

Chapter II

海浜モニタリングガイドライン
*Technical Guideline for Beach
Monitoring*

II. 海浜モニタリングガイドライン

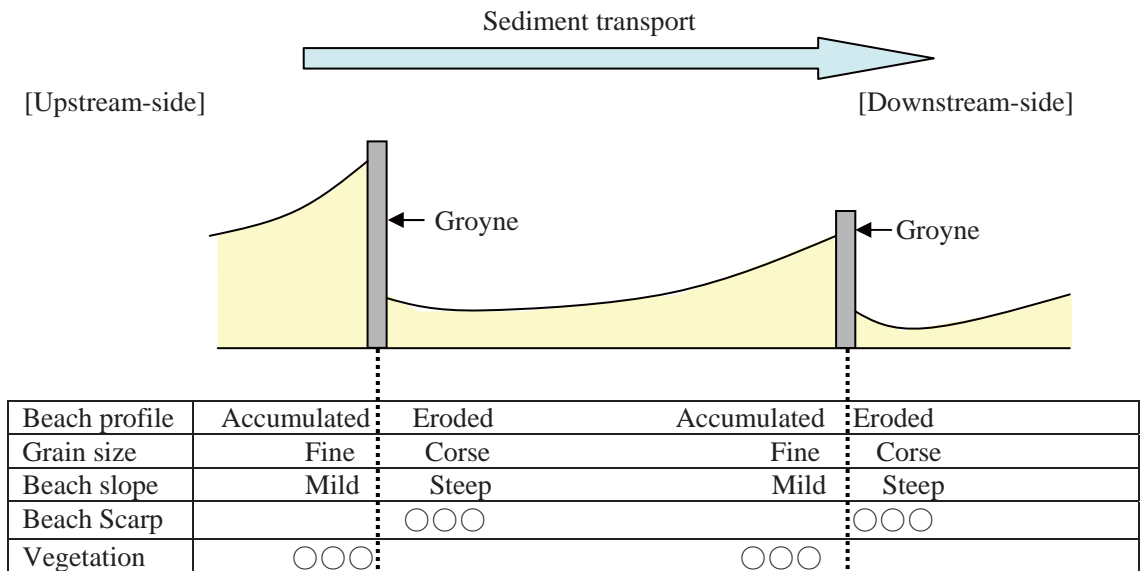
海浜のモニタリングは、主に海浜変形や外力である波浪や流況を観測し、現状の把握、海浜変形の機構、侵食問題の抽出と対策の検討、海浜を望ましい状況に保つことを目的として実施する。モニタリングすべき項目や実施を担当する組織については、海岸保全計画や管理計画に従うものとする。このガイドラインは、個別のモニタリング項目についての実施方法を示す。モニタリング項目は、海浜状況の観察、海浜形状のモニタリング、波浪及び流況観測、汀線変化の解析である。

1 現地調査

1.1 海浜の観察

海浜の観察は海浜の状況、すなわち構造物と海浜地形、砂浜勾配と粒径、浜崖の形成、植生等を把握し、海岸保全検討の基礎資料を得ることを目的とする。

海浜を観察する際には、ただ単に漫然と状況を見るのではなく、下図に示すような海浜状況の違いに着目し観察していくことが重要である。



*The mark “○” shows areas which beach scarp or vegetation most likely exist

出典：実務者のための養浜マニュアル(2005年、土木研究センター)を元に JICA 調査団が作成

図 1.1.1 海浜の観察の際の重要な視点

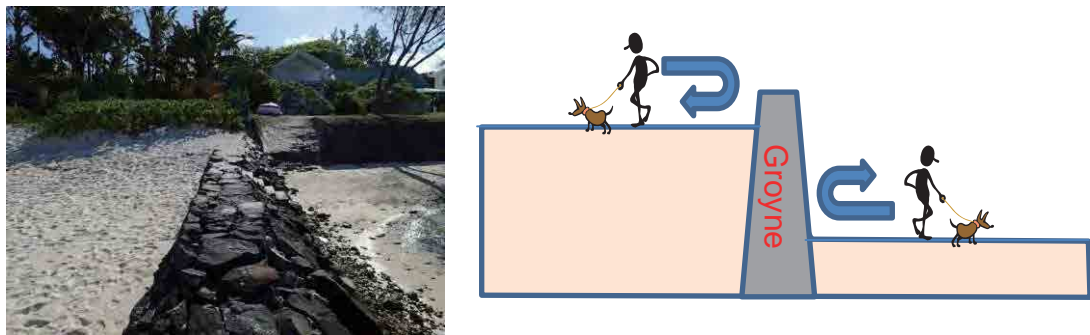
1.1.1 突堤の両側の海浜地形

突堤のように、自然の沿岸漂砂を遮断するように設置された構造物が存在する場合、一般に沿岸漂砂の上手側では堆積、下手側では侵食が生じる。なお、ここでの沿岸漂砂とは、季節的に変動するものではなく、長期で支配的なものを指す。図 1.1.2に突堤の両側で生じている海浜地形の違いを示す。沿岸漂砂の方向に対し、下手側で侵食、上手側で堆積が生じていることが分かる。また、突堤により両側の後浜高にも違いが生じ、これは、海岸利用・アクセスの観点で支障が生じる。



出典：JICA 調査団

図 1.1.2 突堤の両側の海浜地形の違い

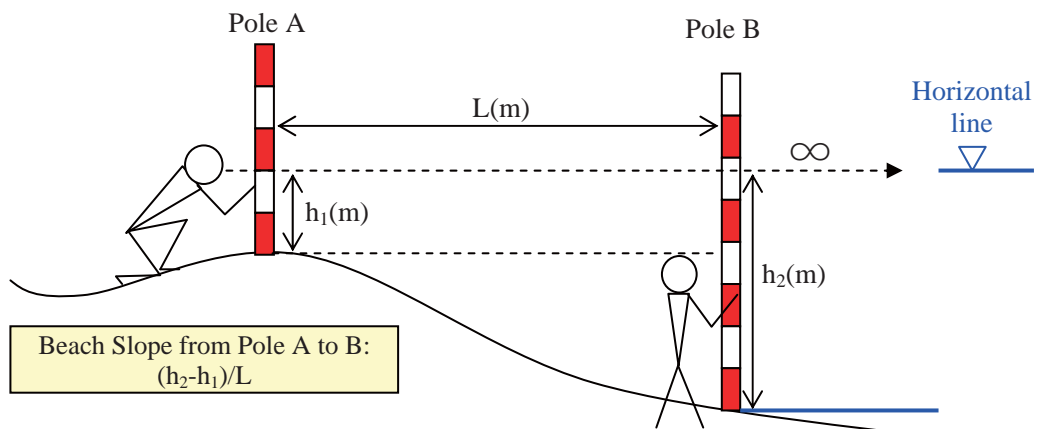


出典：JICA 調査団

図 1.1.3 突堤による海岸アクセスの遮断

1.1.2 砂浜勾配と粒径

一般に侵食エリアでは砂浜勾配は急となり、堆積エリアでは緩やかになる。また、粒径が粗いエリアでは砂浜勾配は急となり、粒径が細かいエリアでは砂浜勾配は緩くなる。砂浜勾配を目視で判断することは難しい。ここでは、現地で簡単に実施できる砂浜勾配の測定方法を示す。使用する機材はポール2本およびメジャーのみである。



出典：実務者のための養浜マニュアル(2005年、土木研究センター)を元に JICA 調査団が作成

図 1.1.4 海浜勾配の簡易測定方法

1.1.3 浜崖の形成

浜崖は沿岸漂砂の上手側や、突堤、自然の岬、岩礁海岸のすぐ下手側でよく見られる。浜崖の規模は下図の事例のように沿岸漂砂の下手側に行くにしたがって小さくなっていく。



Beach scarp at the upstream side

出典：JICA 調査団



No scarp at the downstream side

図 1.1.5 Mon Choisy の浜崖の状況

1.1.4 植生

浜崖の痕跡が無く、自然の状態で植生の繁茂が確認されるエリアは、その他エリアに比べてこれまで波浪の影響をそれほど受けてない事を示す。Pte. d'Esnyにおける植生の繁茂エリアの事例を示す。



出典：JICA 調査団

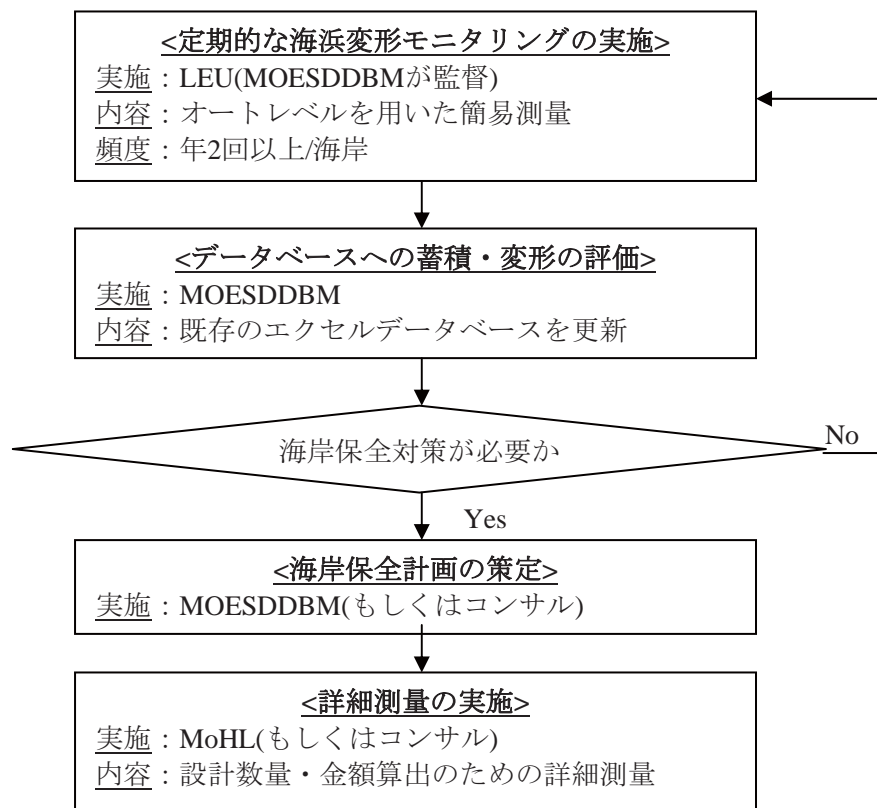


図 1.1.6 Pte. d'Esny における植生の繁茂エリア

1.2 海浜変形モニタリング

海浜変形モニタリングの実施目的は、定期的に対象エリアの海浜変形状態を定量的にモニターする事でその変化を確認し、しかるべき順応的対策に繋げていくことにある。モーリシャス国では夏季と冬季に風向きが変化し、ラグーン内で沿岸漂砂の方向も変化する事から、季節変化を確認するため年2回(夏季・冬季で各1回)以上実施する事が望ましい。

海浜変形モニタリングは、測量開始当初からの時系列海浜断面変化を知ることが目的であるため、高精度の測量機器(トータルステーション等)の使用や標高の絶対値は必ずしも必要では無く、むしろ本事業を通して確立したモニタリングのレベルを今後も継続していくことが重要である。なお、下図に示すように、蓄積されたモニタリングデータを用いて、海岸保全対策の必要性を評価し、必要となる場合は対策の設計数量・事業費を検討するため、詳細測量を実施する必要がある。



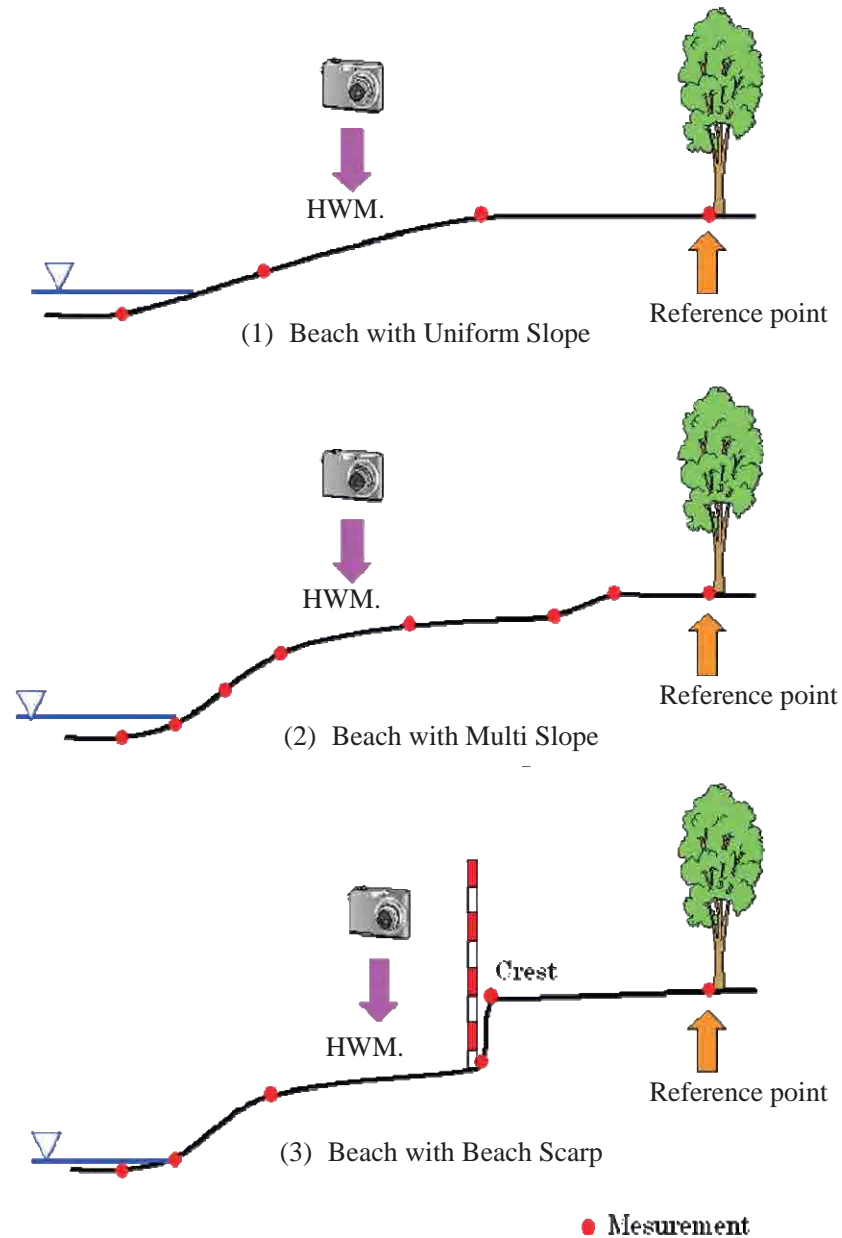
出典：JICA 調査団

図 1.2.1 海浜変形モニタリングの実施体制

1.2.1 断面測量

a. 測量・写真撮影点

断面形状を比較するため、各測量においては常に同じラインを測量することが重要である。下図に海浜地形別の一般的な測量点の設定を示す。基準点(reference point)は変化の大きい砂浜上では無く、樹木やコンクリート基礎などの不動点に設定する必要がある。本基準点はGPSで記録し、次回以降の測量の際も速やかに特定できるようにする必要がある。また、海岸写真について常に同じポイント、角度で撮影する事が重要であり、本業務ではHWMから汀線に平行に両側を撮影する事とした。



出典：JICA 調査団

図 1.2.2 一般的な測量・写真撮影点

b. 海浜地形モニタリングの手順

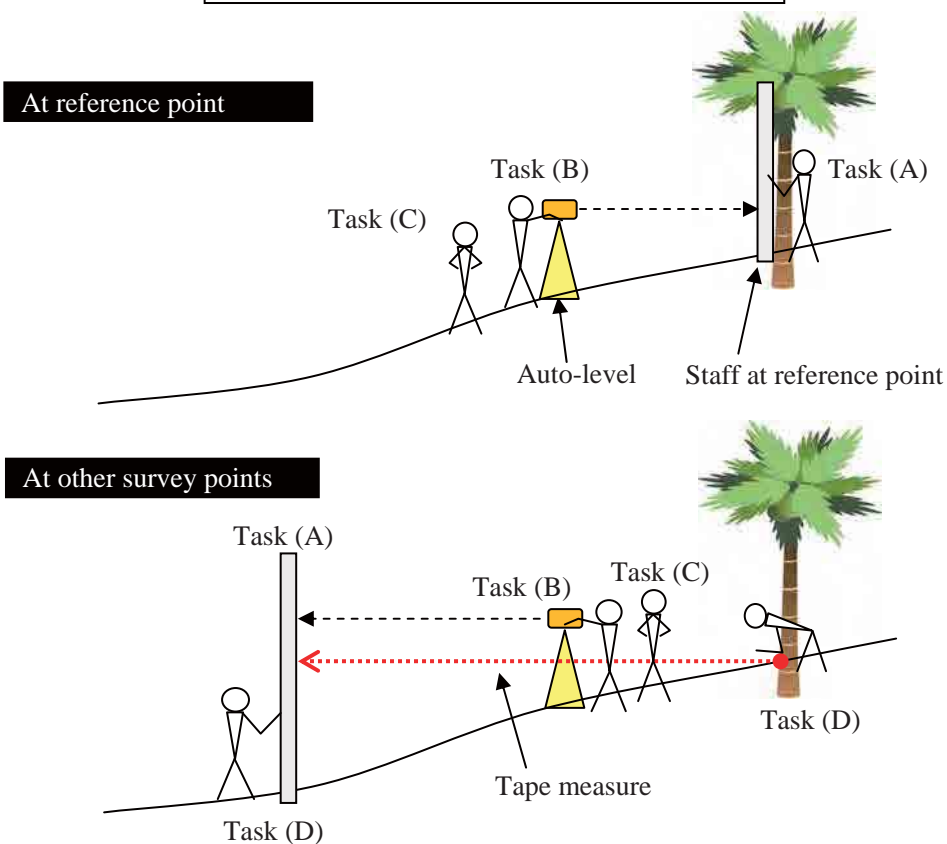
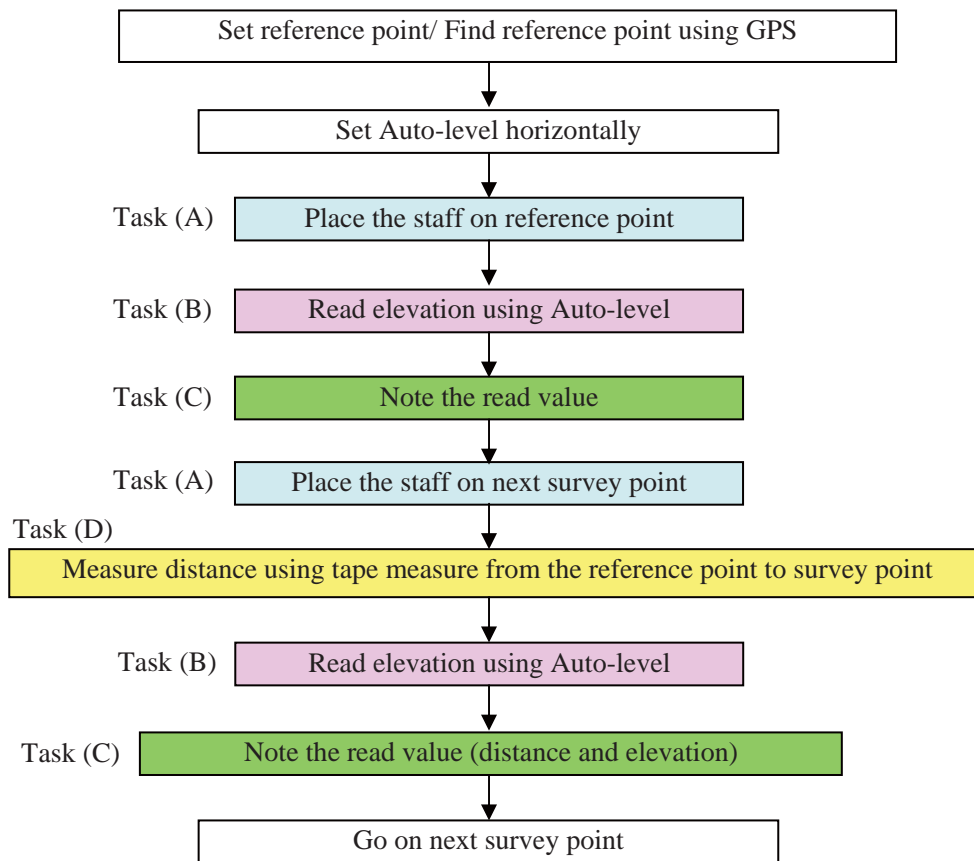
b.1 海浜地形測量

海浜測量に用いる機材を以下に示す。なお、これら機材については既にMOESDDBMに
供与済みである。

- ・ オートレベル
- ・ スタッフ(5m)
- ・ テープメジャー(50m)
- ・ GPS

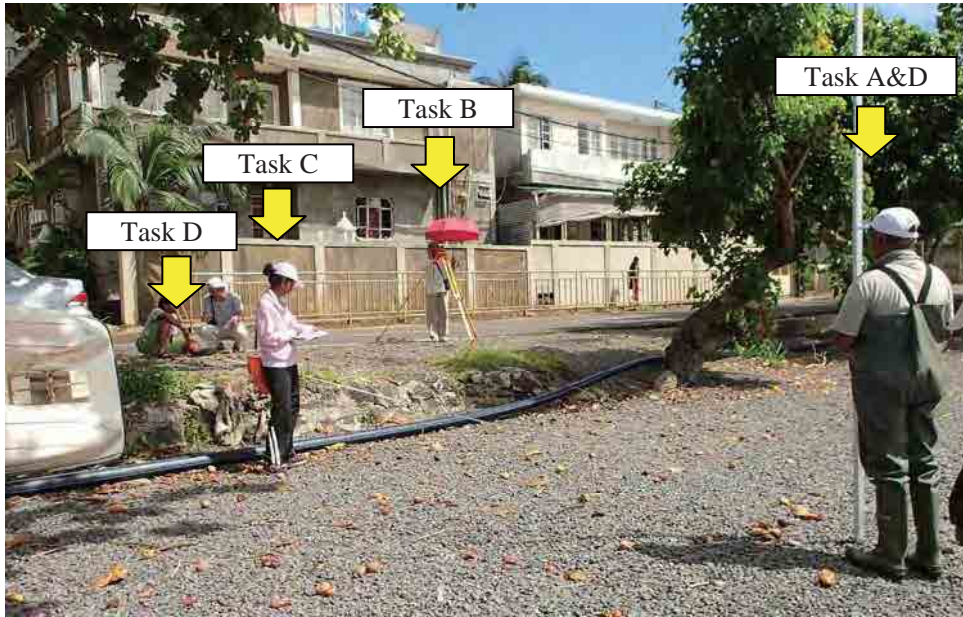
海浜地形測量の手順を図 1.2.3および図 1.2.4に示す。海浜地形測量には基本的に4つ
のタスクを要するため、実施人数は少なくとも4人以上、できれば5人での実施体制が望
まれる。測量の精度を保つため、オートレベル、スタッフ、テープメジャーは極力水平
を保った状態で使用する必要がある。オートレベルについては、機材に取り付けられて
いる気泡によってその水平を確認できる。一方、スタッフおよびテープメジャーについ
ては水平を確認する事がやや難しいため、ここに2つ対処法を示す。一つ目は、測量中
に側面から水平を確認する役割のスタッフを帯同する事が挙げられる。二つ目は、スタ
ッフの水平について、図 1.2.5のように測定中にスタッフを前後に振ることでその最小
値を読むことで水平を確保する事が可能である。

通常、測量ラインは海岸線に直行するように設ける。これは、測量ラインの距離が比
較的短い場合はそれほど問題にはならない。しかし、測量ラインが長くなるにつれて、
毎回同じラインを測量する事は難しくなってくる。そのため、測量ラインが長い場合は、
確実な見通しを設定しておくことが重要である。見通しは例えば、図 1.2.6に示すよう
に特定の樹木あるいは遠景に確認できる岬の位置などでも良い。これら見通しを設定し
た後は、これをデータベースに記録し、次回以降も同様の見通しで測量をおこなう事が重
要である。



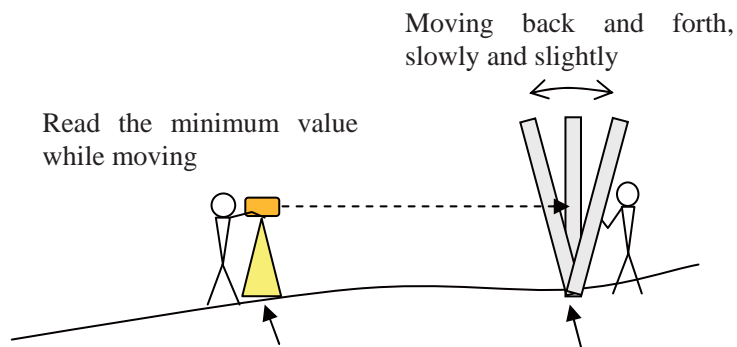
出典：JICA 調査団

図 1.2.3 海浜地形測量の手順



出典：JICA 調査団

図 1.2.4 海浜地形測量中の様子



出典：JICA 調査団

図 1.2.5 スタッフの水平値を読みとる方法

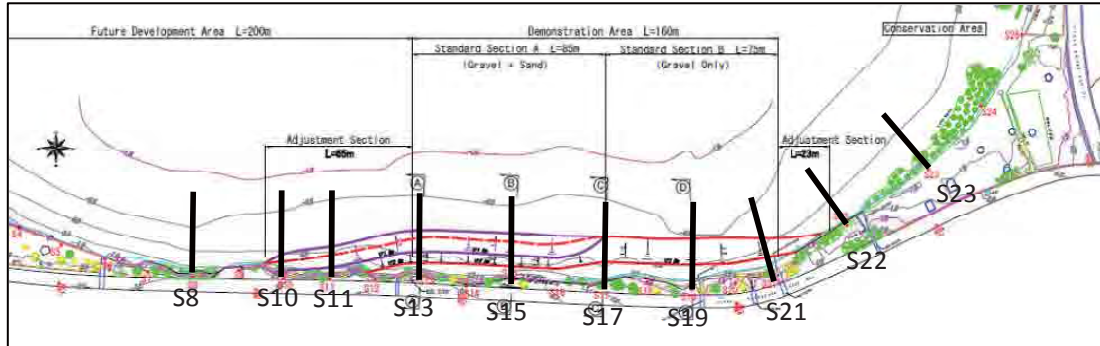


出典：JICA 調査団

図 1.2.6 測量の見通しの設定事例

b.2 定点での写真撮影

定点から決まったアングルで撮影された海浜の写真は、その時系列の変化を知る上で非常に有用である。既述のように、写真撮影はHWMから海浜の両側を海岸線に平行に実施する事が望まれる。図 1.2.7にGrand Sableで撮影された写真の例を示す。これらはそれぞれ、パイロット事業の実施直後(2014/2/14)とその後数カ月経過した後(2014/9/13)に撮影されたものである。これら2つの写真を比較すると、当初は存在しなかった礫砂が南側移動してきている事が分かる。



14 Feb 2014 at S8



13 Sep 2014 at S8



出典：JICA 調査団

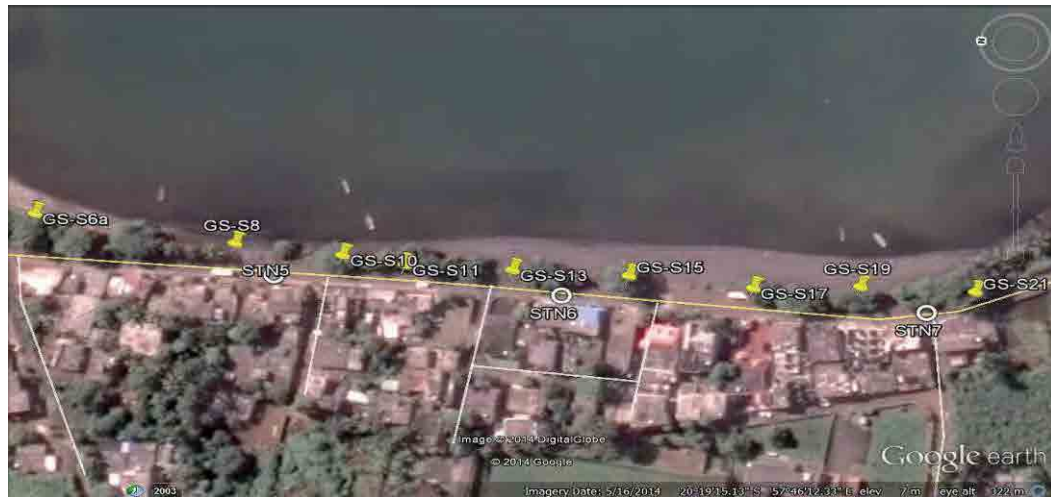
図 1.2.7 定点で撮影された写真の比較(Grand Sable)

1.2.2 データベースの作成

測量データは必要に応じていつでも確認できるようデータベースとして整理しておく必要がある。本業務を通じてJETおよびMOESDDBM共同でデータベースを作成した。主要内容について以下に示す。

a. 測量基準点の位置図および位置情報

測量基準点の位置情報をGPSで記録した後、Google Earthなどのソフトを利用し位置図を作成する。これらの整理例を以下に示す。



出典：Google Earth を元に JICA 調査団、MOESDDBM が加工

図 1.2.8 Google Earth で作成した測量基準点の位置図











表 1.2.1 測量基準点の位置情報の整理例

Field Survey Memo		Survey Point Name	Location	
			South latitude	East longitude
L1	179	S8	20° 19'11.60"S	57° 46'12.00"E
L2	181	S10	20° 19'12.90"S	57° 46'12.00"E
L3	182	S11	20° 19'13.60"S	57° 46'12.00"E
L4	184	S13	20° 19'15.50"S	57° 46'11.70"E
L5	185	S15	20° 19'14.80"S	57° 46'11.90"E

出典：JICA 調査団、MOESDDBM

b. 測量写真

定点から決まったアングルで撮影された海浜の写真は、その時系列の変化を知る上で非常に有用である。既述のように、写真撮影はHWMから海浜の両側を海岸線に平行に実施する事が望まれる。時系列での測量写真の整理例を以下に示す。

IAC-10		
Survey Date	Reference point for survey	Beach photos for both sides
25-Oct-13		
24-Jan-14		
	Taken at HWM	Taken at HWM
4-Apr-14		
	Taken at HWM	Taken at HWM
20-Jun-14		
	Taken at HWM	Taken at HWM
10-Oct-14		
	Taken at HWM	Taken at HWM

出典：JICA 調査団、MOESDDBM

図 1.2.9 測量写真の整理例

c. 測量データ

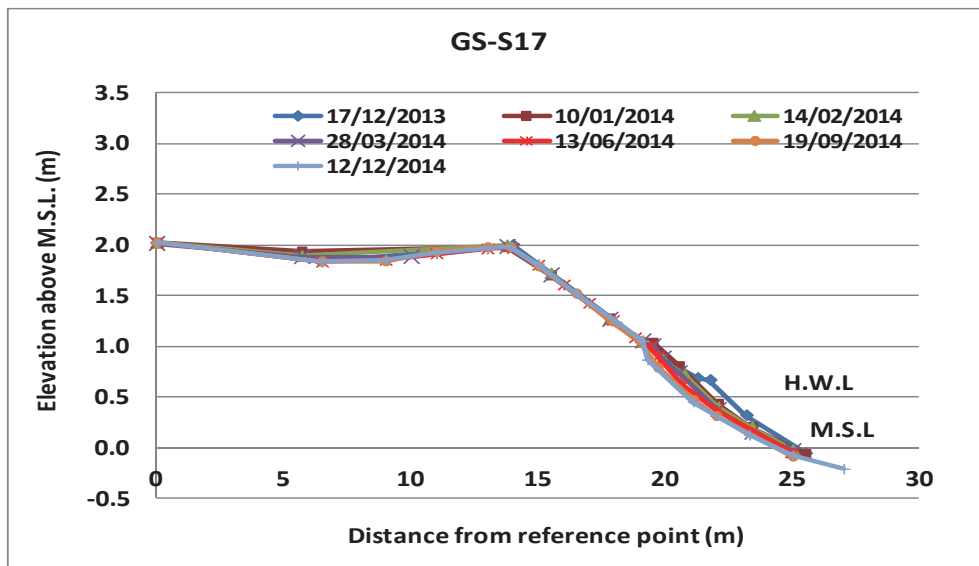
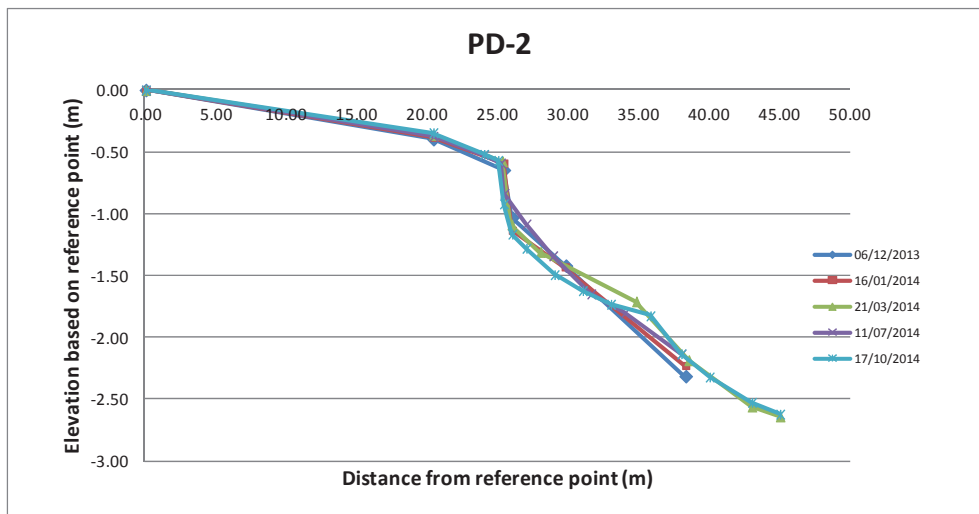
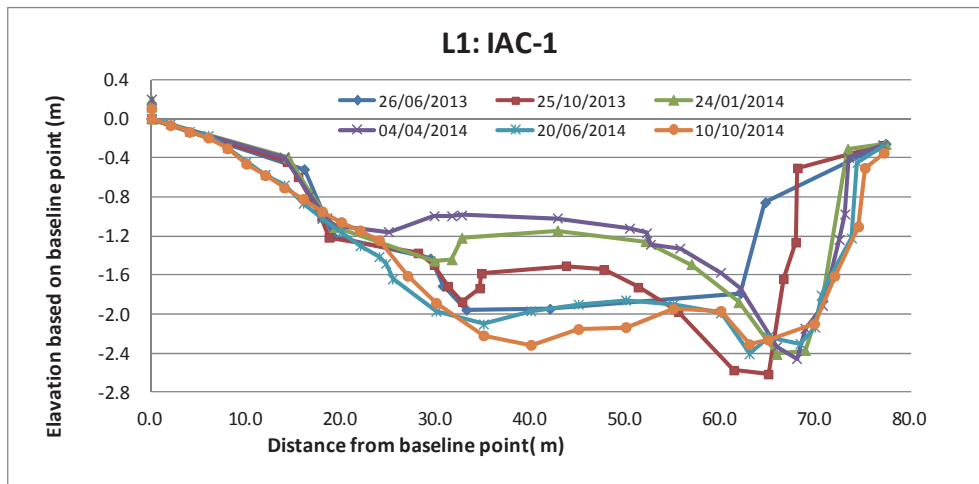
下表に測量データの整理例を示す。まず、実際の測量値を”Elevation from survey”の列に
 入力する。これらの値は測量毎に異なるため、比較するためには基準点をベースとした
 相対値に変換する必要がある。下表の例では、基準点の高さをゼロに設定し、それぞ
 れの測量値をこれに併せて変換している(“Ground level based on reference point”を参照)。変換
 後のデータをグラフ化した例を図 1.2.10に示す。このグラフから分かるように、基準点
 の高さは常にゼロに設定されている。仮にゼロでない場合、変換にミスが生じているた
 め再度確認が必要である。なお、これらの値(高さ)は、M.S.L.上の絶対値ではなく、あく
 ままで測量基準点をベースとした相対値であることに留意が必要である。絶対標高値は、
 詳細設計等を実施する際には必要となってくる。その場合は、本格的な測量を実施し、
 測量基準点の絶対標高値を測定する必要がある。各測量ラインについて基準点の絶対標
 高値が分かればそれを基準として他の測量点の標高を相対値から絶対値へ変換する事が
 可能である。

測量の際は、下表に示すように、汀線の測量点とその測量時刻を記録しておくことが
 望ましい。その時刻のMSLでの潮位が分かれば、これを基準として各測量点の標高を絶
 対値に変換することも可能である。ただし、潮位は測量エリアの位置する地形特性や波
 浪状況で異なるため、上記の手法よりは正確性が劣る事に留意が必要である。

表 1.2.2 測量データの整理例

Line No.	Point No.	Shoreline	Time	Elevation from Survey	Distance (m)	Ground level based on reference point
Survey Date: 06/12/2013						
2	1	-	-	0.822	0.00	0.000
	2	-	-	1.219	20.40	-0.397
	3	-	-	1.468	25.40	-0.646
	4	●	10:10	1.853	26.00	-1.031
	5	-	-	2.242	29.80	-1.420
	6	-	-	3.135	38.30	-2.313
Line No.	Point No.	Shoreline	Time	Elevation from Survey	Distance (m)	Ground level based on reference point
Survey Date: 16/01/2014						
2	1	-	-	1.054	0.00	0.000
	2	-	-	1.436	20.40	-0.382
	3	-	-	1.645	25.40	-0.591
	4	●	14:20	2.188	26.00	-1.134
	5	-	-	2.484	29.75	-1.430
	6	-	-	3.281	38.30	-2.227

出典：JICA 調査団、MOESDBM



出典：JICA 調査団、MOESDDBM

図 1.2.10 海浜地形変化のグラフ整理例(上:Ile aux Cerfs、中:Pte. d'Esny、下:Grand Sable)

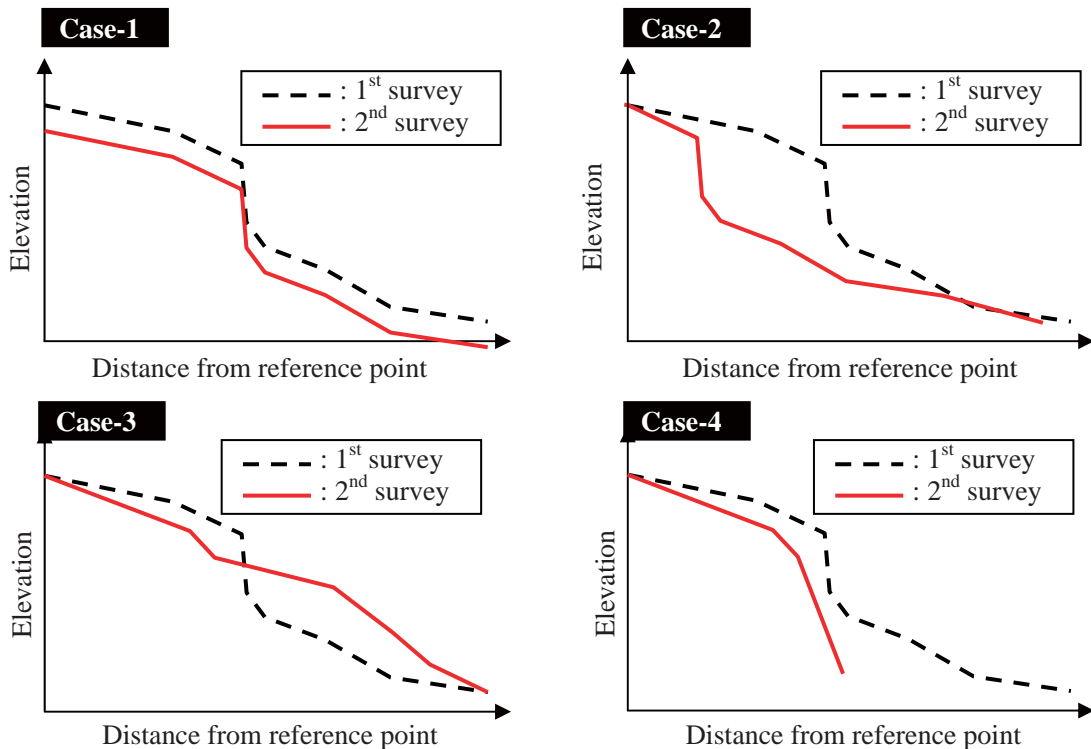
d. 測量データにおける人為的なミス の 典型例

測量データにおける人為的なミスの有無はデータをグラフ化した際によりはっきりと分かる。下図に人為的なミスを含んだ典型例をいくつか示す。下図において、黒点線は正確に測量されたデータ、赤線は人為的なミスを含みプロットされたデータを示し、下表においてそのミスの詳細(可能性)を示す。ここで、Case-1以外は、間違いを含む可能性が高いものの、必ずしも間違いでないケースもあるという事に留意が必要である。ただし、少なくともこれら変化は大型サイクロンや低気圧が来襲しない限り発生しないと考えてよい。

表 1.2.3 各ケースにおける人為的なミスの可能性

Case Examples	Description	Possible causes of error
Case-1	Whole profile including reference point (at zero) shifted downward	<ul style="list-style-type: none"> Data conversion from measured one to relative one was not properly conducted
Case-2	Both have similar profile of beach scarp but its location is quite different.	<ul style="list-style-type: none"> Reference point is different from 1st survey Some survey points are missing for 2nd survey
Case-3	Beach profiles are quite different	<ul style="list-style-type: none"> Survey line itself is different from 1st survey Visibility from reference point is quite different from 1st survey(Even reference point is same as 1st survey, end point of survey is quite different)
Case-4	Distance of beach profile is quite different	

出典：JICA 調査団



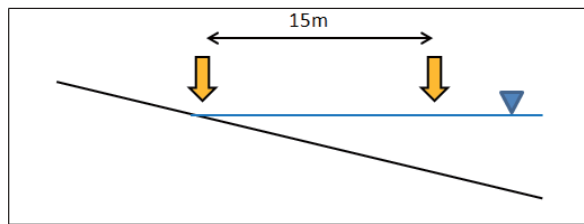
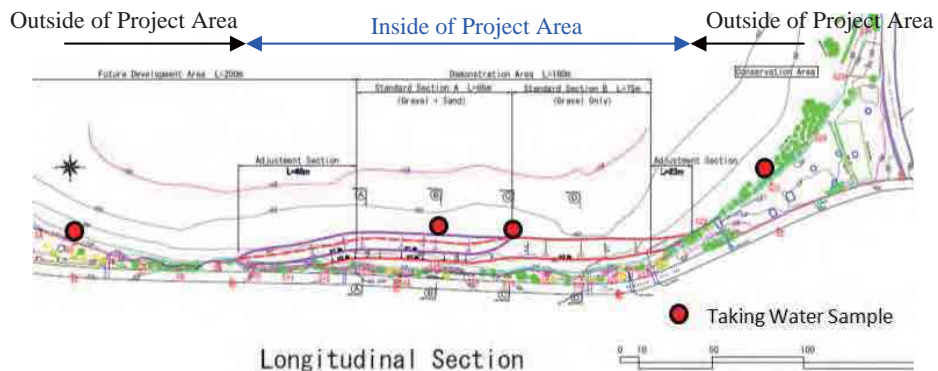
出典：JICA 調査団

図 1.2.11 人為的なミスを含んだ可能性のある測量データのグラフ例

1.2.3 その他モニタリング項目

a. 海水の透明度

Grand Sableにおける実証事業を通じて、地元住民から海水の透明度が向上したとの報告があった。簡易的な海水の透明度のモニタリング手法として、下記い示すように定点で海水サンプルを採取し、透明のシリンダーに入れ、写真を撮影する方法が挙げられる。事業の有無での効果を確認するため、採取地点は事業実施範囲と範囲外の両方を設定することが重要である。



(1) Line S5 (In front of North Public Beach, Out of Project Area)



(2) Line S15 (Project Area)

出典：JICA 調査団、MOESDDBM

図 1.2.12 海水の透明度を確認する手法例

b. 植生

前述のセクション1.1.4に示したように、自然の状態での植生の繁茂が確認されるエリアは、その他エリアに比べてこれまで波浪の影響をそれほど受けていない事を示す。そのため、植生の繁茂状況をモニタリングしていく事は海浜状況を知る上で重要である。下図にGrand Sableにおける植生の繁茂状況について、写真撮影によるモニタリング結果の一例を示す。下図の左側は事業実施後約6カ月経過後の状況、右側は約1年経過後の状況を示す。礫浜が自然の植生環境を向上させる効果がある事が分かると共に、このエリアには波の溯上の影響が少ないエリアであると判断される。



出典：JICA 調査団、MOESDDBM

図 1.2.13 植生の繁茂状況のモニタリング例

c. 海岸利用

海岸の利用状況・利用エリア・利用形態等についてモニターし、写真で記録を残しておく事は、今後の海岸保全計画、特に維持管理面での計画策定の際に重要である。下図に一例を示す。



出典：JICA 調査団、MOESDDBM

図 1.2.14 Grand Sable における海岸利用状況

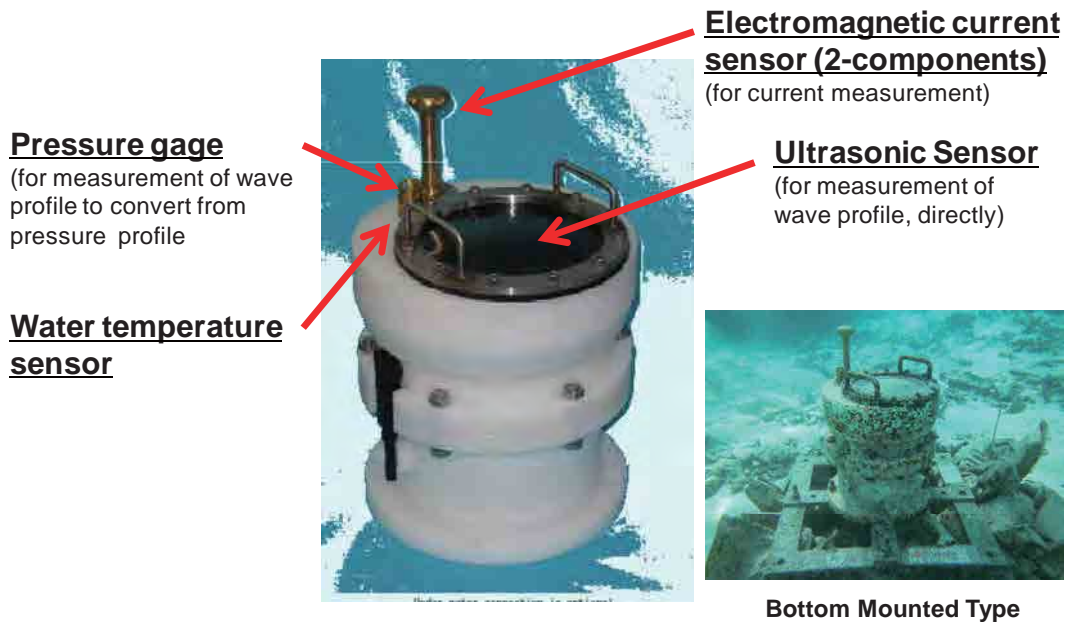
2 波・流れの観測

2.1 波浪観測

2.1.1 概要

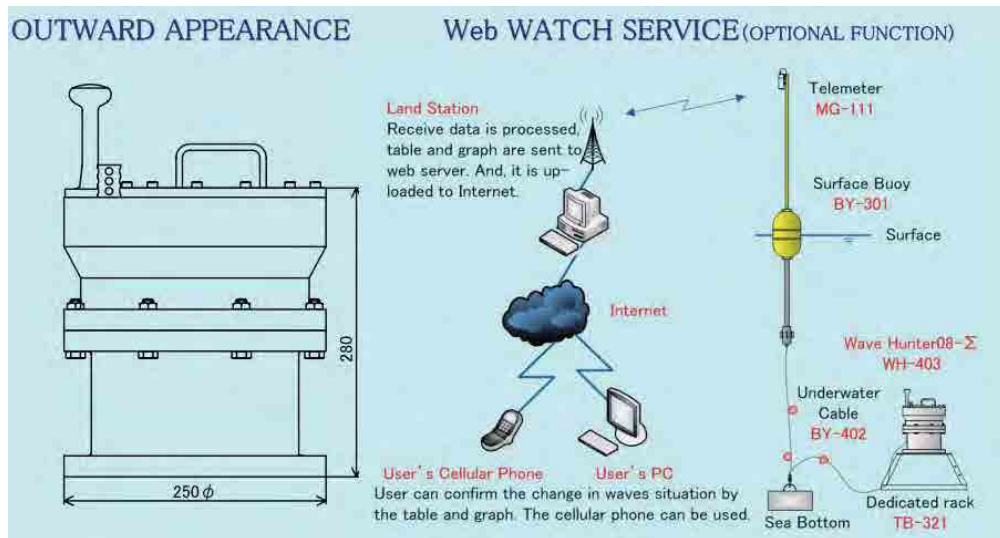
波浪観測は海浜変形や波の打ち上げに影響を与える波浪条件を明らかにすることを目的に実施する。ここでは、「モ」国で活用し、将来も用いられると考えられる波高流速計（商品名：Wave Hunter）を用いた波浪観測法について説明する。

Wave Hunter(波高流速計)は下図に示すように、1) Pressure gage, 2) Ultrasonic sensor, 3) Electromagnetic current sensor, and 4) Water temperature sensorの4つのセンサーを備える。現行の使用モデルは海底設置型で、データ回収の際には機器の撤去が必要となる。ただし、“Web WATCH SERVICE”を追加で搭載すれば、オンタイムで観測結果を入手する事も可能であるため、今後の参考として以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 2.1.1 Wave Hunter の概要



出典：JICA 調査団

図 2.1.2 Web Watch Service の概要

Wave Hunterによって測定できる主な項目を以下に示す。

- Wave Data: $H_{1/3}$ (significant wave height), $T_{1/3}$ (significant wave period), H_{\max} (maximum wave height), T_{\max} (maximum wave period), Wave direction
- Wave Spectrum (Power Spectrum)
- Sea water level (tide level)
- Current speed and direction
- Water temperature

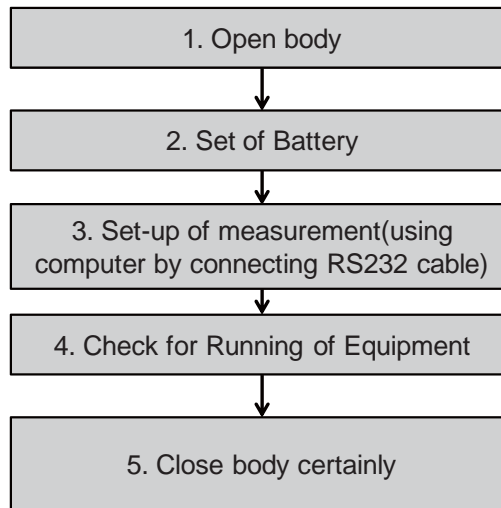
2.1.2 Wave Hunterの使用手法

本セクションではWave Hunterの使用手法の手順についてその概要を示す。詳細については機器の専用マニュアルを確認のこと。

a. セットアップ

機器のセットアップに関しては以下の留意点がある。セットアップの手順は下図に示すとおりである。

- Careful setting, especially in interval time, starting time, sampling interval, is important so as to avoid failure of measurement (See the manual for how to set up measurement conditions)
- It is necessary to fix all bolts certainly and paste silicon to O-ring to avoid leakage of seawater into the equipment
- After setting, it is necessary to confirm if the measurement is going well by checking the indicator ramp
- The instrument has not to be laid during transportation.



出典：JICA 調査団

図 2.1.3 セットアップ手順



Photo.1 Bolt nuts (M10)



Photo.2 Pull it out slowly



Photo.3 Lay a tank down



Photo.4 Put sponge under the electromagnetic current speed meter

出典：JICA 調査団

図 2.1.4 1st Step: Open Body



Photo.8 Taking off a settle board.



Photo.9 After taking off a settle board



Photo.10 taking off the battery connector



Photo.11



5

Photo.12

出典：JICA 調査団

図 2.1.5 2nd Step: Set of Battery



Photo.13 PC connection cable

(CA-410)



Photo.14 Connect PC connection cable.

出典：JICA 調査団

図 2.1.6 3rd Step: Setup of Measurement (Using Computer by Connecting RS232 Cable)



Photo.5 Power switch



Photo.6 Function confirmation lamp

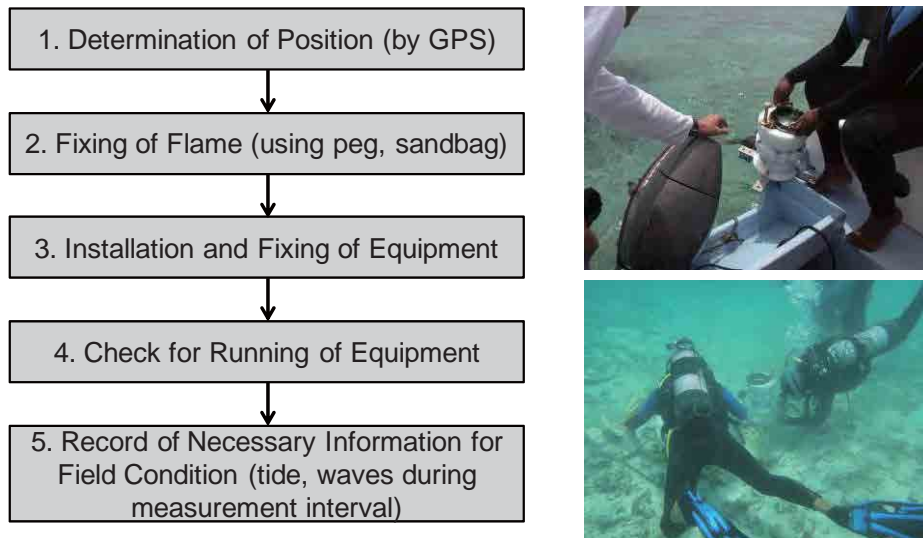
出典：JICA 調査団

図 2.1.7 4th Step: Check for Running Equipment

b. 機器の設置

機器の設置に関しては以下の留意点がある。設置の手順は下図に示すとおりである。

- Sensor part shall be carefully handled especially during pull down activity from boat to bottom using rope.
- Zinc plate shall be attached to the frame to avoid electric corrosion



出典：JICA 調査団

図 2.1.8 Installation Procedure



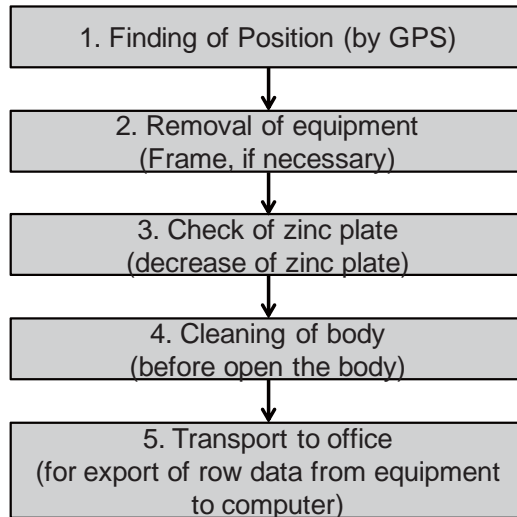
出典：JICA 調査団

図 2.1.9 Step2: Fixing of Flame

c. 機器の回収

機器の回収に関しては以下の留意点がある。回収の手順は下図に示すとおりである。

- Sensor part shall be carefully handled especially during pull up activity from the bottom to the working boat.
- Don't damage the sensor part during cleaning work

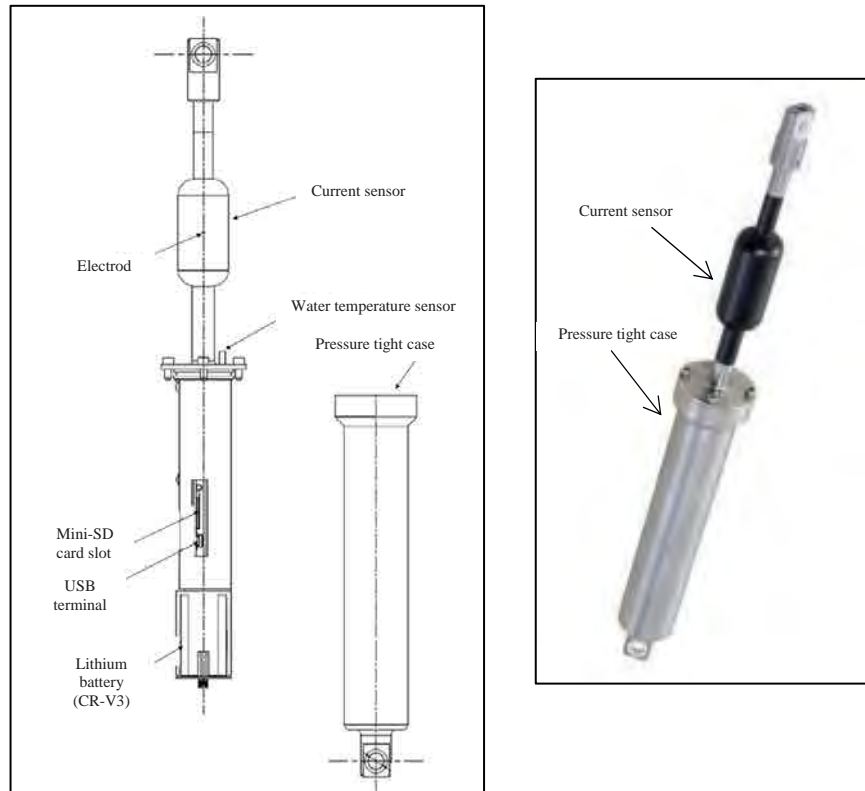


出典：JICA 調査団

図 2.1.10 Removal Work Procedure

2.2 流況観測

流況観測は海底での砂の移動状況を解析するために、一般に流速計を使用して行われる。流速計は下図に示すように、1) Electromagnetic current sensor and 2) Water temperature sensorの2つのセンサーを備える、海底設置型の観測機器である。



出典：JICA 調査団

図 2.2.1 Current Meter の概要

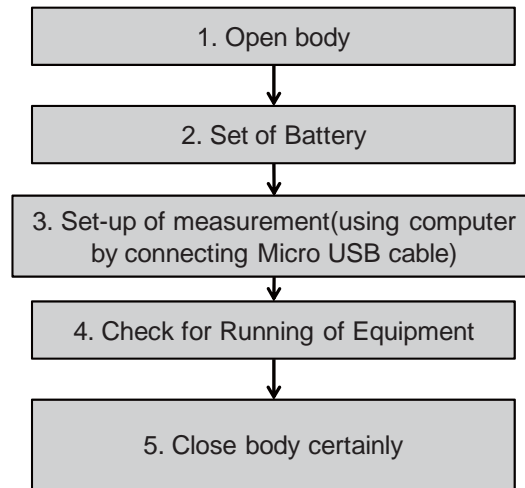
2.2.1 流速計の使用法

本セクションでは流速計の使用法の手順についてその概要を示す。詳細について機器の専用マニュアルを確認のこと。

a. セットアップ

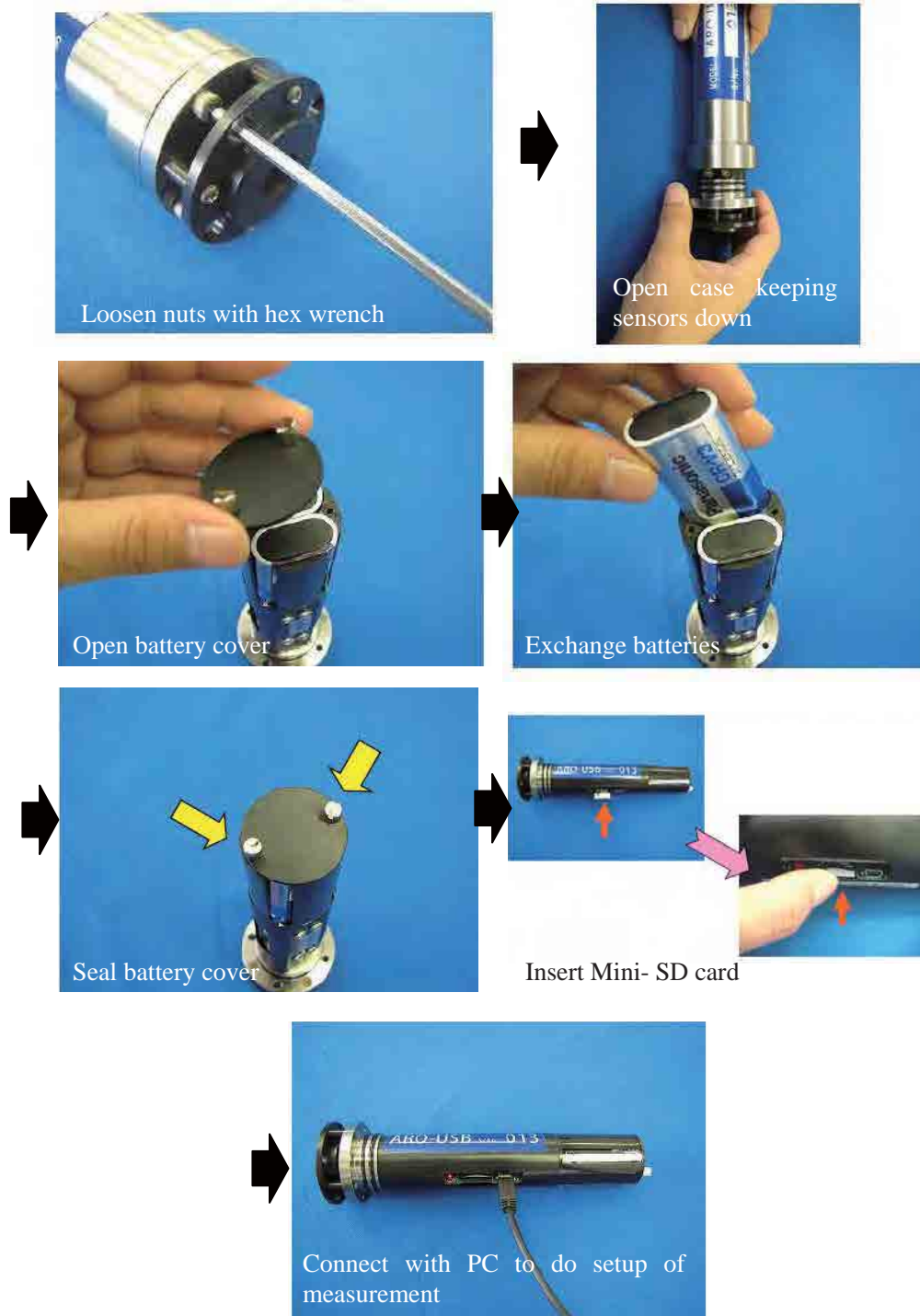
機器のセットアップに関しては以下の留意点がある。セットアップの手順は下図に示すとおりである。

- Open the case keeping the sensor down.
- Careful setting, especially in interval time, starting time, sampling interval, is important so as to avoid failure of measurement (See the manual for how to set up measurement conditions)
- It is necessary to fix all bolts certainly and paste silicon to O-ring to avoid leakage of seawater into the equipment
- After setting, it is necessary to confirm if the measurement is going well by checking the indicator ramp and buzzer.



出典：JICA 調査団

☒ 2.2.2 Setup Procedure



出典：JICA 調査団

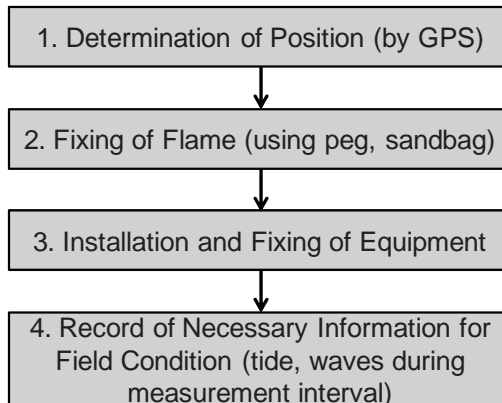
☒ 2.2.3 Setup Procedure

2.3 設置および回収

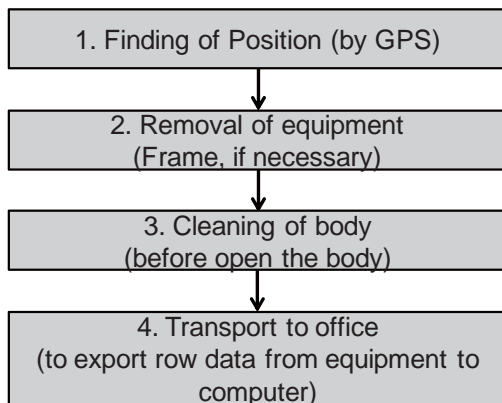
機器の設置および回収に関しては以下の留意点がある。設置・回収の手順は下図に示すとおりである。

- Sensor part shall be carefully handled especially during pull down and pull up between boat and sea bottom.
- Don't damage on the sensor part during cleaning work

<Installation>



<Removal>



出典：JICA 調査団

図 2.3.1 Installation and Removal Procedure

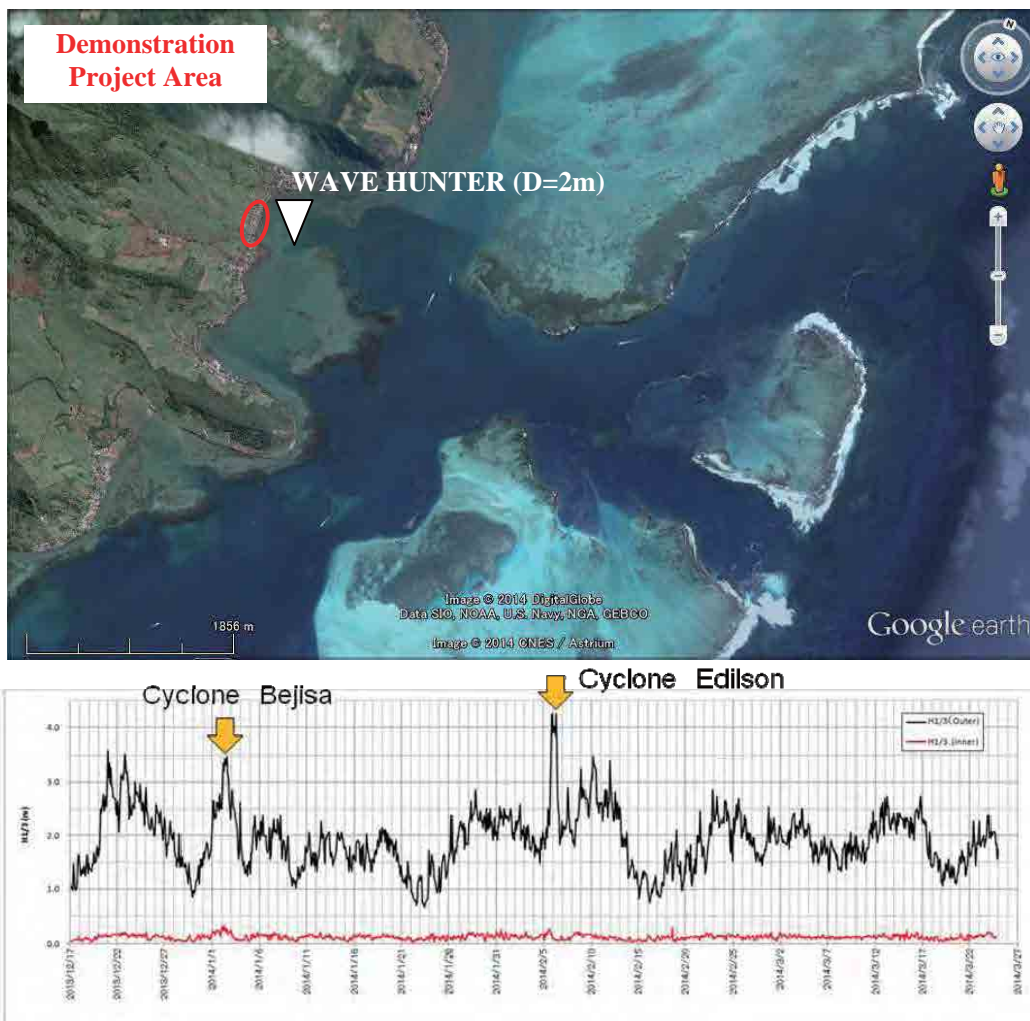
2.4 取得データの解析事例

本セクションではWave Hunterおよび流速計によって観測されたデータの解析事例を示す。

2.4.1 リーフ内外での波高の比較

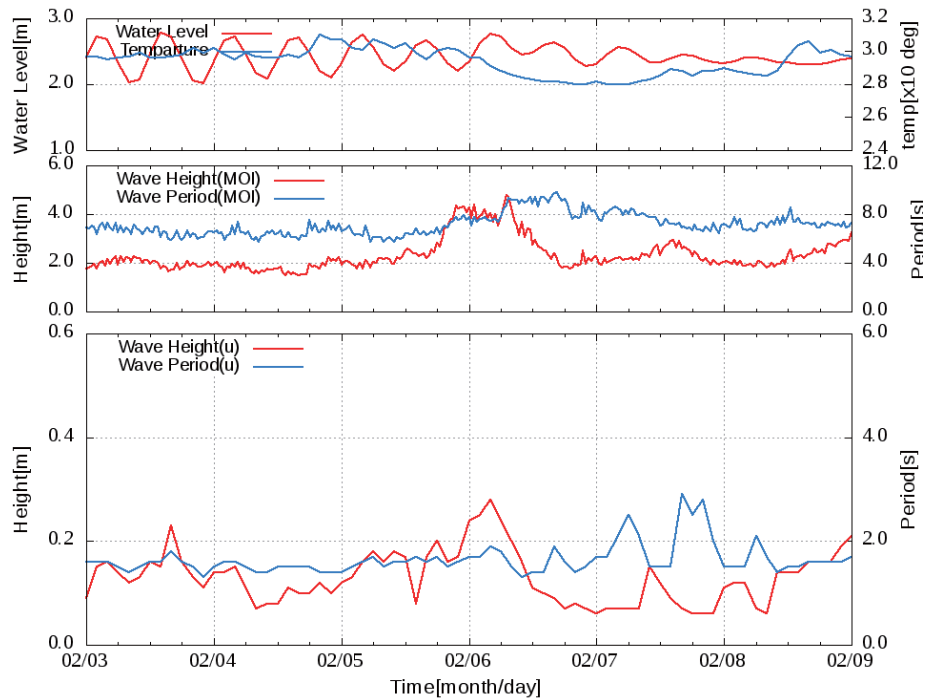
図 2.4.1にGrand SableでのWave Hunterの設置位置を示す。2014年の1月から2月にかけてモーリシャス沿岸に2つのサイクロン(Cyclone BejisaおよびCyclone Edilson)が接近した。この期間におけるリーフ外の有義波高の変化(MOIによって観測)が図 2.4.1の黒線であり、Wave Hunterによって計測されたリーフ内の有義波高は赤線で示してある。リーフ外における波高はサイクロンの接近時に最大で3.5mおよび4.3m程度であった。一方、リーフ内においては顕著な波高変化は見られず、この期間の波高は最大で0.4m程度である。

図 2.4.2にCyclone Edilsonがモーリシャスに接近した期間の、リーフ内外における有義波高・周期の比較を示す。リーフ内の波高はサイクロン接近時にも殆ど変化は見られず、リーフ外の波高の概ね8%程度である。図 2.4.3にリーフ内外の波高比をリーフ内の水深別にプロットした結果を示す。これらには一定の相関が確認されるが、ややデータのばらつきが大きいのは、リーフ内の風波の影響が含まれる為であると考えられる。



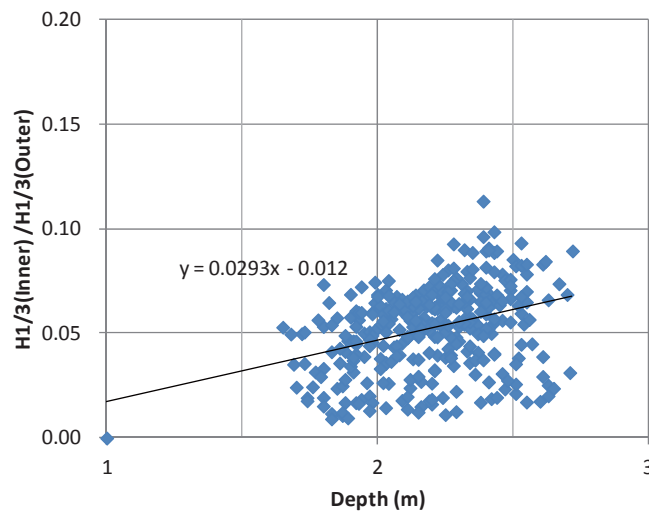
出典：JICA 調査団

図 2.4.1 Grand Sable におけるサイクロン接近時のリーフ内外の波高変化



出典：JICA 調査団

図 2.4.2 Cyclone Edison 接近時のリーフ内外の波高変化

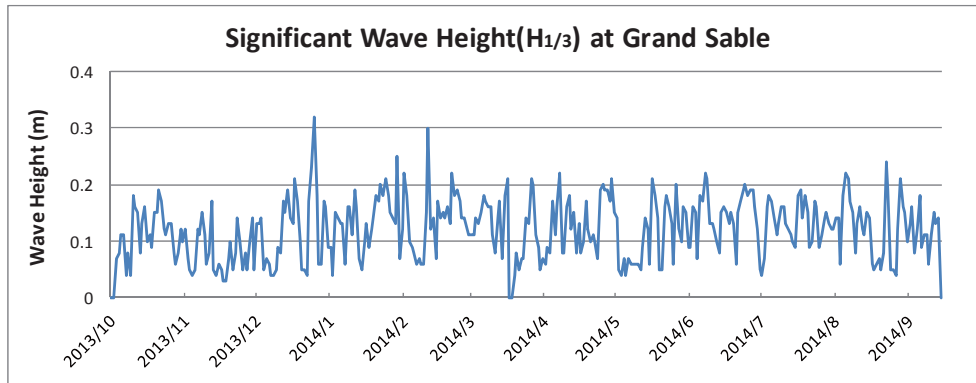


出典：JICA 調査団

図 2.4.3 リーフ内外の波高比とリーフ内の水深の関係

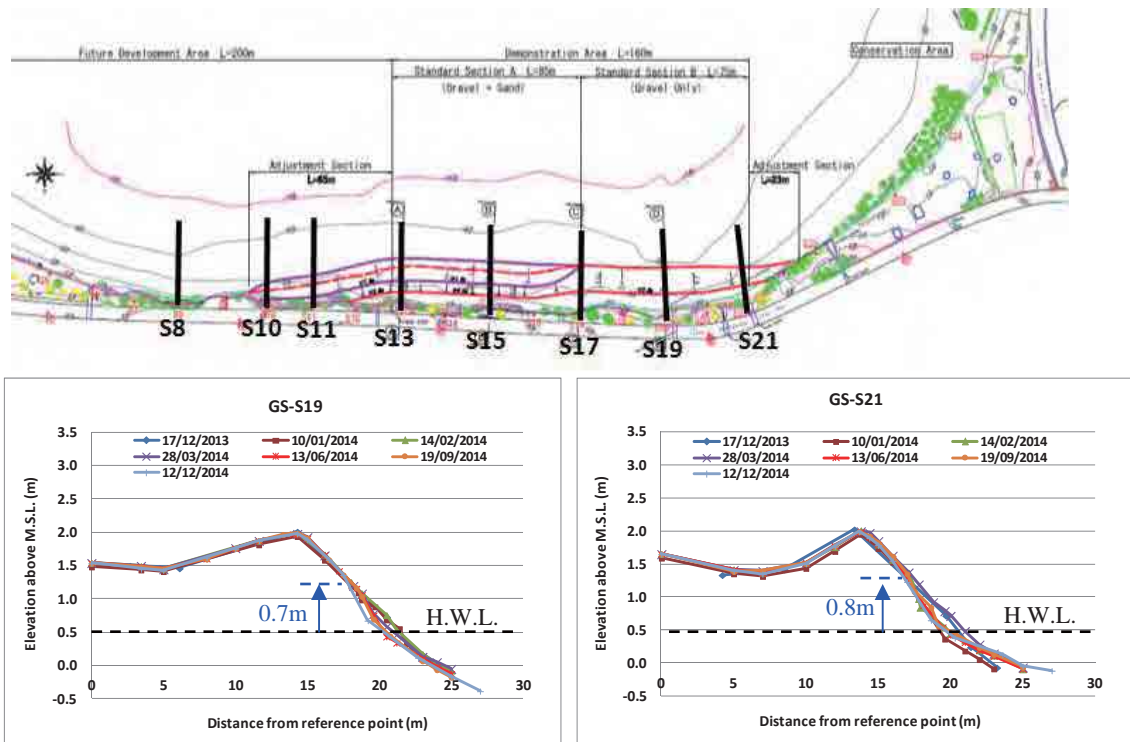
2.4.2 海浜地形変化とリーフ内波高の比較

図 2.4.4にGrand Sableのリーフ内で観測された一年間の有義波高を示す。図より年間の有義波高は最大でも0.4m未満である。図 2.4.5に同期間における海浜地形のモニタリング結果を示す。モニタリング結果より、海浜地形が変化している位置は、最高点でH.W.L.から0.7m~0.8m程度である事が確認できる。以上より、約1年間のデータ蓄積の結果、海浜地形の変化域はリーフ内の有義波高の最大値の概ね2倍程度の範囲までと想定される。



出典：JICA 調査団

図 2.4.4 Grand Sable における有義波高の測定結果(1 年間)



出典：JICA 調査団

図 2.4.5 Grand Sable における海浜地形の変化(1 年間)

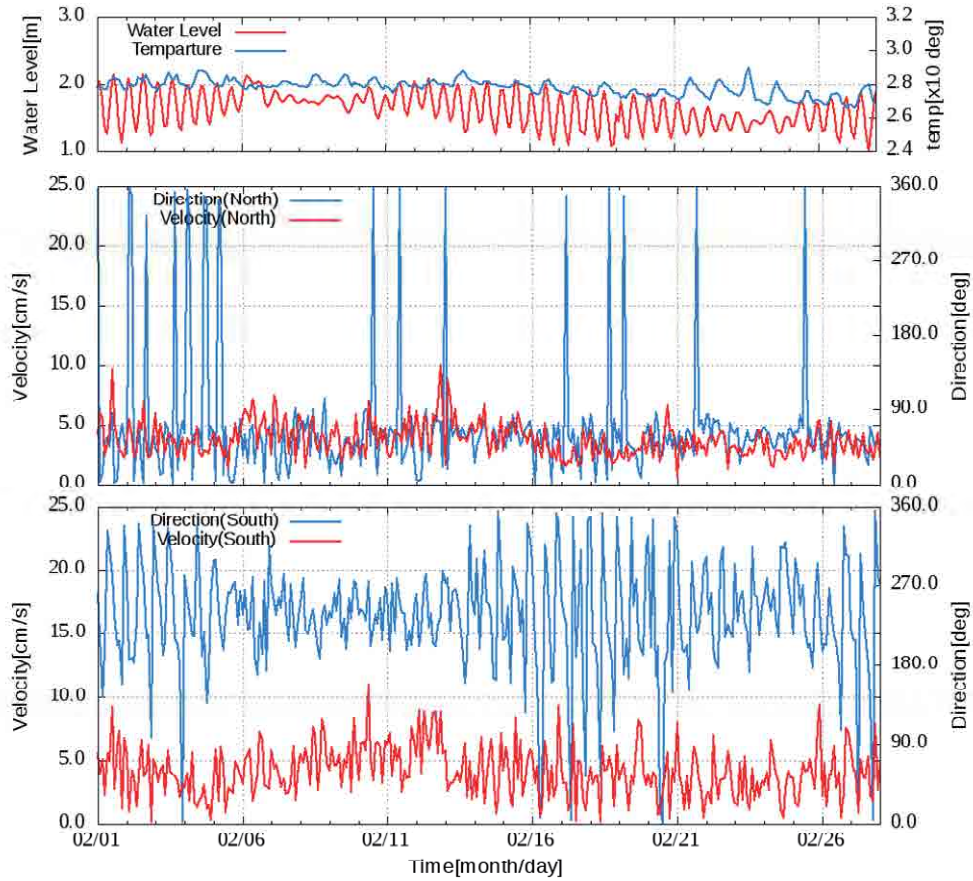
2.4.3 リーフ外の波高とリーフ内の流れの関係

Pte. d'EsnyではWave Hunterおよび流速計(2台)を用いて、2013年2月からリーフ内の流れの観測を行っている。流速計によって計測した、同2月にモーリシャスに接近したサイクロンEdilsonの通過時における流速および流向の変化を図 2.4.6に示す。図より、サイクロン接近時においても流速・流向に大きな変化は見られない。このことから、この規模のサイクロンによる波高に対してはリーフ内の流れはそれほど影響を受けず、むしろ潮汐に連動している事が分かる。

サイクロンEdilsonが来襲した時の流速観測地点の流速ベクトルを図 2.4.7に示す。この結果より、流速のオーダーは10cm/s以下がほとんどであるが、北側に設置した流速計は北向きの流向となっており、沿岸流速が発達していると考えられる。なお、南部に設置し

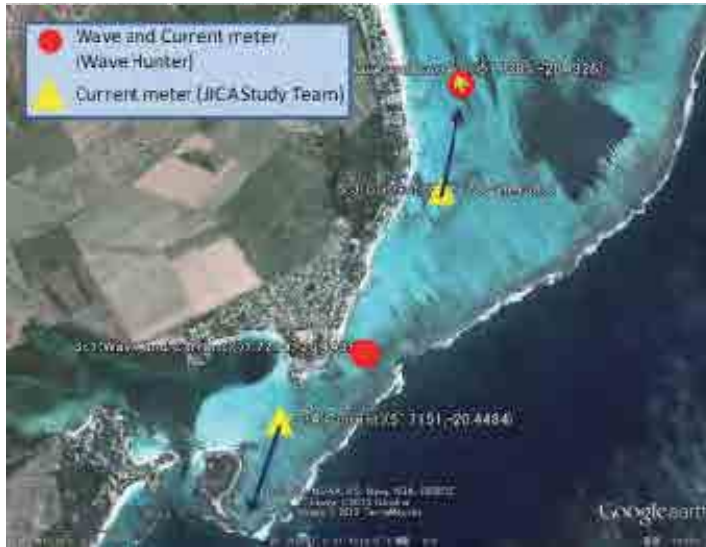
た流速計は、南向き～西向きが卓越する。これは、沿岸に沿う流れでなく、潮汐による影響であると考えられる。

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

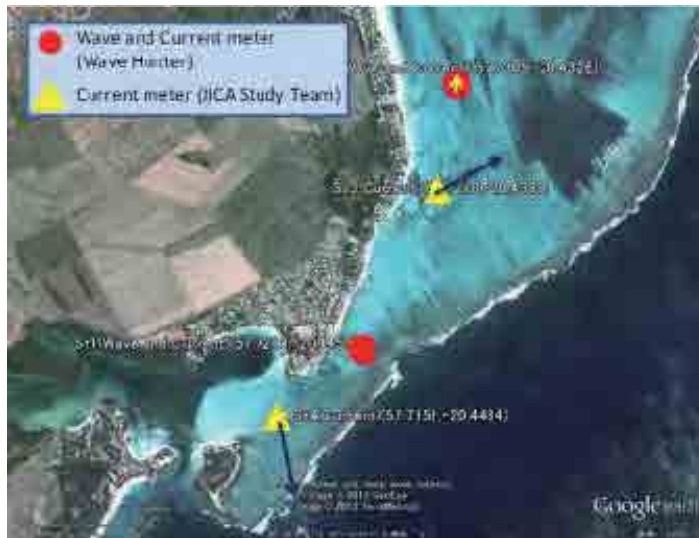


出典：JICA 調査団

図 2.4.6 Pte. d'Esny での流速・流向の観測結果(2014 年 2 月)



2014 2/5 8:00



2014 2/6 12:00



2014 2/7 12:00

出典：JICA 調査団

図 2.4.7 Pte. d'Esny での流速・流向のベクトル図(2014 年 2 月)

3 空中写真判読による汀線変化解析

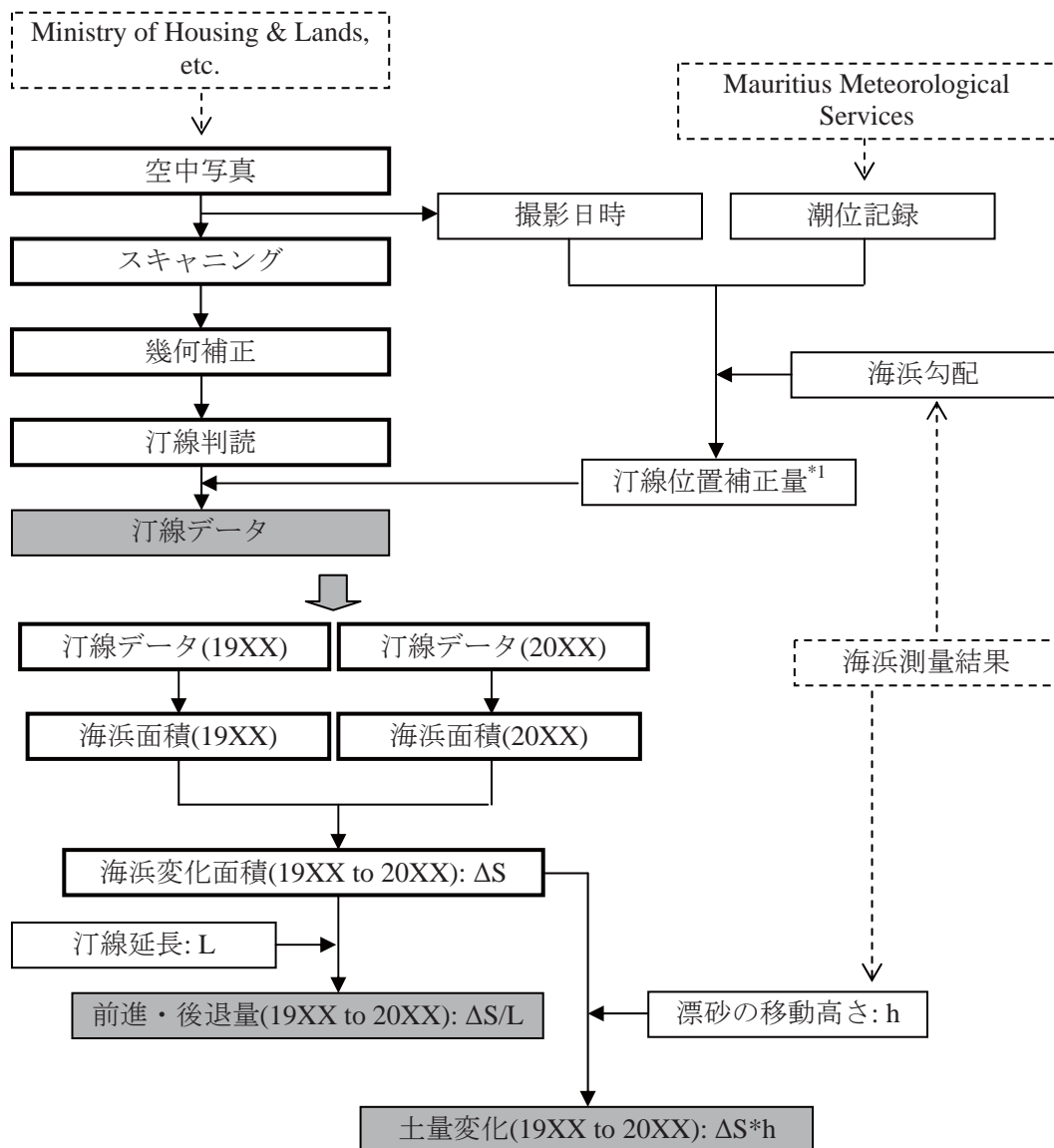
3.1 概要

3.1.1 目的

長期的な海岸の侵食・堆積状況を把握すること。

3.1.2 作業フロー

空中写真判読による汀線変化解析の作業フローを以下に示す。



*1: モーリシャスにおける潮位変動は 0.5m 程度で小さいことから、潮位補正は省略しても良い。

出典: JICA 調査団

図 3.1.1 空中写真判読による汀線変化解析の作業フロー

3.2 空中写真の収集

3.2.1 空中写真の種類

空中写真には、航空機から撮影されたものと人工衛星から撮影されたもの（衛星画像）の2種類がある。人工衛星から撮影されたものは、比較的最近のものである。

3.2.2 航空機による写真撮影及び評価図

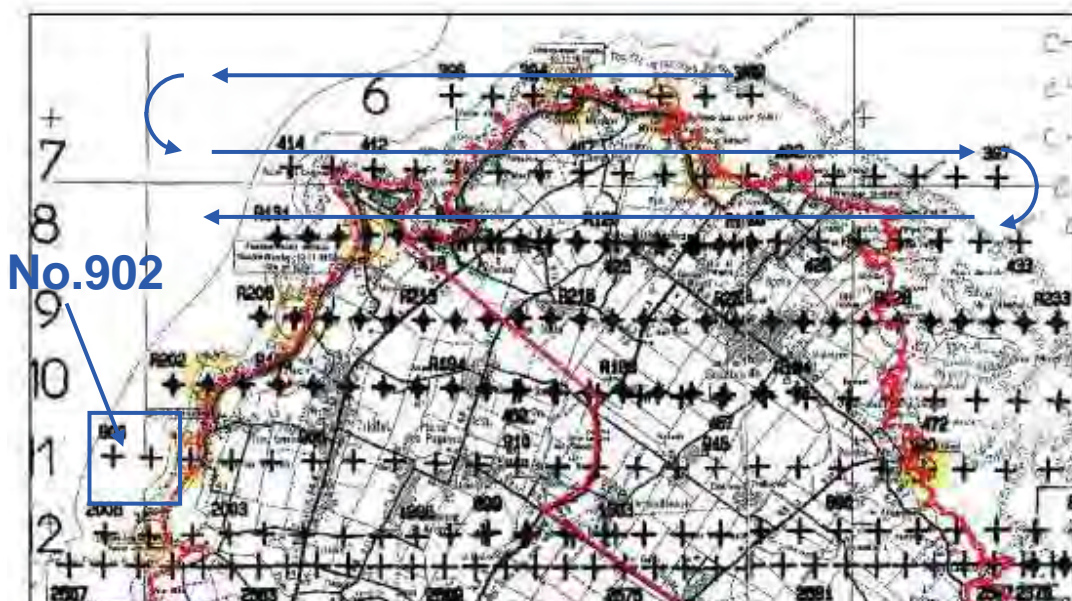
航空機による空中写真撮影は、撮影範囲を決め、その範囲に従って撮影コースと撮影枚数を撮影縮尺と撮影のオーバーラップ（撮影方向：標準は60%以上、コース間方向：標準は30%以上）などを考慮して撮影計画を作成する。撮影計画が作成されると標定図（図3.2.2を参照）が作成され、各種の準備や調達、認可を経て撮影が開始される。

通常、標定図は空中写真とともに保管されている。まずは標定図を収集し、空中写真を収集する範囲の写真番号を記録する。



出典：国土地理院ホームページ

図 3.2.1 航空機による写真撮影



出典： Ministry of Housing and Lands in Mauritius からの資料をベースに JICA 調査団で加工

図 3.2.2 標定図の例

3.2.3 縮尺及び撮影日時の確認

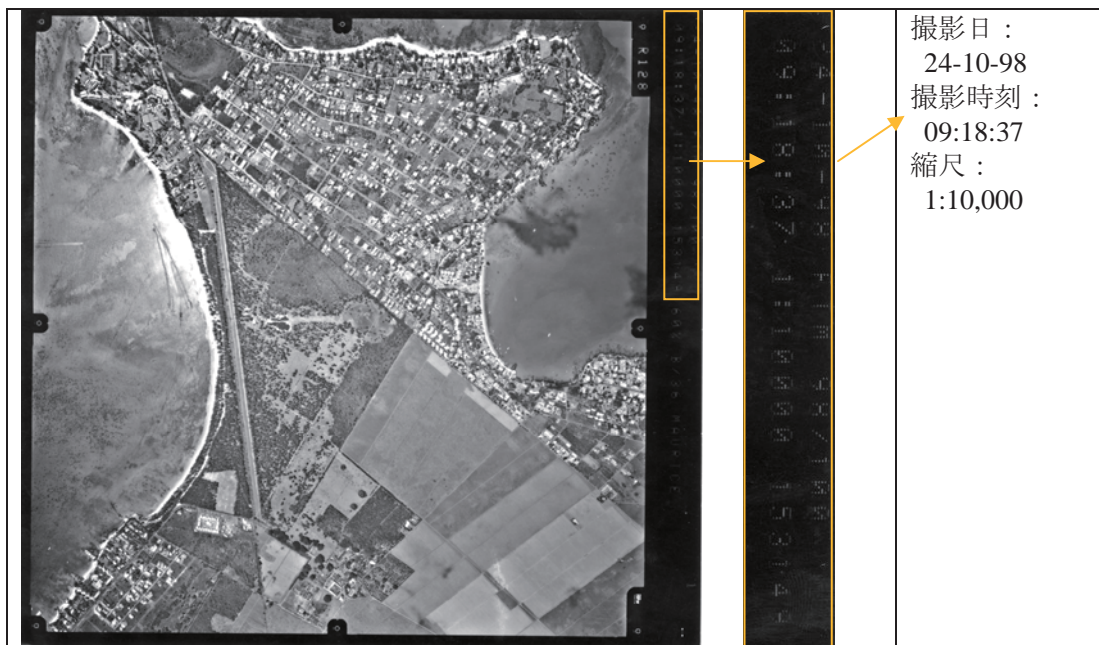
a. 縮尺（撮影高度）

航空機から撮影された旧年代の空中写真では、縮尺（撮影高度）や輝度の問題で汀線位置を読み取ることが困難な場合があるので、留意する必要がある。10,000分の1程度の解像度の空中写真を選択することが望ましい。

b. 撮影日時

潮汐の状況により汀線位置は変化するので、撮影時刻の潮位データをもとに汀線位置を補正する必要がある。したがって、空中写真は長期的な汀線変化を解析するためのものであるが、撮影時刻まで把握する必要がある。

ただし、モーリシャスの場合、潮位変動は50cm程度であるので、汀線位置の読み取り精度を考慮すると、潮汐の影響は無視してもよい。



出典：Ministry of Housing and Lands in Mauritius からの資料をベースに JICA 調査団で加工

図 3.2.3 空中写真

3.2.4 スキャニング

アナログ印刷された空中写真は、スキャナでデジタル化する必要がある。解像度は、600dpi以上とすることが望ましい。また、撮影日時の書かれた余白を含めてスキャニングする必要がある。

3.3 幾何補正

3.3.1 幾何補正の目的

スキャナでデジタル化した空中写真には座標系が定義されていない。参照データの座標系に一致するように画像データを幾何学的に補正すること及び座標系を付与することにより、GISソフトウェア上で年代の異なる空中写真を正確に重ねることができる。

3.3.2 参照データ

2008年の衛星画像（オルソ画像、Ministry of Housing & Landsより入手可能）を参照データとする。これは、歪みのない画像に変換され、正しい位置情報が付与されたものである。

3.3.3 補正方法

画像データは撮影状況により、補正の方法（変換方法）を選択する必要がある。GISソフトウェアで提供されている変換方法は、主に次のとおりである。

- (1)アフィン
- (2)アジャスト
- (3)スプライン
- (4)射影変換

どの変換を利用するかは、空中写真の撮影高度により選択することが判断基準となる。低高度で撮影した航空写真ではアフィン変換を用い、高高度の撮影した航空写真及びGoogleの衛星画像の場合には、射影変換により行うことが望ましい。

3.3.4 参照地点数

参照とする2008年の衛星画像は直角座標で作成されているので、寄与する画像には理論上4点以上あればよい。ただし、汀線をより精度のよいデータとして作成するためには、海岸線に沿って均等な間隔で参照地点を追加することが望ましい。



(1)幾何補正する空中写真

(2)参照するデータ（衛星画像）

出典：Ministry of Housing and Lands in Mauritius からの資料をベースに JICA 調査団で加工

図 3.3.1 参照位置のイメージ

3.3.5 参照位置

参照する地点は、地表に近いものを選択する。道路や海岸の岩礁など、特に明確な道路の白線が良い(下図の+の地点)。建物は、写真が斜めになるため不適切である。



(1)幾何補正する空中写真

(2)参照するデータ(衛星画像)

出典: Ministry of Housing and Lands in Mauritius からの資料をベースに JICA 調査団で加工

図 3.3.2 参照位置

3.3.6 検証

幾何補正された画像上で、設定した位置に正しく変換されているかを検証する必要がある。参照画像と座標が付与された画像を比較する方法として、2つの画像を透過機能で重ねて表示し、選択した地点や道路の位置、海岸構造物などが正しく重なっているかを確認する。また、ArcGISでは、比較テーブル(リンクテーブルと呼ばれる)で座標が付与されたデータ(場所)の誤差表を表示することができる(図 3.3.3を参照)。誤差の大きい個所は加除修正を行って、できるだけ設定した位置に座標データが付与されるようにする。

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
1	3413.559371	-4334.087307	547562.348225	7768704.248501	8.26549e-009	-1.17347e-007	1.17637e-007
2	3101.854976	-4069.182722	547271.836197	7768963.854994	5.18048e-008	-1.11759e-008	5.29966e-008
3	5303.935827	-4044.164582	549342.040686	7768929.831084	3.95812e-009	5.30854e-008	5.32327e-008
4	5266.563363	-3035.753365	549317.108837	7769877.953686	-5.69271e-008	6.89179e-008	8.93889e-008
5	4818.418948	-2807.718815	548905.400450	7770106.105745	1.28057e-008	2.8871e-008	3.15835e-008
6	3892.859979	-2928.266156	548027.276572	7770017.020714	3.32948e-008	-7.17118e-008	7.90641e-008
7	3104.187815	-3512.654611	547277.326056	7769485.237621	4.13274e-008	-9.31323e-010	4.13379e-008
8	2732.102359	-3471.976000	546927.349149	7769535.234322	2.30502e-008	-5.58794e-009	2.37179e-008
9	1994.571668	-3961.058490	546236.485643	7769097.081414	3.58559e-008	-1.1269e-007	1.18257e-007
10	1853.287375	-3959.796649	546107.403251	7769105.262693	5.58794e-008	2.79397e-009	5.59492e-008
11	1948.608760	-3776.812878	546195.579251	7769273.433415	2.32831e-009	-1.86265e-008	1.87714e-008
12	1701.439118	-3825.267730	545965.594426	7769234.345085	1.16415e-009	1.76951e-008	1.77334e-008
13	1480.191172	-3840.194379	545762.880529	7769225.254775	2.34111e-007	-1.95578e-008	2.34927e-007
14	1491.316942	-3977.234398	545767.425684	7769100.717538	2.23517e-008	-2.79397e-009	2.25257e-008
15	1487.887093	-4290.467074	545761.971498	7768811.645703	2.78233e-008	-2.04891e-008	3.45534e-008
16	1511.594349	-4067.897615	545785.606302	7769021.631847	3.01516e-008	-4.09782e-008	5.08756e-008
17	4112.702367	-2886.192462	548236.595090	7770049.818738	2.32831e-010	-2.32831e-008	2.32842e-008
18	4739.554199	-2598.828228	548840.222716	7770301.839626	-1.6368e-007	9.31323e-009	1.63945e-007
19	4849.830300	-2673.725636	548941.562085	7770231.926055	1.18045e-007	1.76951e-008	1.19364e-007
20	1193.729492	-4239.710938	545490.283398	7768866.209605	3.57395e-008	5.58794e-009	3.61737e-008
21	1157.699219	-4164.872070	545454.701561	7768935.685422	5.52973e-008	4.65661e-009	5.5493e-008

出典: JICA 調査団加工

図 3.3.3 ArcGIS のリンクテーブルの例

3.4 汀線判読

3.4.1 ソフトウェア

GISソフトを利用して、汀線データを作成する。GISソフトウェアとしては、ArcGISまたはQGIS（フリーソフト）等を用いる。

3.4.2 汀線の読み取り

a. ラスターデータの取り込み

幾何補正した空中写真のラスターデータをGISソフトウェアに取り込む。

b. 汀線の読み取り

新しいシェープファイルを作成し、空中写真から汀線（水際線）を判読して、マウスでなぞって汀線データを作成する。



出典：Ministry of Housing and Lands in Mauritius からの資料をベースに JICA 調査団で加工

図 3.4.1 汀線の読取例(赤線)

3.5 解析

3.5.1 解析条件の整理

a. 潮位補正

平均潮位を基準として、汀線位置を補正する(3.5.2を参照)。

例えば、平均潮位がCDL+0.3mで、空中写真の撮影時刻における潮位がCDL+0.8mであったとする。この場合、海浜勾配 $\tan \theta$ が $1/10^{*1}$ だとすると、汀線位置を沖側に $(0.8-0.3)*10=5\text{m}$ 補正する。逆に、空中写真の空中写真の撮影時刻における潮位が平均潮位よりも低く、例えば、CDL+0.1mであったとすると、 $(0.3-0.1)*10=2\text{m}$ 、岸側に補正する。

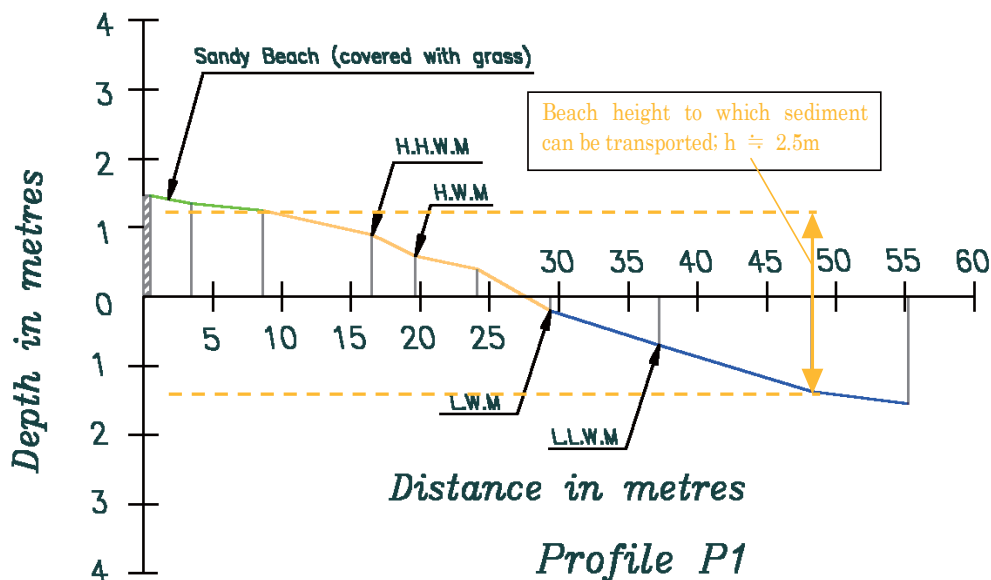
ただし、空中写真の解像度の問題などから、読み取り誤差が数mある可能性を踏まえると、モーリシャスにおける潮位変動は0.5m程度で補正量が読み取り誤差と同程度であるので、潮位補正は省略しても良い。

*1: 現地における実際の測量結果等から解析範囲の平均的な海浜勾配を事前に調べておく。

b. 漂砂の移動高さ

土量変化を見積もるためには、漂砂の鉛直方向の移動高さを設定する必要がある。漂砂の移動高さは、基本的には移動限界水深から遡上高さまでの鉛直距離である。

実際には、断面測量結果をもとに、漂砂の移動高さを推定する。Pointe d'Esnyにおける断面測量結果を図 3.5.1に示す。この図より、漂砂の移動高さは2.5m程度と推定される。



出典：JICA 調査団

図 3.5.1 Pointe d'Esny (Baird, 2003)の断面地形

c. 解析ブロック

各海岸について、岩礁となっている岬、河口部、突堤、汀線変化の変曲点などを区切りとして、解析範囲を細分化する。また、各解析ブロックの汀線の延長:Lを整理する。

図 3.5.2は、モーリシャス島西部のPointe aux Sables周辺を細分化した一例である (Sub Cell が解析ブロック)。



出典：Ministry of Housing and Lands in Mauritius からの資料をベースに JICA 調査団で加工

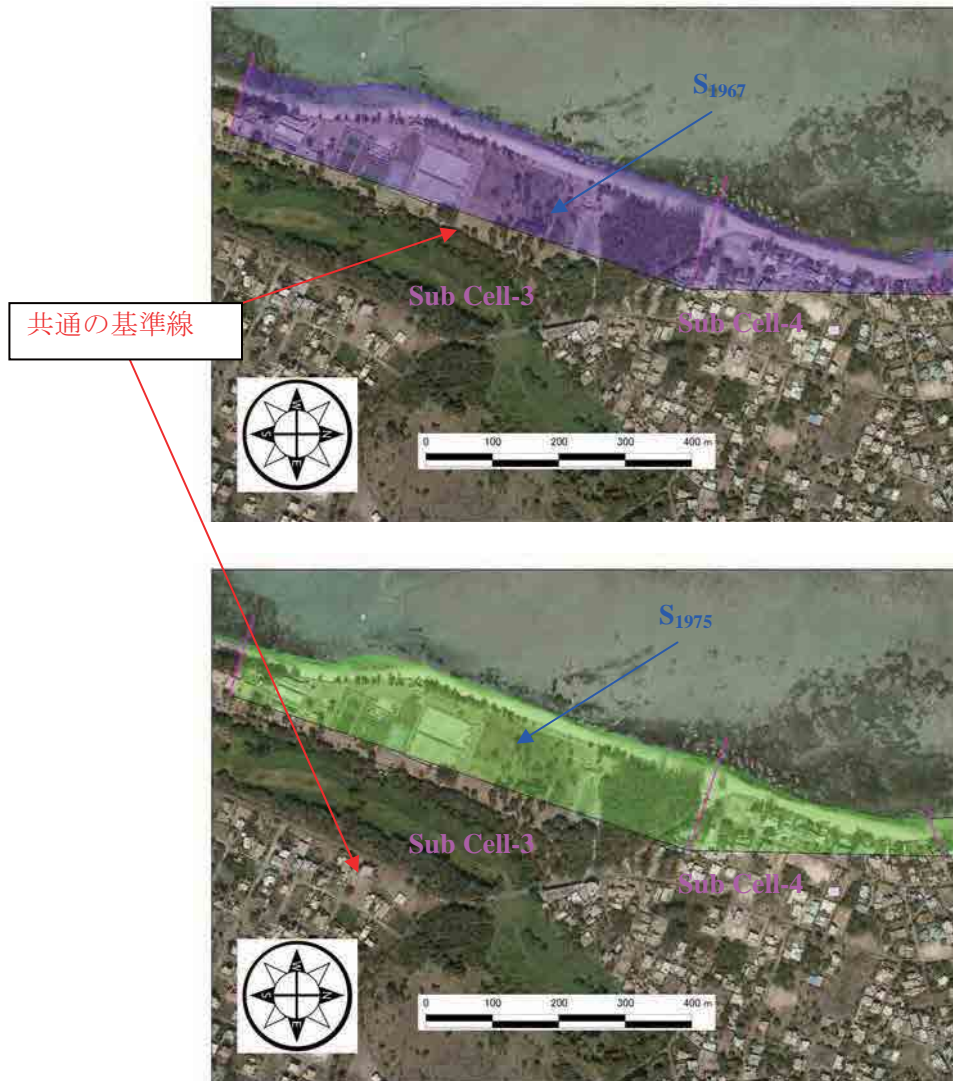
図 3.5.2 解析範囲の一例 (Pointe aux Sables)

3.5.2 海浜面積

陸側に基準線を設け、それと各年次の汀線の範囲Sを求積する (図 3.5.3を参照)。ここで、潮位補正を行う場合には、海浜面積を補正する。

$$S + L * dT / \tan \theta \quad \text{or} \quad S - L * dT / \tan \theta$$

ここで、dTは潮位補正量、 $\tan \theta$ は海浜勾配。



出典：Ministry of Housing and Lands in Mauritius からの資料をベースに JICA 調査団で加工

図 3.5.3 Albion における 1967 年の汀線(写真は 2008 年)

3.5.3 平均的な汀線変化量

解析ブロック毎の平均的な汀線の前進量または後退量を解析する。

異なる時期の海浜面積の変化量 dS (図 3.5.3では $dS=S_{1975}-S_{1967}$) を汀線の長さ L (3.5.1c参照) で除して、汀線の汀線の前進量または後退量を計算する。

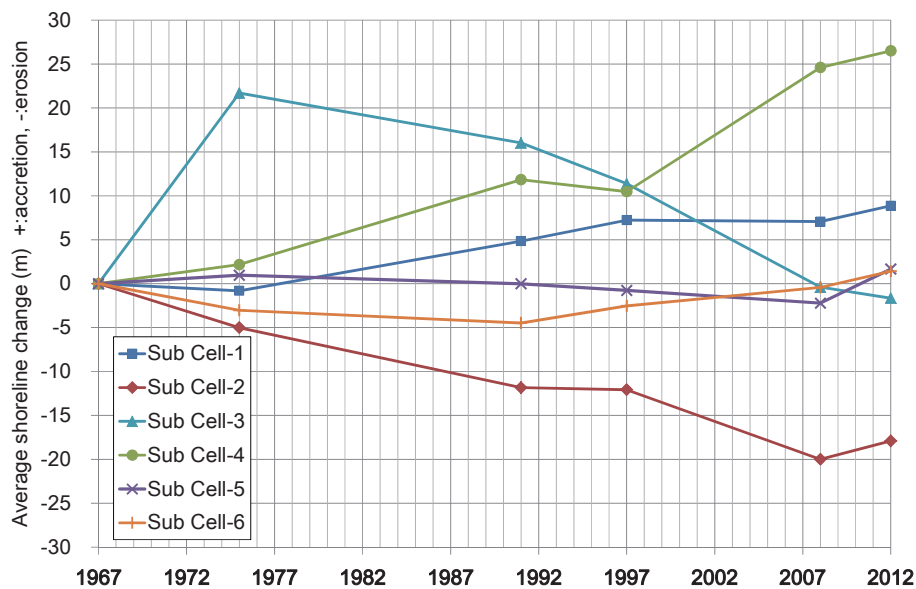
3.5.4 土量変化 (土砂収支)

面積変化量 dS に海岸の高さ h (3.5.1bを参照) を掛けて、土砂量の変化 $dV (=dS \times h)$ を算定する。

3.5.5 とりまとめ

一連の海岸における汀線変化量及び土量変化量を各ブロック (Sub Cell) で並べて比較する。

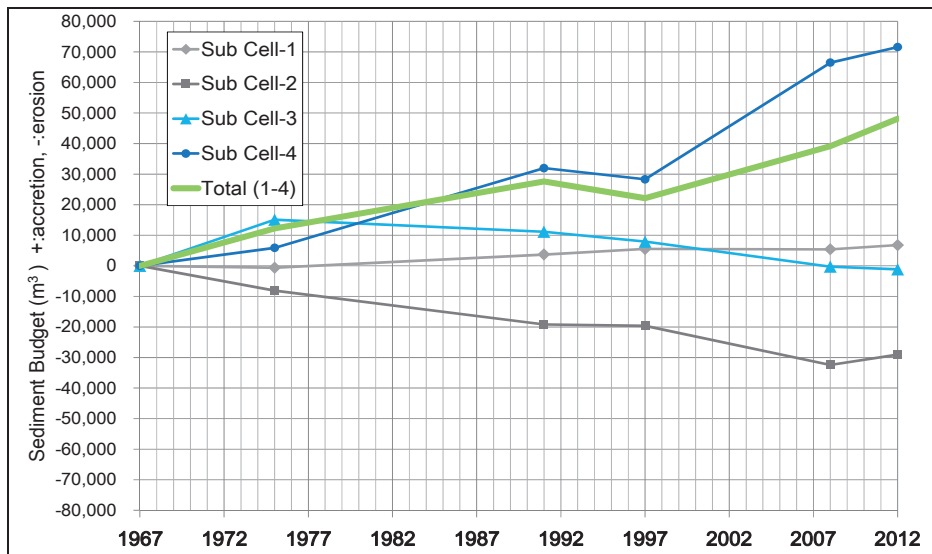
一例として、図 3.5.2に示したPointe aux Sables周辺の海岸について、1967年を基準とした汀線の前進・後退量の区間平均を整理した結果を図 3.5.4に示す。また、土砂収支解析結果を図 3.5.5に示す。



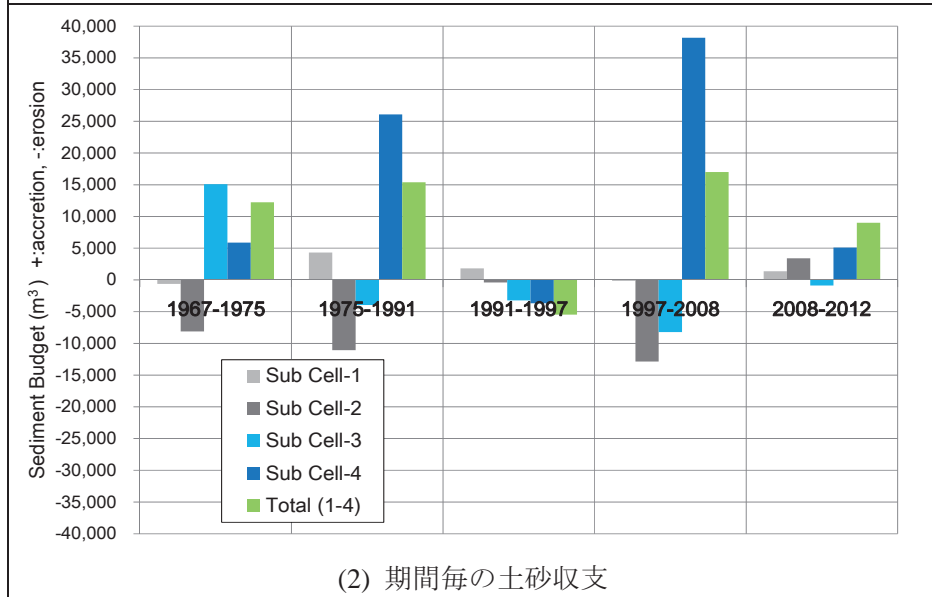
出典：JICA 調査団

(1967年を基準とする)

図 3.5.4 汀線変化の解析結果の一例(Pointe aux Sables 周辺, 図 3.5.2を参照)



(1) 土砂量の変化 (1967年を0とする)



(2) 期間毎の土砂収支

出典：JICA 調査団

図 3.5.5 Pointe aux Sables (図 3.5.2を参照)の土砂収支

Chapter III

リーフ環境保全ガイドライン
*Reef Environment Conservation
Guideline*

Ⅲ. リーフ環境保全ガイドライン

1 ガイドラインの目的および概要

Vol. Iの6.4のリーフ環境保全計画の基本方針に述べたように、リーフ環境保全計画の骨子は、次のとおりである。

1. 現況把握のためのモニタリングとその解析
2. サンゴ・海草藻場保全及び水質環境保全のための人的活動の制御
3. サンゴ礁再生へ向けてのサンゴの移植／増殖及び海草藻場増殖

Vol. Iの6.4では、概要を述べ、各方法については詳しく述べなかった。このリーフ環境ガイドラインでは特に現況把握のためのモニタリング方法及びサンゴ礁再生へ向けてのサンゴの移植方法について更に詳しく述べる。

サンゴ礁のモニタリング方法としては、簡便かつ広域的なモニタリングに適しているスポットチェック法を提案した。水質に関しては、現在のモーリシャス礁湖内の富栄養化に対応するための水質モニタリング方法を提案した。また、サンゴ礁再生に向けては、最も簡便な無性生殖を利用した直接移植法を提案した。

一方、ライントランゼクト法による長期モニタリング調査はAFRC, MOFにより1998年より12地点で実施されている。その成果により、長期的なサンゴの劣化状況が明らかになった。各調査法は、それぞれ特徴を有しており、目的に対応した調査法を選択する必要がある。今回提案したスポットチェック法は、サンゴ被度、サンゴの死亡要因、稚サンゴの加入等の関係を解析するために行うもので対象とする13海岸及び新しく付加される調査地点において実施する。ライントランゼクト法に関しては、「モ」国での調査の経験の有しており、必要であれば「モ」国でそのガイドラインを取りまとめることを提案する。

2 スポットチェック法

2.1 概要

このスポットチェック法は環境省の「モニタリングサイト1000」プロジェクトで採用されているスポットチェック法（第4版、環境省2009）をモーリシャス用に一部改変したものである（英文ウェブサイトは無し）。

スポットチェック法は、15分間のスノーケリングによって海底表面の状況を目視把握するサンゴ礁調査の手法である。本手法の長所として、

1. 少人数体制（3名）、
2. 少労力（1地点の観察時間は15分、調査後の被度等の集計は簡単）、
3. 特殊能力の不要（SCUBA技術やサンゴの専門的知識を必要としない）、
4. 幅広い観察域（1地点の観察範囲はおおよそ50m四方、約2,500m²）幅広い情報収集力（サンゴのみならず、様々なサンゴ礁の情報を幅広く収集できる）が挙げられる。

逆に短所は、情報の認識が目視観察という主観的な方法によるため、ライントランゼクト方など、他の客観的手法に比べるとデータの精度はやや粗い。したがって、本手法

には長短あるものの、簡便性や幅広い情報収集性から広域なサンゴ礁のモニタリングには最適であると考えられている。

2.2 目的および調査手法

このスポットチェック法（以下SC法）の主な目的は、現時点での生きたサンゴの被度（観察した海底の面積に対する生きたサンゴの面積の百分率）を測定することである。同時にサンゴの白化現象、オニヒトデやサンゴ食巻貝の有無、サイクロンや人の踏みつけ等による破壊状況、サンゴの病気等の死亡要因についてもその都度記録する。

2.3 調査範囲

このSC法は基本的にはスノーケリングにより15分間調査海域を遊泳し、サンゴの被度について直接観察する方法である。これまでの経験により、15分間の遊泳でほぼ 50m x 50mの範囲、面積的には約2,500m²に相当することがわかっている。

2.4 調査頻度

SC法によるモニタリング調査は年1回とし、初秋に実施することが望ましい。観察事項のうちの白化現象は海水温の最も高くなる晩夏に発生し、その影響が顕著になるのは少し遅れて初秋になる。また、オニヒトデやサンゴ食巻貝の活動も夏期にそのピークを迎える。これらの調査項目を考慮すると、補足的なSC法によるモニタリング調査は水温がまだ高い晩夏に行うことが望ましい。

2.5 調査

2.5.1 モニタリング位置

調査地点としては、13の優先海岸で行い、表 2.5.1に示した緯度、経度で行われることが望ましい。また、調査地点が海草藻場であった地点は、近隣の生きたサンゴの分布する地点へ調査地点を変更する必要がある。そのため事前に衛星画像で調査地点の緯度経度を割り出しておくことが重要である。

表 2.5.1 選定海岸でのサンゴ・海草のモニタリング地点の緯度経度

No.*	Name of Beach	Latitude	Longitude	Remarks
	Baie du Tombeau	20° 06' 31.46"S	57° 30' 35.68"E	
14	Mon Choisy	20° 00' 57.18"S	57° 33' 22.19"E	Seagrass bed
15	Pointe aux Cannoniers	20° 00' 07.75"S	57° 24' 10.09"E	
35	Bras d'Eau	20° 08' 32.89"S	57° 44' 49.63"E	Seagrass bed
44	Q. Cocos	20° 14' 03.50"S	57° 48' 22.68"E	
	Ile aux Cerfs (Rock reef)	20° 15' 50.18"S	57° 48' 25.89"E	Rock reef
	Pte. d'Esny (Back reef)	20° 26' 47.81"S	57° 43' 13.90"E	
70	Bel Ombre	20° 30' 22.55"S	57° 24' 05.05"E	Seagrass bed
75	P. G. Le Morne (near Berjaya Hotel)	20° 27' 01.46"S	57° 18' 29.77"E	
82	Flic en Flac	20° 16' 41.98"S	57° 21' 54.05"E	
84	P. G. Albion (Back reef)	20° 12' 44.44"S	57° 24' 00.39"E	
89	Pointe aux Sables (near Fisheies Post)	20° 09' 42.63"S	57° 28' 01.89"E	
48	Grand Sable	20° 19' 13.35"S	57° 46' 18.02"E	

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

出典： JICA 調査団

SC法の対象としては通常は礁湖内のサンゴ群集を対象としている。もし、将来前礁や背礁でのSC法による調査が必要になった場合は、新たな調査地点として従来の調査地点に付け加える。もし、礁湖内の海草藻場の機能的役割についての解析を行う場合は、海草藻場でのSC法による調査も行う必要がある。

調査に際しては、使用可能な船舶があれば船舶を利用し、GPSを用いて調査地点の正確な位置を記録する。船舶が無い場合は、近くのビーチからのエントリーとし、GPSを用いてその場所の緯度経度を記録する。調査後にGoogle Earthを利用して、エントリー場所の緯度経度から、実際に調査を行った地点の緯度経度を調べる。

上記に、13の選定海岸の緯度経度(表 2.5.1)を示したが、その他の地点においても必要に応じて新たに調査地点を設ける。

2.5.2 現場作業

表 2.5.2 SC法の調査結果を記入するためのチェックシート

Check sheet of monitoring by the spot check method

Area : _____ Year : _____ Observer : _____

Study sites				Date and Time	Method	Corals					Acanthaster panci			Snails		Fishes 30 c
No.	Name of area latitude, longitude	Type of Bottom	Depth of observation			Coverage	% of Bleaching (% dead)	Growth form	Juvenile of Acropora	Tabular type Acropora	No. fr 15 minutes	Size of mode	Feeding rate	Feeding rank	Rank	
①		②	③	④	⑤	⑥ Total () Acropora ()	⑧	⑨	⑩	⑫ <20 20-30 30< cm	⑬	1:NO 2: little 3: mediam 4: large	⑭	⑮		
Remarks																
Study sites				Date and Time	Method	Corals					Acanthaster panci			Snails		Fishes 30 c
No.	Name of area latitude, longitude	Type of Bottom	Depth of observation			Coverage	% of Bleaching (% dead)	Growth form	Juvenile of Acropora	Tabular type Acropora	No. fr 15 minutes	Size of mode	Feeding rate	Feeding rank	Rank	
						Total () Acropora ()				<20 20-30 30< cm		1:NO 2: little 3: mediam 4: large				

出典： JICA 調査団

SC法は、非常に簡単で、観察者は水中ノート(表 2.5.2)上の各項目を記録するのみである。(英文のSC法マニュアルは電子ファイルとしてC/Pにすでに手渡し済み)。

現場で調査を開始する前に、その海域名(「モ」国の場合は礁湖名を記すとよい)、調査年度、観察者の名前をチェックシートの上部に記す(表 2.5.2)。次いで調査地点名を①に書いて、同じくGPSにより測定した緯度経度をこの欄に記入する。

以降は、観察をしながら記入して行く。②は海底の底質、例えばサンゴ礁(前礁、背礁、岸礁)、岩礁、砂、砂泥等を記入する。③は観察した海域の水深(3m、2~5m等)、④は調査した日時、⑤にはスノーケリングかSCUBAかを記す。⑥には最も重要な項目である生きたサンゴの被度を記入する。

⑦、⑧はサンゴの白化に関する項目で、白化の結果サンゴ全体の何%が死んだか、またミドリイシ属のサンゴは何%が死滅したかを記入する。⑨は優占するサンゴの生育型を記録するものである。卓状、枝状、塊状、芝草状等と記入する。⑩には直径5cm以下の稚サンゴの密度を記入する。できれば1x1mの方形枠を用い、10回測定することが望ましい。⑪にはテーブル状サンゴ(「モ」礁湖内において優占するのはハナバチミドリイシ)の最大直径を測定し上位から5群体の直径を記す。⑫には15分間の遊泳中に観察したオニヒトデの個体数を記入する。オニヒトデは夜行性で、調査を行う昼間はサンゴの陰に隠れていることが多く、正確な値を得るにはある程度の経験を要する。その横の欄には観

察されたオニヒトデの直径を20cm以下、20～30cm、30cm以上のサイズクラスに分けて、その観察数を記入する。⑬にはオニヒトデに被食されたと思われるサンゴの%を記入する。オニヒトデにより補食されたサンゴは白い骨格がむき出しとなるため、ホワイト・シンドローム (WS) 等サンゴの病気と良く似ているので注意を要する。⑭はすぐ前の欄に示された、サンゴ食巻貝に捕食されたサンゴの%、⑮には体長が30 cm以上の魚類について、その数を記録する。チョウチョウウオ科、モンガラカワハギ科の魚類は、モーリシャスのAFRC (MOF)では調査対象種となっているので、これについても目撃数を記入する。⑯の備考欄には、海草や大型海藻等のほかに、サンゴの病気や、サイクロンや波浪、ダイバーに破壊されたサンゴの状況を記す。さらに、4.3.a 及び図 4.3.1に示す透視度や海底へのシルト分の堆積状況もこの欄に記録する。

ある程度SC法が習得できた段階で、備考欄に以下の表 (表 2.5.3) を準備し、15分の観察時間を5分毎に区分した観察を行うことが望ましい。

表 2.5.3 それぞれのカテゴリーの被度

	5分	5分	5分
サンゴの被度 (%)			
ソフトコーラルの被度			
大型海藻の被度			

出典：JICA 調査団

3 データ解析

3.1 サンゴの被度

このモニタリング調査の結果得られる最も重要な指標は、生きたサンゴの被度である。この被度を指標にしてサンゴ礁の健康度が評価されるが、最新の評価基準は以下のようになっている (表 3.1.1)。

今回の基礎調査 (Vol.1, 2.6.2 a.2) で得られた値を例にとると、平均被度は27.2%であったため、モーリシャスのサンゴ礁の現在の状態としては“不良”と評価される。

上述したように、観察者の経験や細かいコース取りの違いによって、被度の値が大きく異なる場合があるが、解析には個々の観察者の平均値を用いることが重要である。

表 3.1.1 被度ランクによるサンゴ礁健康度の評価目安

被度 (%)	評価
0% 以上 10% 未満	極めて不良
11% 以上 30% 未満	不良
31% 以上 50% 未満	やや不良
51% 以上 80% 未満	良
80% 以上	優良

出典：環境省

3.2 サンゴの白化、オニヒトデ、サンゴ食巻貝

これらの事項はいずれもサンゴの死亡要因であり、サンゴの被度が年によって減少した場合に、その原因を解析する際の重要事項となる。



出典：JICA 調査団

写真 3.2.1 オニヒトデとその食痕



出典：JICA 調査団

写真 3.2.2 シロレイシガイダマシとその食痕

サンゴの白化は、地球温暖化がその背後にあるとされている。モーリシャスでは海水温が27℃を超え、それが数週間続くとサンゴの白化現象が起こる。サンゴの体内から褐虫藻が逃げ出すため、透明なサンゴの個虫から、背後の白色の炭酸カルシウムよりなる外骨格が見えるためサンゴ全体が白く見える。この状態ではサンゴはまだ死んでおらず、数週間この状態が続くと、褐虫藻からの栄養補給が途絶え、やがて死にいたる。海水温と密接な関係があるため、夏期には継続的に海水温を測定する必要がある。

写真3.2.1と写真3.2.2にサンゴ食であるオニヒトデとシロレイシガイダマシ及びその食痕の状態（白くなった部分）を示す。両者を比較すると、オニヒトデの方が食痕はより大きく、シロレイシガイダマシの場合は小さく、内部の隙間まで入り込んではいない。すぐ近くにシロレイシガイダマシが密集しているのが特徴である。オニヒトデが近くに見えない場合は、白化現象と混同しやすいが、調査時の海水温がその判別の目安となる。

表 3.2.1 オニヒトデの発生状況の評価基準

SC 法 15 分間の観察数	オニヒトデ発生状態
0 - 1	通常分布
2 - 4	多い（要注意）
5 - 9	準大発生
10 以上	大発生

出典：環境省

表 3.2.1にサンゴを食害するオニヒトデの評価基準を示す。15分間の調査で、2匹以上を目撃した場合、早急にその対策を講じる必要がある。オニヒトデは通常初夏に産卵をするため、駆除等の対策を講じた場合は産卵期の前に実施することが重要である。

3.3 サイクロン、人的影響

チェックシート（表 2.5.2）に特に項目を設けていないが、サイクロンが到来した場合、サイクロンの直後に、調査実施地点での状況を調査することが必要である。通常はサンゴの群体が倒壊したり、バラバラになったりしているはその詳しい状況について記述する。

人的影響は、マリンスポーツが行われている海域では特に重要である。該当する海域において、サンゴの破壊等がみられないかどうかを精査する必要がある。この項目は、マリンスポーツへの適正な指導、制限を設ける時の根拠として特に重要である。

3.4 サンゴの病気

近年、多くのサンゴ礁でサンゴの病気が確認され、オニヒトデや、サンゴの白化現象とならんで、大きな脅威となりつつある。2012年6月、10月、2013年2月のSC法による基礎調査の結果、Pte. d'Esny周辺の海域で、卓状サンゴのハナバチミドリイシでホワイト・シンドローム (WS) とと思われる病気がみられた (写真3.4.1)。



出典：JICA 調査団

写真 3.4.1 ホワイト・シンドローム



出典：JICA 調査団

写真 3.4.2 サンゴの遺骸を覆う藍藻

また、2014年10月にはAlbion礁湖で、死んだ枝状ミドリイシの遺骸をシアノバクテリア (藍藻) がみられた (写真3.4.2)。サンゴの病気については、情報不足のことも多く、今後のモニタリング調査にも調査項目として加える必要がある。

サンゴの病気については、以下のサイトに紹介されている。

http://oceanservice.noaa.gov/education/kits/corals/coral10_disease.html

4 水質モニタリング

4.1 水質モニタリングの必要条件

水質モニタリングは、まず継続と一貫性が最も重要なキーワードとして挙げられる。水質データベースの構築には継続的なモニタリングが不可欠であり、過去と現在のモニタリングデータによって、より効率的、効果的に時系列にデータを比較することができる。データの比較には、同じサンプリング方法や分析方法を適用することが重要で、同一の方法によって初めて継続的にデータの比較が可能になる。また、選択されたサンプリングおよび分析方法は、世界的な基準に対応し、データの国際的な比較にも耐えうるものでなければならない。MOFが行っている海域のリクレーション活動や環境保全のための長期的なモニタリングについては、これらのデータが環境基準の設定や改正など各種対策を立案するためのバックデータとして利用されるべきである。

4.2 モニタリング内容

a. モニタリングパラメータ

リーフ環境の富栄養化に伴うサンゴの劣化状況を把握するための基本的なパラメータを表 4.2.1に示す。

表 4.2.1 水質モニタリングの基本パラメータ

基本パラメータ	Water Temperature, Salinity, Chlorophyll-a , Turbidity, Transparency, pH, DO, NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, T-N, PO ₄ -P, T-P, Total coliform bacteria, Fecal coliform bacteria
---------	--

出典： JICA 調査団

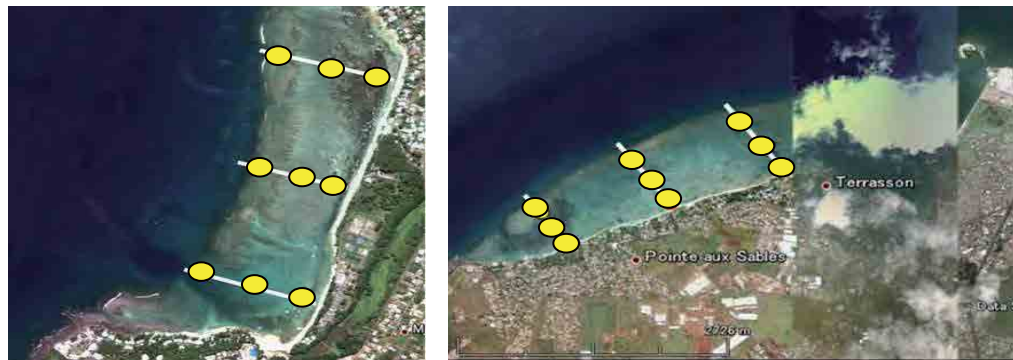
b. モニタリング頻度と時期

基本パラメータは、季節的な変動が把握できるよう、年4回程度（雨季2回、乾季2回）実施することが望ましい。なお、陸域から海域への水質汚濁の広がりが把握できるよう、表流水（河川）の水質調査と同時期に実施することが望ましい。

モニタリング時期としては、原則として、大潮期の風や雨の影響の少ない日を選び、下げ潮時（満潮から干潮の間）に実施する。

c. モニタリング地点

モニタリング地点は、水域の地形、河川水の流入状況等を考慮し、ラグーン全体の水質状況を総合的に把握できるように選定する必要がある。図 4.2.1には、ラグーンにおける水質モニタリング地点の代表的な配置状況を示す。



出典： JICA 調査団

図 4.2.1 ラグーンにおける水質調査地点の配置例

d. モニタリング方法

採水層

基本パラメータは、原則として表層から採水するものとする。

採水深度

原則として表層は水面下0.5mとする。

採水器

原則として採水はVan Dorn 型採水器を使用するものとする。なお、ある水深の試水を採取するための採水器は、上記以外にもEPAやAPHAによって幾つかの方法（Kemmerer bottle, Bacon bomb sampler, Ruttner sampler, Niskin sampler, Automatic sampler and etc.）が紹介されている。

4.3 分析方法

ラグーンの水質モニタリングとして実施すべき基本パラメータの分析方法およびその分析精度は次にとおりである。なお、APHAの方法やISO基準でも同等のスタンダードが適用可能である。

表 4.3.1 基本パラメータの分析方法と分析精度

Parameter	Unit	Analytical Method	Proposed Detection Limit
NH ₄ -N	mg/l	SM-4500-NH ₃	0.01
NO ₃ -N	mg/l	EPA-0353.3	0.01
NO ₂ -N	mg/l	EPA-0353.3	0.005
T-N	mg/l	EPA-0351.3	0.01
PO ₄ -P	mg/l	EPA-0365.3	0.005
T-P	mg/l	EPA-0365.3	0.005
Chlorophyll-a	ug/l	Multi Water quality meter UNESCO Method (1966)*	0.01
SST	°C	Multi Water quality meter	0.1
Turbidity	NTU	Multi Water quality meter	0.01
Transparency	m	Secchi Disk	1
Salinity	psu	Multi Water quality meter	0.01

出典：JICA 調査団

a. ラグーンにおける透視度の測定

サンゴの被度に影響を及ぼす透視度は、濁度と同じ、水中の清浄さを示すものであり、水中において水平方向に見ることの出来る距離（単位：m）を示すものである。一般に、この透視度は、スキューバダイビングにより目視により測定されるため、個人差が大きく、測定誤差が大きい。そのため、透視度については、直径30cmの白色円板（セッキーク）を水平方向に設定し、肉眼により水平方向に識別できる限界距離を測定する方法が簡便で正確である。



出典：沖縄県沖縄衛生研究室

図 4.3.1 セッキークによるラグーンにおける透視度の測定

b. クロロフィルaの分析方法

クロロフィルは、植物プランクトンの現存量の指標である。クロロフィルの中でも、全藻類に共通して含有されているのがクロロフィルaである。クロロフィルaの定量には、①分光光度法と②蛍光光度法が用いられている。ここでは、より一般的な方法であるアセトン抽出による分光光度法について述べる。アセトン抽出法は、Stricklandと

Parson(1966)の方法を元にして、UNESCO-SCORで統一的に用い、その後多くの研究者および機関が用いるようになった方法である。図 4.3.2にその手順を示す。

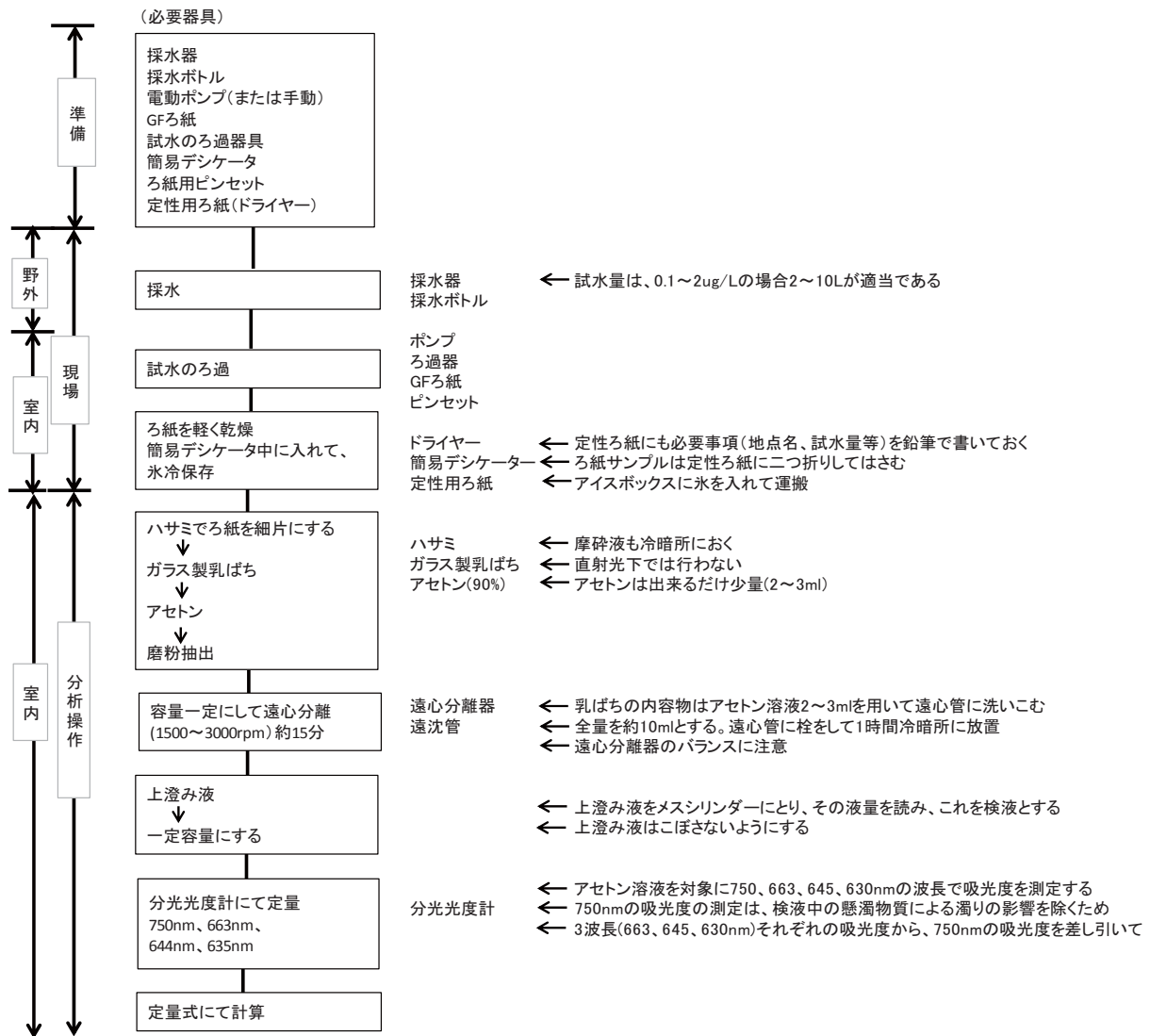
3波長(663、645、630nm)それぞれの吸光度から、750nmの吸光度を差し引いて、下記の式に代入し、抽出液(検液)中のクロロフィルa濃度を求める。

$$\text{クロロフィルa(ug/ml)} = 11.64E_{663-750} - 2.16E_{645-750} + 0.10E_{630-750}$$

以上の計算式から得られた抽出液中のクロロフィルa濃度をxとすれば、試水中のクロロフィルa濃度Cは次式で得られる。

$$C \text{ (ug/L)} = (x \times v) / V$$

ここで、vはアセトン抽出液の全量(ml)、Vは試水のろ過量(L)である。



出典：The SCOR/UNESCO Working Group on Photosynthetic Pigments; "Monographs on Oceanographic Methodology" No.1 p69 (1966)

図 4.3.2 アセトン抽出法によるクロロフィル a の分析手順

c. 現場水質計によるクロロフィルaについて

多項目水質計にセットされているクロロフィルセンサーは、植物プランクトンが光合成する際に必ず放出される、クロロフィル蛍光の強度を測定する。この蛍光強度は植物プランクトン必須の光合成色素であるクロロフィルa 濃度にほぼ依存する。そのため、この強度を測定することで、植物プランクトンの現存量の指標となるChl-a 濃度の増減を知ることができる。

現場水質計により測定するクロロフィル蛍光強度は、植物プランクトンが放出するクロロフィル蛍光強度の増減を、相対的に示すものである。そのため、Chl-a 濃度を測定の測定する蛍光強度から得るためには、任意に得た試水から分析したChl-a 濃度(分析ラボによる)分析値と出力値を比較し、Chl-a 濃度の検量線を作成して校正する必要がある。クロロフィル蛍光強度は、Chl-a 濃度に強く依存して変動するが、その他に植物プランクトンの種類や光合成活性等の生理特性の影響を受けることが良く知られている。そのため、信頼性を持ったChl-a 濃度を必要とする場合には、上記のように現場の試水で校正することが必要不可欠である。

d. 現場水質計による濁度について

濁度は懸濁物質量(SS : Suspended Solid) と相関を持つことが知られている。しかし、現場水質計で測定される濁度は、水中の懸濁物の粒子形状・粒径にも少なからず依存する。そのため、測定される濁度からSS を推定するには、クロロフィルセンサー同様に、試水を用いた濁度測定値と分析ラボによるSS値を比較した検量線の作成が必要となる。

5 サンゴ移植

今回提言するサンゴ移植法は、2003年11月の環境省自然環境局が刊行した、大森 信・藤原秀一編著「サンゴ修復に関する技術手法—現状と展望—」より、大久保奈弥著「無性生殖を利用したサンゴ礁修復」について紹介したもので、オリジナルの電子ファイルはすでに C/P や関係諸機関に手渡されている。

現在のモーリシャスのサンゴ礁の現状を考えると、この方法が最も適した方法と考えられる。

これまで得られた経験を十分に生かして、移植プロジェクトを発展し、また移植地、移植時期、移植位置、固定方法、移植基盤、その他の条件について、熟考された方法に基づき実験や、長期にわたる観察が促進されるよう提言する。

5.1 ドナーサンゴの採取

一番大切なのは、断片を採取するドナー群体への影響を最小限にするため、一つの群体から一度に多量の断片を採集してはならないということである。採取の影響についての生理学的知見はほとんど無いが、十分に産卵可能なサイズの群体から移植断片を採取した場合には、群体組織の8割程度が残れば確実に生残する。また、翌年の産卵にも大きな問題はない(大久保 未発表)。

ドナー群体から移植断片を採取する際、枝状サンゴの場合はニッパーや水中バサミを使ってそっと折り取り、テーブル状・コリンボース状・塊状等その他の形状にはハンマーと鑿を使って強い力となるべく一度に割り取れば、ドナー群体や移植片を無駄に傷つけることがない。

5.2 移植断片の大きさ

一般的には、移植断片のサイズが大きければ生残率は高いと考えられている。しかし、必要以上の大きさをとるとドナー群体の方に影響がでるため、今後の移植実験では断片の生残率が100%となる必要最低限のサイズを探ることが一番重要なポイントであろう。そのためには後の項目に述べる移植時期等の環境条件も関わってくるので、6節-2の事例を参照されたい。

これまでは、長さや直径が2~30cm程度の断片や群体（群体まるごと、即ちドナー全体）が移植されている。固着性の塊状群体である*Montastrea faveolata*の直径2.5から5.1 cmの断片を移植した結果、9ヵ月後の生残率が75%であったことから、Becker and Muller (1999) はおそらく直径2.5 cm未満の群体でも移植は可能だろうと考察している。

5.3 運搬

運搬方法には研究者間であまり違いが見られない（大久保・大森2001a）。移植場所が近い場合には、断片を水中から出さずにダイバーが容器に入れて運び（Dodge et al. 1999）、遠ければ船に吊り下げた金網やメッシュバックの中に入れて運ぶ（Dodge et al.1999; Munoz-Chagin 1997）。

ボートに海水を入れたバケツを用意して、そこにに入れて運ぶこともある（Bowden-Kerby 1997）が、気温が高い時期には運搬中にバケツの中の海水が温まらないよう注意しなければならない。

移植断片を空気中に出して運搬できるかどうかは種によって異なる。*Acropora gemmifera*や*Favia stelligera*の断片は2時間程度であれば水から上げて運搬できるが、*Stylophora pistillata*や*Rumphella* sp.は水浸したまま運ぶ必要がある（Kaly 1995）。基本的には水から出さないで運搬するのが好ましい。

5.4 固定方法

断片を移植する際に重要なのは、

- 1) 断片の支持材（釘等）を基盤にしっかりと固定させることと、
- 2) 断片を固定する方向、である。

予め基盤に打ち込んだ釘に断片を添え、ケーブルタイで固定した場合（図 5.4.1-e）、断片の成長様式により基盤に固着しにくい種では、移植後の年数が経つにつれて釘が基盤から抜け落ちる可能性が高まる。ケーブルタイが切れて釘が外れることはないので、基盤と釘をエポキシ系の中水セメントでより頑丈に固定すればほぼ確実に損失は防げる。水中セメントが移植断片に与える化学的影響は正確に測定されていないので、水中セメントが確実に固まってから断片を移植する方が良い。水中セメントを使用する場合には、基盤についている藻類等をワイヤーブラシなどで取り除く必要がある。また、断片を固定する方向は垂直が良い（大久保・大森2000; 大久保ほか2001b, 大久保ほか2002）。これは堆積物の影響等による。

参考までに、これまで用いられた固定方法の幾つかについて説明する（図 5.4.1）。

- 1) 断片の基盤への固定はエポキシ系の中水セメントによるものが多い。まず基盤についている藻類等をワイヤーブラシなどで取り除き、断片を基盤に縦もしくは横にして水中セメントで接着する。中には、水中セメントではなく通常の産業用セメント

が使われたものもあった。また、それだけでは移植したサンゴが基盤から外れ易いため、様々な方法を組み合わせて補完されている。(図 5.4.1-a)

- 2) 基底のサンゴ岩に掘った穴に小さな植木鉢を入れ、その中にサンゴ断片を差し込み、あらかじめ陸上で真水と混ぜておいたセメントを流し込んで固める (Auberson 1982)。(図 5.4.1-b)
- 3) 小さなポリエチレン袋にセメントと凝固遅延剤を入れ、コンクリートマットでできた枠の中にその袋を入れる。そして袋の上から断片をあるいは群体を差し込んで固定する。10cm以上の群体には支柱としてコンクリート釘を基部に打ち込んで固定する (Clark and Edwards 1995)。(図 5.4.1-c)
- 4) ナイロン袋にセメントと凝固遅延剤を入れて、断片を差し込み、袋の端には海中でその袋を固定するためのフックを付け、セメントが固まるまで水槽内に置く。セメントが固まったらフックをロープで岩盤に固定する (Clark 1997)。(図 5.4.1-d)
- 5) 移植基盤に釘を打ち、針金あるいはケーブルタイでサンゴ断片を固定する (Iloff et al. 1999; 大久保・大森2000; 大久保ほか2001b; 大久保ほか2002)。(図 5.4.1-e)
- 6) 串刺し法：サンゴ断片中央辺りにドリルで穴を開けて竹串を刺す。移植基盤にも水中ドリルで穴を開けて、その穴に破片に刺した竹串を差し込む (西平 1994)。(図 5.4.1-f)

また、堆積物の影響等により、断片を固定する方向は垂直が良い(大久保・大森2000; 大久保ほか2001b; 大久保ほか2002)。

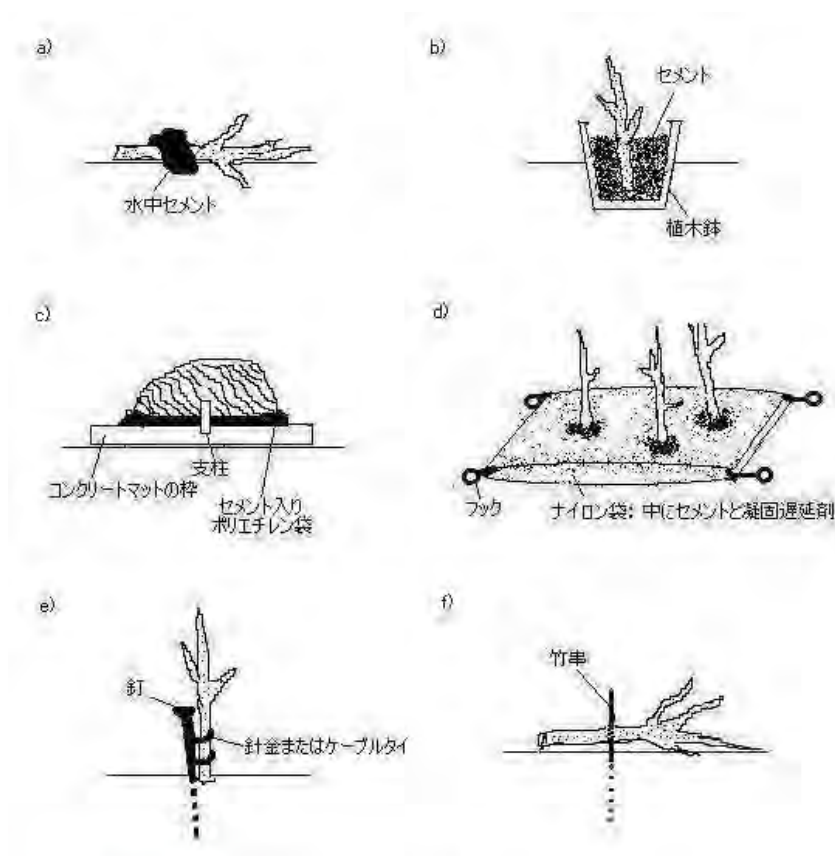


図 5.4.1 移植断片の固定方法 (大久保・大森 2001a)

5.5 移植の適地

サンゴは種によって生育条件が異なるため、断片を採取したドナー群体が生息する場所と断片を移植する場所の物理的特性（波浪、潮流、濁度、水深、光量、堆積物量、塩分等）を移植前に調査する必要がある。その二つの場所の環境特性が類似していれば移植の成功率は高まるが、異なった環境に移植した場合の生残率はおもわしくない (Auberson 1982; 海中公園センター 1993, 1994, 1995)。

移植する場所にオニヒトデやレイシガイダマシなどのサンゴを捕食する生物が見られるかどうか調べる必要がある。高知県足摺宇和海国立公園の海中公園地区では移植場所にレイシガイダマシが大量発生したことから、過去3回の移植とも1年後の生残率は0%であった(足摺宇和海国立公園 私信)。

移植することによってその場所に経済的価値が生まれることは好ましいが、観光客の立ち入る場所では、人間のもたらす物理的影響によって新たな生息環境の攪乱が起こりうることも考慮しなければならない (Harriott and Fisk 1988)。

ミドリイシ科の3形状、*Acropora intermedia* (枝状)、*A. millepora* (コリンボース状) と *A. hyacinthus* (テーブル状) から採取した断片を、礁原と礁嶺と礁斜面に固定せずに置いた実験がある (Smith and Hughes 1999)。生残率は、17ヶ月後に礁原で37%、礁嶺で15%、礁斜面で10%であり、基盤への固着率は、礁原で39%、礁嶺で31%、礁斜面で4%であった。その理由として、礁原に置かれた断片は礁嶺と比べて周辺のテーブル状サンゴに光を遮られる事が少ないので成長速度が高く、また、礁原は底質が固いサンゴ岩なので断片が固着しやすく、礁斜面のように堆積物に埋もれて死亡する断片が少ないことが挙げられている。

5.6 移植に適した基盤

採取した断片を海中構築物等に移植する必要がある場合、サンゴが固着しやすい基盤とはどのようなものが理解されていると大変役立つ。移植に適した基盤に関しては、フェライトコンクリートと素焼きのタイル、海中構築物によく利用されているコンクリートブロックと鉄、自然のサンゴ岩の5種類を用いて比較した実験がある (大久保 2003)。その結果、移植断片の固着率が高かったのはコンクリートとフェライトコンクリートであった。池田・岩尾 (2001) は、産業副産物である石炭灰をコンクリートに混ぜて移植基盤とし、*A. formosa* の10cm断片を本実験と同じ方法で移植した。その結果、固着率は通常のコンクリートに移植した断片とほとんど変わらなかった。両方の結果を合わせると、コンクリートを用いた基盤には、なんらかの理由で他の材料よりサンゴ断片が固着しやすいのではないかと考えられる。

5.7 移植時期

移植はほとんどが月平均の気温が24°Cから28°Cの暖かい時期に行われている。しかし、これまでの移植では場所や種や固定方法等が異なるために、どの時期が移植に最も適しているのかは十分に比較検討できない。筆者らは同じ材料と方法で移植時期のみを変えた実験を行ったので、6節-2を参照されたい。

種は異なるが、月平均気温が26.6~28.3°Cの暖かい時期に水温の変化が比較的大きい亜熱帯域で、ほぼ同じ断片サイズと固定方法で行われた4つの実験では、移植3ヶ月後の生残率が *Dichocoenia stoksii*、*Montastrea cavernosa*、*Porites astreoides* など13種全体で98.5% (Dodge et al. 1999)、43ヶ月後の生残率は *Acropora formosa* で69% (沖縄開発庁沖縄総合事務局 1997) であった。移植何ヶ月後かは不明だが *A. echinata* では46% (Plucer-Rosario and Randall 1987) と結果はばらばらである。

また、移植後の生残率と温度及び日長光周期の関係を調べた結果、生残率は温度に逆相関し、日長光周期に相関する傾向が見られている (Yap and Gomez 1984; Yap *et al.* 1992)。移植のストレスに加え、高水温期には白化も起こりやすいので死亡率が高くなる (Yap and Gomez 1984) との考えもある。

5.8 引用文献

- Auberson B (1982) Coral transplantation; an approach to the re-establishment of damaged reefs. *Kalikasan* 11: 158-172.
- Becker LC and Mueller E (1999) The culture, transplantation, and storage of *Montastraea faveolata*, *Acropora cervicornis*, and *A. palmata*: what we learned so far. *Natl. Coral Reef Inst. Abstract*: 53.
- Bowden-Kerby A (1997) Coral transplantation in sheltered habitats using unattached fragments and cultured colonies. *Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym.* 2: 2063-2068.
- Clark S and Edwards AJ (1995) Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldives Islands. *Coral Reefs* 14: 201-213.
- Clark T (1997) Tissue regeneration rate of coral transplants in a wave exposed environment, Cape D'Aguilar, Hong Kong. *Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym.* 2: 2069-2074.
- Dodge RE, Anderegg D, Fergen R, Cooke P (1999) Sewer outfall coral transplantation project. *Natl. Coral Reef Inst. Abstract*: 80.
- Harriott VJ and Fisk DA (1988b) Coral transplantation as a reef management option. *Proc. 6th Intl. Coral Reef Symp.* 2: 375-379.
- 池田 穰・岩尾研二 (2001) 石炭灰硬化体へのサンゴの移植. 日本サンゴ礁学会第4回大会講演要旨集: 38.
- Iliff JW, Goodwin WB, Hudson JH, Miller MW and Timber J (1999) Emergency stabilization of *Acropora palmata* with stainless steel wire and nails: impressions, lessons learned, and recommendations from Mona Island, Puerto Rico. *Natl. Coral Reef Inst. Abstract*: 110.
- 海中公園センター (1993) 平成4年度サンゴ礁生態系の復元手法に関する研究報告書. 42pp.
- 海中公園センター (1994) 平成5年度サンゴ礁生態系の復元手法に関する研究報告書. 86pp.
- 海中公園センター (1995) 平成6年度サンゴ礁生態系の復元手法に関する研究報告書. 87pp.
- Kaly UL (1995) Experimental test of the effect of methods of attachment and handling on the rapid transplantation of corals. *CRC Reef Research Centre Tech Rep* (1) 28pp.
- Munoz-Chagin RF (1997) Coral transplantation program in the Paraiso coral reef, Cozmel Island, Mexico. *Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym.* 2: 2075-2078.
- 西平守孝 (1994) 群体破片を用いた造礁サンゴの移植について - 竹串を用いる簡便な方法 -. *沖縄生物学会誌* 32: 49-56.
- 大久保奈弥・大森 信 (2000) *Acropora muricata (formosa)* の最適移植方法. 日本サンゴ礁学会第3回大会講演要旨集. 18.
- 大久保奈弥・大森 信 (2001a) 世界の造礁サンゴの移植レビュー. *Galaxea, JCRS*, 3: 31-40.
- 大久保奈弥・大森 信・本川達雄 (2001b) スギノキミドリイシ *Acropora muricata (formosa)* の最適移植方法. 日本サンゴ礁学会第4回大会講演要旨集. 5.
- 大久保奈弥・谷口洋基・大森 信・本川達雄 (2002) 形状の異なる *Acropora* 3種の最適移植方法. 日本サンゴ礁学会第5回大会講演要旨集. 20.
- 大久保奈弥 (2003) サンゴの移植に適する基盤. *みどりいし* 14: 32-34.
- 沖縄開発庁沖縄総合事務局 石垣港湾事務所 (1997) 石垣港サンゴ移植調査. 5pp.
- Plucer-Rosario GP and Randall RH (1987) Preservation of rare coral species by transplantation: an examination of their recruitment and growth. *Bull. Mar. Sci.* 41: 585-593.
- Smith LD and Hughes TP (1999) An experimental assessment of survival, re-attachment and fecundity of coral fragments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 235: 147-164.
- Yap HT and Gomez ED (1984) Growth of *Acropora pulchra*. Responses of natural and transplanted colonies to temperature and day length. *Mar. Biol.* 81: 209-215.

Yap HT, Alino PM and Gomez ED (1992) Trends in growth and mortality of three coral species (Anthozoa: Scleractinia), including effects of transplantation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 83: 91-101.

6 他のサンゴ移植法

サンゴの養殖や移植については2011年よりこれまでMOF (AFRC)によって行われてきた。生きたサンゴの小片を、網をはった架台に固定するという方法で行われている。この方法は紹介した直接移植法とはやや異なるが同じ無性生殖法を利用した方法に区別される (Final Report of Coral Farming Project in Mauritius and Rodrigues, November 2012, Ministry of Fisheries, 10 pp.を参照)。この方法での移植もまた規模を拡大して、促進されることが望ましい。

MOIは陸上に設置した水槽で増殖を行い、2011年より幾つかの礁湖内に移植を実施している。このプロジェクトは既に終了しているが、もしこのプロジェクトが再開される可能性があるとするれば、このプロジェクトも規模を拡大して継続されることが望ましい。

有性生殖を用いた方法は2014年にMOF (AFRC)により試験的に実施されている (Luchmun *et al.* 2014. Coral spawning event in Mauritius (2014). Ministry of Ocean Economy, Marine Resources, Fisheries, Shipping and Outer Island, 10pp.を参照)。産卵より1、2日後、礁湖の水面に漂う卵と精子よりなるスリック (主としてミドリイシ属サンゴの) を汲取り、対象となる礁湖に散布する。非常に簡単な有性生殖を用いた方法である。他の有性生殖や無性生殖を用いた方法はガイドブック (2003年11月の環境省自然環境局が刊行した、大森 信・藤原秀一編著「サンゴ修復に関する技術手法—現状と展望—」) に紹介されており、今回電子ファイルとして関係諸機関に既に配布されている。

有性生殖を利用した方法は、生物多様性の観点からは無性生殖を利用した方法より優れているが、生殖時期、定着場所とその時期など、事前調査に多くの時間を要する。そのため、もし可能であれば、上述したサンゴの直接移植と同時に有性生殖についての事前調査も行われることを提言する。

7 海草及びマングローブの移植

熱帯及び亜熱帯域の海草の移植については情報が限られている。海草は種子植物であるため、移植には一般に2つの方法がある。即ち、ひとつは海草の種子を採集し、目的とする海域の海底にそれを散布する方法である。もう一つの方法は、株ごと対象となる海草を採取し、対象となる海域へ移植する方法である。残念ながら、我々は「モ」国の礁湖の環境条件下で、どのように海草を移植するかのノウハウを持っていない、従って関係諸機関で海草の移植についての基礎研究が実施されるよう提言する。

マングローブの植林についてはMOF (AFRC)が既に実施し、植林のノウハウについては既に取得している。そのため、マングローブの植林活動はMOF (AFRC)によって実施されるよう提言したい。

Chapter IV

海岸保全事業EIAガイドライン
Technical Guideline for EIA on
Coastal Conservation Project

IV. 海岸保全事業EIAガイドライン

1 はじめに

「モ」国では、2002年に環境保護法（Environment Protection Act 2002）が基本法として施工されて以来、本格的な環境社会配慮が実施されており、この基本法に基づいて環境に関する様々な法令が制定されている。環境影響評価（EIA）は、環境管理の重要な管理ツールである。「モ」国の環境影響評価制度は、環境保護法のPart IVに関わる省公示（Government Notice）で規定されている。EIAが必要となる事業のリストは、環境保護法の第5番目のスケジュールのパートBに掲げられている。

EIAが必要な事業の中で海岸分野としては、以下のような事業がある。

7. 離岸堤、突堤および護岸等の建設
9. マリーナ建設
15. 漁港建設
17. 港内の浚渫工事や港湾建設
19. 高潮時の水位（high water mark）から 1km 範囲内の拡張工事を含めたホテル建設あるいは総合的リゾートスキーム
23. ラグーン内の浚渫および海底の埋戻し
31. 海浜整形、海岸防護工事、海岸付近の岩の撤去などの既存海岸線の改修工事
33. 沖合の砂の採取

EIAガイドラインは、プロジェクト提案者やコンサルタントに対して、適切に評価出来るよう、必要な情報を含んだ総合的なEIA書類を作成するための支援ツールである。海岸分野のプロジェクトでは、既にEIAガイドラインが作成されているのは、9.マリーナ建設および19. 沿岸におけるホテル建設に関するプロジェクトのみである。

ここでは、これらのガイドラインを参考にするとともに、これまで「モ」国の海岸で建設された各種の海岸構造物が及ぼす各種の環境影響に関してレビューし、これらの結果を基に、海岸防護および海岸再生プロジェクトに関するEIAガイドライン（案）について作成した。

なお、このガイドライン（案）は、海岸構造物の建設や既存海岸線の改修工事に関するプロジェクトに焦点を絞ってとりまとめている。

2 政策、法制度および行政的枠組み

海岸防護および海岸再生プロジェクトを実施するうえで、遵守すべきものとして、関連計画、国家政策、法律、基準、ガイドライン、規制やそれに続く修正事項、各種保全の指定地域等がある。主なものは、次のとおりである。

- The EPA 2002, the National Environmental Standards, Guidelines and Regulations under the EPA e.g. Guidelines for Coastal Water Quality;
- Pas Géométriques Act, State Land Act, Wildlife and National Parks Act, Rivers and Canals Act, Forests and Reserves Act, Local Government Act, Fisheries and Marine Resources Act, the Maritime Zone Act, Beach Authority Act, Tourism Authority Act;
- Plans and policies such as the National Oil Spill Contingency Plan, the Integrated Coastal Zone Management Framework (2010), SEIA for the Identification of Potential Sites for Marinas, Ski Lanes and Bathing Areas in Mauritius in 2005, Study on Environmentally Sensitive Areas for Mauritius and Rodrigues, National Climate Change Adaptation Policy

Framework for the Republic of Mauritius (2012), National Development Strategy, Coastal Development Guidelines prepared by the Ministry of Housing and Lands e.g. Planning Policy Guidance 2004 (Design Guidance for Coastal Development, Design Guidance Marina Development);

プロジェクト提案者/コンサルタンツは、関係機関から必要な各種の許可書等 (permits/clearances/authorizations) を確保する必要がある。また、プロジェクト周辺の住民とのコンサルテーション (住民説明会) を開催する必要がある。

3 事業予定地(サイト)の記述及び周辺環境

3.1 事業予定地(サイト)及び周辺環境

この章は、サイトの状況、周辺環境および環境に対する感受性について記述する。次のような事項が含まれるべきである。

- a) サイトの位置
- b) プロジェクトの正確な範囲；地図とともに最新の航空写真/衛星写真で示す。
- c) プロジェクトの総合的な計画図；基準点を示し、認定土地測量士により作成する。
以下のような事項についても記載する。
 - ・ 最寄りの敷地境界からの距離
 - ・ 最寄りの住宅地/建築環境およびその周辺の既存開発
 - ・ 環境変化に敏感な地域 (もしあれば) ；
 - ・ 水域 (もしあれば) ；
 - ・ 文化財 (もしあれば) ；
 - ・ ある特定の指定サイト
 - ・ 予定/今後の開発プロジェクト
- d) 既存の土地利用や制約
- e) サイトの特徴；サイト位置 (サイトを区切る境界の GPS 座標)、地形 (1m のコンターマップで補完したもの)、地質、土壌タイプ、水路や環境的に敏感な地域の存在、現在および過去の土地利用、植生状況、動植物等 (1 辺 500m 程度の周辺環境を含む)
- f) 陸上生態調査状況；動植物の種類、分布、存在量、環境的に敏感な地域 (砂丘、干潟、湿地帯、マングローブ、河川)、保護地区、希少種、ハビタットの場所 (摂食、隠れ家、再生、あるいは移動生物の営巣のための地域)、
- g) 海岸タイプ；海岸タイプ (砂質、泥質、礫質、崖、混合系、石灰岩系)、汀線の長さ、前浜の特徴、地形、標高、勾配、勾配の安定性、侵食、浜崖および地すべりの危険性 (0.5-2.0m のコンターマップで補完したもの)
- h) サイトおよび周辺内の既存構造物の詳細
- i) 海洋環境調査状況 (海洋生態を含む) ；動植物のタイプ、環境的に敏感な地域 (サンゴ、海草、漁業制限区域/海洋公園、マングローブ、小島) および漁業区域について地図上に提示する。
- j) サイト周辺の海底地形図 (0.5-1m 間隔で補完したもの、またラグーン内のゾーニングや水浴地区等を明示する)
- k) 海象；波浪 (出現特性、波高、傾度、波向)、流況 (流向、流速)、潮位特性 (異常潮位や高潮の発生確率等)
- l) 堆積特性；沿岸漂砂、海岸侵食・堆積について記述
- m) 高潮、海面上昇などの気候変動、浸水や洪水などの自然災害に対するサイトの脆弱性

3.2 事業予定地(サイト)及び周辺の現在の社会経済的価値に関する記述

- a) サイトの社会文化的価値
- b) サイトの社会経済的重要性；レクリエーション、公共海岸、パブリックアクセス、農業

- 活動、漁業活動、商船活動等
- c) 地域コミュニティの社会経済プロフィール
 - d) サイトの歴史的および文化的遺産価値

4 既存のベースライン状況の記述

この章は、プロジェクト実施後の環境の変化を測定するためのベンチマークとして用いるサイトの状況（Baseline conditions）について述べる。

ベースライン情報の収集において、提案者/コンサルタンツは、サンプリング地点、測定項目および測定方法を提示する必要がある。ベースライン環境の記述には、とりわけ、次のような要因を含むべきである。

- a) サイトの基本的な土地や水理状況に関するベースラインデータ；とりわけ、土壌条件（土壌分類）、水質、川岸の状況、掘削井戸の存在、川、塩性湿地、水路、水面高さ、侵食や自然災害、気候変動に対する脆弱地域等
- b) サイトの海洋および淡水の生態学的データ、関連気象データ（年平均降水量（頻度、降雨期間、降雨量）、卓越する風況（風向、風速）、潮位変動、および臭気や騒音などの苦情

5 プロジェクトの記述

この章では、プロジェクトで実施される全ての活動について、詳細な説明を提供する必要があり、以下のような事項を含む必要がある。

5.1 一般的必要事項

- a) プロジェクトおよび他のコンポーネントの一般的な記述
- b) 海岸防護対策のタイプ、その設計、サイズ、スケール；
- c) 詳細なサイトの配置計画図（Site Layout Plan Drawing）
 - ・権利証書やリース契約に従ったサイトの境界
 - ・サイト上の全ての既存の開発行為/構造物（もしあれば）
- d) 詳細な建物の配置計画図（もしあれば）
- e) 詳細な付帯構造物図（もしあれば）
- f) 想定される浚渫工事など、さまざまなプロジェクトコンポーネントの詳細説明

5.2 海洋工事関連

- a) 離岸堤、護岸、埋立等の建設や浚渫物の廃棄や再利用において、使用する工事機器の種類を含めた、工事の方法論やスコープに関する詳細
- b) 工事のスコープ、浚渫量、廃棄の方法を含めた、想定される浚渫工事について
- c) 埋立の工事が想定される場合には、適切な縮尺の図に正確な位置を示し、生物多様性を含むサイトの現状について記述する。
- d) メンテナンスとして必要な浚渫工事やその頻度について
- e) ハードやソフト構造物などの海岸工事について

5.3 陸上工事関連

- a) 工事の詳細な方法論、スコープおよび機械の種類
- b) 工事資材の輸送および保管方法
- c) アクセス道路（幅、長さ等）の詳細
- d) 入口と出口を含む道路ネットワーク示す分かりやすい計画
- e) サイト内のウォーターコース、自然水路、人工水路等の存在およびこれらのウォーターコースを保護するための対策に関する詳細

- f) 排水のための規定や洪水流出のための管理
- g) 提案する排水ネットワークを示す分かりやすい計画
- h) 工事船舶用の燃料施設
- i) 固形廃棄物および排水等の発生
- j) 固形廃棄物および排水の廃棄方法

5.4 気候変動問題

- a) 異常波浪、海面上昇などの気候変動に伴うインパクト、浸水、洪水などの自然災害に対するサイトの脆弱性を考慮した土木設計に関する詳細
- b) 気候変動問題に対して開発の正当性の立証に関する詳細

5.5 交通への影響

工事期間中に発生する交通に関する詳細

5.6 その他

- a) 提案する工事工程
- b) 工事期間（建設期間、運営期間）
- c) 設備投資
- d) 雇用機会

6 環境影響の分類および確認方法

コンサルタントは、環境影響について以下のように分類し、特定すべきである。また、環境影響を特定するには、相互作用マトリックス、地理情報システム (GIS)、モデル化、ランク付け、重み付けなどの方法を用いて実証すべきである。

表 6.1.1 環境影響の分類および代表的な影響項目

影響の分類	代表的な影響項目	影響の分類	代表的な影響項目
否定的 (Negative)	生態系の衰退 既存ビジネス間の衝突	肯定的 (Positive)	仕事の創出 観光・人口の流入
直接的 (Direct)	立ち退き	間接的 (Indirect)	立ち退きに伴う生活水準の減少
短期的 (Short term)	建設工事による騒音埃、 車両移動	長期的 (Long term)	水域の食物構造に影響 を与える水生生物の生息環境の衰退
再発的 (Recurring)	モーターボート騒音	非再発的 (Non-recurring)	掘削騒音
累積的(Cumulative)	水域の食物構造に影響や 漁業に影響を及ぼす水草 やマングローブの破壊	非累積的 (Non-cumulative)	空間的、時間的に蓄積し ない影響
可逆的 (Reversible)	侵食、砂の堆積、養砂	非可逆的 (Irreversible)	サンゴや水草帯の消滅 などの野生生物の生息場の縮小

出典：Sectoral Guideline No.1 December 2013 , [Guideline on the content of an Environment Impact Assessment Report for Construction of Marinas]

7 環境影響および緩和策

環境への影響は、土地造成、サイトの準備、建設期間中だけでなく、プロジェクトの運用段階の間にも発生する可能性がある。提案者/コンサルタントは、悪影響を軽減し、プラスの影響を強化するための実施可能な予防処置や緩和策を提案する必要がある。

7.1 サイト準備期間中の影響

7.1.1 陸上

a. 生物多様性の損失

植生や樹木の伐採の除去は、自然の生息地や劣化や湿地や砂丘のような環境に敏感な地域の破壊の損失を引き起こす可能性がある。提案する緩和策は、保全や木の移植および補償措置を含むべきである。

b. 機械/装置

現場での待機用発電機やディーゼル貯蔵タンクは、炭化水素の流出や土壌、地下水/地表水、ラグーンの汚染に対するリスクをもたらす。必要な緩和策は、上記の影響に対処するようEIA報告書に含まるべきである。

c. 工事機械や運搬車両による騒音やダスト苦情および排気ガス

土木機械、造成サイトや備蓄材料に吹く風によって発生するダストは、懸念の原因になる可能性がある。さらに、車両や土木機械は排気ガスを排出する。また、工事機械や運搬車両は、騒音の問題と関連する。

近隣住民、海岸利用者、公衆や周辺環境に対して、ほこりや排ガスを通しての苦情が生じないように緩和措置を行うべきである。これらの措置は、とりわけ、ダスト対策は備蓄サイト、アクセス道路、工事現場への散水、排ガス対策は全ての重機や車両の定期的なメンテナンスが含まれる。

騒音低減のオプションとしては、とりわけ、ノイズの多い操作をスクリーンする遮蔽や、騒音を低減するために機械の定期的なメンテナンスや消音装置の設置が含まれる。

d. 排水溝や水路の保存

自然の水路や排水溝の改変は、サイトや近隣領域の洪水の潜在的なリスクを生じることになる。自然の水路や排水溝は保存され、維持されるべきである。

e. 固形廃棄物/解体廃棄物

固形廃棄物は、とりわけ、土地造成からの緑の廃棄物、解体の破片や建築残土が含まれる。固形廃棄物および解体廃棄物を最小限にするための最良の実践としては、とりわけ、次のとおりである。

- ・ 水域から離れた中心部における固形廃棄物の貯蔵
- ・ 埋め戻し材としての解体廃棄物の再利用
- ・ Local Authority の要求に応じた固形廃棄物、解体廃棄物の収集、運搬、廃棄

7.1.2 海洋

海洋生態系への影響は、主に生物多様性の損失に関連する。緩和措置としては、海洋生態調査において特定された、プロジェクトによって影響を受ける可能性が高い底生生物の移転のための提案を含める必要がある。これらには、とりわけ、次のようなものがある。

- ・ 生きている定着性の生物は、工事開始前に捕獲し、プロジェクトサイトからより安全な地域に移すべきである
- ・ 生きたサンゴをつけた全ての瓦礫は、手動で慎重にサンゴの成長のために適切な地域に移すべきである。

マングローブは、開発の過程で破壊されるべきではない。

7.2 建設期間中の影響

7.2.1 陸上

a. 機械/装置

現場での待機用発電機やディーゼル貯蔵タンクは、炭化水素の流出や土壌、地下水/地表水、ラグーンの汚染に対するリスクをもたらす。必要な緩和策としては、上記の影響に対処するようEIA報告書に含まるべきである。

b. 工事機械や運搬車両による騒音やダスト苦情および排気ガス

工事期間中に、備蓄材料、トラック、ショベル、ローダー、ブルドーザー、杭打ち機、クレーンから発生するダスト、騒音、排気ガスは、近隣住民、海岸利用者、公衆や周辺環境に対して苦情の原因となる。

緩和措置としては、とりわけ、備蓄サイト、アクセス道路、工事現場への散水、全ての重機や車両の定期的なメンテナンスが含まれる。

騒音低減のオプションとしては、とりわけ、ノイズの多い操作をスクリーンするためのフェンス化や騒音を低減するために機械の定期的メンテナンスや消音装置の設置が含まれる。

c. 固形廃棄物および建設廃材

固形廃棄物は、とりわけ、家庭用の固形廃棄物および建設廃棄物材料を含む。

上記の影響を最小限にするための対策としては、次のとおりである。

- ・ 供給源での仕分けと最終的なリサイクルに向けた全リサイクル可能な廃棄物の適切な回収
- ・ 全てのグリーン廃棄物や生分解性廃棄物のコンポスト化
- ・ Local Authority の要求に応じた他の固体廃棄物や非堆肥廃棄物の廃棄

d. 排水

建設期間中の作業員からの排水は、地下水/地表水やラグーンの汚染を引き起こす潜在的な影響がある。

緩和措置としては、Wastewater Management Authority の要求に応じて現場用の排水処理施設の準備や撤去を含む。

e. 作業時間

全ての工事は、通常の労働時間中に行われるべきである。ラグーンにおける工事は、日の出と日没の間で低潮時に実施されるべきである。作業は、荒波または不利な気候条件中は中断すべきである。

7.2.2 海洋

a. 機械

浚渫、掘削、養浜および杭打ち作業の機械は、炭化水素の流出や土壌、地下水/地表水およびラグーンの汚染リスクを持っている。ダスト、騒音や振動などの苦情も機械と関係している。

必要な緩和措置は、とりわけ、上記の影響の対処についてEIA報告書に含めるべきであり、すべての機械は定期的な保守点検を受け、良好な状態にしておく必要がある。

b. 浚渫・養浜

マリーナ、航路、水路の造成や水深を深め、あるいは維持するために行う浚渫や養浜については、サンゴや海洋の生息地の破壊、シルテーション、沈殿化、堆積物プルーム

による濁りや巻上の発生など、いくつかの環境影響が含まれる。緩和措置としては、次のようなものを含むべきである。

- ・ 堆積物の再懸濁や底生生物の生息地の破壊を最小限にするような掘削、浚渫、養浜方法
- ・ 浚渫や養浜材料の種類や量
- ・ 環境に敏感な資源や生息地から距離をおいた浚渫残土や養浜砂の適切な置き方や浚渫材料の安全な廃棄方法

サイトとその隣接領域は、堆積物の巻き込みに対して、適切なメッシュサイズのジオテキスタイルで防護するべきであり、ラグーン内では2重にして設置し、定期的に維持されるようにすべきである。

7.3 運営期間中の影響

運用期間中の影響は、基本的に固形廃棄物や排水の発生に関連して海洋生態系の被害に関連するものである。

7.3.1 海洋・海浜

海洋環境への影響としては、とりわけ、その地域のボート運行やパブリックビーチとしての快適さに対する障害や沿岸の水質悪化による海洋生態系への損傷などを含むべきである。緩和措置としては、ボート走行を妨げないよう、ブイの設置による航行用水路を明確にすることなどを含むべきである。

栈橋のような構造物は、潮汐による海水交換や流れのパターンを変化させ、侵食問題を発生させる。

護岸や突堤などの保全構造物は、周辺海岸の海浜変形を生じる可能性がある。直立護岸は、前面の反射波による前面海浜の侵食、構造物と自然海浜の境界での侵食、堆積をもたらす。沿岸漂砂が存在する海岸では、構造物による影響により、漂砂の上手では堆積を、下手では侵食を生じる。その影響は漂砂の生じる範囲(漂砂セル)の全域に及ぶ。緩和措置としては、影響を最小にするために、直立構造物の場合には緩勾配にする、堆積域から侵食域へのサンドバイパス、侵食域への養浜などを含むべきである。

7.4 全般的な影響

7.4.1 雨水管理

海岸保全施設が陸上の活動と深く関係している場合、雨水管理に十分な配慮が必要である。雨水流出は、懸濁物、石油系炭化水素および他の汚染物質を含み、ラグーンを汚染させる可能性がある。雨水の表面流出を最小限に抑えるよう、例えば、ポーラスなコンクリートや草など、持続可能な材料を考慮すべきである。

7.4.2 視覚的な影響（視的環境と美観）

ここでは、修景や装飾工事をプロジェクトに取り組むための意思があることや建築様式、材料、塗装をどのように自然景観と調和させるかを示すべきである。海岸保全施設内の水が視覚的にきれいであることが保障される必要がある。緩和措置としては、油、ゴミ、汚水による汚染の防止対策が取られるべきである。

7.4.3 文化財への影響

物理的および文化的資源への影響は、その保全と強化を促進することによりその影響を避けるべきである。対策としては、緩衝地帯を含めて重要な文化財や信仰への障害を避けるために、とるべき処置を提案されるべきである。

7.4.4 海岸利用者及びボート操縦者への配慮

従来、離岸堤、突堤および護岸等の海岸保全施設は、利用を前提としないため、親水性に欠いたものが多かった。新たな海岸保全施設の築造や既存海岸線の改修工事を行う場合、海岸利用者やボート操縦者に配慮した構造や安全対策施設の設置について考えるべきである。また、海岸利用者とボート操縦者との競合が生じないように、施設の配置について考えるべきである。

8 パブリック・コンサルテーション

EPAのセクション19(1)(b)に従って、EIA報告書には事業予定地に位置するエリア内のパブリック（関係機関や住民等）との協議を含むことが求められている。

コンサルテーションは、情報共有のために必要であり、プロジェクトの詳細がパブリック（関係機関や住民等）に説明される必要がある。

EIA報告書には、以下のような点について提示する必要がある。

- ・ 関係機関（水産省、Beach Authority, MOI, Traffic Management and Road Safety Unit, 必要に応じて）とのやりとり及び結論
- ・ プロジェクトにより影響を受ける可能性があるステークホルダーやコミュニティ（NGOs, Force Vive, ある地域限定の漁民、住民および海岸利用者等）との協議

以下のような事項が提示されるべきである。

- ・ 関心を示す関係者や影響を受ける関係者に対して、コンサルテーションに参加する機会が与えられた際の組織や進行手順の記録(会議ノート、リーフレット、質問書、レター)
- ・ 関心事項に関する相互作用や確認された課題のリスト、これらの問題（例えば、トレードオフある問題）について EIA としてどのように対処するかについての概要説明
- ・ 住民参加の記述には、ステークホルダーのリストと彼らのコメント、会場と協議時間等を記し、付属資料として含むべきである。協議会の結果は提示すべきである。

9 代替案

EIAレポートには、「ノー開発オプション」を含め、環境に対してより少ない害に止めるように実施することが可能な代替方法についてその詳細を提示すべきである。

10 環境モニタリング計画

10.1 環境モニタリング計画 (EMoP)

環境モニタリング計画 (EMoP) は、EPAのセクション18(2)(1)で要求されている。このEMoPは、騒音、大気質、沿岸水質、河川水質、地下・地表水質など、監視する必要がある全てのパラメータについて、目標とする指標値を提供する必要がある。

EIAライセンスが承諾されると、ライセンス取得に明記した条件だけでなく、EIAで提案した条件も合せて、適切なEMoPを作成し、MOESDDBMは提出する必要がある。

EMoPは、モニタリング計画の提案者に責任があり、以下の点を明記する必要がある。

- ・ EIA書類で明記された影響に対応した緩和処置による実施と効果
注；EIA書類で明記された全ての緩和措置のリストとそれぞれに応じて実施する対策の効果をチェックするためのモニタリングリストは、表形式で提出するべきである。
- ・ EIAのライセンス条件、基準、ガイドラインおよび規制の遵守

モニタリング計画には、プロジェクト開始前に実施した事業サイトおよび周囲環境のベースライン調査のパラメータを含むべきである。

関連する場合、次のような追加事項は、モニタリング活動の記述において対処する必要がある。

- ・ 工事実施の編成やモニタリングの責任分担
- ・ 測定器、測定方法、キャリブレーション方法
- ・ 特定項目、モニタリング位置、コントロールステーション、モニタリング頻度・期間
- ・ モニタリング結果を比較するための基準やガイドライン値
- ・ 環境モニタリングや環境試料の分析を行うコンサルタントや認定試験所の名称

10.2 廃止措置

EPAには、そのライフサイクルの終わりにおいてプロジェクトの廃止措置に関連する情報（廃止撤去に伴う環境影響、サイトを出来る限り以前の状態に戻すような対策案や修復案）を含むようなEIAが要求されている。

11 コンサルタンツ/コンサルタンツチームの経験能力

EIAは、多くの専門的なアプローチが必要であり、様々な分野の専門家を必要とする。この章では、学歴、経験、研究分野、連絡先（住所、電話番号、FAX番号）などを明記したコンサルタントチームの構成に関する詳細を提示する必要がある。

12 結論

EIA報告書の最終章では、提案された緩和措置に関連して提案されたプロジェクトの良否を正当化するための勧告や結論について取り上げる必要がある。

13 付属資料

13.1 スコーピングのための環境チェックリスト

「スコーピング」とは、検討すべき代替案と重要な及び重要と思われる評価項目の範囲並びに調査方法について決定することをいう。このスコーピングは、EIAのTORを準備するために使用される。

海岸防護および海岸再生プロジェクトに関するスコーピングには、以下に示す JICAのガイドライン (2010) にある環境マトリックスを参考に検討を進めることが望ましい。

表 13.1.1 海岸防護および海岸再生プロジェクトのための環境チェックリスト(1)

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1)EIAおよび環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIAレポート)等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) (a) (b) (b) (c) (c) (d) (d)	
	(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) (a) (b) (b)	
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は (検討の際、環境・社会に係る項目も含めて) 検討されているか。	(a) (a)	
2 汚染対策	(1)大気質	(a) 通航海面等から排出される大気汚染物質による影響はあるか。当該国の環境基準等と整合するか。 (b) ルート付近において大気汚染状況が既に環境基準を上回っている場合、プロジェクトが更に大気汚染を悪化させるか。大気質に対する対策はとられるか。	(a) (a) (b) (b)	
	(2)水質	(a) 水際線の変更、既存水面の消滅、新規水面の創出等によって、流況変化・海水交換率の低下等 (海水循環が悪くなる) が発生し、水温・水質の変化が引き起こされるか。 (b) パーキング/サービセリア等からの排水は当該国の排出基準等と整合するか。また、排出により当該国の環境基準と整合しない水域が生じるか。	(a) (a) (b) (b)	
	(3)廃棄物	(a) 大量の掘削土・浚渫土砂が発生する場合、当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。 (b) 有害物質が周辺水域に排出・投棄されないよう対策がなされるか。	(a) (a) (b) (b)	
	(4)騒音・振動	(a) 通行車両による騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) (a)	
	(5)地盤沈下	(a) 大量の地下水汲み上げを行う場合、地盤沈下が生じる恐れがあるか。	(a) (a)	
	(6)悪臭	(a) 悪臭源はあるか。悪臭防止の対策はとられるか。	(a) (a)	
	(7)底質	(a) 船舶及び関連施設からの有害物質等の排出・投棄によって底質を汚染しないよう対策がなされるか。	(a) (a)	
3 自然環境	(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。 (b) サイトはESA地区かそうでない地区か。 (c) ESAの勧告の通り、サイトは整備できるか。	(a) (a) (b) (b) (c) (c)	
	(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地 (珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等) を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) 水生生物に悪影響を及ぼす恐れはあるか。影響がある場合、対策はなされるか。 (e) 沿岸域の植生、野生動物に悪影響を及ぼす恐れはあるか。影響がある場合、対策はなされるか。	(a) (a) (b) (b) (c) (c) (d) (d) (e) (e)	
	(3)水象	(a) 海岸保全施設の設置による水系の変化は生じるか。流況、波浪、潮流等に悪影響を及ぼすか。	(a) (a)	
	(4)地形・地質	(a) 海岸保全施設の設置による計画地周辺の地形・地質の大規模な改変や自然海浜の消失が生じるか。 (b) DRR studyの通り、サイトは洪水や浸水傾向にあるか。	(a) (a) (b) (b)	

出典：JICA ガイドライン(2010)

表 13.1.2 海岸防護および海岸再生プロジェクトのための環境チェックリスト(2)

4	社 会 環 境	(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転が生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いが移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j)	(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j)
		(2)生活・生計	(a) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (b) プロジェクトにより周辺の水域利用（漁業、レクリエーション利用を含む）が変化して住民の生計に悪影響を及ぼすか。 (c) 港湾施設が住民の既存水域交通及び周辺の道路交通に悪影響を及ぼすか。 (d) 他の地域からの人口流入により病気の発生（HIV等の感染症を含む）の危険はあるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮が行われるか。	(a) (b) (c) (d)	(a) (b) (c) (d)
4	社 会 環 境	(3)文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a)	(a)
		(4)景 観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策はとられるか。	(a)	(a)
		(5)少数民族、先住民族	(a) 少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a) (b)	(a) (b)
5	そ の 他	(6)労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されているか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されているか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられているか。	(a) (b) (c) (d)	(a) (b) (c) (d)
		(1)工事の影響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a) (b) (c)	(a) (b) (c)
6	留 意 点	(2)モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等どのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) (b) (c) (d)	(a) (b) (c) (d)
		環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合は、森林に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。 (b) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a) (b)	(a) (b)

注1) 表中『当該国の基準』については、国際的に認められた基準と比較して著しい乖離がある場合には、必要に応じ対応策を検討する。

注2) 環境チェックリストはあくまでも標準的な環境チェック項目を示したものであり、事業および地域の特性によっては、項目の削除または追加を行う必要がある。

出典：JICA ガイドライン(2010)

13.2 海岸構造物に対する環境配慮に関する参考事例

これまで「モ」国の海岸で建設された各種の海岸構造物の中から代表的な海岸構造物を参考事例として選定し、これらの構造物が及ぼす各種の影響について評価した結果を以下に示す。

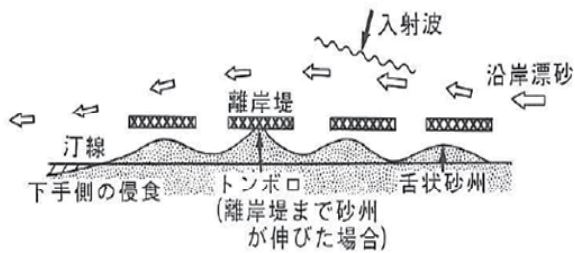
Case-1. Detached Break Water at A-Beach

離岸堤の主な機能は、消波効果とそれに伴う離岸堤背後の堆砂効果により、前浜を前進させる対策である。

ただし、沿岸漂砂の下手側に流下する漂砂量の減少には注意を要する。

なぜならば、離岸堤により沿岸漂砂を止めてしまうと下手側海岸で侵食が起こるからである。

右の写真は離岸堤建設により下手側海岸が侵食を生じた状況を示す。



出典：JICA 調査団

Case-2. Coastal Protection Works at B-Beach

海岸の勾配と高さは、基本的に波浪と底質の粒径により決まる。

そのため、海岸整形により緩やかな勾配にしても、次第に周辺海岸と同じ勾配と高さになることに注意する必要がある。

St. Felixの護岸を撤去し、非常に緩やかな勾配(4%; 1/25)を計画したとしても、周辺の海岸の勾配(1/7~1/10)と同じになることから、図-3に示す海岸地形になることが予想される。



図-1. Present Condition

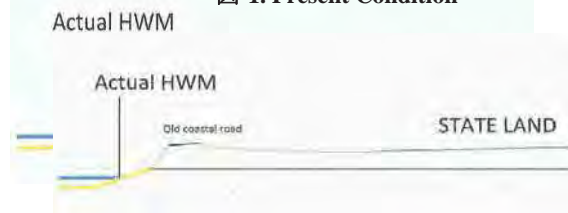


図-2. Plan

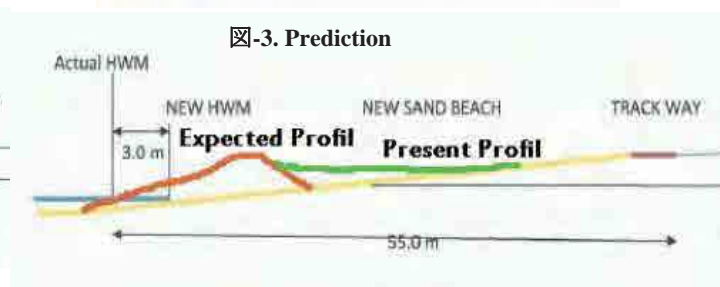


図-3. Prediction

出典：JICA 調査団

Case-3. Rock Revetment at C-Beach

C-Beach における緩傾斜護岸について、幾つかの問題が指摘される。

- 緩傾斜護岸端部における海岸侵食の進行
- 2006年当時から問題となっており、改善されていない。
- 緩傾斜護岸周辺の海岸利用者の減少
- 石積み護岸の上は歩きづらく、水際へのアクセスが難しい。

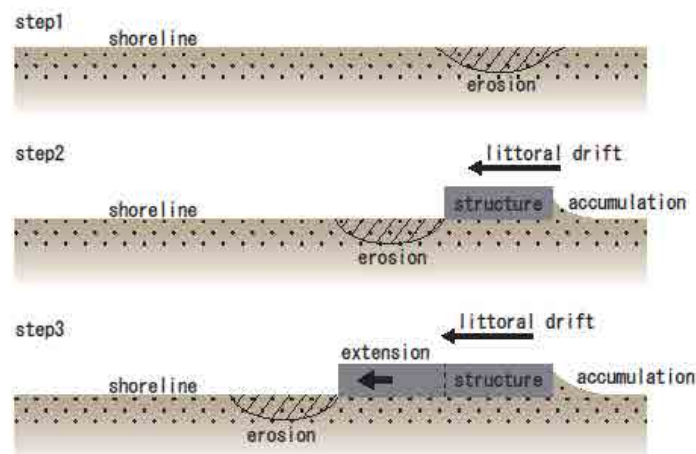
EIAの配慮事項

- 海岸構造物について、端部周辺の海岸侵食の影響評価と対策が必要である。
- 海岸構造物については、海岸利用者から見た親水性について配慮されているか、チェックする必要がある。

出典：JICA 調査団



自然海浜で侵食が生じた場合に、その対策として構造物を造ると、その前面及び周辺海岸に影響を与え、侵食が生じる場合がある。特に、漂砂が沿岸方向にある場合には、図に示すように、対策が新たな侵食を生む。これは、波向きが季節的に変動する場合にも同様の影響が生じる。



出典：JICA 調査団

図 13.1.1 構造物の設定による侵食域の拡大

Case-4. Rock Revetment at D-Beach

D-Beachにおける緩傾斜護岸について、以下の問題が指摘される。

- 2013年の緩傾斜護岸は、侵食防止面からは問題がない。しかし、海岸利用者の水際へのアクセスが難しい。
- 対岸にあるE-beachでは、大型の armorng rockが使われ、水際へのアクセスが比較的容易である。



出典：JICA 調査団

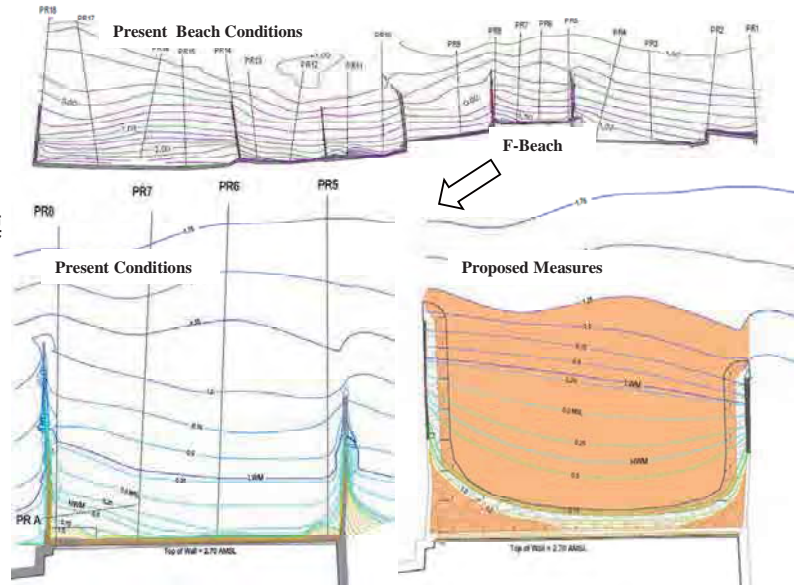
Case-5. Coastal Protection Works at F- Beach



当海岸では、多くの突堤が個人的に築造されてきた。また、これらの突堤により沿岸漂砂が遮断され、局所的な侵食問題を起こしている。

F-Beachの対策工は、突堤の短縮化、残存する突堤、護岸の傾斜護岸化および養砂である。

計画されている対策工は、局所的な侵食対策であるとともに、当海岸全体の漂砂移動や侵食への影響も配慮された有効な対策と考えられる。



出典：JICA 調査団

13.3 海岸侵食対策に関する EIA 調査の課題と対応

「モ」国における海岸侵食対策に関する EIA 調査の課題は、以下のとおりである。

- 調査範囲がサイト周辺に限られている。海岸侵食メカニズムの把握や対策工による周辺環境への影響を評価するには、対象地域を含めた一つの漂砂系を調査対象範囲とする必要がある。なお、漂砂系とは、海岸における土砂の運動領域である。
- 調査対象地域における漂砂の移動特性について調査が不十分である。特に、侵食要因とメカニズムの分析、ならびに、波浪に関する解析が不十分である。
- 侵食防止効果と周辺海岸に与える影響予測が不十分である。

漂砂の移動特性調査は、「侵食対策の必要性の判定」に関するもので、どのような漂砂が生じ、将来どのような地形変化を生じるかを予測するための基礎資料となる。漂砂移動特性調査に必要な主な資料を列挙すると、次のとおりである。

- ① 航空写真、衛星画像：過去の画像データの収集と画像解析により、一つの漂砂系の中で漂砂移動の変遷を調査し、海岸線と周辺構造物の変遷から、侵食要因と漂砂特性(卓越漂砂や土砂収支)を推定する。
- ② 現地調査：現状を把握する。特に、侵食状況や周辺構造物の状況を的確に把握することで、侵食要因と漂砂特性の推定に役立てることができる。
- ③ 底質データ：沿岸方向および岸沖方向の粒径分布および海岸勾配と粒径分布の関係について把握する。なお、海岸勾配と粒径分布の関係把握は、養浜材料を決める上で重要となる。
- ④ 気象・海象データ：風向、風速の頻度分布およびそれに基づき、波浪推算(リーフ沖の波浪推算)や代表波浪を決定する。

侵食防止効果の確認と周辺海岸に与える影響の予測に関しては、幾つかの海岸地形変化予測モデルがある。しかしながら、これらの予測モデルの利用経験がほとんどない「モ」国において、これをガイドラインに直ちに取り込みことは現実的でない。侵食防止効果の確認と周辺海岸に与える影響については、以下のような方法からでも推定は可能である。

- ① 上記の画像解析ならびに現地調査による侵食要因と漂砂特性の推定から、経験則として、今後の推移や対策方針、対策工の効果や影響範囲について立案可能である。
- ② 上記で設定した代表波浪を使って、対策地域周辺の波浪分布を予測する。現況と対策工の波高分布を比較し、対策工による波高の影響範囲を求め、その効果や影響範囲を推定することが可能である。