がある。それらは北西モンスーンと南東貿易風である。侵食が激しくなってから1990年に5基の突堤が建設された。それらは漂砂が北から南、南から北へ移動するのを止めることになり、南からの回復を阻害することになった。海底の勾配が水深12mまで約1/50であり、沿岸漂砂の季節的な移動が大きく、沖への損失は少ないと考えられる。土地と資産の損失が最も問題である。また、海浜は観光客にとって魅力のある場所の一つである。海岸の構造物建設は海浜の利用者には問題となる。

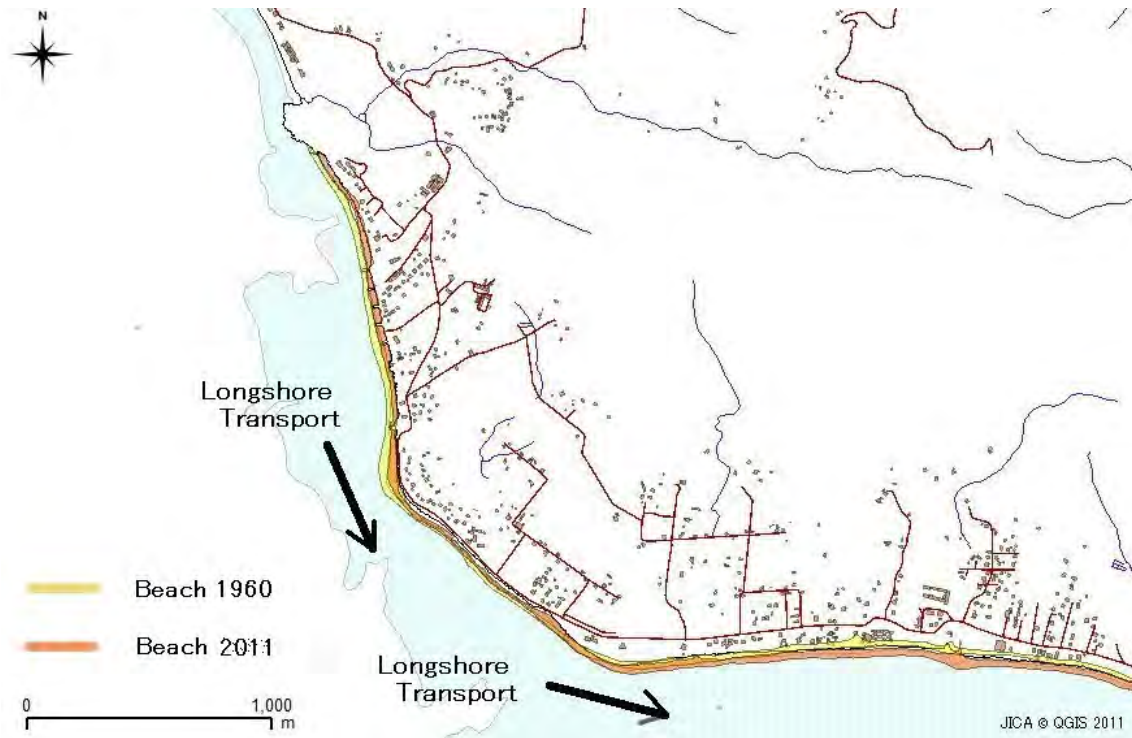


図 4-2-8 アンセ・ケランとグラン・アンセにおける推定される漂砂移動

(b) 基本条件

計画ために、基本となる海浜地形、設計波高と周期、設計潮位を設定する。海浜地形は測量結果より図 4-2-9 のようになる。海浜は高さ約 3m、勾配 1/10 である。地盤高は 3m から 4m と変化する。ある断面では季節変動により後退した場合、地盤高 1.5m より高い部分できつくなっている。

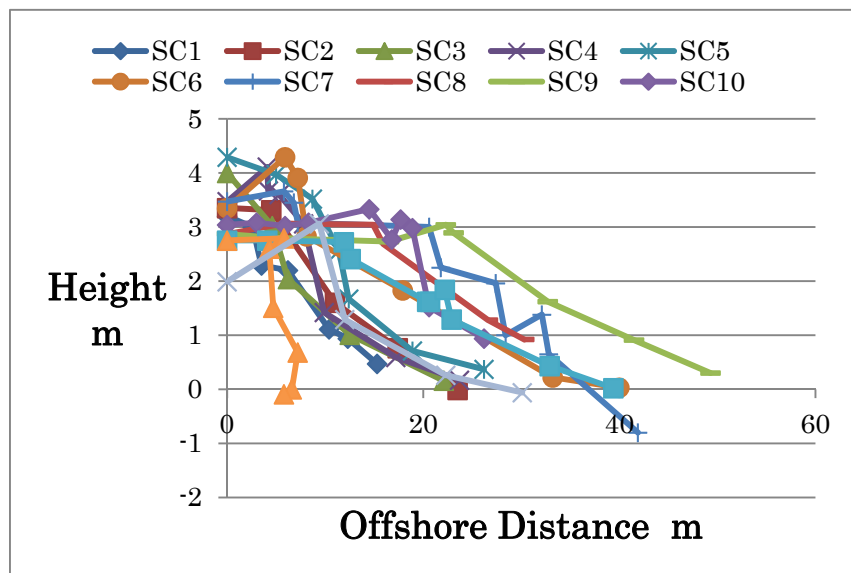


図 4-2-9 アンセ・ケランの海浜形状

設計波高、周期、潮位は 3-4-2 に示す結果より確率 1/25 に対し、次のようになる。

- 設計波高: 4.0 m, 周期: 7.0s
- 潮位: 平均海面(MSL)上 1.44 m

リーフ上の波浪の変形は提案式より推定し、設計波浪と海浜勾配 1/10 に対応する波の打上げ高は

平均海面上 2010 年では 2.9m、2050 年では 3.2m と推定される。後退した断面、すなわち標高 1.5m 以下の勾配を 1/10、それ以上を鉛直とした場合の打上げ高は 3.7m となる。

(c) 代替案

対策として次に示す 5 案を選定した。

- 代替案 1: 無対策
- 代替案 2: 防御: 海岸に沿った護岸の建設
- 代替案 3: 突堤の建設と養浜: 沿岸漂砂を減少させ、海浜を回復
- 代替案 4: 突堤と人工リーフ: 沿岸方向と沖への漂砂を減少させ、既存の海浜を守る
- 代替案 5: 適応: セットバックと家屋やホテルの移転

代替案 1: 無対策

代替案 1 は海浜の回復や海岸侵食に対してなにも実施しない案である。これは短期及長期にいくつもの負の影響をもたらす。短期的にはいくつもの場所で、海浜が侵食され、近い将来、玉石護岸や施設の移転が必要になる。既存の玉石護岸や突堤は波による漂砂移動を助長し、さらなる侵食をもたらす。

長期的には、海岸の消失と玉石護岸の建設はアンセ・ケランの観光産業に負の影響を及ぼす。

代替案 2: 護岸

代替案 2 は海岸に沿った護岸の建設である。護岸は将来の侵食を低減し、侵食による越波の増加を防ぐよう十分高いものとする必要がある。土地や資産は守られる。しかし、侵食の原因や季節変化を止めるものではない。海岸の底質は失われ、海浜での環境活動は減退する結果となる。

代替案 3: 突堤建設と砂養浜

図 4-2-10 に示すように 2 基の突堤の建設は漂砂セルを 3 つに分割し、海浜の損失や季節変動を減少させる。分割された漂砂セルの第 1 の海浜は北側で西に面している。第 2 の海浜は中央に位置し、南西に面している。第 3 の海浜はグラン・アンセとなる。既存の突堤と護岸の材料は、建設材料として活用できる。突堤間に砂を供給し、海水浴に利用できるよう海浜を回復する。

代替案 4: 突堤と人工リーフの建設

代替案 4 は代替案 3 と類似であるが、沖に人工リーフを設置し、養浜に替り海浜材料を保持するものである。既存の突堤と護岸の材料は、突堤とリーフの建設材料として活用できる。欠点は人工リーフの適切な設計である。基本的に人工リーフは岸向きの漂砂をもたらす流れを発生する。この岸向き流れが、流れの連続により沖向きの流れをもたらす。もし、リーフが適切に設計されなければ、沖向きの流れが海浜の底質を沖へもたらし、侵食を引き起こす。

リーフの一つの利点は、景観を阻害しないこと、特に海浜からの景観を阻害しないことである。

代替案 5: 適応: セットバックと住宅やホテルの移転

長期的な対策として、一つの案はセットバックの設定とその範囲内の開発の規制である。住宅とホテルの移転も必要である。

セットバックは危険地域から構造物を移動し、海岸侵食による資産の損失を最小にする効果的な方法である。構造物対策ではなく、セットバックは海岸線の自然の状況を維持し、自然の海岸線変動を許容するものである。

時間の経過により、海面の上昇は構造物と海との間の緩和域を減少させる。その結果、セットバックは緩和域が十分であることを確認するために定期的、例えば 10 年ごとに見直す必要がある。

セットバックの見直しや改訂は新たな問題を生じる可能性がある。もし、緩和域に構造物が存在すると開発のポテンシャルを失う土地所有者は補償を要求する可能性がある。最も大きな障害は住民の反対である。

(d) 代替案の比較

代替案の 5 種類から、基準に基づいて比較を行い、表 4-2-2 に示すように、計画を選定した。

表 4-2-3 アンセ・ケランでの代替案の評価

評価項目/対策案	代替案 1 無対策	代替案 2 護岸	代替案 3 突堤と養浜	代替案 4 突堤とリーフ	代替案 5 適応
機能	-1	+1	+1	+1	0
利用	-1	-1	+1	+0	-1
環境	-1	-1	+1	+1	+1
将来の変化	-1	-1	+1	+1	+1
費用	+1	-1	-1	-1	+1
維持管理	-1	0	-1	-1	-1
適用性	0	+1	+1	+1	0
総合	-4	-2	+3	+2	+1

(e) 海岸保全計画

アンセ・ケランでは、機能と共に利用、環境、将来の気候変動への対応の容易さから突堤と砂による養浜を選定した。突堤の配置と養浜の範囲を図 4-2-10 に示す。

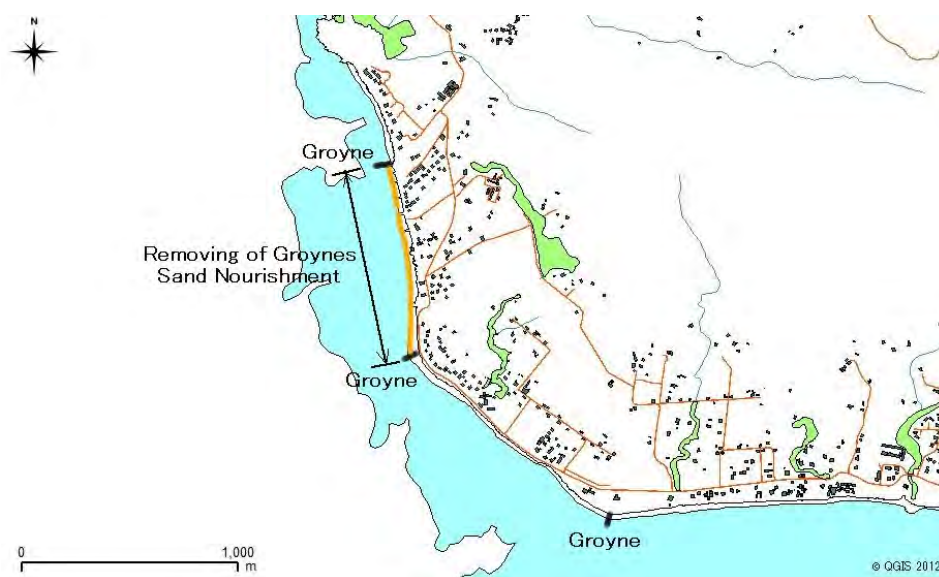


図 4-2-10 アンセ・ケランの海岸保全対策

(4) ラ・パッセ

(a) 課題

ラ・ディエグ島のラ・パッセでは防波堤の建設が波浪条件を変化させ、2-4-5に述べたように海岸線が新しい形状に変化している。新しく建設された防波堤が、北からの波を遮断し、遮蔽域での海浜で堆積を生じている。その漂砂は侵食されている南から輸送されている。病院が危険にさらされ、玉石護岸が設置された。堆積は、漂砂を南に輸送する機構が無いことから、継続的に生じている。他の問題は埠頭南の泊地の堆積である。漂砂の移動状況を図 4-2-11 に示す。

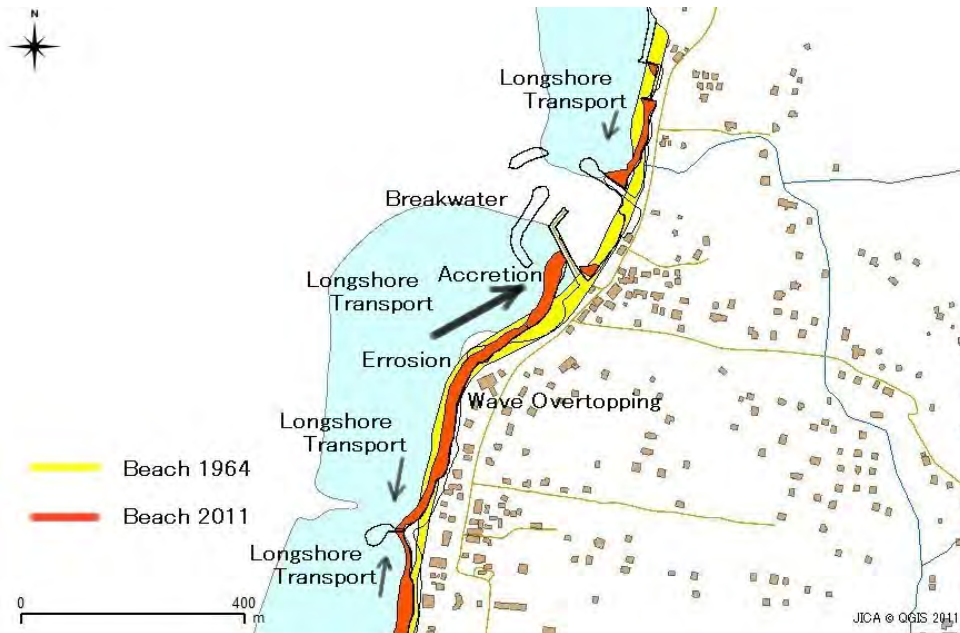


図 4-2-11 ラ・パッセにおける推定される漂砂移動

(b) 基本条件

計画のため、基本となる海浜地形、設計波高と周期、設計潮位を設定する。海浜地形は測量結果より図 4-2-12 のようになる。基本的な海浜は高さ約 2.5m、勾配 1/7 である。道路に沿った地盤高は 2.5m から 3.0m で、海浜の地盤高は 2.5m から 4m と変化する。ある断面では季節変動により後退した場合、地盤高 1.5m より高い部分できつくなっている。

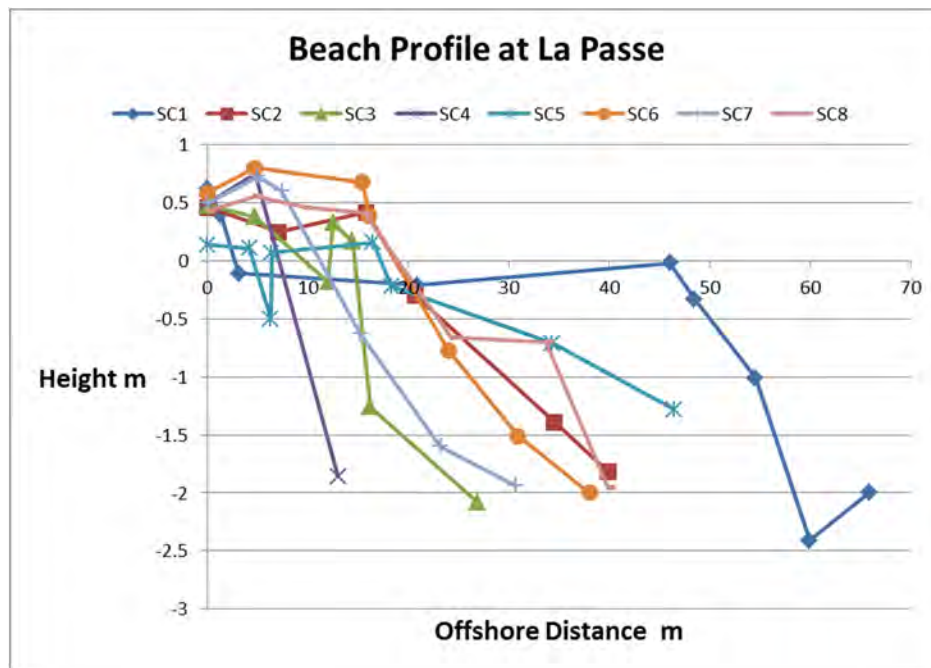


図 4-2-12 ラ・パッセの海浜形状

設計波高、周期、潮位は図 3-4-2 に示す結果より確率 1/25 に対し、次のようになる。

- 設計波高: 4.0 m, 周期: 6.0s
- 潮位:平均海面(MSL)上 1.44 m

対岸にプララン島が位置していることから、西からの波は阻止され、北または南から来襲する。したがって、沿岸漂砂が海浜変形の主な原因である。防波堤が海浜への波の条件を変化させる。

リーフ上の波浪の変形は提案式より推定し、波の打上げ高は平均海面上 2010 年では 2.7m、2050 年では 3.0m と推定される。この数値は設計波浪と海浜勾配 1/10 の条件から導かれる。

(c) 代替案

対策として次に示す 4 案を選定した。

- 代替案 1: 無対策
- 代替案 2: 突堤の建設と養浜
- 代替案 3: 防波堤の配置の変更による泊地から南への漂砂の増加
- 代替案 4: 適応: 移転

代替案 1: 無対策

代替案 1 は海浜の回復や海岸侵食に対してなにも実施しない案である。これは短期及長期にいくつかの負の影響をもたらす。短期的には海浜は継続的に侵食され、堆積による陸地は増えていく。病院は越波と洗掘により危険にさらされるであろう。長期的には、海浜の侵食と越波は継続するが、その程度は減少し、さらなる防御と補修が求められる。

代替案 2: 突堤と養浜

北への漂砂を止めるためには突堤の建設が一つの案であり、合わせて侵食された砂浜を回復のために堆積域から侵食域へ砂を輸送する。これは、泊地での砂の堆積を防止する。

代替案 3: 防波堤の再配置

南側の海浜侵食と泊地の堆積を解決する案の一つとして、防波堤の再配置が必要である。防波堤を病院近くまで延長することにより、病院前での堆積が始まるであろう。欠点は費用である。

代替案 4: 適 応

適応案として病院の移転が考えられる。埠頭の南側の堆積は減少し、海浜は平衡状態となる。

(d) 代替案の比較

代替案の 4 種類から、表 4-2-4 に示すように基準に基づいて比較を行い、計画を選定した。

表 4-2-4 ラ・パッセでの代替案の評価

評価項目/対策案	代替案 1 無対策	代替案 2 突堤と養浜	代替案 3 防波堤再配置	代替案 4 適応:移転
機能	-1	+1	+1	0
利用	-1	0	+1	-1
環境	-1	+1	-1	+1
将来の変化	-1	+1	0	+1
費用	+1	-1	-1	+1
維持管理	-1	0	0	-1
適用性	0	+1	+1	0
総合	-4	+3	+2	+1

(e) 海岸保全計画

ラ・パッセでは、機能と共に環境、将来の気候変動への対応の容易さから突堤と砂による養浜を選定した。突堤の配置と養浜の範囲を図 4-2-13 に示す。



図 4-2-13 ラ・パッセの海岸保全対策

4-3 基本設計

各優先海岸において提案されているのは礫または砂養浜と突堤である。それらを、機能と安定性の観点から設計する。

4-3-1 養 浜

養浜に対しては礫か粗い砂が細かいものより望ましい。海浜は頻繁に海水浴には利用されていない。沖への漂砂移動を止めるためには、粗い材料を用いるのが望ましい。養浜量は長期的な砂の損失量、海浜の季節変化、波の打上げを考慮して決定する。海浜の勾配は元の勾配より粗い粒径であれば、きつく、細かければ緩くなる。

4-3-2 突 堤

突堤の機能は沿岸漂砂の制御である。それゆえ、漂砂の活発は範囲まで延長する。漂砂は海浜に沿って移動し、活動範囲は航空写真やグーグル・アースで海浜の白く映っている範囲として検知できる。したがって、その長さは漂砂の活動範囲まで延長する。アンセ・ケランでは 50m、ラ・パッセでも 50m である。その方向としては、海浜に直角が最も効果的である。高さは漂砂移動を防ぐために海浜より 0.5m 高くすべきである。

セーシェルでは突堤は玉石を用いて作ることができる。石の大きさはハドソンの式で決定する。幅は施工法を考慮して決定する。天端の最小幅は突堤に用いる石の安定性から 3 列とする。

(1) ラ・パッセの突堤

基本設計として、突堤の延長は 50m、天端幅は 4.0m とする。石の重量はハドソン式から 30 kg を用いる。被覆厚は石の直径の 2 倍とする。縦断面図と横断面図を図 4-3-1 に示す。

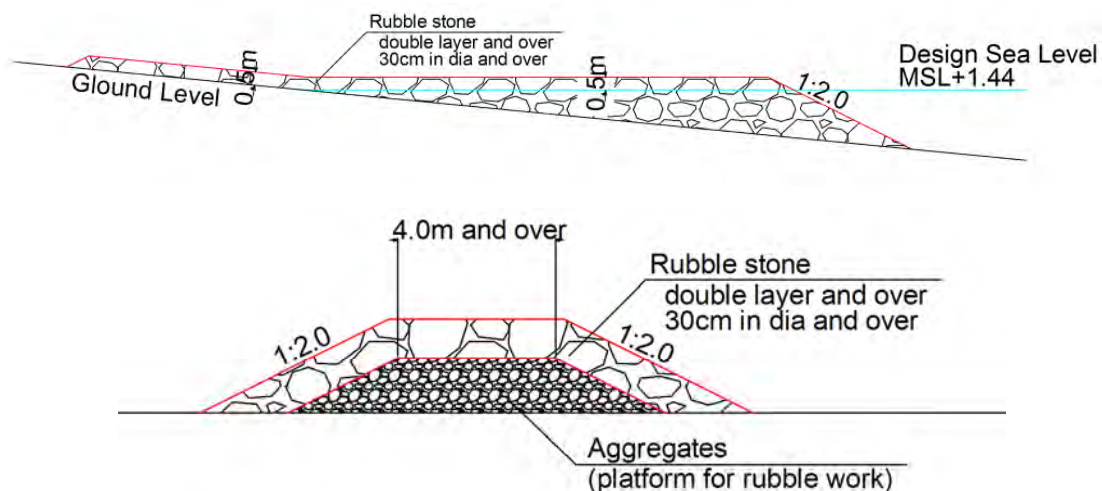


図 4-3-1 ラ・パッセ突堤の縦断面図と横断面図

4-4 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、単に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検討する必要があり、これについては保全計画の項で検討した。

4-4-1 養 浜

基本的に養浜は海岸における土砂収支を確保するために、侵食される量を継続的に供給するものであり、3-8 節で述べたモニタリングよりその量を把握して、砂を補給する必要がある。このために、海浜形状のモニタリングを実施し、その結果に基づいて養浜を実施する。構造物の設置により侵食量を減らすことができた場合にはそれも考慮して養浜を実施する。しかし、海浜の変形は季節的な変動もあることから、長期のモニタリング資料に基づいて養浜量の設定を行う。

一般には、平均的に失われる量の5から10年分を養浜することが行われている。多量に養浜すると失われる量が多くなる可能性があり、養浜量が少ないと経済性が失われる。養浜量の設定はモニタリング資料が蓄積されれば合理的に行うことができると考えられる。

セーシェルでの自然条件では、低平地が多年にわたるサンゴ砂の堆積で形成されてきたことから、長期的な砂の損失は稀である。一つの可能性として、ベ・ラザールのようにリーフ内の水路を通じた沖への漂砂による損失がある。基本的にリーフ内の水路は川からの淡水または濁水のために形成される。これは深い個所での水路底での漂砂の堆積が期待できる。もしリーフ端で波が砕けると、岸向きの流れを発生する。この岸向き流れを水路が集め、沖への流れと方向を変える。

沖への損失量は大きくなければ、再び養浜するのが良い。砂が連続的に失われるのであれば、構造物による対策又は緩和策が対策案となる。この場合はさらなる調査が必要である。

4-4-2 突堤等構造物

海岸の構造物は海岸地形の変化、外力の変動等の影響を受けて構造的な被害が生じ、機能が失われる可能性があり、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。捨石が散乱している場合には重量不足、洗掘により沈下している場合には根固め不足、天端の捨石が散乱している場合には重量と高さ不足などの要素が考えられ、対応を図る。

4-4-3 海岸道路

海岸道路では越波や砂の打上げがあり、これについては、潮位や波浪条件を基に交通規制をすることが可能である。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できる。

維持管理として、構造物のデータ・ベースが有効な道具である。これはその位置、形式、諸元、写真とクレームの記録などからなる。本調査では GIS データ・ベースを提案しており、その一部とすることができる。

4-5 費用便益

過去の契約等からいくつかの構造物の単価を調査した。コンクリート護岸、礫護岸、突堤、養浜の単価は表 4-5-1 に示すようになる。

表 4-5-1 対策工の単価

名称	高さ m	幅 m	材料	単価 SR/m
コンクリート護岸	3.0	1.0	コンクリート	16,000
礫護岸	2.0	5.0	礫	7,000
突堤	3.0	5.0	玉石	11,000
養浜			サンゴ砂	
マヘ島	3.0	10.0		17,000
ブララン島	3.0	20.0		35,000
ラ・ディーグ島	3.0	20.0		35,000

これらの結果から各計画の構造物対策の費用は表 4-5-2 のようになる。

表 4-5-2 対策の費用

海岸名	構造物	長さ m	単価 SR/m	工事費 1,000*Rs	維持管理費率 %	維持養浜量 m ³ /年 1,000*Rs	維持管理費 (38年) 1,000*Rs
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

海岸保全に関しては継続的な予算は見込まれていない状況にある。海岸工事はRECOMAPプロジェクトのように援助団体からの支援により行われてきた。海岸工事に予算を確保することは困難な状況にある。2050年までで、全費用は約113百万ルピー、年平均3百万ルピーとなる。

この工事費は材料費、運搬費、施工費を見込み、2012年までの類似工事の単価を求め、それを基に積算した。また、維持管理費に関しては、突堤については通常わが国で推定されている工事費の0.5%が年間かかるとした。養浜に関しては、損失量をノース・イースト・ポイントでのパイロット事業の単年度の損失量、年間1000m³を採用し、沿岸方向1mあたりの値に換算し、同じ損失が生じるとした。また、養浜の維持管理の単価は各海岸での積算結果より1mあたりの単価を求め、それより算定した。目標年としては2050年とし、2012年から38年間の維持管理費を見込んだ。

4-6 環境影響評価

4-6-1 概要

優先海岸の保全計画に関連する環境と保全計画を取りまとめると表 4-6-1 のようになる。

表 4-6-1 環境と保全計画のまとめ

海岸	項目	説明
ノース・イースト・ポイント	海岸条件	海岸は延長 2 km、砂浜幅は平均約 20m で、狭いサンゴ礁とビーチロックで守られている。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。海岸道路の背後には湿地があり、その排水が 3 か所ある。
	保全計画	長期的な侵食と季節変動及び越波を防止するために延長 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。
ベ・ラザール	海岸条件	海岸は延長 2 km、幅 30m で、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。
	保全計画	維持養浜も含めた幅 20m、延長 400m の養浜を提案、海岸侵食の原因と必要な養浜量推定のための海浜測量を実施
アンセ・ケラン	海岸条件	延長 2 km の狭い砂浜海岸で、リーフのより守られている。冬季には北西からの波、夏季には南からの波を受けるために、沿岸漂砂による季節的な海浜変形を生じている。海岸に沿っては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。
	保全計画	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 の海浜に対する維持も含めた幅 20m の養浜を提案する。
ラ・パッセ	海岸条件	海岸はラ・ディグ島の西に位置し、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。プラランへのフェリーのための突堤が存在し、3 基の防波堤が泊地を守っている。
	保全計画	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。

海岸の植生はすでに人間活動、特に砂採取と建設のために乱されている。海岸に沿って成長している植生は熱帯の大部分の海浜の存在する普通の種である。河岸林はヤシ、パンダナスで主に形成され、人間活動の影響を受けており、河川上流のみで見られる。(Carlstroem, A. 1996. *Endemic and threatened plant species on the granitic Seychelles*. Mahé, Seychelles, Ministry of Foreign Affairs, Planning and Environment, Division of Environment, Conservation and National Parks Section.)

4-6-2 環境影響評価

現地での情報収集と観測に基づいて海岸保全計画に関する環境影響評価として、初期環境影響評価を 4 海岸について実施した。解析結果は、パイロット・プロジェクトに対する環境影響評価に結び付く。結果は、影響は不明であると判定される C-以下であり、D の評価項目はここに示していない。

表 4-6-2 海岸保全計画に関する環境影響評価のまとめ

カテゴリ	項目	説明	海岸			
			ノース・イースト・ポイント	ベ・ラガール	アンセ・クラン	ラ・バッセ
社会環境	既存の社会インフラやサービス	養浜により湿地から海浜への排水が影響を受けるがその程度は不明である。	X			
	被害と便宜の偏在	突堤や養浜による侵食、堆積場所が変動し、モニタリングが必要	X	X	X	X
	雇用や生計手段の地域掲載	海浜前面の漁業への影響が想定されるため、緩和することが望ましい		X		X
自然環境	地形・地質	突堤や養浜による地形変動が生じる、モニタリングが必要	X			
	景観	突堤や養浜により海浜幅変化し、景観が変化するが、白い砂を投入することで悪化することは少ない	X	X	X	X
汚染	大気汚染	ダンプトラックや工事機材は排気ガスを出す、一時的である、また、砂の移動が埃が発生するが規模は小さい	X	X	X	X
	水汚染	養浜砂に含まれるシルト分により水質汚濁が考えられるが、一時的であり、影響は少ない	X	X	X	X
	騒音・振動	建設機械の作業により騒音、振動が発生するが、工事期間のみで影響は少ない、必要であれば夜間及び休日の作業をやめる。	X	X	X	X

Source: Study Team

第5章 優先地域の洪水管理計画

第 5 章 優先地域の洪水管理計画

5-1 概 要

3 章に示した評価結果より、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を提案し、中期対策としては河川改修を提案した。
4. 洪水管理に向けた事業の優先実施地域として、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 地域を選定した。
5. 優先地域では主要道路に沿って（片側もしくは両側）主要排水路を整備し、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ので、これを解消する。
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を短期対策として実施し、河川改修を中期対策として実施する。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を実施する。
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、機械、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。

ビクトリア市およびその他の地域における洪水管理計画を検討し、その結果を、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 の排水路の改善により 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面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管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	道路脇の暗渠管 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	既設暗渠管 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、低地の住宅で浸水による問題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あまり機能していない。
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 の水路新設を提案する。
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、もう一つは暗渠管の新設を伴う 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、河口の維持を行うのが適当である。
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

ビクトリア市はマへ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。排水タスクフォースの報告書 ”*Preliminary Study of the Flooding Problem in Victor*” では図 5-2-1 に示すようにこの地域は 2 つの地域に分けられており、それぞれセントラルビクトリア（面積 1.18km²）とグレートビクトリア（面積 10.05km²）である。

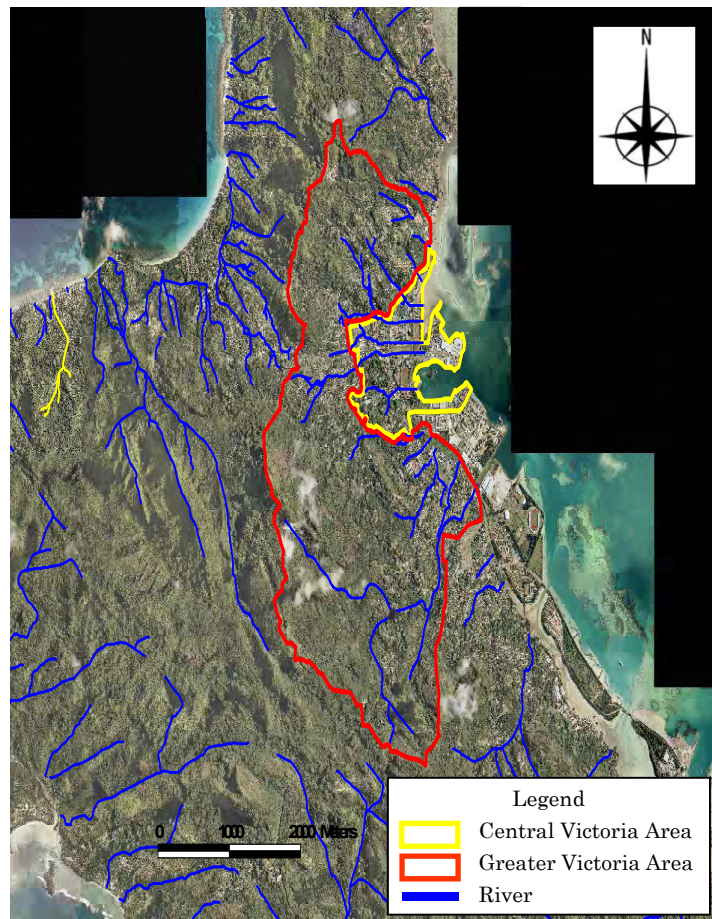


図 5-2-1 セントラルビクトリアおよびグレートビクトリアの区分

2005年に行われた“*Preliminary Study of the Flooding Problem in Victoria*”のレビューでは、現状調査とDOEとの議論も合わせて行われた。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地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する。これらの位置を図5-2-2に示す。

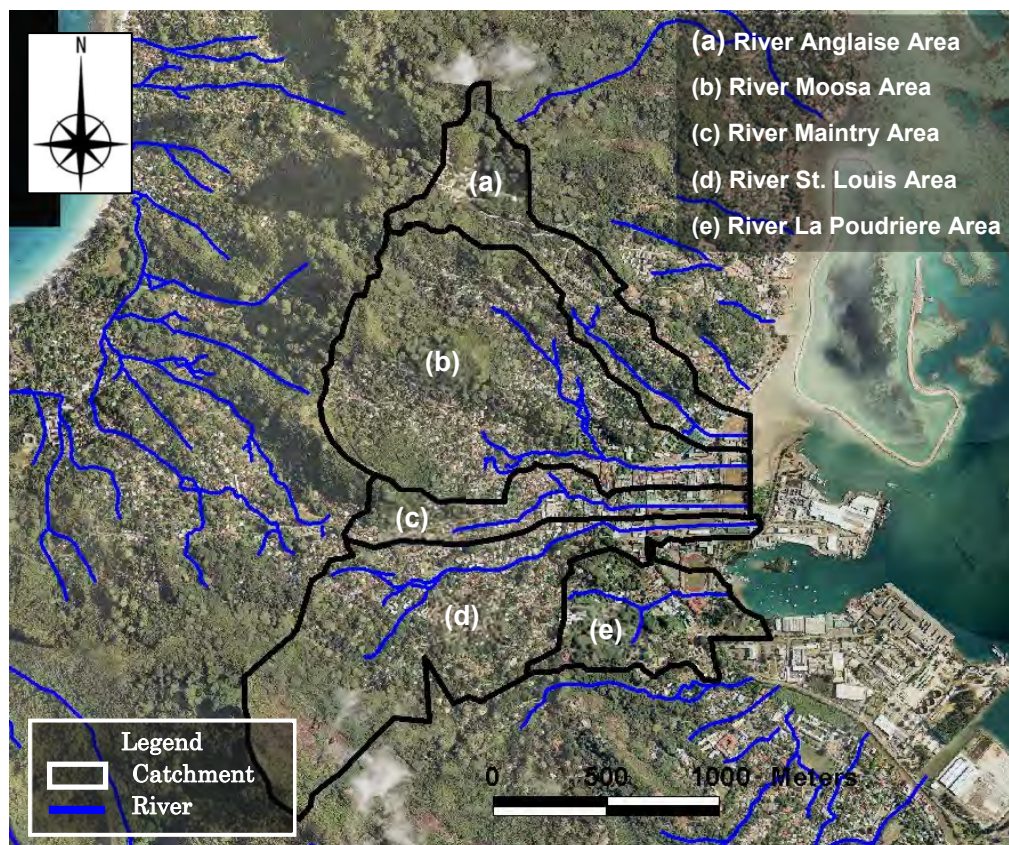


図 5-2-2 調査地域

(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つの河川の流れの状態はよく、維持管理も適切にされている。しかしながら、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 Avn. and
Manglier Rd.)

(3) 浸水状況調査

ビクトリア市街における洪水の問題点と常襲洪水エリアは報告書「Preliminary Study of the Flooding Problems in Victoria」に記載されている。しかしながら、その報告書には、洪水の頻度、浸水深、浸水時間といった具体的な情報は記述されていない。よって、詳細な情報を入手するために、DOE と調査団による浸水被害状況調査を実施した。確認されたエリアごとの平均の被害頻度、浸水深、浸水時間を下図に示す。

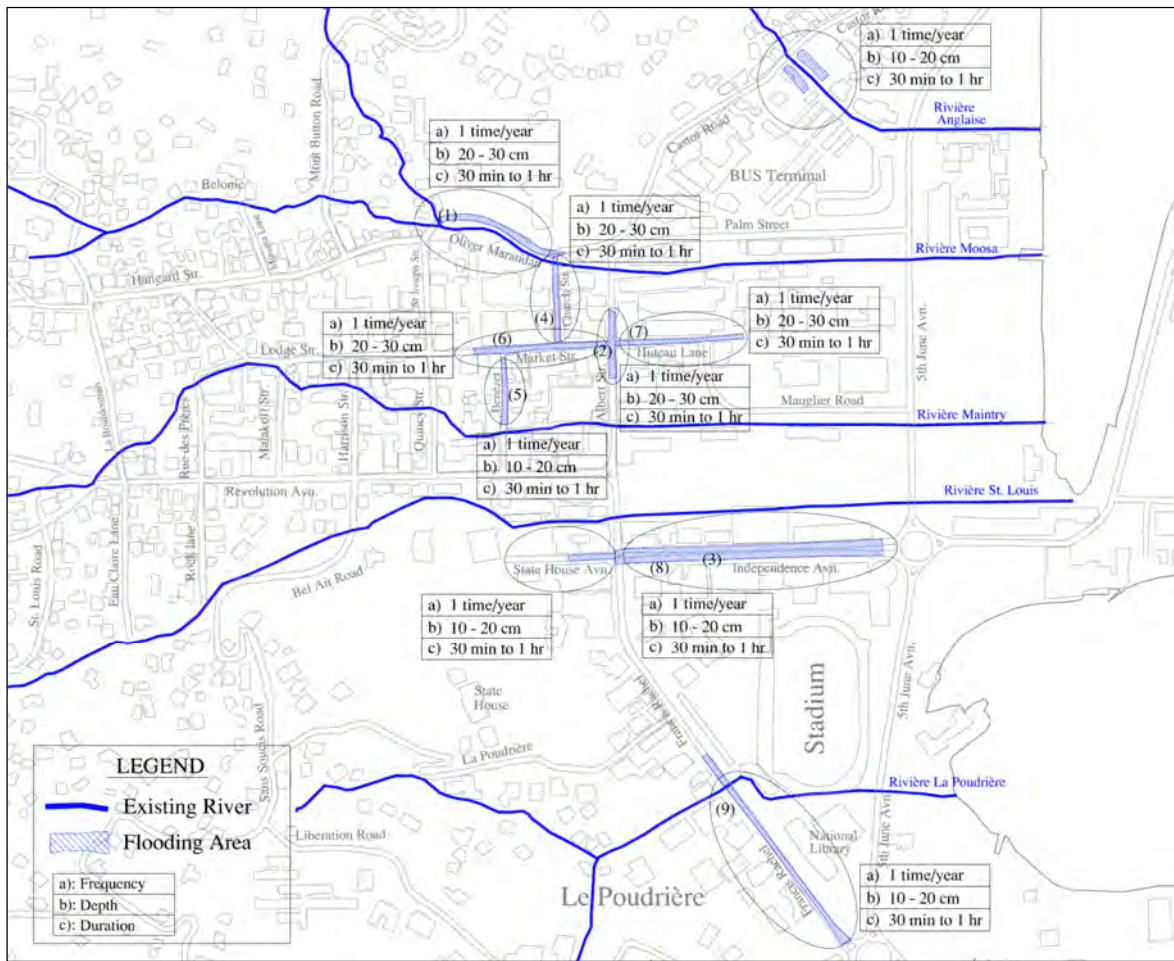


図 5-2-3 浸水常襲地区および被害状況







調査結果より平均的な浸水状況は、浸水深が約 30cm 未満（歩道を越えない程度）、浸水時間は 1 時間未満であり、豪雨のたびに深刻な浸水被害が発生している状況ではない。

2004 年 12 月は数度の豪雨に見舞われたが、ビクトリア市街では大きな被害は発生しなかった。12 月 28 日夜から 29 日にかけてマヘ島で豪雨が発生した。St. Louis 観測所で観測された日雨量は、28 日に 200mm、29 日に 85mm、30 日に 128mm であった。この豪雨による被害状況写真を以下に示す。写真から明らかなように道路は冠水しているが、死傷者の発生、床上浸水といった大きな被害は発生していない。



注：括弧内にある写真番号より図 5-2-3 で位置が確認できる

2011年10月30日に豪雨が発生し、St. Louis 観測所で日雨量 235.5 mm が観測された。当日、調査団は現地踏査を実施し、被害状況を確認した（以下の写真参照）。

		
(4) 写真 5-2-9: Church St. (2011年10月30日)	(5) 写真 5-2-10: Benezet St. (2011年10月30日)	(6) 写真 5-2-11: Market St. (2011年10月30日)
		
(7) 写真 5-2-12: Huteau Lane (2011年10月30日)	(8) 写真 5-2-13: Independence Avn. (2011年10月30日)	(9) 写真 5-2-14: Francis Rachel (2011年10月30日)

雨の降り方は全く同じではないが、観測された日雨量は(235.5 mm)は、2004年12月28日の日雨量よりも多い。しかしながら、写真からも明らかなように、市街で浸水被害は見られなかった。これは、2004年の豪雨以降、Drainage Task Force Committee が提案し実施された、いくつかの排水改善プロジェクトの効果が発揮されたものと考えられる。

(4) 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。流下能力不足であることは明らかになった排水路線を下図に示す。

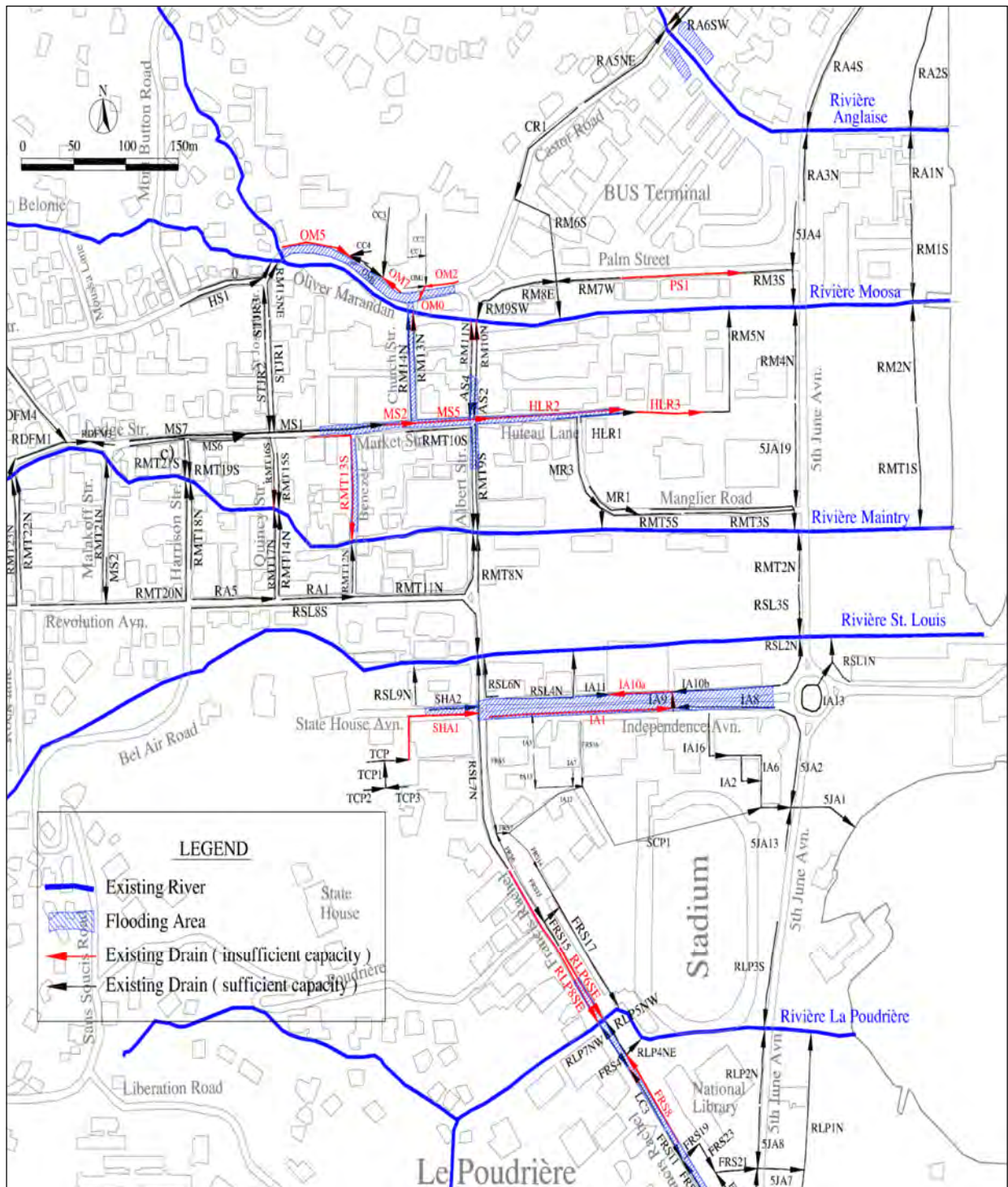


図 5-2-4 流下能力不足水路の位置と洪水エリア

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。流下能力不足水路の状況を以下の表 5-2-2 に整理する。

表 5-2-2 流下能力不足水路の整理

地域		位置	既存の規模 幅 x 高さ (m)	既存流下能力 (m ³ /s)	必要流下能力 (m ³ /s)
Moosa	OM7	Olivier Maradan	0.37 x 0.31	0.05	0.06
	OM5	Olivier Maradan	0.27 x (0.18~0.80)	0.05(minimum)	0.11
	OM2	Olivier Maradan	0.30 x 0.20	0.01	0.02
	OM0	Olivier Maradan	0.15 x 0.15	0.004	0.034
	MS2	Market Street	0.50 x 0.45	0.36	0.54
	MS5	Market Street	0.70 x 0.70	0.54	0.58
	HLR2	Huteau Lane	0.94 x 0.60	0.23	0.70
	HLR3	Huteau Lane	0.60 x 0.70	0.49	0.81
	PS1	Palm Street	0.50 x 0.50	0.13	0.23
Maintry	RMT13S	Benezet Street	0.50 x 0.50	0.04	0.10
St. Louis	SHA1	State House Avenue	0.40 x 0.50	0.22	0.23
	IA1	Independence Avenue	0.50 x 0.40	0.10	0.14
La Poudriere	IA10a	Independence Avenue	0.50 x 0.80	0.27	0.28
	RLP8SE	Francis Rachel	0.60 x 0.50	0.14	0.28
	RLP6SE	Francis Rachel	0.20 x 0.25	0.01	0.02
	FRS8	Francis Rachel	0.30 x 0.30	0.05	0.07

(5) 排水改善計画

排水に関する課題の多くについては、前章までに述べた。ここでは、必要な機能を明らかにする。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

これまでの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 5-2-5 に示す。

表 5-2-3 Moosa 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				
					m	m	m	GL				Invert EL	GL	Invert EL	m	m	m	
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		

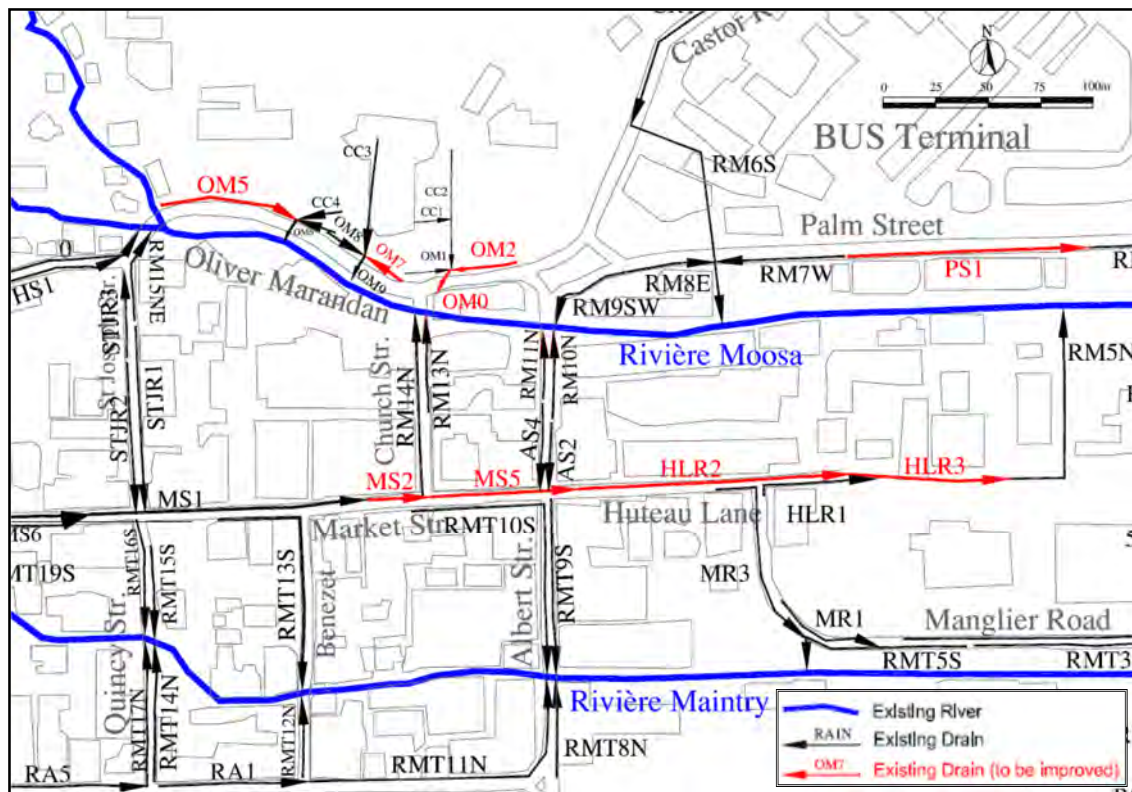


図 5-2-5 Moosa 川地域における排水経路図

2) Maintry 川地域

これまでの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 5-2-6 に示す。

表 5-2-4 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

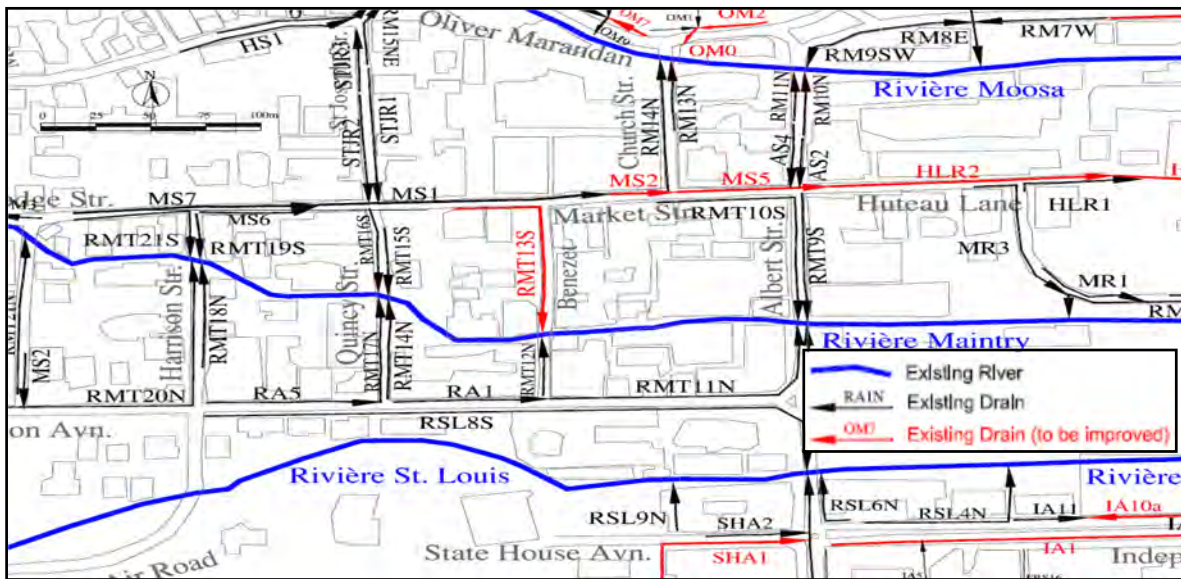


図 5-2-6 Maintry 川地域における排水経路図

3) St. Louis 川地域

これまでの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 5-2-7 に示す。

表 5-2-5 St. Louis 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
SHA1	State House Avn.	95.50	0.40	0.50	2.00	1.50	1.56	1.06	95.50	0.60	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

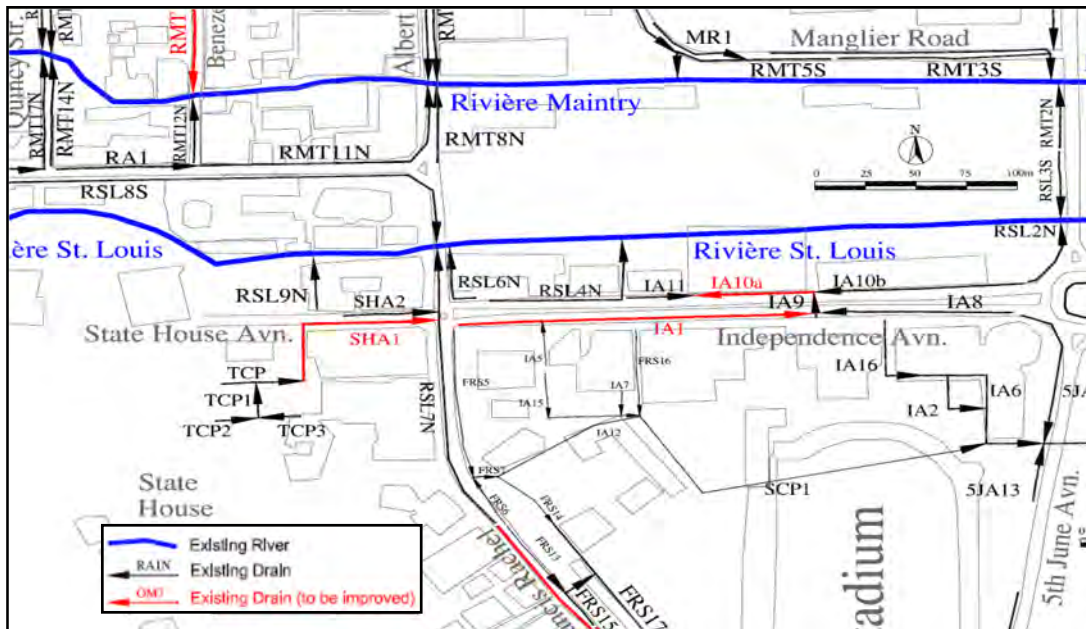


図 5-2-7 St. Louis 川地域における排水経路図

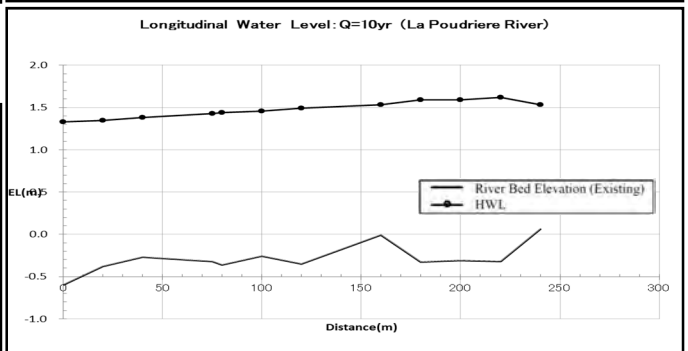
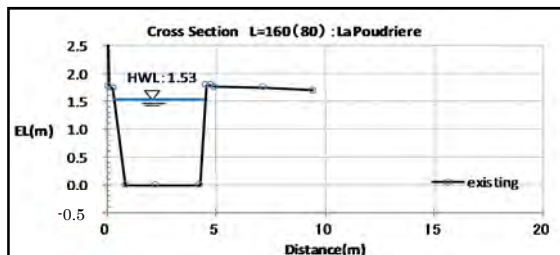
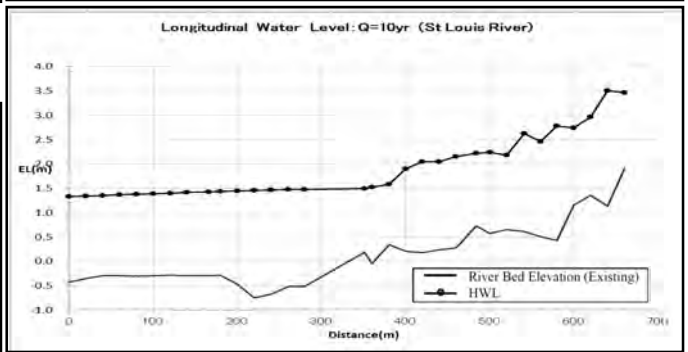
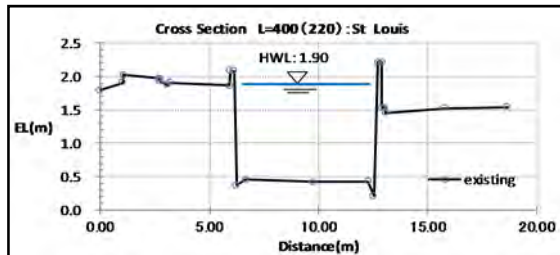
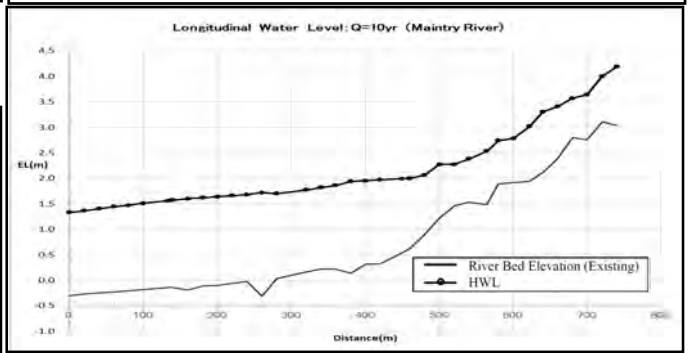
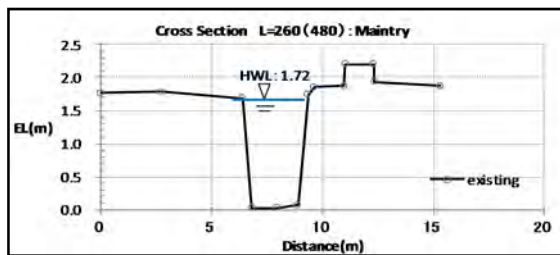
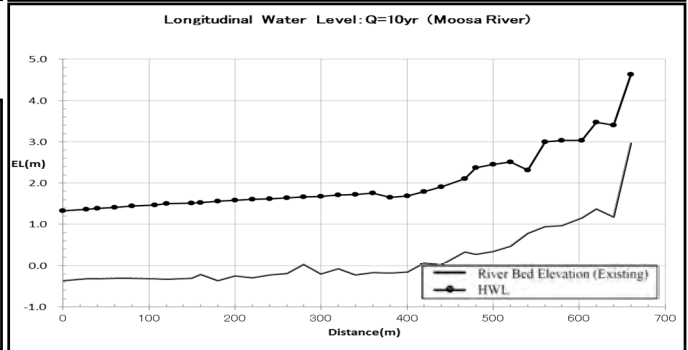
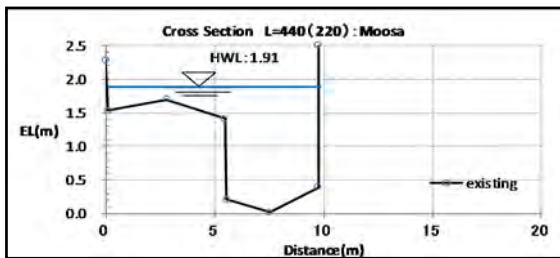
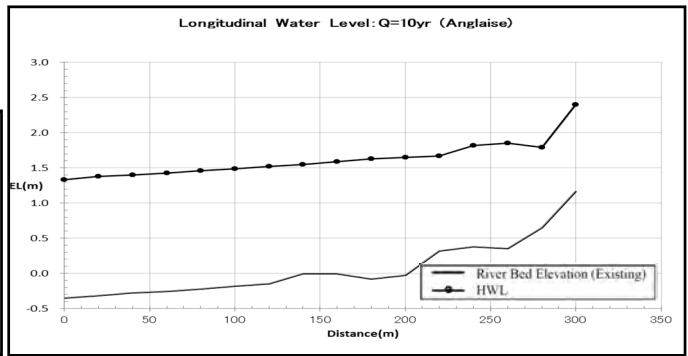
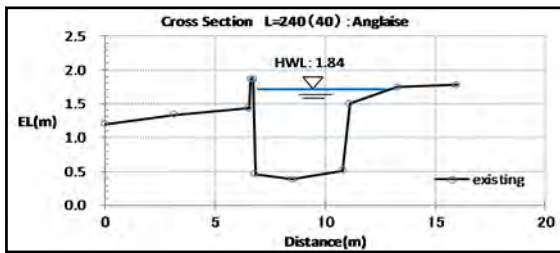


図 5-2-9 短期計画目標（再現期間 10 年）に対する 5 河川の HWL 計算結果

(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新興しており、また海岸にも近いため、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 5-2-7 および図 5-2-10 から図 5-2-14 に示す。

表 5-2-7 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)					
	Start	End					Parapet levee	Revetment	underpinning	river bed excavation	Bridge	Total
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	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	
St. Louis	300	540	240	0.3					168,000		168,000	
	540	560	20	0.15					7,000		7,000	
La Poudriere	120	140	20	0.15					4,000		4,000	
	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

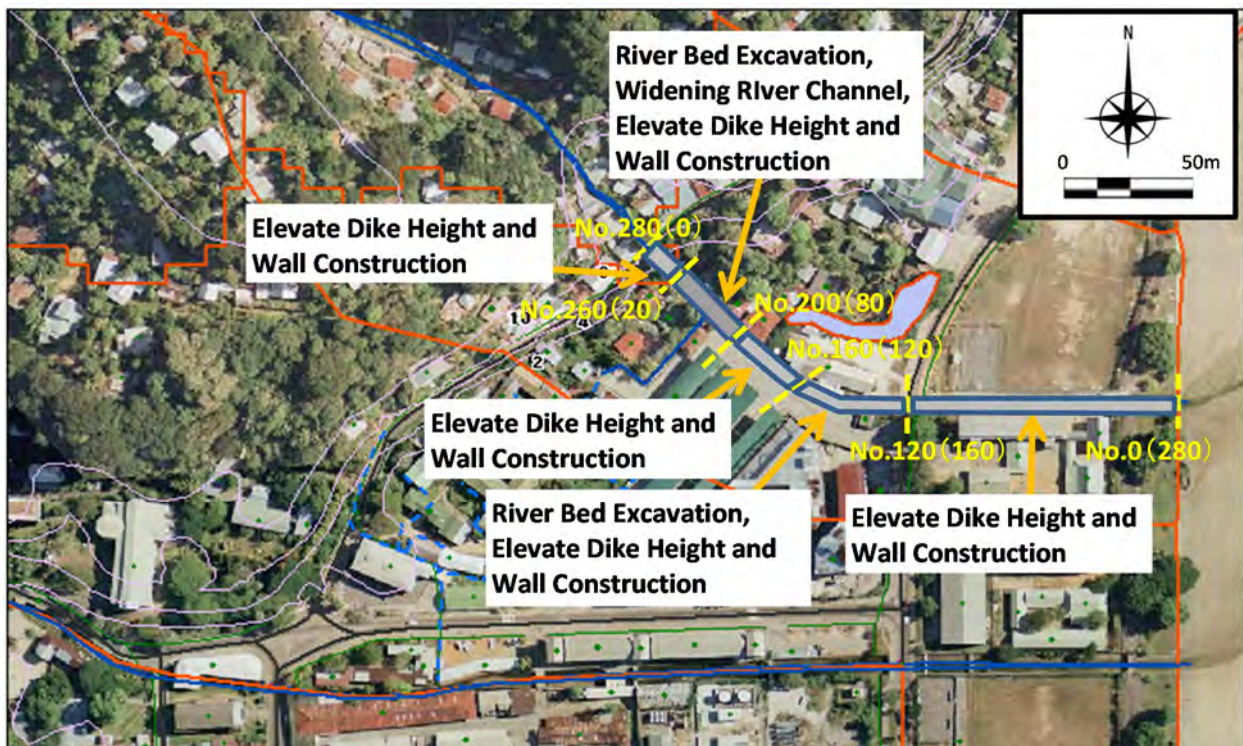


図 5-2-10 ビクトリア市における構造物対策案の位置（Anglaise 川）

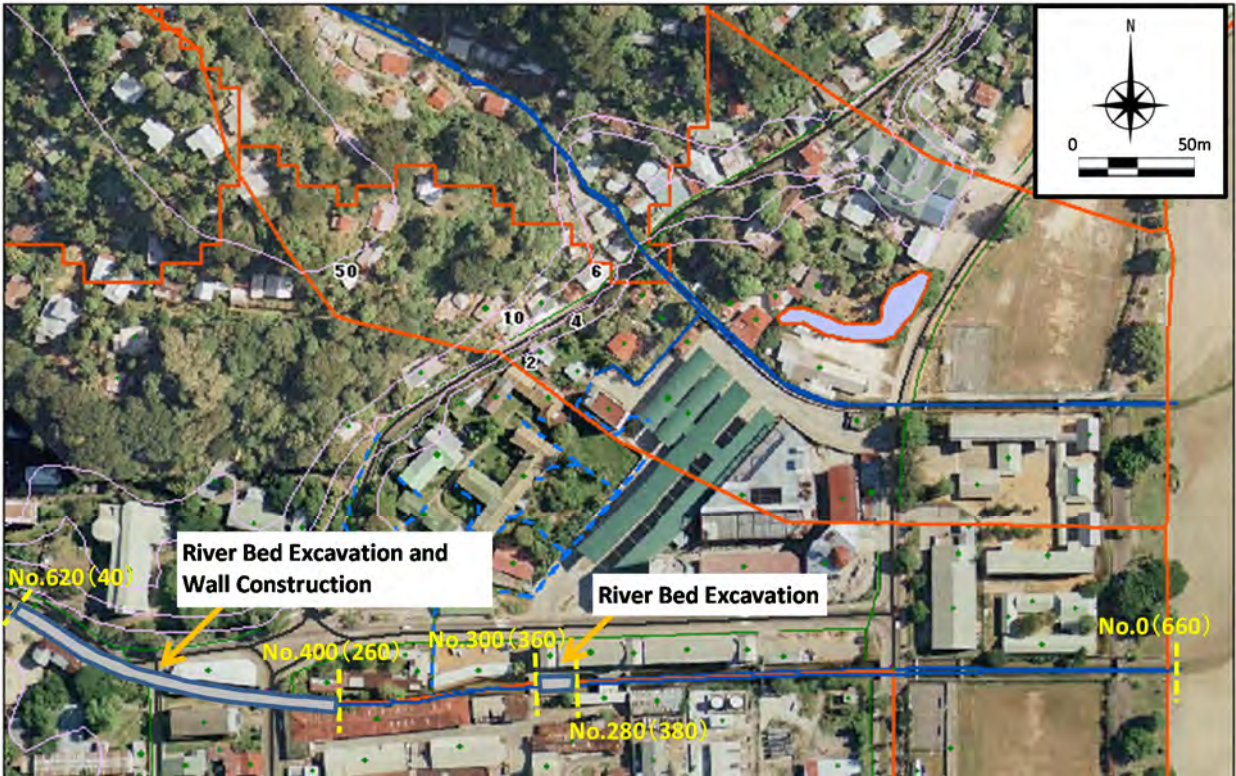


図 5-2-11 ビクトリア市における構造物対策案の位置 (Moosa 川)

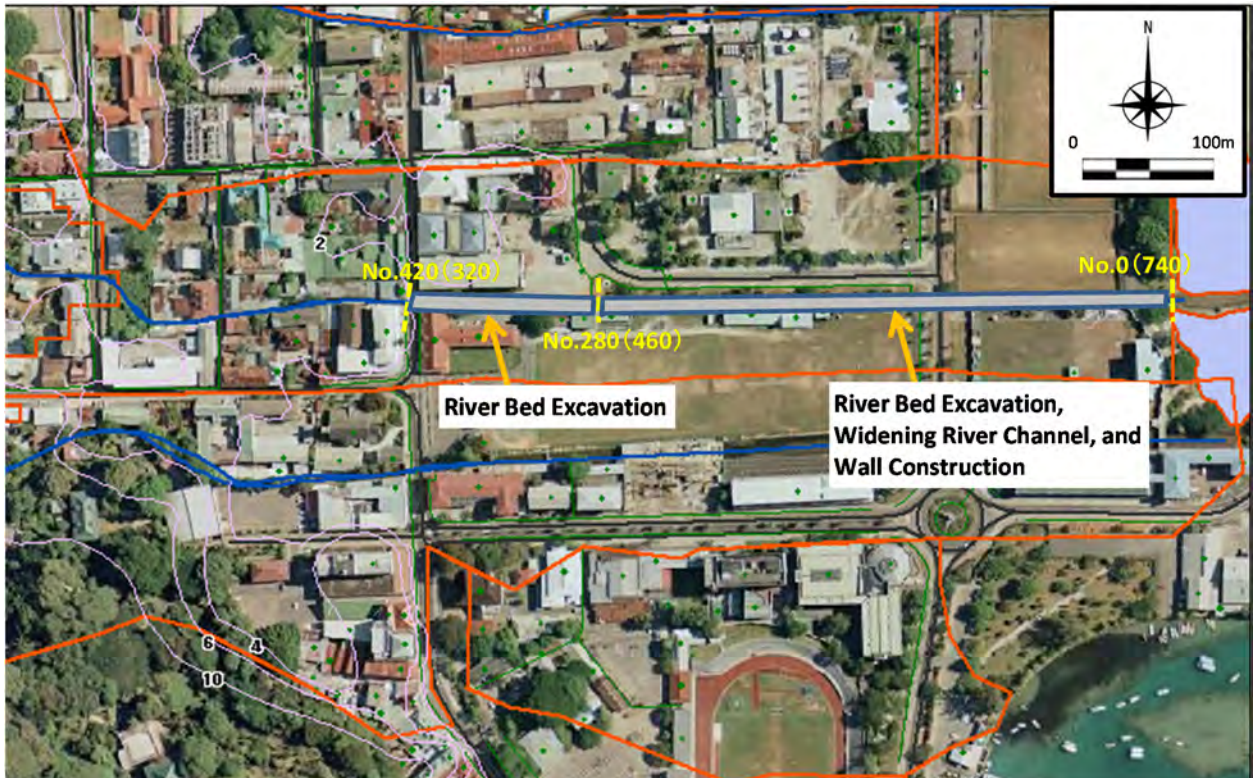


図 5-2-12 ビクトリア市における構造物対策案の位置 (Maintry 川)



図 5-2-13 ビクトリア市における構造物対策案の位置 (St. Louis 川)



図 5-2-14 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・ジェネット、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 5-2-15 に示す。

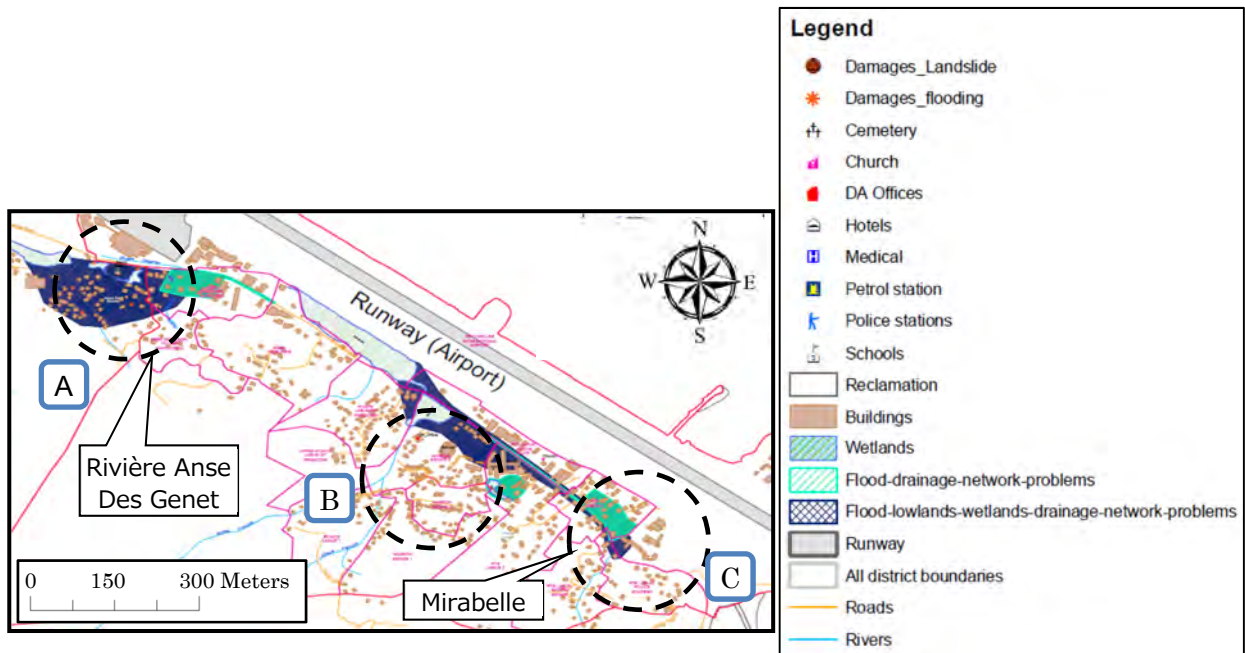


図 5-2-15 ポイント・ラルーにおける洪水被害地域

それぞれの地域における洪水の原因を整理し、以下の表 5-2-8 に示す。

表 5-2-8 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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 5-2-15:
排水路の縮小(A) (April 2011)



写真 5-2-16:
空港内の排水路 (C) (April 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。

- ポイント・ララー A においてはガソリンスタンド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・ララー B では、道路排水を湿地帯まで接続することが必要がある
- ポイント・ララー 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はやすい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・ララー 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・ララー 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・ララーにおける短期及び中期の構造物対策を表 5-2-9 および図 5-2-16 に整理する。

表 5-2-9 ポイント・ララーにおける構造物対策案

Location Name	Work Item (facilities)		Size		Length m	Type	Remark	Amount (SR)							
	Short Term	Middle Term	W m	H m				Drain	Revetment	Underpinning	River bed excavation	Bridge	Land price	Total	
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							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							231,000
Point Laure B	Drainage Ditch (new)		1.5	1.1	40	open	extend an existing drainage to wetland	327,000							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)								

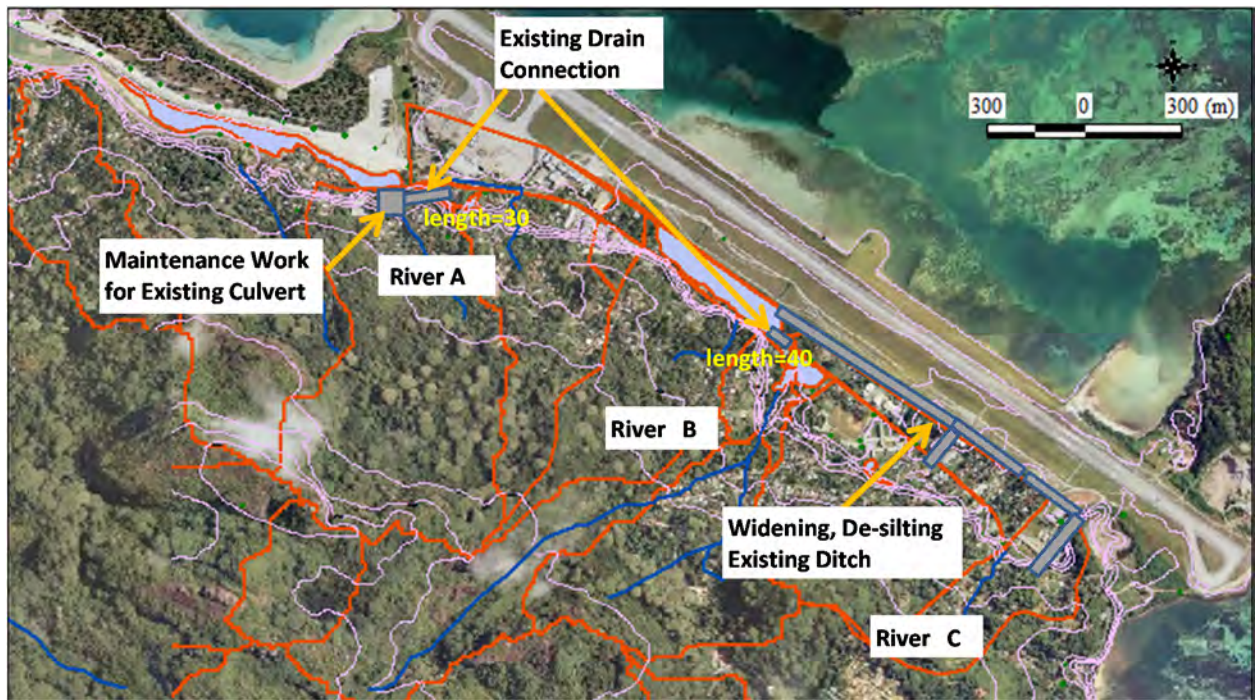


図 5-2-16 ポイント・ラレーにおける構造物対策案の位置

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。

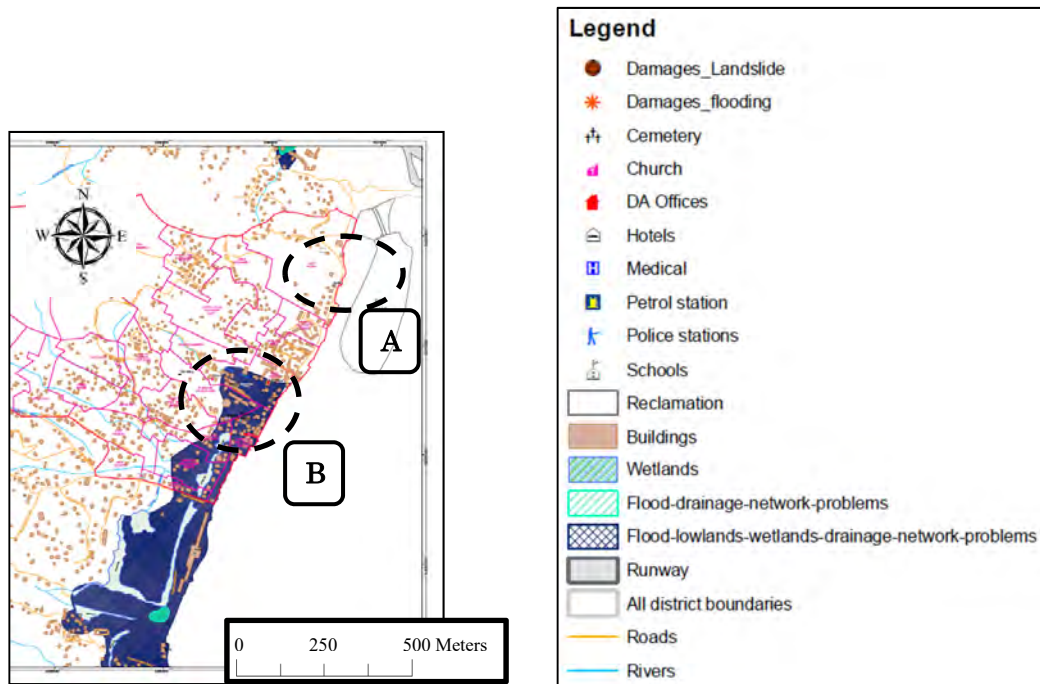


図 5-2-17 アンセ・オ・ピンにおける洪水被害地域

それぞれの地域における洪水の原因を整理し、以下の表 5-2-10 に示す。

表 5-2-10 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)	<ul style="list-style-type: none"> 水路出口の土砂堆積 	地方事務所 (DA Office)
Bassin Grand River (B)	<ul style="list-style-type: none"> 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。

短期およ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認できないため、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）が必要である。

アンセ・オ・ピンにおける短期及び中期の構造物対策を表 5-2-11 および図 5-2-18 に整理する。

表 5-2-11 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 (SR)					
	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					989,000
Anse Aux Pins A		River Bed Excavation		0.3	293	open				31,000			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	1,052,000
Anse Aux Pins B		Bridge (new) or Box culvert	6.0				1 location				2,394,000		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 5-2-18 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、リーフエスター道路からペテ・オ・セル道路までの区間である。東海岸道路は海岸線に沿ってオ・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 5-2-19 に示す。

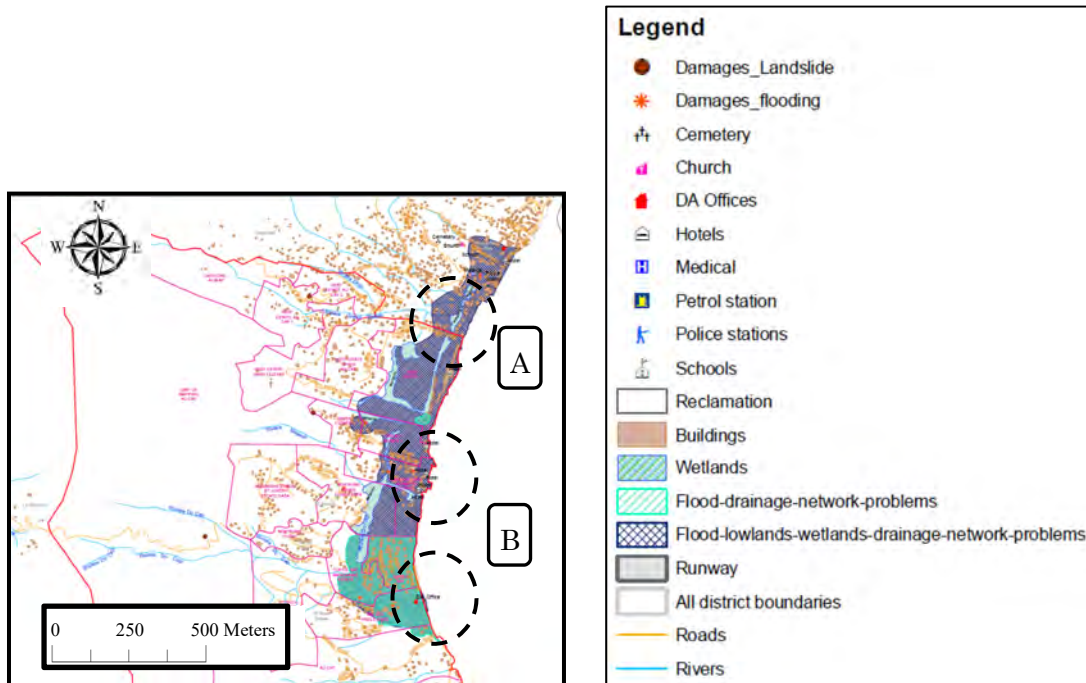


図 5-2-19 オ・カップにおける洪水被害地域

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 5-2-12 に示す。

表 5-2-12 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)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 低平地 ▪ 出口の排水能力不足 	グリーンエステート (Green Estate)
Au Cap River (B)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 出口の排水能力不足 ▪ 水路の排水能力不足 	管路吐口



写真 5-2-17:
湿地からの排水口 (May 2011)



写真 5-2-18:
River Au Cap のパイプによる排水 (May 2011)

短期およ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。そのため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、新設橋梁または管渠が必要となる。

オ・カップにおける短期及び中期の構造物対策を表 5-2-13 および図 5-2-20 に整理する。

表 5-2-13 オ・カブにおける構造物対策案

Location Name	Work Item (facilities)		Size			Type	Remark	Amount (SR)						
	Short Term	Middle Term	W m	H m	Length m			Drain	Revetment	Underpinning	River bed excavation	Bridge	Land price	Total
Turtle Bay	Drainage Ditch (enlarge)		1.3	1.0		open								
Naiken's Farm	Extension of drainage (new)	River Mouth (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

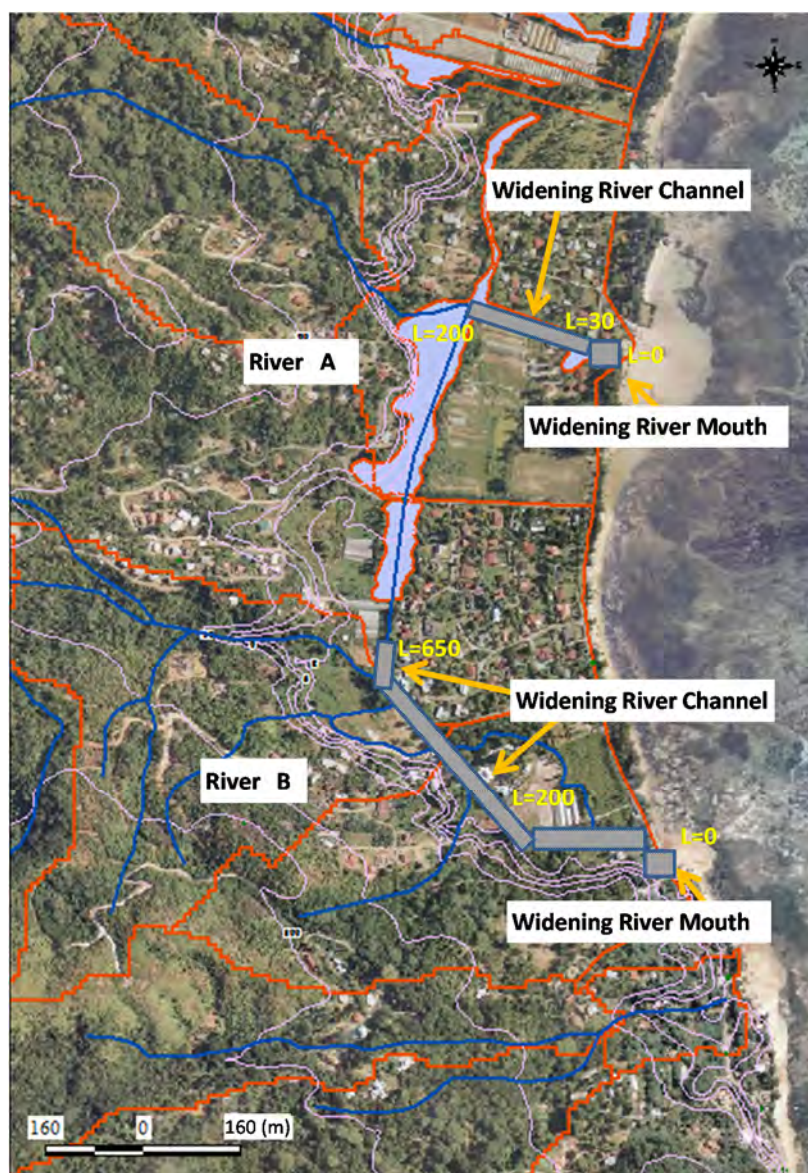


図 5-2-20 オ・カブにおける構造物対策案の位置

5-2-5 アンセ・ロイヤル

アンセ・ロイヤルはマヘ島第 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・ロイヤルは学問、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 5-2-21 に示す。

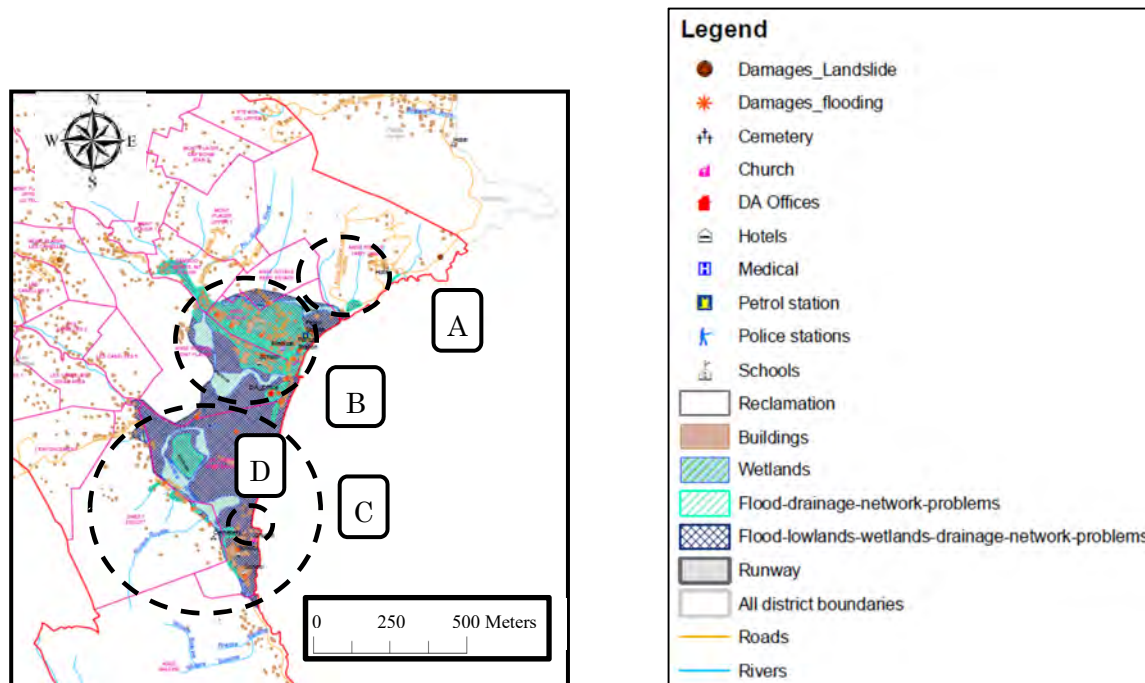


図 5-2-21 アンセ・ロイヤルにおける洪水被害地域

それぞれの地域における洪水の原因を整理し、以下の表 5-2-14 に示す。

表 5-2-14 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)	<ul style="list-style-type: none"> 砂による河口閉塞 	
Mont Plaisir (B)	<ul style="list-style-type: none"> 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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 つの大きな湿地を經由し、4 つの吐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。現在吐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・モント・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、吐口の機能維持に役立てている。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、吐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、管路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 5-2-19:
排水路 A の河口閉塞 (April 2011)



写真 5-2-20:
住宅開発 Remy Estate (April 2011)



写真 5-2-21:
侵食による損傷を受けた河口部 (April 2011)



写真 5-2-22:
吐口 B の断面縮小 (April 2011)



写真 5-2-23:
位置が高すぎる吐口 D (May 2011)



写真 5-2-24:
吐口 D (April 2011)



写真 5-2-25:
管路により排水される吐口 C
(April 2011)



写真 5-2-26:
管路の呑口
(April 2011)



写真 5-2-27:
改修中の吐口 C (Jan 2014)

短期およ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排水側溝の新設が必要である。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 5-2-15 及び図 5-2-22 に整理する。

表 5-2-15 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 (SR)						
	Short Term	Middle Term	W m	H m				Drain	Revetment	Underpinning	River bed excavation	Bridge	Land price	Total
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	618,000
Anse Royale B		Bridge (extend or new)					1 location, crossing river, can be extended existing bridge					7,182,000		7,182,000
Anse Royale B		River Bed Excavation		0.2	170	open					451,000			451,000
Anse Royale B		River Bed Excavation		0.1	400	open					530,000			530,000
Anse Royale C		River Bed Excavation		0.4	350	open	Wall (1.5m)		3,678,000	895,000	273,000			4,846,000
Anse Royale C		Widening River Mouth	10.0	0.4	100	open	Wall (1m)		710,000		459,000	500,000		1,669,000
Anse Royale C		River Bed Excavation		0.1	650	open					355,000			355,000
Anse Royale C	Drainage Ditch (New)		1.6	1.3	120	open	Wall (1.3m), S=1/400	2,268,000						2,268,000

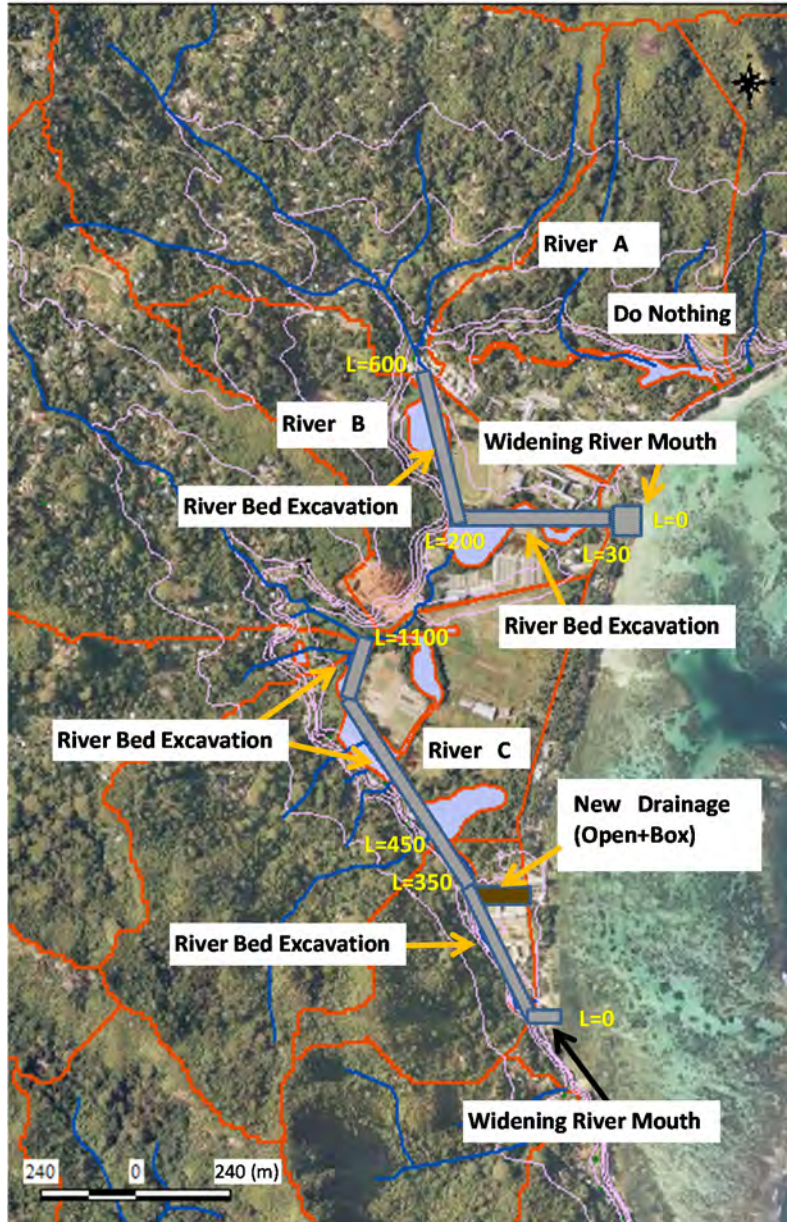


図 5-2-22 アンセ・ロイヤルにおける構造物対策案の位置

5-3 基本設計

洪水管理計画で提案された構造物の基本緒元は、計画に基づいて決められ、詳細については現地の状況に応じて設計される。ここでは計画に含まれる河道改修と排水改良に対して適用できる構造設計としての代表形式を示す。

5-3-1 河道改修

河道改修としては、河道の拡幅、河岸の擁壁、河口閉塞防止の対策工からなる。河道改修は洪水の海への流出を確保するものである。工事としては「セ」国で通常採用されているものを採用し、材料は市場で得られるものを用いた。それ故、完成後の維持管理は最小化されている。通常、河道は雨水の滑らかな排水を確保するために、中流から海への河口まで一定の幅が必要である。しかし、「セ」国では地盤の高さや地形のために、河道は河口付近で上流に比較して狭くなっている。さらに、将来の河道改修のために、河道の両側を土地利用の規制やゾーニングにより適切な保全する必要がある。気候変動への柔軟性のためにも、構造物は変化へ容易に対応できることが求められる。

基本的に河道改修は低平地で行われる。それ故、河岸の擁壁の天端は既存の地盤より高くなるように建設する。擁壁としては石積、プレキャスト・コンクリート、杭式が使われる。石積は経済的であり、杭式は用地が狭くてもよい。これらの代表的な断面を図 5-3-1 に示す。

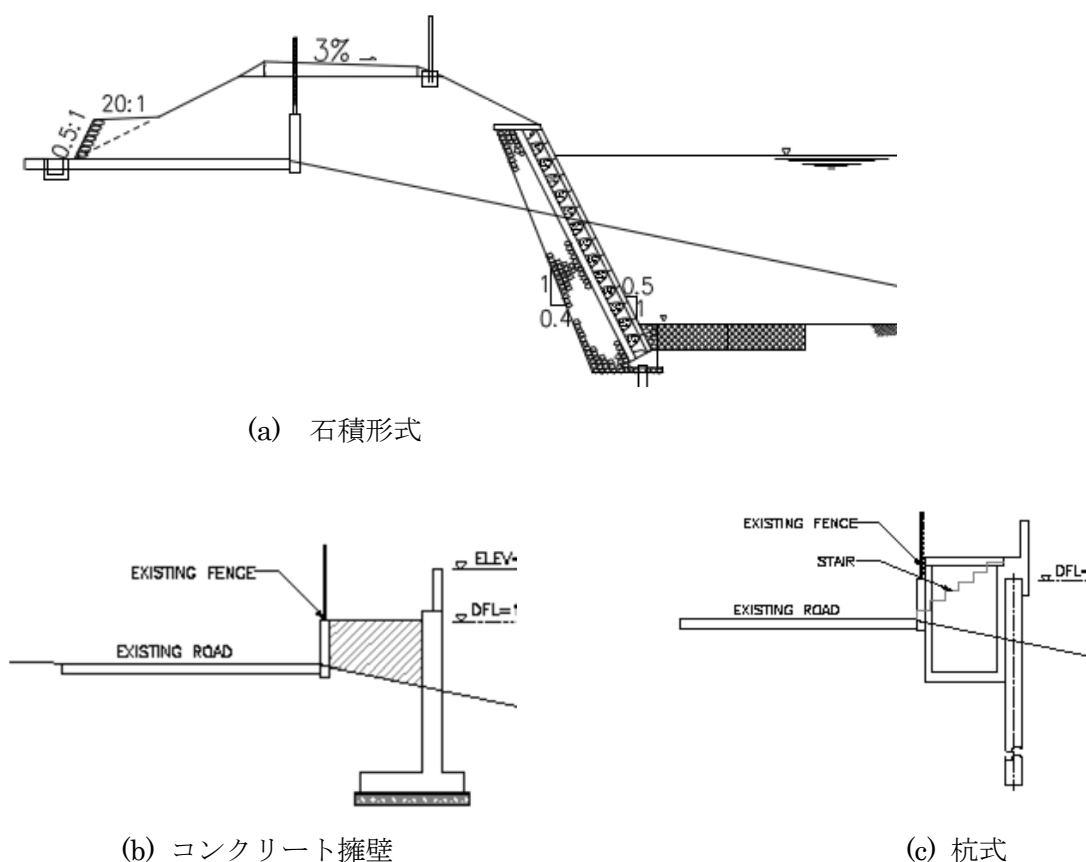


図 5-3-1 河川擁壁の構造形式

5-3-2 排水改良

排水改良工事としては排水路の延長と、適切な緒元を確保するための再構築がある。排水改良は DOE と DOT で通常行われているものである。建設費は河道改修よりは安い。ビクトリア市街での排水路は道路幅の確保と歩行者の安全のために被覆する。代表的断面を図 5-3-2 に示す。

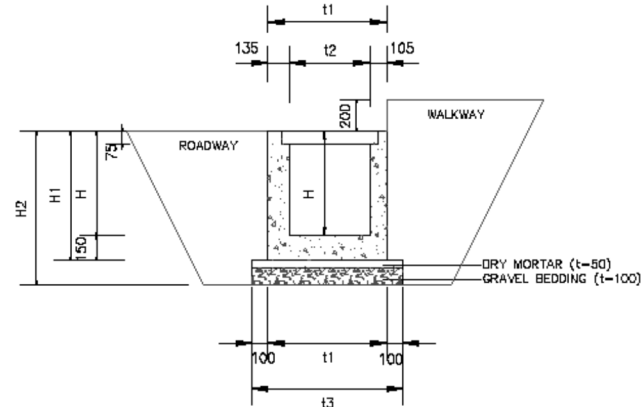


図 5-3-2 都市排水路の代表断面

5-4 維持管理計画

既存の作業計画を改定する必要性と効果について調査を実施した。その内容を以下に示す。

熱帯気候の影響で草木の成長が早いいため、維持管理作業の主要内容は除草作業であるが、観測をもとにして効率的な手入れのタイミングを設定することが望ましい。

土砂の除去方法も見直す必要がある。土砂の堆積が河川の沈降に由来するものであれば、河道形状を変えることによって堆積量を減らすことができる。土砂の堆積が人間によって持ち込まれたものであれば、不注意に土砂を投棄しないように啓発する必要がある。

河川および排水路の維持管理作業は 2 つの事務所が担っている。すなわち、EEWS の湿地・河川ユニットおよび Landscape and Waste Management Agency (2009 年に設立した準国営組織) である。

当初、河川や排水路の清掃作業は主に Landscape and Waste Management Section によって実施され、沈泥除去は湿地・河川ユニットが担っていた。すなわち、2 つの組織が同一河川を対象に同じような作業を行っており、役割や責任が重複する原因となっていた。

EEWS は 2009 年から新たな維持管理作業を開始した。具体的には、施工業者と年間契約を結び通常時の維持管理作業を行わせるなどである。通常時の維持管理作業は以下の 3 つの内容を含む。

1. 土砂およびごみの除去
2. 特定の草木の伐採および抜根
3. 過度に繁茂した草木の伐採

作業の前後には現地に行き、所定の項目にしたがって評価を行った。この評価作業は施工業者、EEWS および DA が共同で実施した。

通常時の作業に加えて、EEWS は洪水管理を目的として 2011 年にビクトリア市内の 7 河川で大規模な土砂撤去作業を行っている。このような大規模な作業は予算上の制約により数年に一度しか実施できない。2010 年でみると、ビクトリア市内の河川における土砂撤去作業に割り当てられた予算は 250 万 SR である。維持管理活動の内容と担当機関について聞き取り調査をもとに整理し、表 5-1-1

および表 5-4-2 に示す。

表 5-4-1 河川の維持管理計画

Category	Works	Scale	Working Period	Remarks (implementing office)
Rivers	De-silting (occasionally)	large	6weeks + (2weeks)	EEWS-Wetland and River Unit (WRU)
	Clean debris and litter (ordinary works)	small	Anytime within the contract	Same as above
	Rehabilitation/Repair			Same as above
	Awareness activities for flood fighting			Same as above
	Hazard Map for flood			DRDM
	Plan & construction			EEWS-Drainage Management Unit (DMU)

表 5-4-2 排水路の維持管理計画

Category	Works	Scale	Working Period	Remarks (implementing office)
Drainage	De-silting	small		Landscape & Waste Management Agency
	Clean debris and litter	small		Same as above
	Rehabilitation/Repair	small		Seychelles Land Transport Agency (SLTA) or EEWS-DMU* ⁽¹⁾
	Rehabilitation/Repair	large		EEWS-DMU
	Awareness activities for flood fighting			EEWS-DMU
	Hazard Map for flood			EEWS-DMU
	Plan, design & construction			SLTA or EEWS-DMU* ⁽²⁾

*⁽¹⁾ 道路沿いについては SLTA によって実施され、その他については EEWS-DMU によって実施された。

*⁽²⁾ EEWS-DMU は計画・設計段階の評価、および施工段階のモニタリングを行う。

DOE-EEWS は、マヘ島内における維持管理活動の対象地域を 5 地域に分割しており、プララン島およびラ・ディエグ島を含め計 7 地域に区分している。

マヘ島では、維持管理活動に係る施工業者との契約金額は下表のようになっている。

表 5-4-3 維持管理活動の委託に係る 2011 年の契約金額 (マヘ島内)

Region	Contract Cost (SR)	Remark
Central Region	453,728.00	1 year contract Cleaning and Maintenance works
North Region	582,216.00	
East Region	480,000.00	
West Region	271,644.00	
South Region	257,796.00	

プララン島およびラ・ディエグ島における維持管理活動の契約金額は、それぞれ約 760,000 SR、400,000 SR である。マヘ島における維持管理活動の地域区分は図 5-2-1 のとおりである。

DOWE-EEWS が管理している河川およびウェットランドの数はマヘ島で 90、プララン島で 19、

ラ・ディーン島で 14 である。

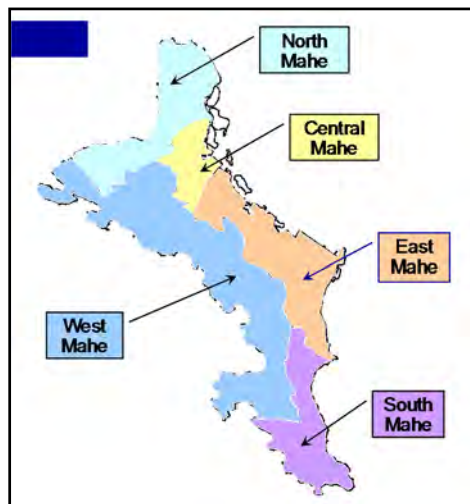


図 5-4-1 EEWS-DOE による維持管理活動の地域区分

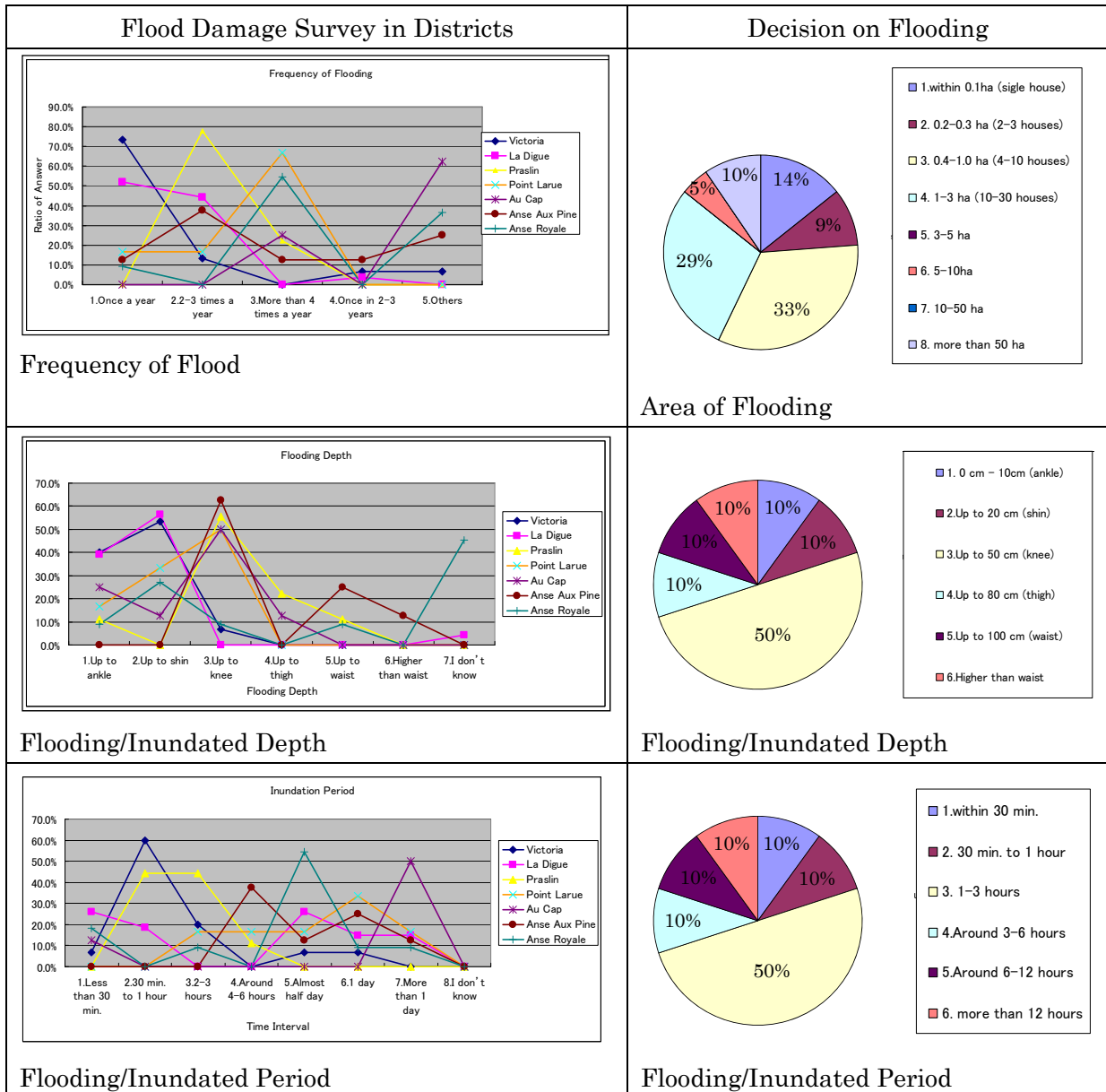
5-5 住民啓発と関係者協議

洪水リスク管理の一環として、住民の意識向上と関係者間の協議を目的として以下の活動が推進された。

- エンジニア、関係者は DA と常に良好な関係を保つこと。
- エンジニアと DA が洪水リスク管理について共通の理解を持っていること。
- DA は管理区域内で洪水リスクがある地域について理解していること。また DRDM への状況報告のために、被害内容について適切に記録を残すこと。
- エンジニア、DA および住民は実習を行い、リスク管理に関する理解を共有すること。
- 洪水は年に 2、3 回以上発生していることを踏まえ、啓発プログラムは次世代を対象にして小学校などで実施すること。その際には教材を準備し、洪水リスク管理について理解を深められるように努めること。

DA および関係政府機関は洪水発生状況と洪水リスク管理の進捗状況を理解するため、洪水発生地域の住民を対象に聞き取り調査を 3 回実施した。調査結果を次表に示す。

表 5-5-1 聞き取り調査結果



調査結果をまとめると以下のことがいえる。

- 外水氾濫と内水氾濫を区別しておらず、多くの住民は全ての氾濫現象を **Flooding** と表現している。
- 低平地の住民は内水氾濫の発生を認識しており、またその状況を許容している。
- 一部の住民は氾濫の原因を理解している。
- ほとんどの氾濫イベントにおける浸水継続時間は数時間程度である。

DA を対象に実施した、洪水リスク管理についての聞き取り調査の結果を下表に示す。この結果をみると、ハザードマップの普及と啓発活動が不十分である。幸い、DRDM はすでにこれらの活動を国全体で実施することを計画している。DOE はこの計画を注意深くモニタリングし、将来の活動に資するために達成状況を評価すべきである。

表 5-5-2 DA を対象とした聞き取り調査の結果

	Question	Yes	No
A.	Preparation for Flood Risk Management		
1	Disaster Response Plan	71%	29%
2	Hazard Map	40%	60%
3	Brigade for disaster activities	90%	10%
4	Evacuation center	75%	25%
B.	Awareness about Flood Risk Management in Past		
1	Conduct awareness program	40%	60%
2	Evacuation drill	25%	75%
3	Map exercise	26%	74%
4	Provide hazard map	11%	90%
5	Request for awareness	85%	15%

Note: survey conducted on 23rd March 2012

5-6 環境影響評価

現地での情報収集と観測に基づいて洪水管理計画に関する環境影響評価として、初期環境影響評価を 5 地区について実施した。解析結果は、パイロット・プロジェクトに対する環境影響評価に結び付く。結果は、影響は不明であると判定される C-以下であり、D の評価項目はここに示していない。

表 5-6-1 洪水管理計画に対する環境影響評価のまとめ

カテゴリ	項目	説明	Location				
			ビクトリア市街	ポイント・ラルー	アンセ・オ・ペン	オ・カッブ	アンセ・ロイヤ
社会環境	雇用や生計手段等の地域経済	計画の内容では地域の経済に幾分かの影響を与えるかもしれない。 ----- 計画の内容は地域経済に影響を与えるほどではない。	X				
	社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織	計画の内容は社会的組織に影響を与えるかもしれない。	X	X	X	X	X
自然環境	水文	洪水管理計画はある地域では水文条件を変える可能性がある。		X	X	X	X
	動植物、生物多様性	湿地において洪水管理計画は動植物、生態系に影響を与える可能性がある。		X			
		河道の拡幅により動植物と生物多様性を場合によっては悪くする可能性がある。また、洪水管理計画は湿地に対し水質の改善をもたらす良くなる可能性もある。				X	X
	景観	対策施設は景観を変える可能性がある。	X				
公害	大気汚染	建設工事中、大気汚染が想定されるが、工事の規模が小さく、期間が短いことから影響は小さいと想定される。	X	X	X	X	X
	水質汚濁	洪水管理計画は関連する地域の水質状況を変化させる可能性がある。	X	X	X	X	X
	騒音・振動	建設機械は騒音を発生するが工事の規模が小さく、期間が短いことから影響は小さいと想定される。いずれにせよ、夜間や休日の工事を制限することが望ましい。	X	X	X	X	X
	事故	工事の実施により事故の発生が想定されるが、安全対策で避けることが出来よう。	X	X	X	X	X

出典: JICA 調査団