

バヌアツ国

気象・地象災害局（VMGD）

バヌアツ国

地震・津波・高潮情報の発信能力強化
プロジェクト

プロジェクト業務完了報告書

2024 年 2 月

独立行政法人

国際協力機構（JICA）

一般財団法人 気象業務支援センター

環境
JR
24-009

要 約

1. 背景

バヌアツ共和国は、国連大学が公表した「2017年世界リスク指標（World Risk Index 2017）」で世界 171 カ国中、第 1 位に順位付けされ、地震、津波、サイクロン、洪水等の自然災害など、世界で最も自然災害リスクの高い国である。日本は2012年にE/Nを締結し、無償資金協力「バヌアツ国広域防災システム整備計画」により、地震計や潮位計、気象観測の機材整備を支援した。その後、これらの機材を活用した観測・解析体制の強化、情報伝達能力向上のための技術協力プロジェクトが要請され、2017 年 7 月にバヌアツ政府との間で討議議事録（Record of Discussions、以下「R/D」）が締結された。

2. 業務の概要

「地震・津波・高潮情報の発信能力強化プロジェクト」に係る R/D に基づき、バヌアツ気象・地象災害局（VMGD）および国家災害管理局（NDMO）の、「地震・津波・高潮災害の観測及び解析能力の強化、防災情報の伝達体制の整備」をプロジェクト目標とし、2019 年 3 月から 2024 年 3 月まで（COVID19 およびサイクロン等による国内輸送・渡航への影響による 3 回の期間延長を含む）実施された。

3. 業務の実施方針

プロジェクトでは、①共通 SOP（Standard Operation Procedure）による情報発信、②コミュニティを巻き込んだ情報発信・伝達、③機器保守・情報発信のドキュメント化、④外部資源の有効活用と国際機関・本邦気象庁（JMA）との連携、を基本方針とした。

4. 活動実績、活動内容

技術移転の対象を、成果 1（観測）、成果 2（解析、地震・津波・潮位）、成果 3（情報発信）とし、7 名の専門家（JICA 直営長期専門家 1 名を含む）を配置し技術移転を行った。上位目標、プロジェクト目標、各成果の成果指標は、すべて達成された。

成果 1 ではバヌアツ国内に 6 台の震度計が設置され、地震の揺れによる被害状況を把握するためのモニターが開始された（バヌアツ国内の輸送の遅れにより設置がプロジェクト終了間際となり、今後、震度情報の活用に係る技術移転を実施する必要がある）。また、無償資金協力供与の 2 台の潮位計のリハビリ、国際通信回線を利用した国内外 16 箇所の潮位計データのリアルタイム収集、天文潮位を差し引いた、津波・高潮などによる潮位変動成分をモニターできるよう、モニターソフトが改修された。

成果 2 では、地震学および震度解析のための基礎講座を実施し、「地震情報等利用ガイドブック」案、「地震監視作業手順書」案、「自己研鑽素材」が作成・共有され、地震動解析ソフト SeisPC の導入と、地震解析の OJT が実施された。津波情報については、過去データを収集し「津波カタログ」が作成され、2023 年 11 月に VMGD に提出された（仏語・ビスラマ語への翻訳も検討中）。津波 SOP については、PTWC が発表する津波情報および ORSNET の震度情報をもとに、サイクロン情報と同じ予報区を対象として新津波 SOP が、プロジェクト活動をとおり

て策定され、VMGDの正式承認を経て、一般に周知される予定である。潮位については天文潮位の計算をとおして潮位データの品質管理、解析に係る技術移転を進め、VMGD独自でデータ収集・解析・天文潮位の計算を実施できる体制となった。

成果3では、2019、2020、2021、2022年に4つの島に置いて、地域コミュニティを巻き込んだ、津波避難訓練を実施し、情報発信能力の強化が図られ、コミュニティーベースの避難訓練の経験が蓄積され、今後、訓練が実施されていない島で、避難訓練を行うことが計画されている。

5. 上位目標達成のための提言

2023年8月に実施された「本邦研修」のWork Planとして、VMGDの将来計画がまとめられ、最終JCCにおいてVMGD、JICA内で確認された。

本業務で策定された新津波 SOP の早期承認と一般国民への啓発、VMGD 情報発信端末のメテオファクトリーを改修することで、津波情報の早期発表を進める必要がある。また、津波カタログの活用も含め、津波避難訓練を継続して実施することが重要である。（【津波情報の早期化、訓練の継続】）

また、6台の震度計が整備され、ORSNETの震度解析データを用いた震度解析のOJTも実施しているが、地震データの解析および地震情報の改善のために、引き続きの本邦からの支援を行う事が望ましい。（【地震データ解析・情報改善に向けた協力】）

なお、VMGDの予算規模は大きいですが、地震計・潮位計・火山監視システムなど、外部資金により導入されたシステムを用いて地震・津波・火山・サイクロンなどの自然災害の監視と情報提供を行っており、他ドナーによる援助を注視しつつ、VMGDの人的・予算的資源へのインパクトが少ない形で、地震・津波・高潮に係る防災対応能力強化を支援していくことが、今後の協力の重要な視点である。（【他ドナー支援の活用】）

6. 業務実施運営上の課題・工夫・教訓

本プロジェクトにおいては、VMGDの人員・予算規模が大きくないことから、新津波 SOP の策定に当たって、既存システムを有効活用し、少人数の現業職員で対応できるよう、①VMGDの警報発表エリアをサイクロン情報と同一とし、②PTWC、ORSNET情報を有効活用、③少ない現業職員に告知するためのパトロールライトの導入を計った。

新しいシステムの導入・技術移転に当たっては、VMGDシステムでの活用が重要で、①導入システムとVMGDネットワークへの接続、②システムの構成・フォーマットなどのドキュメントの作成と納品時の共有をC/Pで行った。

目 次

要 約	i
目 次	iii
図表目次	v
略語集	x
周辺図	xii
主要地名対訳	xiii
1. 業務の概要	1
1.1. 業務の背景と経緯	1
1.2. 業務の目的	1
1.3. 上位目標とプロジェクト目標	1
1.4. 期待される成果と活動の概要	2
1.5. 対象地域	2
1.6. 関係官庁・機関	2
1.7. プロジェクト期間	2
2. 業務の実施方針	4
2.1. 業務実施の基本方針	4
3. 活動実績・活動内容詳細	7
3.1. 活動実績	7
3.1.1. ワーキンググループ	7
3.1.2. 専門家の投入実績及び業務の達成状況	7
3.1.3. 供与物品	12
3.2. 成果 1（観測）	15
3.2.1. 活動の概要	15
3.2.2. ベースライン調査の実施と抽出された課題	15
3.2.3. 活動内容・活動実績	18
3.2.4. プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓	39
3.2.5. 成果の目標達成状況	40
3.2.6. 今後の活動計画・上位目標達成のための提言	40
3.3. 成果 2a（地震）	42
3.3.1. 活動の概要	42
3.3.2. ベースライン調査の実施と抽出された課題	42
3.3.3. 活動内容・活動実績	44
3.3.4. プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓	56
3.3.5. 成果の目標達成状況	57

3.3.6.	今後の活動計画・上位目標達成のための提言	58
3.4.	成果 2b（津波）	59
3.4.1.	活動の概要.....	59
3.4.2.	ベースライン調査の実施と抽出された課題	59
3.4.3.	活動内容・活動実績	59
3.4.4.	プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓	70
3.4.5.	成果の目標達成状況	70
3.4.6.	今後の活動計画・上位目標達成のための提言	70
3.5.	成果 2c（潮位解析）	72
3.5.1.	活動の概要.....	72
3.5.2.	ベースライン調査の実施と抽出された課題	72
3.5.3.	活動内容・活動実績	72
3.5.4.	プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓	81
3.5.5.	成果の目標達成状況	82
3.5.6.	上位目標達成のための提言	83
3.6.	成果 3（情報発信）	84
3.6.1.	活動の概要.....	84
3.6.2.	ベースライン調査の実施と抽出された課題	84
3.6.3.	活動内容・活動実績	89
3.6.4.	プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓	103
3.6.5.	成果目標の達成状況	103
3.6.6.	上位目標達成のための提言	104
3.7.	本邦研修	106
3.7.1.	地震・津波・高潮プロダクト利用能力強化研修	106
4.	上位目標達成のための提言	108
5.	業務実施運営上の課題・工夫・教訓	112
6.	総括所感	114

Appendix

1. Expert Assignment Plan
2. Expert Assignment Result
3. Plan of Operation (at the start of the Project)
4. Plan of Operation (at the end of the Project)
5. 成果概要

図表目次

図 3.2.1(a). サイト調査の例.....	16
図 3.2.1(b). 分析調査の例	16
図 3.2.2. GPS 不具合対応（レナケル潮位観測所）	17
図 3.2.3. 現地調査前の震度計設置候補地点（2019 年 5 月 28 日時点）	20
図 3.2.4. サンプ強震計観測点とルーガンビル周辺表層地質図	22
図 3.2.5. サンプのノイズ（左図：24 時間のサンプの強震計上下動成分の連続記録 右図：その の中から定常的なノイズの卓越周波数を示す 20 分間の連続記録）	22
図 3.2.6. 現地調査を踏まえた震度観測地点候補（2019 年 8 月末時点）	26
図 3.2.7. ソラ測候所内の設置想定場所（赤丸；玄関入った正面）	26
図 3.2.8. 市庁舎内の設置想定場所（赤丸；建物内、正面向かって右奥の部屋）	27
図 3.2.9. VMGD 本部地震計室内の設置想定場所（赤丸；強震計台付近）	27
図 3.2.10. アネルゴハット測候所内の設置想定場所（赤丸）	27
図 3.2.11. VMGD 本部での震度データの解析、表示等の取扱い概要	28
図 3.2.12(a). 震度計システムの組立、設置の実習.....	28
図 3.2.12(b). 震度計ネットワークの設定、データ取得の実習.....	29
図 3.2.13(a). シェファプロビンスオフィスへの震度計の設置計画.....	29
図 3.2.13(b). シェファプロビンスオフィス への震度計の実際の設置.....	30
図 3.2.14. ポートビラ観測点.....	30
図 3.2.15. アネイチュム観測点.....	31
図 3.2.16. ソラ観測点.....	31
図 3.2.17. アンバエ観測点.....	31
図 3.2.18. ルーガンビル観測点.....	32
図 3.2.19. ペンテコスト観測点.....	32
図 3.2.20. 震度観測ネットワーク（左：2023 年 12 月 15 日時点、右：2024 年 2 月 6 日時点） 32	
図 3.2.21. 震度モニタリング画面（右モニター、左側は PTWC メッセージ監視画面）	33
図 3.2.22. サイクロンの高波で施設が被害を受けたレナケル潮位計測サイト	33
図 3.2.23. 潮位計測サイトのリハビリテーション用機材（赤枠の部分）	34
図 3.2.24. 潮位計測システムのリハビリテーション実技研修	35
図 3.2.25. リツリツ潮位計測システムのリハビリテーション	35
図 3.2.26. リツリツ潮位計測サイトへの津波監視カメラ設置	36
図 3.2.27. 津波監視カメラ取得画像（上：リツリツ、下：レナケル）	36
図 3.2.28. 潮位解析システムの複数サイト表示画面	37
図 3.2.29. バヌアツ周辺の GTS 接続構成.....	38
図 3.2.30. AWOS アップグレード作業（左：バウアーフィールド空港（右：ペコア空 港）	39
図 3.2.31. アップグレード後の AWOS 表示画面.....	39
図 3.3.1. ハンドオーバーレター	46

図 3.3.2. 携帯（可搬）型地震計及び PC（左赤丸は携帯（可搬）型地震計に付随する GPS 受信機）	46
図 3.3.3. 到達度試験内容（一部抜粋）	48
図 3.3.4. 到達度試験の正答率	48
図 3.3.5. シェパード諸島付近の群発地震活動の臨時情報への助言	50
図 3.3.6. 地震監視システム構成要素と目標・成果物	51
図 3.3.6. 地震監視システム構成要素と目標・成果物 .エラー! ブックマークが定義されていません。	
図 3.3.7. 一般向け地震案内書表紙	56
図 3.3.8. 地震監視作業手順書	56
図 3.3.9. 成果 2a のまとめ	57
図 3.4.1. 津波注警報に係る緊急作業 Flow Chart（最終版：2023 年 10 月現在）	61
図 3.4.2. バヌアツ Local 域の 8 つの Region（左）と Region 毎の津波注警報発表基準（右）	62
図 3.4.3. 津波カタログ（表紙）	62
図 3.4.4. 海洋性火山噴火発生覚知方法とその後の作業	63
図 3.4.5. WMO/GTS 回線経由で PTWC 及び Wellington VAAC からのメッセージが入電した場合のパトロールライトによる報知（左）及びバヌアツ周辺の大きな地震が SeiscomP で自動検知・震源決定された場合の PC 画面ポップアップとパトロールライト報知（右端）	64
図 3.4.6. 周辺の監視可能な潮位観測点	65
図 3.4.7. QED(USGS)を基準とした場合の VMGD の M との差（左：相関図、右：偏差頻度分布） 上：更新前(202207)、下：更新後(202306-09).....	66
図 3.4.8. 2023 年 6～9 月の全震央分布図（左：QED(n=234)、右：VMGD(n=1,574)）	67
図 3.4.9. 2023 年 6～9 月の M 別頻度分布図（左：QED(Mth=4.5)、右：VMGD(Mth=3.9)） ..	67
図 3.4.10. 2023 年 9 月 7～30 日の自動震源の震央分布（左：最終震源として保存されたもの、右：最終震源になし=false event）	68
図 3.4.11. SeiscomP で決定された過去一か月のすべての震央分布図	68
図 3.4.12. SeiscomP 最終震源リストを用いて GMT で描画された震央分布図（VMGD 月報）の例	69
図 3.4.13. Seismic Activity Catalog of Vanuatu からの抜粋図	69
図 3.5.1. 潮位監視システムの画面（当時）	74
図 3.5.2. 潮位監視システムの新画面	75
図 3.5.3. 潮位観測レポート	76
図 3.5.4. 推算潮位カレンダー	77
図 3.5.5. 監視システム用推算潮位 1 分値ファイル	77
図 3.5.6. 潮位解析用プログラム群と操作マニュアル	78
図 3.5.7. 潮位監視システムのネットワーク	79
図 3.6.1. MF のメイン画面	85
図 3.6.2. アイコンによる予報の修正	85
図 3.6.3. MF の情報サンプル	86

図 3.6.4. SMS による警報送信画面	86
図 3.6.5. TC ツール	87
図 3.6.6. 7 日予報	87
図 3.6.7. メディア向け予報（上）と海上予報（下）	87
図 3.6.8. プロジェクト紹介リーフレット	89
図 3.6.9. JMA-GPV の利用（CSV データ、Grads による作画）	89
図 3.6.10. データ作画と蓄積（左：GSMaP、右：HIMAWARI-RGB 画像）	90
図 3.6.11. GSMaP データと雲画像の合成	90
図 3.6.12. WRF-PC のスペック(上)とドメイン(下)	91
図 3.6.13. 津波 SOP 支援ツール（上：パトロールライト、下：地震監視端末）	92
図 3.6.14. 新津波 SOP（再掲）	92
図 3.6.15. バヌアツエリア津波警報基準（再掲）	93
図 3.6.16. イベントデータ	94
図 3.6.17. 津波監視 PC とパトロールライト（左）、地震監視画面（右下）、震源図（右上）	95
図 3.6.18. 震度計設置（シェファプロビンスオフィス） 上左：震度計センサー部、上右：震度計通信部（ルータ等） 下左：震度計設置用コンクリートベースの作成、下右：震度計センサー設置状況	96
図 3.6.19. 津波訓練実施場所	97
図 3.6.20. 津波ウィークイベントプログラム	97
図 3.6.21. 避難訓練の様子（2019 年 11 月 5 日）	98
図 3.6.22. 南 Efate での避難訓練(2020 年 11 月 4～5 日)	99
図 3.6.23. ルーガンビルでの避難訓練（2020 年 12 月 16～18 日）	99
図 3.6.24. 2022 年の防災イベントおよび避難訓練	100
図 3.6.25. 津波避難訓練経路図	100
図 3.6.26. 津波訓練アンケート結果（2022 年 11 月 5 日、アンケート数=53）	101
図 3.7.1. 修了書授与式	107
表 2.1.1. プロジェクト・デザイン・マトリックス（PDM）	5
表 3.1.1. ワーキンググループメンバーリスト	7
表 3.1.2. 専門家アサイン	8
表 3.1.3. プロジェクト目標達成状況	8
表 3.1.4. 成果毎の目標達成状況	9
表 3.1.5. 活動項目毎の達成状況	11
表 3.1.6. 調達物品	12
表 3.1.7. 現地再委託	14
表 3.2.1. 調査日程および内容	15
表 3.2.2. 震度観測網構成観測点候補地点一覧表（2019 年 5 月 28 日現在）	19
表 3.2.3. 震度観測点候補地点の検討結果（2019 年 5 月 28 日時点）	20
表 3.2.4. 強震計のノイズ調査総括表	23
表 3.2.5. 既設の強震計の分解能	23

表 3.2.6.	ソラ及びサラタマタの震度計設置候補の評価結果（2019 年 8 月末時点）	24
表 3.2.7.	現地調査後の震度計設置候補の評価結果（2021 年 1 月時点）	24
表 3.2.8.	震度計設置場所リスト	25
表 3.2.9.	震度計設置状況	30
表 3.2.10.	潮位解析システムで監視・表示する潮位サイトの一覧	37
表 3.2.11.	成果目標に対する達成状況	40
表 3.3.1.	ベースライン調査想定項目（成果 2a）	42
表 3.3.2.	講義後のアンケート集計表（L1、L2）	47
表 3.3.3.	講義後のアンケート集計表（L3）	47
表 3.3.4.	要求された講義内容（2019 年 5 月）	48
表 3.3.5.	オンライン講義プログラム（2020 年 12 月）	49
表 3.3.6.	2021 年 8 月の遠隔打合せ・講義実施内容	51
表 3.3.7.	成果物一覧	52
表 3.3.8.	2021 年 2 月の遠隔打合せ・講義の内容	52
表 3.3.9.	2022 年 4 月の遠隔打合せ・講義の内容	53
表 3.3.10.	2022 年 9・10 月の遠隔打合せ・講義の内容	53
表 3.3.11.	自己研鑽素材内容一覧	55
表 3.3.12.	一般向け地震案内書内容一覧	55
表 3.3.13.	成果目標に対する達成状況	57
表 3.3.14.	残された課題と要請事項	58
表 3.4.1.	実施したリモート講義	59
表 3.4.2.	成果目標に対する達成状況	70
表 3.5.1.	課題と分析	72
表 3.5.2.	アンケート結果	73
表 3.5.3.	コース別の技術研修内容	74
表 3.5.4.	アンケート結果	75
表 3.5.5.	研修者の氏名と所属	78
表 3.5.6.	技術移転研修の項目と実施日程	79
表 3.5.7.	主な打合せ等の記録	80
表 3.5.8.	セミナー・講義・実習	80
表 3.5.9.	技術移転を目的とした講義・実習	81
表 3.5.10.	主な収集資料	81
表 3.5.11.	成果目標に対する達成状況	82
表 3.5.12.	今後に対する提言と将来計画	83
表 3.6.1.	ベースライン調査項目	84
表 3.6.2.	VMGD が発表する予報（ベースライン調査時）	88
表 3.6.3.	ベースライン調査で明らかになった課題と活動方針	88
表 3.6.4.	津波訓練参加者の内訳（2019 年）	98
表 3.6.5.	津波防災イベント参加者（2022 年）	100
表 3.6.6.	講義・実習(成果 3)	102

表 3.6.7.	津波訓練参加者	102
表 3.6.8.	主な収集資料.....	102
表 3.6.9.	成果目標に対する達成状況	103
表 3.6.10.	活動実績表.....	104
表 3.6.11.	今後に対する提言と将来計画（成果 3）	105
表 3.7.1.	本邦研修.....	106
表 3.7.2.	研修員リスト	106
表 3.7.3.	研修スケジュール.....	106
表 4.1.1.	課題と対応策（本邦研修ファイナルレポートより抜粋）	108
表 4.1.2.	外部条件により残った課題と対処方針	109

略語集

略語	正式名称	和訳
AWOS	Automatic Weather Observation System	自動気象観測システム
BOM	Bureau of Meteorology	オーストラリア気象局
C/P	Counterpart	カウンターパート
DFAT	Australian Department of Foreign Affairs and Trade	オーストラリア外務貿易省
DIG	Disaster Imagination Game	災害情報伝達訓練
GTS	Global Telecommunication System	全球通信システム (WMO)
ICAO	International Civil Aviation Organization	国際民間航空機関
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission	政府間海洋学委員会
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
IRIS	Incorporated Research Institutions for Seismology	地震学研究フレーム
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (日本)
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構 (日本)
JMA	Japan Meteorological Agency	気象庁 (日本)
JMBSC	Japan Meteorological Business Support Center	一般財団法人気象業務支援センター (日本)
METAR	Aviation Routine Weather Report ()	定時飛行場実況気象通報式
MF	Meteo Factory	MFI 社が開発した予報支援ツール
MFI	Meteo France International	フランス気象局の子会社
M/M	Minutes of Meeting	会議議事録
NDMO	National Disaster Management Office	国家災害管理局 (バヌアツ)
NIWA	National Institute of Water and Atmospheric Research	国立水質大気研究所 (ニュージーランド)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	海洋大気庁 (アメリカ)
NWPTAC	Northwest Pacific Tsunami Advisory Center	北西太平洋津波情報センター
ORSNET	Oceania Regional Seismic Network	オセアニア地区地震観測網
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト計画概要表
PIMS	Pacific Islands Meteorological Strategy	大洋州気象計画
PMC	Pacific Meteorological Council	太平洋気象会議
PO	Plan of Operation	業務計画
PTWC	Pacific Tsunami Warning Center	太平洋津波警報センター
QC	Quality Control	品質管理
RIC	Regional Instrument Centre	WMO 地区測器センター
SMS	Short Message Service	ショートメッセージサービス
SOP	Standard Operation Procedure	標準業務手順書
SPC	Secretariat of the Pacific Community	太平洋共同体
SYNOP	surface SYNOPic observations	地上実況気象通報式
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国連教育科学文化機関
UNISDR	United Nations secretariat for	国連国際防災戦略事務局

	International Strategy for Disaster Reduction	
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
USP	University of the South Pacific	南太平洋大学
VMGD	Vanuatu Meteorology and Geo-hazards Department	バヌアツ気象・地象災害局
VPN	Virtual Private Network	仮想専用線
WB	World Bank	世界銀行
WG	Working Group	業務実施グループ
WIGOS	WMO Integrated Global Observing System	WMO 統合観測システム
WIS	WMO Information System	WMO 情報システム
WMO	World Meteorological Organization	世界気象機関
W/P	Work Plan	ワークプラン
WRF	Weather Research and Forecasting Model	NCAR 等が開発した領域気象モデル

周辺図



As of 04 March 2023



Creation date: 03 March 2023. Sources: OCHA, HMN. Feedback: ochaupdates@un.org or on the map. The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the United Nations.

出典： <https://reliefweb.int/map/vanuatu/vanuatu-reference-map-04-march-2023>（2023 年 11 月参照）

主要地名対訳

日本語表記	現地語表記
アネイチュム	Aneityum
アネルゴハット	Anlghowhat
アムブリム	Ambrym
アンバエ	Ambae
イサンゲル	Isangel
イフィラ	Ifira
エトン	Epuen
エピ	Epi
エファテ	Efate
エマルス	Emalus
エムア	Emua
クオトヌ	Qotnue
サラタマタ	Saratamata
サンブ	Sanvu
サンマ	Sanma
シェファ	Shefa
ソラ	Sola
タフェア	Tafea
タンナ	Tanna
ノーサップ	Norsup
バウアーフィールド	Bauerfield
バヌアラバ	Vanua Lava
パンゴ	Pango
バンラップ	Bunlap
ビッグベイ	Big Bey
ペコア	Pekoa
ペナマ	Penama
ペンテコスト	Pentecost
ポートオルリー	Port Orly
ポートビラ	Port Vila
ホワイトグラス	White Grass
マレンパ	Malampa
ラカトロ	Lakatoro
ラマプ	Lamap
リツリツ	Lizliz
ルーガンビル	Luganville
レナケル	Lenakel

※日本語表記は本報告書内での表記であり、公式なものではない。

1. 業務の概要

1.1. 業務の背景と経緯

バヌアツ共和国（以下「バヌアツ」）は南太平洋に位置する小島嶼国で、地震、津波、サイクロン、洪水等の自然災害に対してきわめて脆弱な国である。バヌアツは国連大学が公表した「2017年世界リスク指標（World Risk Index 2017）」で世界171カ国中、第1位に順位付けされており、世界で最も自然災害リスクの高い国とされていることから、同国において地震・津波を含む自然災害に対する防災対策は喫緊の課題である。

気候変動・気象・地象災害・環境・エネルギー・災害管理省（Ministry of Climate Change Adaptation, Meteorology, Geo-Hazards, Environment, Energy and Disaster Management）直轄の機関であるバヌアツ気象・地象災害局（Vanuatu Meteorology and Geo-hazards Department、以下「VMGD」）は、2017年に制定された「気象・地象・気候変動に関する法律(Meteorology, Geological Hazards and Climate Change Act)」に基づき、信頼性の高い観測体制及び正確かつ迅速な予警報の発令体制を整備する責務を担っている。また、同省下の国家災害管理局（National Disaster Management Office、以下「NDMO」）は同国の中央防災機関として、防災情報のためのコミュニケーションネットワークの構築や、災害情報発信及び警報伝達を所掌する。

しかしながら、狭小な国土が広範囲に散らばっている地理的特性などから、地震及び潮位の観測網が十分に整備されていない。また、観測したデータを解析するための設備や人材も不足しており、関係省庁への情報伝達や住民への警報発令も、十分に実施できていなかった。

このような状況において日本は2012年にE/Nを締結し、無償資金協力「バヌアツ国広域防災システム整備計画」（以下「無償案件」）を実施、地震計や潮位計、気象観測のための機材整備を支援した。2015年3月に発生したサイクロンPAMの影響により作業遅延が発生したが、同年9月に完工した。

また、これらの機材を活用した地象災害に係る観測・解析体制の強化、情報伝達能力の向上などを目的とした技術協カプロジェクトの要請がVMGDより提出された。

その後、無償案件の完工を受け、2016年11月に詳細計画策定調査を実施し、その結果をもとに2017年7月にバヌアツ政府との間でプロジェクトの詳細を記載した討議議事録（Record of Discussions、以下「R/D」）を締結した。

1.2. 業務の目的

本プロジェクトは、「地震・津波・高潮情報の発信能力強化プロジェクト」に係るR/Dに基づき業務（活動）を実施することにより、期待される成果を発現し、プロジェクト目標を達成することを目的とする。

1.3. 上位目標とプロジェクト目標

【上位目標】

VMGD及びNDMOから関係機関及び住民に対して地震・津波・高潮に関する防災情報が適時かつ的確に伝達されている。

【プロジェクト目標】

VMGDの地震・津波・高潮災害の観測及び解析能力が強化され、VMGD及びNDMOによる

防災情報の伝達体制が整備される。

1.4. 期待される成果と活動の概要

成果1：VMGDの地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制が強化される。

- 1-1. リアルタイム地震観測網を強化する。
- 1-2. リアルタイム潮位観測網を強化する。
- 1-3. VMGDスタッフに対し、観測機器の維持管理方法を指導する。

成果2：VMGDスタッフの地震・潮位データの解析及び利用技術が向上する。

- 2-1. VMGDスタッフに対し、地震・潮位データの解析状況及び利活用方法についてのベースライン調査を実施する。
- 2-2. VMGDスタッフに対し、地震パラメータ算出に係る技術指導を行う。
- 2-3. VMGDスタッフに対し、強震計及び震度計データの利活用のための知識習得に係る技術移転を行う。
- 2-4. VMGDスタッフに対し、天文潮位推算及び津波高潮成分抽出に係る技術移転を行う。
- 2-5. 津波情報に活用するための地震津波災害の履歴を取りまとめる。
- 2-6. VMGDスタッフに対し、津波解析及び予測に係る技術指導を行う。

成果3：VMGD及びNDMOの防災情報の伝達能力が強化される。

- 3-1. 防災情報の伝達方法を調査し、課題点抽出のためのベースライン調査を実施する。
- 3-2. VMGDの地震、津波及び高潮に関する効果的な防災情報の作成能力を強化する。
- 3-3. VMGD及びNDMOのウェブ等を通じた防災情報の発信能力を強化する。
- 3-4. VMGD及びNDMOが国民に対して行う防災啓発活動の能力を強化する。

1.5. 対象地域

VMGD及びNDMO 本局（ポートビラ）

2 コミュニティ（エファテ島ポートビラ、サント島ルーガンビル）

1.6. 関係官庁・機関

直接的なカウンターパートは、VMGDとする。

成果3（防災情報の伝達能力の強化）においては、警報発令や災害情報の伝達、啓発活動を実施している中央防災機関のNDMOも実施機関とする。

1.7. プロジェクト期間

プロジェクト開始時は、2019年3月27日から2022年3月26日までであったが、COVID-19感染拡大防止のための渡航制限・現地活動制限により、現地に於ける機材の設置・修繕、OJTによる技術移転活動が実施できなかったことから、2022年3月にリモート協議によりプロジェクト期間を2023年3月まで1年間延長することに合意した。しかし、現地活動の再開は、2022年6月までずれ込み、機材の設置、現地活動を2023年3月までに実施することが困難であったことから、2022年11月8日に開催した第4回合同調整委員会（JCC）ミーティングでプロジェクト期間の2023年12月までの延長を再協議し、再度の期間延長に合意した。その後、震度計設置及び津波監視カメラ設置の作業等のために再々度の期間延長を行った。最終的なプロジェク

ト実施期間は以下のとおり。

当初プロジェクト期間： 2019年3月27日 から 2022年3月26日まで

最終的なプロジェクト期間： 2019年3月27日 から 2024年3月31日まで

2. 業務の実施方針

2.1. 業務実施の基本方針

業務指示書及び詳細計画策定調査では、「VMGDでは日常の業務量や定員枠に対して十分な人員が充足されておらず、他ドナーのプロジェクトも複数動いていることから慢性的に人員が不足している状況である（2016年8月時点で89人の定員枠に対し70名が勤務）」としている。一方、元VMGD長官のDavid Gibson氏が2017年8月にソロモン諸島で開催されたPMC（Pacific Meteorological Council）のPIMS（Pacific Islands Meteorological Strategy）2012-2021において報告したCountry Reportでは、「国連開発計画（UNDP）、オーストラリア外務貿易省（DFAT）、ヨーロッパ連合（EU）、独立行政法人国際協力機構（JICA）などのドナーの協力を得て、地震・津波・気象に関する観測設備を導入し、少数のスタッフで外部リソースを有効活用しながら防災情報の監視・発信を行っている」としている。また、地震については、ニューカレドニアを端緒としてフランスが主体となって整備したORSNET（Oceania Regional Seismic Network）が同国にも設置され、これらの整備に尽力したSylvain氏（VMGDのシステム設計・運用者として勤務したが現在離職中）が中心となり、システムの導入・運用を行い、地震解析システムのSEISCOMP3を用いて、地震に係る様々なパラメータが自動計算される仕組みが維持されている（PIMSレポート、ICG/PTWC27次報告、いずれも2017）。

VMGDで複数回の活動実績のある＜津波情報＞専門家の山本（雅）によれば、24時間の監視・情報発信体制は、気象部門の担当者により行われており、地震・津波・火山に関わる職員は、月曜日から金曜日までの日勤のみであることから、夜間及び休日の津波情報発信に課題があることが指摘されており、津波情報の改善については、Mission Report Number-4として「Updated current SOP」「Long term strategy for the establishment of Tsunami Warning System」を主な内容として、2016年12月にVMGDに報告されている。加えて、詳細計画策定調査において「移転された技術についてオペレーションは行えるが、記録として残されておらず、これまでの技術移転の資料等もVMGD内で広く共有されていない」と報告されている。したがって、技術移転を行っても、業務実施についての確認・評価が難しく、技術の定着・発展が少ないことが課題となっている。

バヌアツにおいては、「外部資源（ドナー資金、外部人材）の有効活用によるコンパクトな運用」が有効であると考えられ、VMGDは、予算規模が小さく、人的資源に乏しいが、職務執行は確実であることから、これまでの海外における技術プロジェクトの経験、および、VMGDに関する各機関の報告書をもとに、以下の4つを基本方針とする。

基本方針

1. 災害情報発信における共通 SOP（Standard Operation Procedure）の採用
2. コミュニティへの情報伝達の重視と本邦コミュニティ情報を参考とした情報
3. 機器保守、発信情報のドキュメント化と定期的なレビュー、情報発信
4. 外部資源の有効活用と国際機関・本邦気象庁（JMA）との連携

表 2.1.1. プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)

プロジェクトの要約	指標	指標データ入手手段
[上位目標] VMGD 及び NDMO から関係機関及び住民に対して地震・津波・高潮に関する防災情報が適時かつ的確に伝達されている。	1. 地震、津波、高潮関連の災害情報（含む警報）が、適切なタイミングで迅速に、関連機関とコミュニティへ伝達されている。 2. 2016 年に比べて発表までの時間が短縮される。情報内容が拡充する。 3. VMGD と NDMO の予算、人員が 2016 年より増加する。	• VMGD 年次報告書 • NDMO 年次報告書 • 警報の送受信記録
[プロジェクト目標] VMGD の地震・津波・高潮災害の観測及び解析能力が強化され、VMGD 及び NDMO による防災情報の伝達体制が整備される。	地震、津波、高潮関連の災害情報（含む警報）が、関連機関とコミュニティへ伝達される。	• プロジェクトチームによるモニタリング • VMGD 年次報告書 • NDMO 年次報告書 • 警報の送受信記録
[成果] 1. VMGD の地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制が強化される。	1-1. プロジェクトで設置された震度計のうち、80%からリアルタイムで震度データが取得される。 1-2. 新規地震観測地点での機材設置手順の訓練が実施される。 1-3. 国内外の 10 個所以上の観測点より、リアルタイムで潮位データが取得される。 1-4. 観測機器の定期メンテナンス手順書に沿ってメンテナンスレポートが 1 か月毎に提出される。	• モニタリングシート • VMGD 年次報告書 • 地震観測機材設置マニュアル • メンテナンスマニュアル • 定期メンテナンスレポート • 震度計及び潮位計のデータログ • 研修実施記録
2. VMGD スタッフの地震・潮位データの解析及び利用技術が向上する。	2-1. 地震と潮位解析に関する VMGD 業務フローの現状が明らかになる。 2-2. 過去の地震と津波の観測記録が収集、整理される。 2-3. 強震計の観測データの解析に関する試験にスタッフが合格する。 2-4. 震度計の観測データが解析され、バヌアツに適した震度階が制定される。 2-5. バヌアツ国内外の潮位データの解析と津波予測に関する試験にスタッフが合格する。	• 業務フローレビュー報告書 • モニタリングシート • 過去の地震と津波情報のアーカイブ • 災害情報発令基準表 • 解析手法研修時における成績 • 震度階を表す分かり易い図表 • VMGD 年次報告書

3. VMGD の防災情報の伝達能力が強化される。	2-6. 津波等の情報（含む警報）の発令基準が策定される。 3-1. 地震、津波、高潮関連の災害情報（含む警報）伝達に関する、VMGD、NDMO の業務フローが明らかになる。 3-2. 災害情報（含む警報）の伝達が手順どおりに実施される。 3-3. 選定された対象コミュニティまでの伝達を含む、災害情報伝達訓練（DIG）が実施される。 3-4. バヌアツ国民に対する啓蒙活動が実施される（震度階の周知、観測点における啓蒙看板設置等）。 3-5. メディア（ウェブサイトや SMS、SNS、テレビ、ラジオ等）を通じての災害情報が発信される。	・ 災害情報伝達フローのレビュー報告書 ・ 災害情報発令手順表 ・ モニタリングシート ・ VMGD が 発 表 し た 情 報（Before, After） ・ VMGD 年次報告書 ・ 警報発信記録
活動		
1-1 リアルタイム地震観測網を強化する。 1-2 リアルタイム潮位観測網を強化する。 1-3 VMGD スタッフに対し、観測機器の維持管理方法を指導する。 2-1 地震・潮位データの解析及び利活用方法を調査する。 2-2 地震パラメータの算出能力が向上する。 2-3 強震計及び震度計データの利活用能力が向上する。 2-4 潮位推算及び津波高潮成分抽出に関する能力が向上する。 2-5 津波情報に活用するための地震津波災害の履歴を取りまとめる。 2-6 津波解析及び予測に関する能力が向上する。 3-1 防災情報の伝達方法を調査し、課題点を明らかにする。 3-2 地震、津波及び高潮に関する効果的な防災情報の作成能力を強化する。 3-3 ウェブ等を通じた防災情報の発信能力を強化する。 3-4 VMGD と NDMO が国民に対して行う防災啓蒙活動の能力向上を行う。		

出典：JICA

3. 活動実績・活動内容詳細

3.1. 活動実績

本プロジェクトの活動実績を以下に纏め、詳細な活動内容は3.2項以降に記す。

3.1.1. ワーキンググループ

本プロジェクト成果別にワーキンググループを構成し、ワーキンググループメンバーを中心に技術移転を実施した。なお、成果2については技術的な分野がさらに分かれており、VMGD担当者も異なるため、成果2を成果2a「地震」、成果2b「津波」、成果2c「潮位」にそれぞれ分けた。各ワーキンググループのメンバーは表3.1.1.のとおり。

表 3.1.1. ワーキンググループメンバーリスト

	VNMHA	プロジェクト専門家
成果1 (観測)	Ms. Esther Saul(*), Mr. Janvion Cevuard, Mr. Athanas Worwor, Mr. Julius Mala, Mr. Nigel David, Mr. Dan Tari, Mr. Lévu B. Antfalo	一条 弘之
成果2a (地震)	Ms. Sandrine Cevuard (-2020), Mr. Dan Tari, Mr. Lévu B. Antfalo (-2020), Ms. Juanita Laga Andrew, Ms. Rerena Vatu (-2020), Mr. Ricardo William (2021-), Ms. Melinda Aru (2021-), Mr. Iuma Bani (2021-)	森 滋男
成果2b (津波)	Mr. Fred Jockley Mr. Dan Tari, Mr. Lévu B. Antfalo, Mr. Jerry Timothy	山本 雅博 上垣内 修(*)
成果2c (潮位)	Ms. Patricia Mawa (*), Mr. Janvion Cevuard, Mr. Athanas Worwor, Mr. Julius Mala, Mr. Nigel David, Mr. Dan Tari, Mr. Lévu B. Antfalo	山本 忠治
成果3 (情報発信)	[VMGD] Mr. Fred Jockley(*), Ms. Sandrine Cevuard, Ms. Patricia Mawa, Mr. Glen Siba, Mr. Dan Tari, Ms. Esther Saul, Mr. William Bae Worwor [NDMO] Ms. Zoe Ayong, Ms. Alice Iarem Sanga, Mr. Eddy Maliliu, Mr. Kensley Micah	登内 道彦(*) シュルツ由美(JICA 長期専門家)

出典：VMGD

3.1.2. 専門家の投入実績及び業務の達成状況

本プロジェクトの業務計画期間は、当初2019年3月20日から2022年5月31日までの3年3か月間であり、2019年12月までは現地における技術移転を中心に活動を実施した。しかし、新型コロナウイルス感染拡大防止のための渡航制限により双方の渡航が困難となったため、ネットミーティング等を通じての技術移転に変更した。現地渡航は、一定の活動制限がある中で2022年6月に再開されたが、機材の設置、現地活動を2023年3月までに実施することが困難であったことから、2022年11月8日に開催した第4回JCCでプロジェクト期間の2023年12月までの再延長を協議し、再度の期間延長に合意した。その後、震度計及び津波監視カメラの設置作業のため、さらに3か月間延長し、最終的なプロジェクト実施期間は、2019年3月27日から2024年3月31日までの5年間となった。

プロジェクト専門家の投入実績は表3.1.2.に示すとおりである。当初の投入計画、協力期間延長後の投入計画は付属資料に付した。

表 3.1.2. 専門家アサイン

専門家	分野	活動人月（バヌアツ）	活動人月（日本）
登内 道彦	業務主任者／総括／機器管理	6.03 人月 [7]	2.80 人月
山本 雅博	津波情報	4.83 人月 [2]	5.23 人月
一条 弘之	災害情報	6.20 人月 [5]	7.80 人月
森 滋男	地震解析	2.07 人月 [2]	6.70 人月
山本 忠治	潮位解析	2.83 人月 [3]	2.80 人月
上垣内 修	地震解析 2／津波情報 2	2.83 人月 [4]	4.23 人月
小林 遼平	機器管理 2	0.77 人月 [1]	0.00 人月
シュルツ由美	JICA 長期専門家・業務調整	—	—

[x]: 現地渡航回数

出典：JICA プロジェクトチーム

本プロジェクト PDM の「上位目標」「プロジェクト目標」「成果」「活動」に対する達成状況は表 3.1.3.~5.のとおり。また、業務計画（以下、PO）の変遷（プロジェクト開始時の PO、プロジェクト期間延長後の PO）については、巻末の付属資料に示した。加えて、各活動をとおして作成されたマニュアル・ガイドライン・講義資料等は CD-ROM で納品した。

プロジェクト目標および成果の達成状況は、PDM の「指標」および「指標データ入手手段」で評価し、各項目の達成状況を事由と共に以下に記載した。

表 3.1.3. プロジェクト目標達成状況

プロジェクトの要約	成果指標	指標データ入手手段	達成状況																	
[上位目標]																				
VMGD 及び NDMO から関係機関及び住民に対して地震・津波・高潮に関する防災情報が適時かつ的確に伝達されている。	1. 地震、津波、高潮関連の災害情報（含む警報）が、適切なタイミングで迅速に、関連機関とコミュニティへ伝達されている。 2. 2016 年に比べて発表までの時間が短縮される。情報内容が拡充する。 3. VMGD と NDMO の予算、人員が 2016 年より増加する。	• VMGD 年次報告書 • NDMO 年次報告書 • 警報の送受信記録	1. サイクロンに伴う高潮関連の災害情報が適切に発表されている。 2. 新津波 SOP が策定され、津波警報発表時間の短縮が見込まれる。 3. VMGD の予算・人員とも増加傾向にあるが、地震・津波・高潮の監視・予測・情報提供を VMGD の予算・人員で独力で強化するのは困難。国内外の機関・ドナーの援助を活用しつつ、関連機関および国民への、防災情報提供の迅速化・精緻化に取り組んで、着実に成果を上げており、息の長い技術サポートが引き続き必要。																	
			<table><tr><td></td><td colspan="2">予算 (百万バツ)</td><td colspan="2">人員(名)</td></tr><tr><td></td><td>2018</td><td>2022</td><td>2014</td><td>2020</td></tr><tr><td>VMGD</td><td>140</td><td>146</td><td>87</td><td>119</td></tr><tr><td>NDMO</td><td>40</td><td>62</td><td>8</td><td>19</td></tr></table> (MoCCA annual report 2014, 2022)		予算 (百万バツ)		人員(名)			2018	2022	2014	2020	VMGD	140	146	87	119	NDMO	40
	予算 (百万バツ)		人員(名)																	
	2018	2022	2014	2020																
VMGD	140	146	87	119																
NDMO	40	62	8	19																
[プロジェクト目標]																				
VMGD の地震・	VMGD の地震・津	・ プロジェク	・ 新津波 SOP が策定され、新 SOP																	

津波・高潮災害の観測及び解析能力が強化され、VMGD 及び NDMO による防災情報の伝達体制が整備される。	波・高潮災害の監視能力が強化され、防災情報が伝達される体制が整備される。	トチームによるモニタリング ・ VMGD 年次報告書 ・ NDMO 年次報告書 ・ 警報の送受信記録	に従った部内訓練が実施された（新 SOP は VMGD 認証手続中）。 ・ メテオファクトリーの改修で手順の簡略化が計画されている。
--	--------------------------------------	---	---

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.1.4. 成果毎の目標達成状況

	成果指標	指標データ 入手手段	達成状況
成果 1 VMGD の地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制が強化される。	1-1. プロジェクトで設置された震度計のうち、80%からリアルタイムで震度データが取得される。	・ モニタリングシート ・ VMGD 年次報告書 ・ 地震観測機材設置マニュアル ・ メンテナンスマニュアル ・ 定期メンテナンスレポート ・ 震度計及び潮位計のデータログ ・ 研修実施記録	・ 6 台の震度計は、COVID-19 による渡航制限・活動制限・輸送手段の減少のため機材輸送ができず、設置が遅れたが、2024 年 1 月末までに全ての震度計が設置された。さらに、6 か所中 5 か所との通信確認を行い、設置した震度計の内 80%以上からリアルタイムでデータが取得できることを確認した。
	1-2. 新規地震観測地点での機材設置手順の訓練が実施される。		・ 機材設置及び保守点検のマニュアルが整備され、現地に於ける設置・保守点検の研修が実施された。
	1-3. 国内外の 10 個所以上の観測点より、リアルタイムで潮位データが取得される。		・ 国内 4 か所、周辺国 12 か所の潮位計データがリアルタイムに受信され、潮位変動のモニターが実施されている。 ・ サイクロンにより観測を停止した潮位計が復旧され、表示ソフトウェアが改善された（天文潮位の除去）。
	1-4. 観測機器の定期メンテナンス手順書に沿ってメンテナンスレポートが 1 か月毎に提出される		・ 定期的な点検が実施され、記録が残されている。
成果 2 VMGD スタッフの地震・潮位データの解析及び利用技術が向上する。	2-1. 地震と潮位解析に関する VMGD 業務フローの現状が明らかになる。	・ 業務フローレビュー報告書 ・ モニタリングシート ・ 過去の地震と津波情報のアーカイブ ・ 災害情報発令	・ ベースライン調査で VMGD の業務フローがレビューされた。
	2-2. 過去の地震と津波の観測記録が収集、整理		・ 過去に発生した津波について調査が実施され、津波カタログとして取りまとめられ、新津波

	される	基準表 - 解析手法研修時における成績 - 震度階を表す分かり易い図表 - VMGD 年次報告書	SOP に活用された。
	2-3. 強震計の観測データの解析に関する試験にスタッフが合格する。		成果 2a の活動として震度解析の講義および試験が実施され、2019 年 5 月にスタッフは試験に合格した。
	2-4. 震度計の観測データが解析され、バヌアツに適した震度階が制定される。		大洋州では ORSNET により広域地震モニターを実施しており、周辺諸国で採用されている改正メルカリ震度を採用することとした。
	2-5. バヌアツ国内外の潮位データの解析と津波予測に関する試験にスタッフが合格する		- バヌアツの潮位データから天文潮位を計算する手法について技術移転され、ソフト改修により天文潮位を除いた潮位変化をモニターしている。 - 潮位データ解析については、2023 年 6 月に実施した試験で、スタッフに技術移転が完了したことを確認した。 - 津波予測については、ペーパーテストは実施していないが、数回実施した津波警報発出部内訓練の実施により VMGD 職員の能力が確認された。
	2-6. 津波等の情報（含む警報）の発令基準が策定される。		新津波 SOP が策定され、新 SOP に基づく津波警報の発表訓練が実施された（新津波 SOP は VMGD の認証プロセス中）
成果 3 VMGD の防災情報の伝達能力が強化される。	3-1. 地震、津波、高潮関連の災害情報（含む警報）伝達に関する、VMGD、NDMO の業務フローが明らかになる。	- 災害情報伝達フローのレビュー報告書 - 災害情報発令手順表 - モニタリングシート - VMGD が発表した情報 (Before, After) - VMGD 年次報告書 - 警報発信記録	ベースライン調査で VMGD と NDMO の業務フローがレビューされた。
	3-2. 災害情報（含む警報）の伝達が手順どおりに実施される。		新津波 SOP に基づいて、津波訓練が実施された（2022 年）。
	3-3. 選定された対象コミュニティまでの伝達を含む、災害情報伝達訓練 (DIG) が実施される。		2019 年、2020 年、2022 年に、エファテ島およびサント島で、地域コミュニティを巻き込んだ津波避難訓練が実施された。
	3-4. バヌアツ国民に対する啓蒙		2019 年、2022 年の津波訓練に先立ち、メディアで津波情報に

	活動が実施される（震度階の周知、観測点における啓蒙看板設置等）。		関する啓発番組が放送された。 ・ 2019 年、2020 年、2022 年の訓練で、津波・地震に関するリーフレットを増刷し、参加者・コミュニティにした。
	3-5. メディア（ウェブサイトや SMS、SNS、テレビ、ラジオ等）を通じての災害情報が発信される。		・ 津波訓練で、SMS を通じて「津波警報」が発信された。 ・ また、ラジオ・テレビで特別番組が放送された。 ・ ウェブサイトで地震・津波情報が発信されている。

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.1.5. 活動項目毎の達成状況

指標		達成状況
1-1	リアルタイム地震観測網を強化する。	・ 6 台の震度計は、COVID-19 による渡航制限・活動制限・輸送手段の減少のため機材輸送ができず、設置が遅れたが、2024 年 1 月末までに全ての震度計が設置された。
1-2	リアルタイム潮位観測網を強化する。	・ 国内外 16 か所の潮位計データがリアルタイムで収集され、潮位変動をモニターできるようソフトウェアが改修された。
1-3	VMGD スタッフに対し、観測機器の維持管理方法を指導する。	・ 機材設置及び保守点検のマニュアルが整備され、現地に於ける設置・保守点検の研修が実施された。
2-1	地震・潮位データの解析及び利活用方法を調査する。	・ 地震データの解析方法が調査され、改善のための技術指導が実施された。 ・ 潮位データから天文潮位を計算する手法について技術移転が行われ、天文潮位を除いた変動成分を表示するソフトウェアが導入された。
2-2	地震パラメータの算出能力が向上する。	・ 地震学及び地震解析に係る基礎講座が実施された。 ・ VMGD が行っている SEISCOMP による地震解析について OJT が実施され、VMGD 職員の解析能力の向上が計られた。
2-3	強震計及び震度計データの利活用能力が向上する。	・ 地震活動を分析するソフトウェア（Seis-PC）が導入され利用方法に関する講義・演習が実施された。 ・ 毎月の震源マップが作成され、解析精度がレビューされている。
2-4	潮位推算及び津波高潮成分抽出に関する能力が向上する。	・ 過去の潮位観測データから天文潮位を算出するソフトウェアが共有され、天文潮位の計算方法にかかる講義・演習が実施され技術移転が完了した。 ・ 天文潮位を除いた潮位変動を表示するソフトウェアが導入され、潮位変動をモニターしている。
2-5	津波情報に活用するための地震津波災害の履歴を取りまとめる。	・ 過去の津波データが収集され、津波カタログが作成された。 ・ 作成された津波カタログを活用した新津波 SOP が策定された。
2-6	津波解析及び予測に関する能力が向上する。	・ 新津波 SOP が策定され、PTWC および ORSNET を用いて津波情報を発信する訓練が実施された。 ・ 津波カタログの整備に併せて、バヌアツおよび周辺国で

		発生した地震に対する伝搬図が作成され、津波カタログの付録（Appendix）として整備された。
3-1	防災情報の伝達方法を調査し、課題点を明らかにする。	・ ベースライン調査時に防災情報の伝達方法が調査された。 ・ 高潮情報に関する SMS による情報発信が的確に実施されていることを確認した。 ・ 津波情報についても SMS で発信する準備が進められている。
3-2	地震、津波及び高潮に関する効果的な防災情報の作成能力を強化する。	・ 新津波 SOP による迅速な津波情報の発信が準備されている。 ・ 地震活動報告図が 2020 年 2 月から開始され、Seis-PC を用いた地震活動分析能力向上が計られた。
3-3	ウェブ等を通じた防災情報の発信能力を強化する。	・ 世界津波デー（11 月 5 日）に併せて、ウェブ等を通じた防災情報発信の訓練が、2019 年、2020 年、2022 年に実施され、地域コミュニティを巻き込んだ、総合的な津波情報の発信・津波避難訓練が実施された。
3-4	VMGD と NDMO が国民に対して行う防災啓蒙活動の能力向上を行う。	・ 2019 年、2020 年、2022 年の津波訓練に際し、テレビ・ラジオを通じた啓発活動が実施されるとともに、啓発パンフレットが増刷・配布された。 ・ 津波カタログが作成され、関連機関に配布され、VMGD ウェブサイトで公開された。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.1.3. 供与物品

以下の物品を本邦または現地で調達し、ハンドオーバーした。

表 3.1.6. 調達物品

名称	型名	仕様等	数量	調達地
可搬型地震計 Portable seismometer	ETNA2	Manufacturer: OYO Seismic Instrumentation Corp. Measuring range: 0 to ± 3000gal HP EliteBook 830 G5 (Laptop PC)	1 式	Japan
リアルタイム震度計 Real-time seismic intensity meter	EPDP-Cube311	Manufacturer: OYO Seismic Instrumentation Corp. Accessories: Backup Battery system (DC/AC inverter, charge controller, acid battery (12V 12Ah)) Protection Case for EPDP (*)	6 式 1 式(*)	Japan
震度計算ソフト Software for calculate earthquake intensity.	-	Manufacturer: OYO Seismic Instrumentation Corp.	1 式	Japan
震度解析ソフト用端末 Terminal for seismic intensity analysis with specific	HP Z2 Tower G4 Workstation	Spec: Windows10 Pro 64bit Software: OYO Server setup software Accessories: Display Unit (24inch SXGA+) Power Transformer (AC230-240 to AC100-110V)	1 台	Japan

software		CISCO SG350-10 (Switching Hub) Allied-Telesis AT-G5910/5 (Switching Hub)		
潮位解析ソフト用端末 Terminal for tide level analysis with specific software	Lenovo 510A-15ARR Ryzen3	Spec: Windows 10, 8GB Memory, 1TB HDD, DVDRW) Software: ORIE Application software for tide analysis (*)	1 台	Vanuatu Japan(*)
津波監視カメラ Monitoring camera for tsunami watch	WV-S1531LNSJ (Intelligent Auto H.265 Network Camera)	Manufacturer: Panasonic Accessories: Panasonic WV-Q120AS (Mounting Bracket for Camara) Allied Telesis AT-FS710/5E (Fast Ethernet Switch) Sankosha ZP-DC24/LAN10000IS-2 (Arrester Junction Board)	3 台	Japan
アクセスルータ Access router	RTX830	Manufacturer: YAMAHA	7 台	Japan
ペコア空港用風向風速計 Anemometer and parts for Pekoa airport	SAT-600	Manufacturer: Sonic Spec: Ultra Sonic Wind Sensor Accessories: ORIE 2ch current-Voltage Converter/isolator	1 台	Japan
レナケル潮位観測点用備品 Tide gauge spare for Lenakel	TS-200 (Ultrasonic Water Level Gauge) ST-51 (Temperature Sensor) JS-10A (Junction Box) JU-520 (Arrester, PSD Unit) BL-5153 (Data Logger) GTX-2.0J (DCP Transmitter with GPS) CFRS-CCS-30 (Power Distribution Cabinet) MSK-500 x 6 (Deep Cycle Sealed Battery 2V)	Manufacturer: Oriental Electronics, Inc.	1 式	Japan
リツリツ潮位観測点用備品 Tide gauge spare for Litzlitz	TS-200 (Ultrasonic Water Level Gauge) ST-51 (Temperature Sensor) JS-10A (Junction Box) JU-520 (Arrester, PSD Unit) BL-5153 (Data Logger) GTX-2.0J (DCP Transmitter with GPS) CFRS-CCS-30 (Power Distribution Cabinet) MSK-500 x 6 (Deep Cycle Sealed Battery 2V)	Manufacturer: Oriental Electronics, Inc.	1 式	Japan
警報通知パトライト Alarm signal light	NHV4-3-RYG	Manufacturer: Patlite	2 台	Japan
複合機 Multifunction	HP Color LaserJet Pro MFP M281fdn Colour	Manufacturer: HP	1 台	Vanuatu

Printer	Multifunction Laser Printer			
---------	-----------------------------	--	--	--

出典：JICA プロジェクトチーム

また、潮位計のリハビリや震度計の設置に際して、現地待ち受け工事を、現地業者へ再委託を行った。

表 3.1.7. 現地再委託

名称
リツリツ潮位計リハビリ待ち受け工事
震度計設置ベース待ち受け工事（エファテプロビンス事務所）

出典：JICA プロジェクトチーム

3.2. 成果 1（観測）

3.2.1. 活動の概要

【成果 1 に係る活動】

- 1-1 リアルタイム地震観測網を強化する。
- 1-2 リアルタイム潮位観測網を強化する。
- 1-3 VMGD スタッフに対し、観測機器の維持管理方法を指導する。

【ワーキンググループの構成】

本成果の目的を達成し、活動を実施するため、VMGD にワーキンググループ（WG）の編成を依頼し、2019 年 5 月にメンバーが選定された。ワーキンググループのメンバーは 3.1.項の表 3.1.1.のとおり。

3.2.2. ベースライン調査の実施と抽出された課題

(1) ベースライン調査の日程及び調査内容

ベースライン調査として、各施設に赴き現状を把握するサイト調査およびデータ・記録の収集とヒアリングからなる分析調査を下記のように実施した。

表 3.2.1. 調査日程および内容

日付	曜日	調査場所	調査内容
2019 年 4 月 2 日	火	マラクラ島	(1) 潮位計測システムの状況 2018 年障害の原因と対応
4 月 3 日	水	(1) リツリツ潮位観測所 (2) ラカトロ地震観測所 (3) ノーサップ空港	GPS 週数ロールオーバー問題の対応 (2) 地震計の状況 震度計設置候補サイト (3) 自動気象観測装置(AWS)の状況
4 月 5 日	木	タンナ島 (1) レナケル潮位観測所 (2) イサンゲル地震観測所 (3) ホワイトグラス空港	(1) 潮位計測システムの状況 GPS 週数ロールオーバー問題の対応 (2) 地震計の状況 震度計設置候補サイト (3) 自動気象観測装置(AWS)の現状
4 月 8 日	月	エファテ島 VMGD 本局	地震システム、潮位監視システムの状況
4 月 9 日	火		システム保守管理の現状と計画に関するヒアリング
4 月 10 日	水	エファテ島 バウアーフィールド空港	自動気象観測装置(AWS)の状況 METAR 通報の運用
4 月 11 日	木	エファテ島	VMGD 内部ネットワーク、i-Gov ¹ の状況
4 月 12 日	金	VMGD 本局	GTS 回線の運用状況 潮位及び津波関連データの入電状況
4 月 15 日	月	アネイチウム島 アネルゴハット気象観測所	地上気象観測の現状 SYNOP 通報
4 月 17 日	水	エファテ島 VMGD 本局	全球交換の潮位及び津波関連データのリストアップと取得要望ヒアリング

出典：JICA プロジェクトチーム

¹ i-Gov.: バヌアツ政府機関が利用しているクローズド VPN ネットワークの略称

サイト調査および分析調査の一例を図 3.2.1.に示す。

- to find installation possibility of “Seismic intensity meter” & “Tsunami monitoring camera”;



- to solve the GPS WNRO (Week Number Rollover) problem;



- to grasp the current equipment & site condition.



図 3.2.1(a). サイト調査の例

出典：JICA プロジェクトチーム

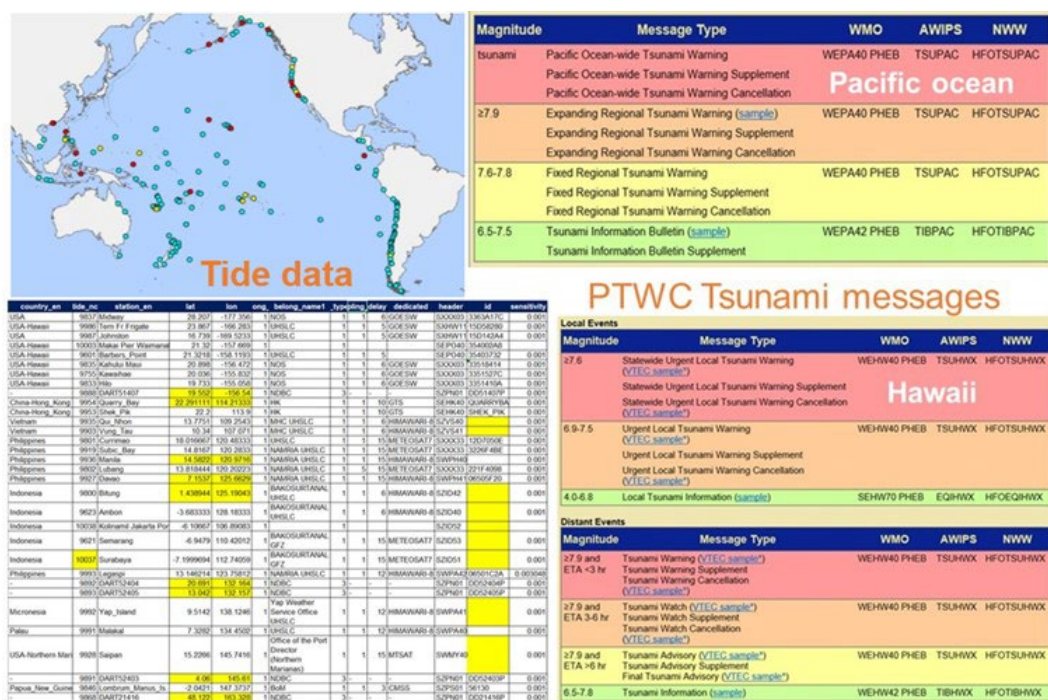


図 3.2.1(b). 分析調査の例

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) ベースライン調査結果

a) 地震計及びブロードバンド観測システムの現状

- ・ VMGD 本局のブロードバンド観測システムの校正装置の動作不良を確認した。C/P との調整により、日本に持ち帰り製造元で修理した。
- ・ マレクラ島ラカトロ地震観測所及びタンナ島イサンゲル地震観測所の地震計については、

定期保守後の正常動作を確認した。

b) 潮位計測システムの現状

- ・ マレクラ島リツリツ潮位観測所の 2018 年 1 月～6 月の障害原因はケーブル盗難であることが分かったため、その後、外周フェンスの設置・施錠がされた。なお、塩害の程度は軽微であった。
- ・ タンナ島レナケル潮位観測所については、支柱アンカーや取付金具など随所に錆・腐食がみられ、特に錆・腐食が進行している避雷針の支柱取付部は防錆塗装を施す必要があることが分かった。
- ・ 両観測所とも i-Gov 中継の不具合のため、現在、潮位データはひまわり DCP²送信のみで全球に配信されていることを確認した。
- ・ バヌアツ標準時：2019 年 4 月 7 日 10 時 59 分 42 秒に発生する GPS 週番号ロールオーバーによる不具合を回避するために両観測所の GPS 受信機のファームウェアをアップデートし、その後の正常動作を VMGD 本局のデータ受信（DCP 送信→気象衛星 Himawari 中継→JMA 受信→WMO 全球通信網 GTS→VNGD MSS）により確認した。



図 3.2.2. GPS 不具合対応
(レナケル潮位観測所)

出典：JICA プロジェクトチーム

c) 津波監視カメラ設置の条件

- ・ マレクラ島リツリツ潮位観測所及びタンナ島レナケル潮位観測所共に新規の鋼材ポールを追加することにより津波監視カメラの設置は可能と判断した。
- ・ 一方で、カメラ設置のためには、カメラの塩害対策と i-Gov ネットワークへの接続不具合解消および帯域調査が必要である。

d) 自動気象観測装置（AWS：Automatic Weather Station）の現状

- ・ アネイチュム島アネルゴハット気象観測所（SYNOP 有人観測所）には、NIWA がドナーになり設置された AWS と JICA 整備の測器が併設されていた。
- ・ マレクラ島ノーサップ空港及びタンナ島ホワイトグラス空港には、ニュージーランドの NIWA（National Institute of Water and Atmospheric Research：国立水質大気研究所）がドナーになり設置された AWS があり、観測データはインマルサット経由で NIWA に送られ、その後、VMGD に還元されている。定期保守作業は、通常年 1 回 VMGD 本局 ICT 部門職員により行われており、露場の芝刈りのみを空港職員に委託している。予備部品は NIWA が提供。
- ・ マレクラ島南部のラマプ地上気象観測所（SYNOP 有人観測所）は、地権者とのトラブルにより閉鎖されているため、VMGD 職員はおらず、AWS の日頃の清掃・機器点検は行われていない。
- ・ エファテ島バウアーフィールド空港には、JICA 設置の自動気象観測システム（AWOS：

² The Data Collection Platform の略称。HIMAWARI など静止気象衛星の付加機能として、遠隔地の観測データを、衛星をとおして国際交換回線に送りこむ為に利用されている。

Automatic Weather Observation System) があり、一部 VMGD 整備の測器も併設されている。VMGD 観測員による目視観測も行われており地上気象観測所 (SYNOP 有人観測所) の機能も有している。観測データは、国内 8 地上気象観測所の通報と併せて SYNOP、METAR 編集報として GTS へ配信されている。また、管制塔にも実況データとして提供されている。

e) リアルタイム震度計の設置候補地

- ・ ラカトロ及びバイサンゲルの地震観測所には設置可能だが、既存の地震計で震度計の役割を果たせるので、最適な候補地ではない。
- ・ バウアーフィールド及びホワイトグラス空港観測所では振動ノイズが多いことから設置は不適。
- ・ アネルゴハット観測所は、i-Gov は接続されていないため通信環境に課題があるが、設置は可能と考えられる。
- ・ したがって、最適な候補地選定にはさらなるサイト調査が必要。

f) GTS の状況

- ・ リツリツ、レナケル以外の潮位データを GTS から入手しておらず、PTWC の津波関連電文を GTS ではなくウェブサイトから入手している等、潮位データ・津波関連データの入電状況には改善の余地が多くある。そのため、GTS 取得可能な潮位データ・津波関連電文のリストを作成し、オーストラリア気象局 (BoM) からの入手を進めることが必要。
- ・ JICA 整備の GTS システムは 24 時間運用されているが、保守作業は行われていない。BoM との GTS 接続はインターネット経由で、VPN 化はされていない。

g) VMGD 本局の既設システムの状況

- ・ UPS の老朽化による停電時の HDD クラッシュ等の障害が多い。
- ・ JICA 整備以外にも他ドナーのサーバ、端末系が運用に使われているが、ネットワーク的に相互接続されておらず、効率的な運用に課題がある。
- ・ i-Gov へは 20Mbps 程度で接続されているが、帯域は不安定。ただし、政府機関のため利用は無料。

h) 観測機器の保守体制の確認

- ・ 定期的な (年 1 回程度) 保守点検を実施しており、点検記録も残されている。
- ・ 2017 年に供与された気圧計はプロジェクト開始時には、RIC つくばでの値付け直後でトレーサビリティが確保されていた。
- ・ 本プロジェクトでは、地震・津波・高潮に係る観測能力・保守点検応力の強化が活動として必要となることから、潮位計・震度計・津波監視カメラ等の観測機器に関する保守点検を指導することとした。

3.2.3. 活動内容・活動実績

(1) リアルタイム震度計ネットワークの構築

「成果 1 : VMGD の地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制の強化」のため、活動 1-1,1-3 として、10 台の震度計の設置 (設置場所の選定、設置作業 OJT を含む)、VMGD の地震情報の内容強化が計画された。プロジェクトでは震度計の設置場所の選定・事前調査・機材の設定・設置に係る OJT をとおして、VMGD の観測能力の強化を図り、地震被害を数値情報か

から見積もる震度観測ネットワークを構築することが出来た。COVID-19やサイクロン被害による輸送の遅れのために、設置が 2024 年 1 月までずれこみ、震度情報を用いた地震情報の内容強化を、今後行っていく必要がある。

a) 震度計ネットワークの構築検討

震度計の設置場所については、バヌアツ国全体の震度情報を観測できるよう配置するとともに、設置場所の環境基準は、本邦気象庁の震度計設置環境基準³を参考に VMGD と協議の上決定した（検討条件は以下の 9 項目）。

観測地点候補地点の条件

- 1 10 台設置のこと
- 2 6 州都全てに少なくとも 1 台設置のこと
- 3 既存強震計 4 台を利用すること（新設 6 台とすること）
- 4 VMGD 本部に新設のこと
- 5 ペンテコスト島に新設のこと（アンバエ島火山活発時避難先、Garae 前局長の意向）
- 6 被害有無予測が可能なこと（観測震度が市街地の代表的震度として扱えること）
- 7 有感地震探知が可能なこと（自然雑微動や社会活動ノイズが十分小さいこと）
- 8 インフラ（通信、電源、保安）の確保が可能なこと
- 9 気象庁 JMA の「震度計設置環境基準（2009 年 11 月 26 日）」を満たすこと

設置場所候補は図 3.2.3 のとおりで、表 3.2.2.に、VMGD との協議、事前調査結果とわせて示した。

表 3.2.2. 震度観測網構成観測点候補地点一覧表（2019 年 5 月 28 日現在）

Counting location number	Existing SM	New basic seismic intensity meter	House owner	Province name	Island name	Seismic data transmission	Electric Power	City name ○ is province capital	House / land owner	Remarks	Who should currently take action to solve the problems	When, we can expect, the action would be taken.
1	1	1	1	Torba	Vanua Lava (Banks IS)	iGov through other network	Supplementary Solar	○Sola	NDMO	iGov through other network to be widened soon	VMGD (ICT)	Before early July
2	1	1	1		Ambae	iGov to be confirmed	Supplementary Solar	○Saratamata (Longana)	NDMO	The exact place in the office is being found out based on the information from Dan-san.	Shigeo MORI JICA	29-May-19
3	1	1	1	Penama	Pentecost	iGov to be confirmed	Supplementary Solar	To be found		The exact house on the island is being found out. The data transmission might need additional tower antenna; if so, the cost should be estimated and we should talk on who should take action.	VMGD (Sadrine san; ICT)	Early June
4	1	1	1	Sanna	Espiritu Santo	3G connection; sent only to France	Supplementary Solar	Near to ○Luganville	SANVU	3G connection might be changed to multiline this year. The maximum natural tremor of the SM has 3gal at 1Hz.	VMGD (ICT)	Before early July
5	1	1	1	Milampu	Malekula (Malekula)	iGov	Supplementary Solar	○Lakatoro	Lakatoro			
6	1	1	1		Ambrym	iGov to be confirmed	Supplementary Solar	West Ambrym	WAMB	The land owner problem should be solved.	VMGD (Director)	Before early July
7	1	1	1	Shefa	Efate	iGov	AC	○Port Vila	VMGD	VMGD headquarters seismic station shed. The new portable seismometer might be able to used temporarily at the provincial government office; this should be considered together further.	MORI and VMGD (Director)	July-Aug
9	1	1	1		Tanna	iGov	Supplementary Solar	○Isangel	Isangel			
10	1	1	1	Tafea	Aneytyum (Anatom)	Commercial network	Supplementary Solar	Anelghowhat	Anelghowhat (Analgahat) Observation Station.	The office is located at the center of Analghauhat provincial headquarters. The availability of the network has been confirmed by VMGD ICT.		
	4	6	3									

出典：JICA プロジェクトチーム

³ 気象庁ホームページ <https://www.data.jma.go.jp/egev/data/shindo-kansoku/> で公開されている。

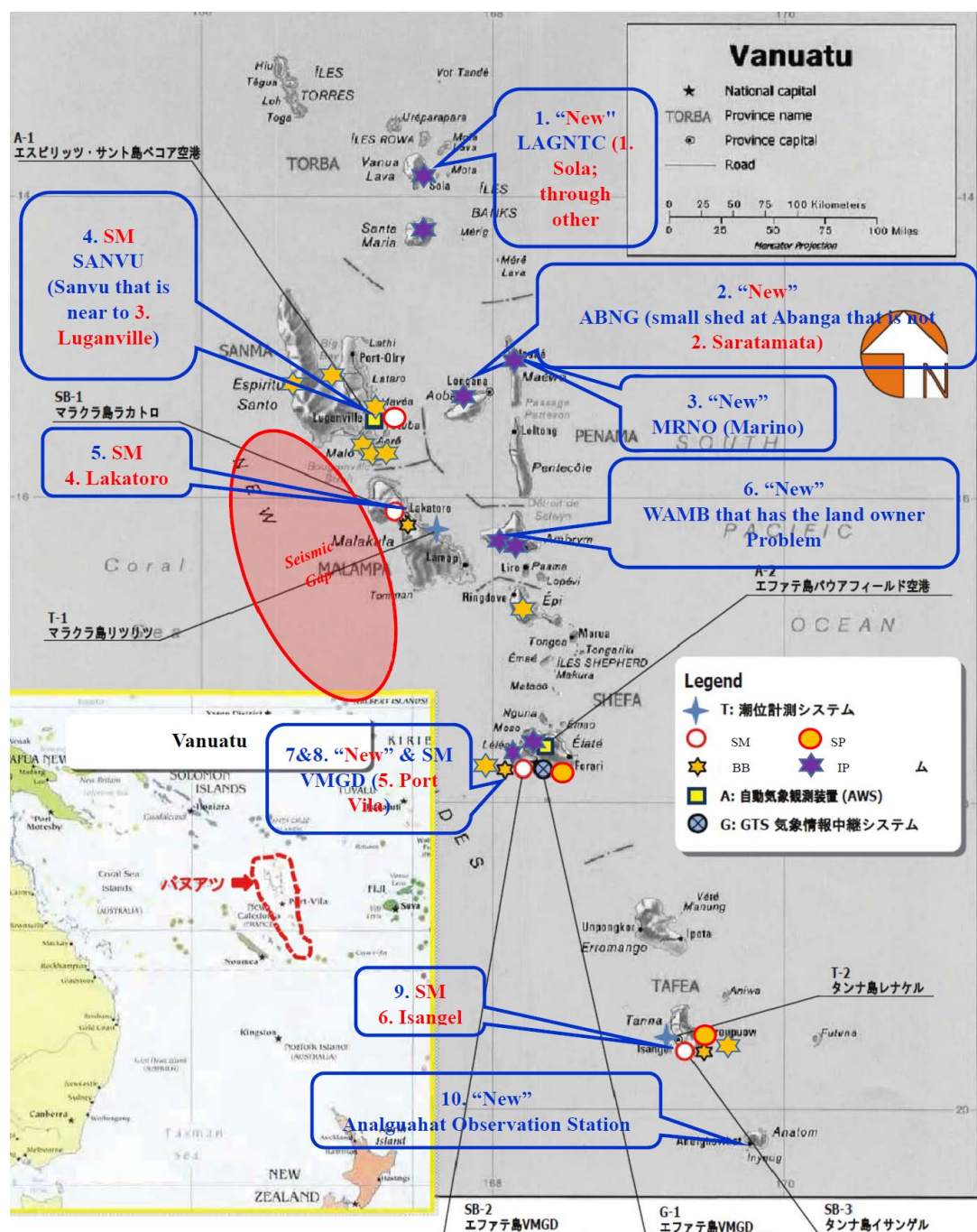


図 3.2.3. 現地調査前の震度計設置候補地点 (2019 年 5 月 28 日時点)

出典：JICA プロジェクトチーム

設置場所を絞込む際に見出され、検討した課題と検討結果を下表に示す。

表 3.2.3. 震度観測点候補地点の検討結果 (2019 年 5 月 28 日時点)

条件	検討結果
1. 10 台設置のこと	VMGD 本部の新設を入れて 10 台としたが、既存強震計 1 台を用いることとし、設置箇所数は計 9 とした。
2. 6 州都全てに少なくとも 1 台設置のこと	2 箇所（ペンテコスト島及びアムブリム島）は建物未定（後者は、「土地所有者の意向で移設とされている既設地震観測所」に設置としているが、同所の移設場所未定）

3. 既存強震計 4 台を利用すること（新設 6 台とすること）	変更・特記無し。
4. VMGD 本部に新設のこと	既存強震計が設置されているため、これを用いることとした。
5. ペンテコスト島に新設のこと（アンバエ島火山活発時避難先、Garac 前局長意向）	変更・特記無し。
6. 被害有無予測が可能なこと（観測震度が市街地の代表的震度として扱えること）	既存強震計 4 箇所のうち VMGD 本部設置のものを除いた 3 箇所（サンマ州都サント島ルーガンビル、タフェア州都タンナ島イサンゲル、マレンパ州都マレクラ島ラカトロ）は、市街地から離れた山中に所在し、「観測震度が市街地の代表的震度として扱える」のか懸念された。 特にサント島サンブは州都ルーガンビルから約 8km 離れている。しかし、いずれも表層地質的な状況が市街地と似ていることを確認した。例えば、サンブの地質は Eastern Plateau Limestones であり、ルーガンビル市街地と同様であった。このこともあり、このままこの強震計を利用することとした。なお、サンブについては、ルーガンビル市街地への将来の震度計新設（増設）を念頭に、機会があれば同市街地に候補建物の絞りこみを行っておくこととした。
7. 有感地震探知が可能なこと（自然雑微動や社会活動ノイズが十分小さいこと）	既存の強震計 4 箇所のノイズをテレメータデータで調査し、サント島サンブを除き支障を来す「自然雑微動や社会活動ノイズ」は見い出されなかった。 サンブでは最大 3gal の 1-2 Hz の定常的な雑微動が見出された。有感地震検出にいくらか影響が懸念されるため、ノイズ源を特定し、この雑微動の軽減の可能性を引き続き検討することとした。
8. インフラ（通信、電源、保安）の確保が可能なこと	9 箇所のうち 2 箇所（サント島サンブ及びバヌアラバ島ソラ）は、現状では送信に制約が見込まれている。 前者は 3G 接続の単線でフランス国だけにデータが送信されているが、2019 年に複線へ更新予定であるため、VMGD 本部（ポートビラ）への送信が可能とされている。 後者は i-Gov 利用だが、他の通信網を利用しており、その通信容量が制約されているため、近々通信容量を増加させる予定で、これにより制約が解消されるとされている。
9. 気象庁 JMA の「震度計設置環境基準（2009 年 11 月 26 日）」を満たすこと	既存の地震観測所を利用する場合については、床の下が未固結砂であり「ある種空洞」に近い可能性があることがわかり、地震計台の整備を検討した。このため、地震計の設置小屋を利用することになっているアムブリム島については小屋の構造によって地震計台の整備をすることが必要であり、また新しく震度計を設置するスペースを確保することも必要となる。なお、2020 年 10 月末時点では、新しく震度計を設置する他の 5 箇所の建物のうち、VMGD 本部以外の 4 箇所については、「既設床へのボルトアンカー止めを基本としつつ、50cm×50cm×10cm(h)のコンクリート台（セメント・ペースト）の導入も視野に入れることとなった。

出典：JICA プロジェクトチーム

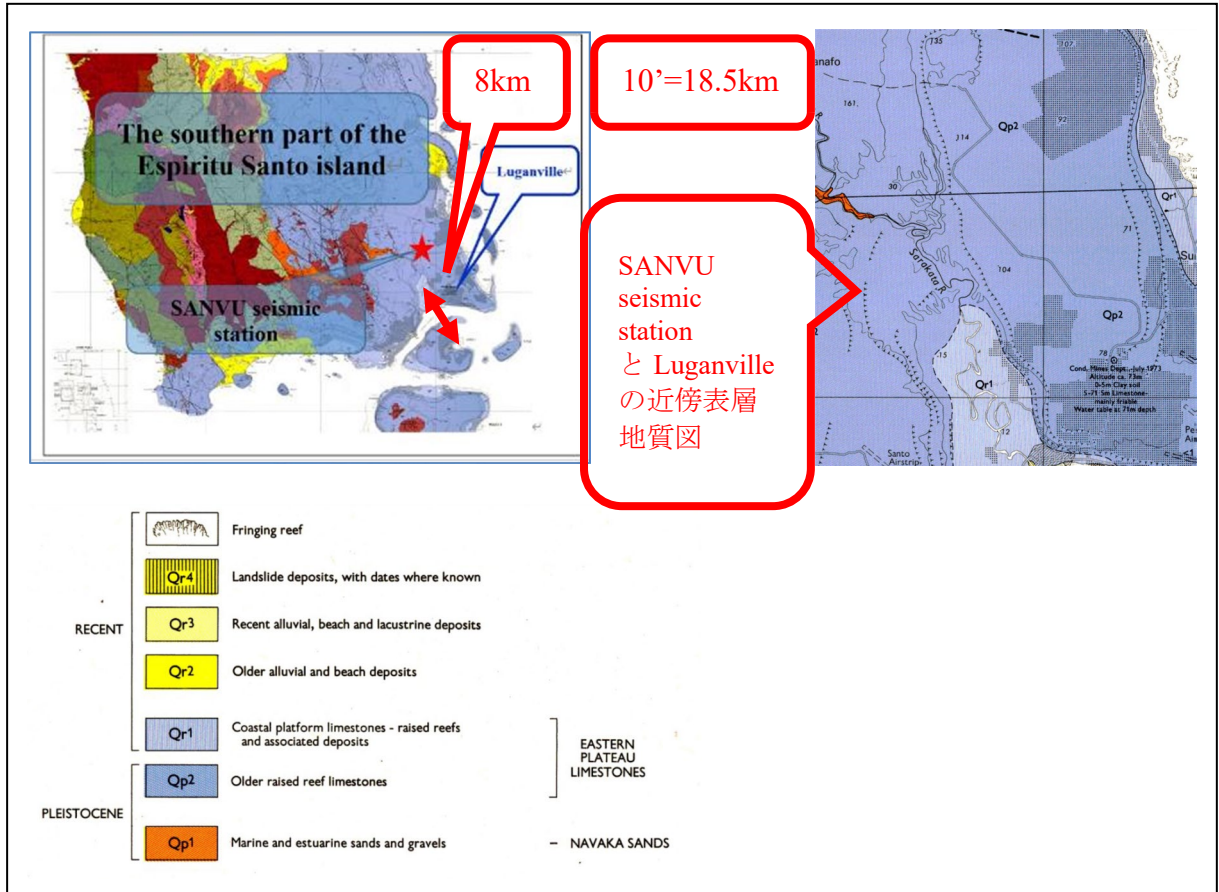


図 3.2.4. サンプ強震計観測点とルーガンビル周辺表層地質図

出典：JICA プロジェクトチーム

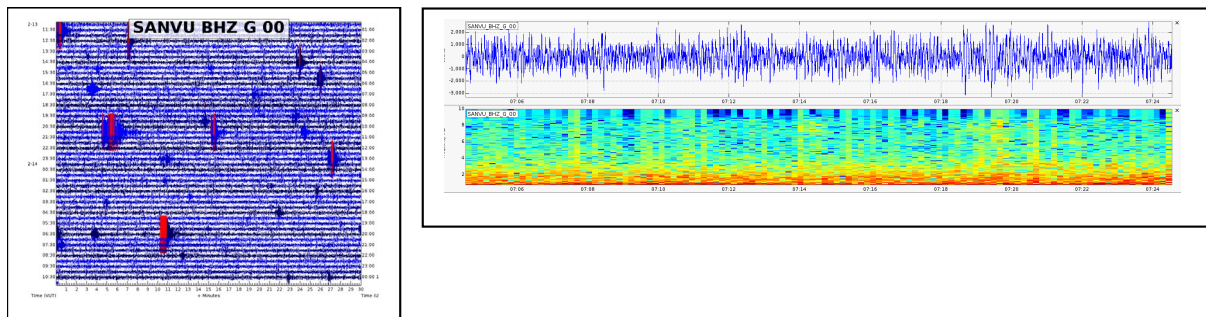


図 3.2.5. サンプのノイズ

(左図：24 時間のサンプの強震計上下動成分の連続記録)

右図：その中から定常的なノイズの卓越周波数を示す 20 分間の連続記録)

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.2.4. 強震計のノイズ調査総括表

地点		SANVU	LAKA	PVM	ISAN
		Sanvu	Lakatoro	Port Vila	Isangel
成分		BHZ_G	BNZ_VU	BNZ_VU	BNZ_VU
データ期間	UTC (= VUT-11h)	07:05-07:24	02:26:12-02:27:09	21:11:28-21:12:24	02:35:56-02:36:52
周波数分析	VUT	18:05-18:24	13:26:12-13:27:08	08:11:28-08:12:24	13:35:56-13:36:53
最大振幅	counts	2500	65	35	200
JMA震度1=2gal	gal	2.92	0.08	0.04	0.24
卓越周波数	Hz	1-2	パルス状	10-25	10-25
参照データ期間 (連続記録)	UTC (= VUT-11h)	00:30-24:00	05:30-24:00	00:30-24:00	00:30-24:00
	VUT	12/13 11:30- 12/14 11:00	5/6 16:30-5/7 11:00	4/5 11:30-4/6 11:00	4/7 11:30-4/8 11:00

出典：JICA プロジェクトチーム

b) 既存の強震計の利用

[1 カウントの加速度値]

既設 4 か所のうち、3 か所の強震計は応用地震計測株式会社が納入。サンプの強震計は別会社が納入している。表 3.2.4.ではサンプには基準値を使用して加速度値を算出した。表 3.2.5.の速度計の値は参考として示した。

表 3.2.5. 既設の強震計の分解能

加速度計分解能								
地点		UT50-595E	ch	方向	S/N	感度V/G	gal/count	mgal/count
		基準				2.000	1.16800E-03	1.16800
SB-1	Lakatoro	140001	1	Y	134A72	1.949	1.19882E-03	1.19882
			2	X	134A73	1.945	1.20129E-03	1.20129
			3	Z	134A74	1.963	1.19027E-03	1.19027
SB-2	VMGD	140002	1	Y	134A76	1.945	1.20129E-03	1.20129
			2	X	134A77	1.930	1.21062E-03	1.21062
			3	Z	134A78	1.944	1.20190E-03	1.20190
SB-3	Isangel	140003	1	Y	134A79	1.928	1.21188E-03	1.21188
			2	X	134A80	1.966	1.18845E-03	1.18845
			3	Z	134A81	1.956	1.19453E-03	1.19453
速度計分解能								
地点		PBB	ch	方向	S/N	感度V-	(m/s)/count	
		基準				1500	1.58946E-09	

※PBBは詳細なデータシートが無いので基準の値

出典：JICA プロジェクトチーム

c) 新設震度計の設置場所候補の現地調査

北部地域にある候補地点 2 箇所 バヌアラバ島ソラとアンバエ島サラタマタに出向いて、候補建物における通信・電源・スペースや携帯（可搬）型地震計によるノイズ特性調査を実施した。結果は、表 3.2.6.及び図 3.2.5.に示す通り。

これを踏まえ、かつインフラ整備の状況等を勘案し、ソラは VMGD 測候所、サラタマタは市庁舎に設置することを VMGD に提案した。現地調査を踏まえた新規震度計設置候補場所及びそれぞれの建物における具体的な場所を表 3.2.7.と図 3.2.6.～3.2.10.に示す。

表 3.2.6. ソラ及びサラタマタの震度計設置候補の評価結果（2019 年 8 月末時点）

Site survey results						
Site city (Province, island)		Environment	Seismic noise survey	Suitable space	Power	iGov
		Candidate office (priority)				
1	Sola (Torba, Vanua Lava)	NDMO local office (1)	Done. Tentatively preferable	Yes	Currently no. To be recovered in this year. Necessary additional battery	Currently no. To be recovered in this year.
		iGov Data center office (2)	Done. Human noise and mechanical regular 20 Hz noise	Yes	Yes	Yes
		VMGD Weather Station (NA)	Not yet	No	Necessary additional battery	Yes
2	Saratamata (Penama, Ambae)	Provincial government office (1)	Done. Tentatively preferable	Yes	Yes	Yes
		NDMO local office (2)	Done. Tentatively preferable	Yes. Necessary interior construction. To be done in the s year	Currently no. To be recovered in this year. Necessary additional battery	Currently no. To be recovered in this year. Necessary additional battery
		VMGD Weather Station (3)	Not yet	Not yet	Necessary additional battery	Yes. Might be

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.2.7. 現地調査後の震度計設置候補の評価結果（2021 年 1 月時点）

City (Province, island)		Environment	Seismic noise survey	Suitable space	Power	iGov
		Candidate office				
1	Sola (Torba, Vanua Lava)	VMGD Sola Weather Station	Not yet	Yes	(Additional battery is needed.)	Yes
2	Saratamata (Penama, Ambae)	Provincial government office	Done. Preferable.	Yes	Yes	Yes
3	To be considered (Penama, Pentecost)	Any governmental office (to be found out)	Not yet	To be checked	To be checked	To be checked
4	To be considered (Malampa, Ambrym)	Any provincial government office (to be found out)	Not yet	To be checked	To be checked	To be checked
5	Port Vila (Shefa, Efate)	VMGD headquarters	Not yet	Yes	Yes	Yes
6	Analgahat or Anelghowhat (Tafea, Aneityum)	VMGD Analgahat Weather Station	Not yet	Yes	(Additional battery is needed.)	(Commercial network)

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.2.8. 震度計設置場所リスト

	Equipment	Province	Island	City	Location	Latitude, Longitude, Altitude
1	New	Torba	Vanua Lava	Sola	Sola Weather Observation Station	13°51'63"S, 167°33'0"E, 42m
2	New	Penama	Ambae	Saratamata	Provincial government office	near to and in a westward from "15° 17'25.1"S, 167°58'00.4"E, 27m"
3	New		Pentecost	Near Sara airport	Any house around airport	Sara airport: 15.4833S, 168.15E
	SM	Sanma	Espiritu Santo	In the mountaine area near to Lugaerville	SANVU seismic station	15°26'49.46"S, 167°12'12.37"E, 55m
	SM		Malekula	Lakatoro	Lakatoro seismic station	roughly 16.13°S, 167.04°E, 30m
4	New	Malampa	Ambrym	West Ambrym	Any new "WAMB seismic station" or any provincial office	Ex-station: 16°15'S, 168°07'E, 10m
5	New	Shefa	Efate	Port Vila	Shefa Province Office	17°44'01.08"S, 168°18'50.43"E, 30m
	SM		Efate	Port Vila	VMGD Seismic Station	17°44'59.20"S, 168°18'50.90"E, 18m
	SM	Tafea	Tanna	Isangel	Isangel seismic station	19°30'S, 169°17'E, 30m
6	10.New		Aneityum	Anelghowhat	Anelghowhat Weather Observation Station	20°14'0"S, 169°46'0"E, 7m

※ 赤字：震度計の新規設置地点、黒字：既存の地震計観測値から震度を計算する地点。

出典：JICA プロジェクトチーム

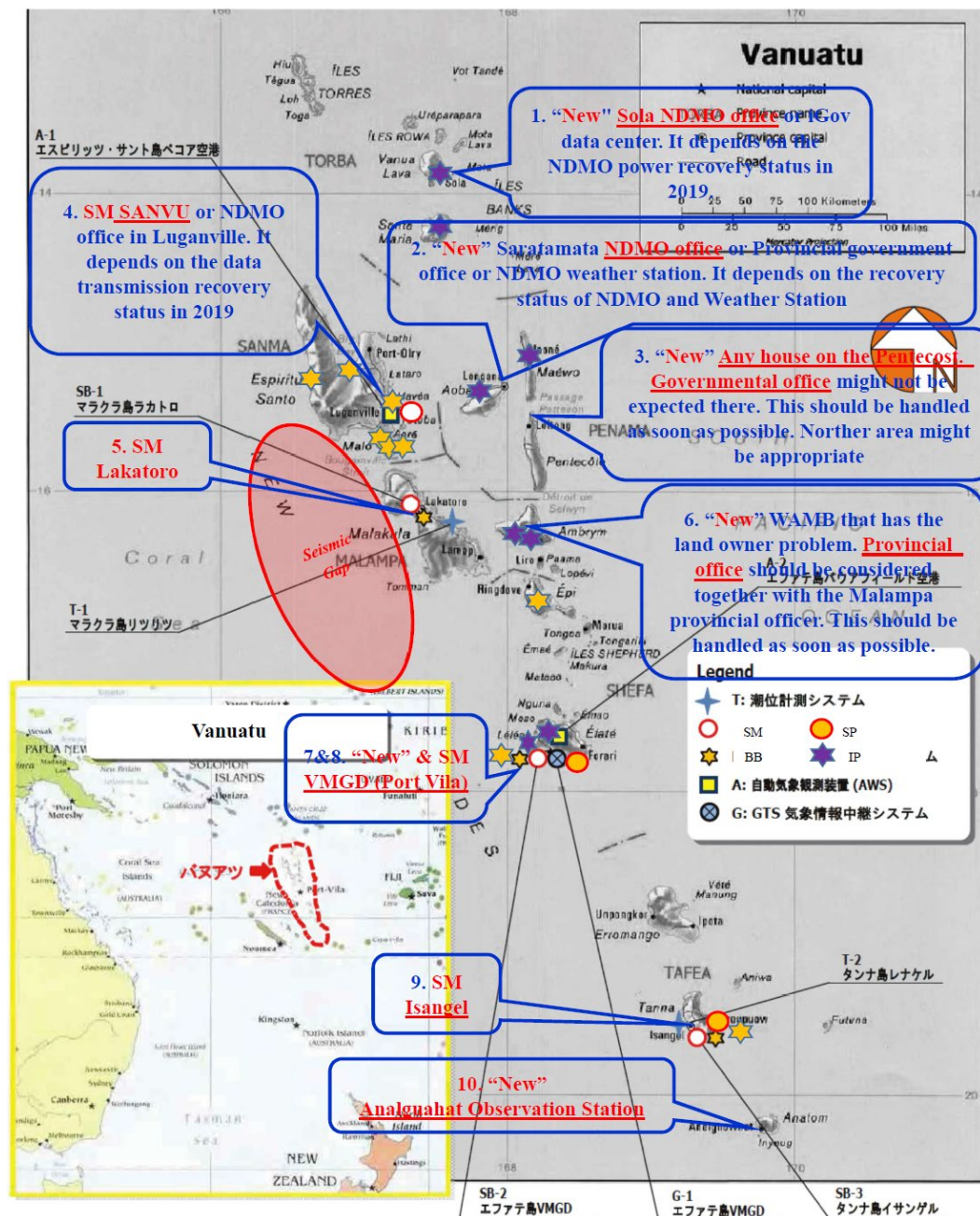


図 3.2.6. 現地調査を踏まえた震度観測地点候補（2019 年 8 月末時点）

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.7. ソラ測候所内の設置想定場所（赤丸；玄関入った正面）

出典：JICA プロジェクトチーム

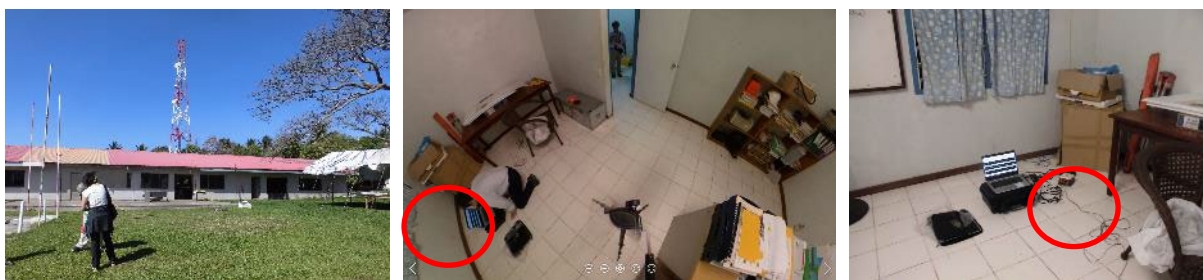


図 3.2.8. 市庁舎内の設置想定場所（赤丸；建物内、正面向かって右奥の部屋）

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.9. VMGD 本部地震計室内の設置想定場所（赤丸；強震計台付近）

出典：JICA プロジェクトチーム

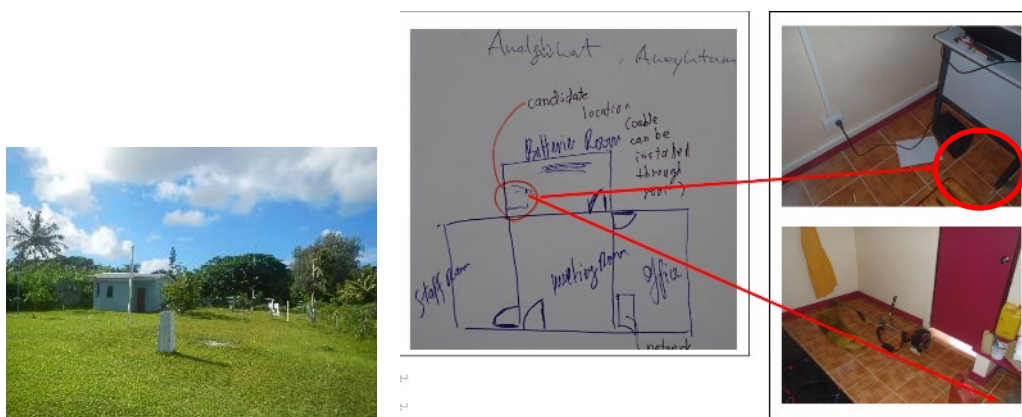


図 3.2.10. アネルゴハット測候所内の設置想定場所（赤丸）

出典：JICA プロジェクトチーム

d) VMGD 本部における震度データの解析システムでの取り扱い

震度データの解析、表示等の VMGD 本部での取り扱いについて、図 3.2.11.に示す案を作成し、これについて VMGD に了解を得た。

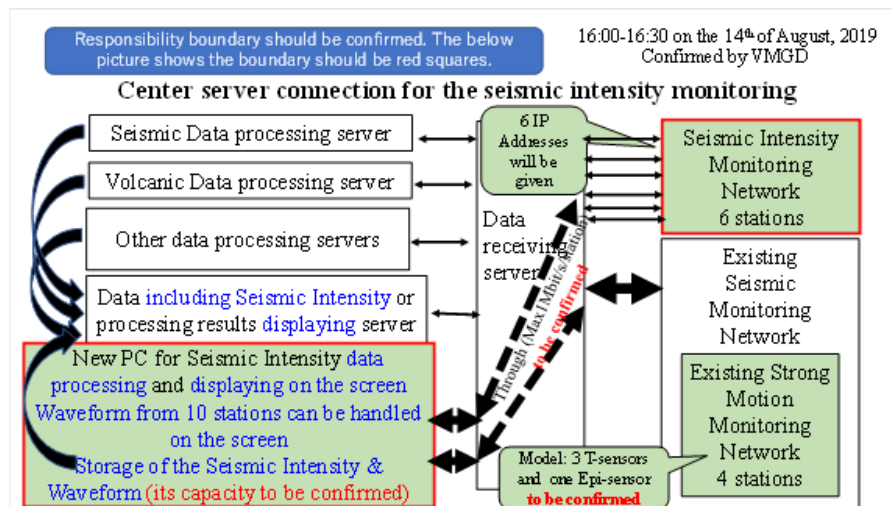


図 3.2.11. VMGD 本部での震度データの解析、表示等の取扱い概要

出典：JICA プロジェクトチーム

e) 震度計設置作業

震度計の設置に向けての実技指導を 2020 年 2 月に計画された本邦研修の中で行う予定であったが、新型コロナウイルスの影響で本邦研修が中止となった。このため、2022 年 8 月～10 月のプロジェクト専門家渡航時に実技指導を行い、1 か所目のシェファプロビンスオフィスへの設置を実施した。VMGD における実技指導の様子を図 3.2.12、シェファプロビンスオフィスへの設置を図 3.2.13 に示す。



図 3.2.12(a). 震度計システムの組立、設置の実習

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.12(b). 震度計ネットワークの設定、データ取得の実習

出典：JICA プロジェクトチーム

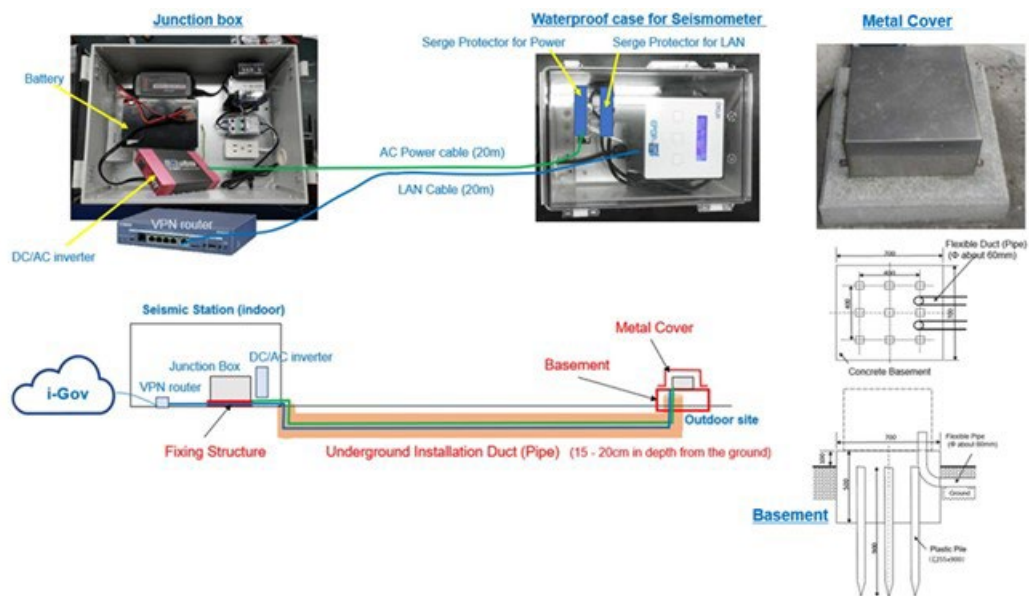


図 3.2.13(a). シェファプロビンスオフィスへの震度計の設置計画

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.13(b). シェファプロビンスオフィス への震度計の実際の設置

出典：JICA プロジェクトチーム

設置の実技指導を受けて、他 5 か所（アネイチウム、ソラ、アンバエ、ルーガンビル、ペンテコスト）の設置を行った。最終的な設置場所および設置日は下表の通り。

表 3.2.9. 震度計設置状況

Place	Island/Location	Station name	Latitude	Longitude	Elev. (m)	Install date
Sola	Vanua Lava (Sola Met Office)	SSOLA	13°51'6"S	167°33'0"E	42	2023/12/11
Ambae	Saratamata (Met Office)	SSARAT	15°17'25.1"S	167°58'00.4"E	27	2023/12/12
Aneityum	Aneityum (Met Office)	SANEI	20°14'0"S	169°46'0"E	7	2023/11/16
Luganville	Santo (NDMO Office)	SLUGA	15°30'28.36"S	167°11'11.29"E	267	2023/12/13
Pentecost	Pentecost TBD.	SPENT	15°27'46.11"S	168° 9'2.36"E	148	2024/01/23
Port Vila	Shefa (Shefa Province HQ)	SPVL	17°44'0.93"S	168°18'43.29"E	63	2022/11/09

出典：VMGD



図 3.2.14. ポートビラ観測点

出典：VMGD



図 3.2.15. アネイチウム観測点

出典：VMGD



図 3.2.16. ソラ観測点

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.17. アンバエ観測点

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.18. ルーガンビル観測点

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.19. ペンテコスト観測点

出典：VMGD

上記作業よりリアルタイム震度計ネットワークが構築された。しかしながら、ネットワークおよび電源が非常に不安定であり、下図のようにすべての地点の情報が一度に得られる状況ではない。ただし、ネットワークが回復すれば自動で通信が再開されるように設計しているため、インフラの整備・安定が望まれる。

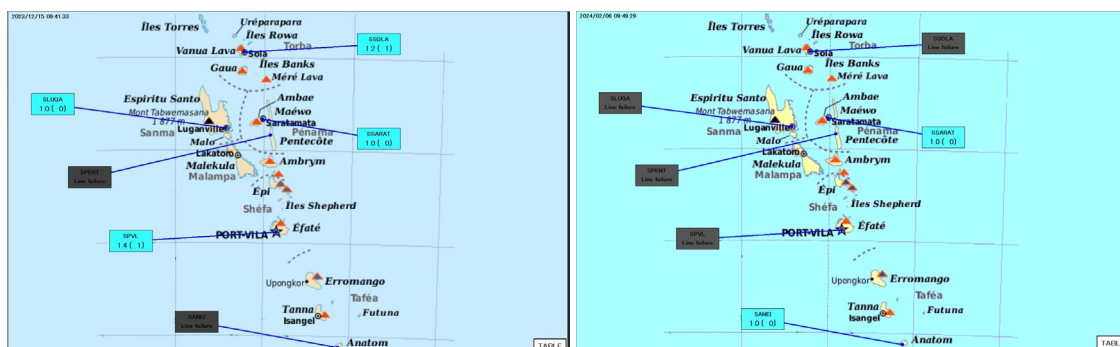


図 3.2.20. 震度観測ネットワーク

(左：2023 年 12 月 15 日時点⁴、右：2024 年 2 月 6 日時点)

出典：JICA プロジェクトチーム

⁴ 12 月 15 日時点で Pentecost 以外は全箇所設置済み。

震度観測ネットワークによる震度モニターは後述する VMGD 内部ネットワーク相互接続作業により地震火山課および予報課で監視可能となっている。下図は地震火山課にある監視画面。

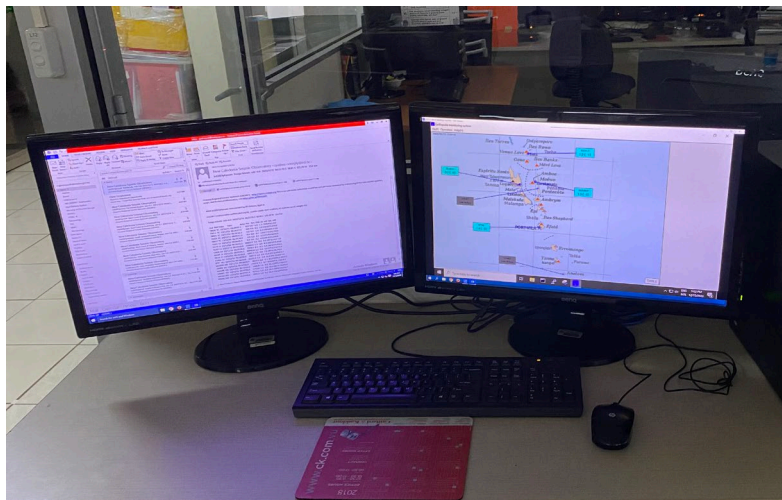


図 3.2.21. 震度モニタリング画面（右モニター、左側は PTWC メッセージ監視画面）

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) サイクロン被害の観測システムの復旧

「成果 1：VMGD の地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制の強化」のため、活動 1-2,1-3 として、潮位観測網の強化を図ったが、無償資金協力で導入された潮位計がサイクロンによる高波などのために故障しており、それらの復旧に併せて、潮位計機材の設置・保守の OJT、現地復旧作業、津波監視カメラの追加設置を行い、VMGD の観測能力の強化を図ることができた。



図 3.2.22. サイクロンの高波で施設が被害を受けたレナケル潮位計測サイト

出典：VMGD

2020 年 2 月のサイクロン Gretel、2020 年 4 月のサイクロン Harold により甚大な被害を被ったペコア空港の AWOS、レナケル及びリツリツの潮位計測サイトの機能復旧が VMGD より JICA へ要請され、緊急案件として必要機材の調達、輸送を実施した。

ペコア空港の AWOS は運航再開を最優先するため、一部機能不具合の状態で暫定的に運用が再開された後、2021 年 6 月に C/P をリモート支援する手法で本邦調達・輸送した機材を用いて完全復旧させた。

レナケル潮位計測サイトについては、外観被害が顕著であったが、潮位計測システムも徐々に不具合が顕著となり 2021 年 6 月には潮位データが途絶える状況になった。施設被害は最小であったリツリツ潮位計測サイトについても、同様に 2021 年 2 月頃よりデータエラー及びデータ送信障害が頻発するようになった。このため、外観施設の復旧を VMGD が行い、システムの各機器の交換・修理・測定評価を行うリハビリテーションを JICA 側が行うことが合意された。

しかしながら、コロナ禍の影響で調達・輸送及び専門家渡航が遅れたため、潮位計測サイトのリハビリテーションは 2022 年 10 月から 2023 年 7 月にかけて実施された。実施に向けてはリハビリテーション実技研修を VMGD において 2 回、計 6 日間実施した。

リハビリテーション用の調達機材を図 3.2.23.、実技研修の様子を図 3.2.24.、リツリツでの実施の様子を図 3.2.25.に示す。

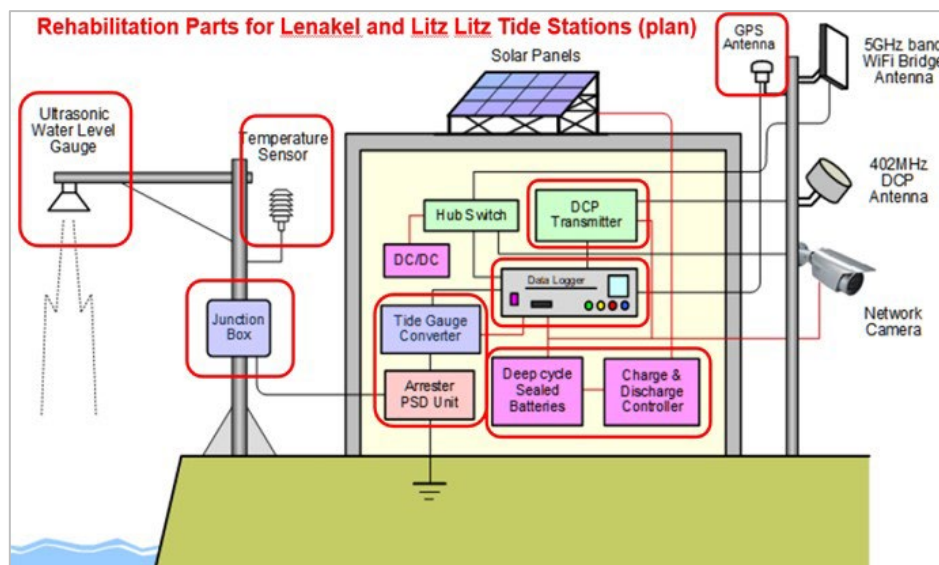


図 3.2.23. 潮位計測サイトのリハビリテーション用機材（赤枠の部分）

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.24. 潮位計測システムのリハビリテーション実技研修

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.2.25. リツリツ潮位計測システムのリハビリテーション

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 津波監視カメラの設置による遠隔目視確認

津波及び高潮の発生をデータで把握する他、目視で確実に確認するために津波監視カメラをレナケル及びリツリツの潮位計測サイトに設置し、VMGD 本庁で遠隔目視確認を可能とした。設置の様子を図 3.2.26.、取得画像を図 3.2.27.に示す。また、3 台目の津波監視カメラについては、エファテ島の VMGD 本部に設置して試験運用を行った後、南太平洋大学エマルス・キャンパス、津波高が高くなりやすい南・西に開けたパンゴの政府施設に今後移設することを計画している。



図 3.2.26. リツリツ潮位計測サイトへの津波監視カメラ設置

出典：JICA プロジェクトチーム

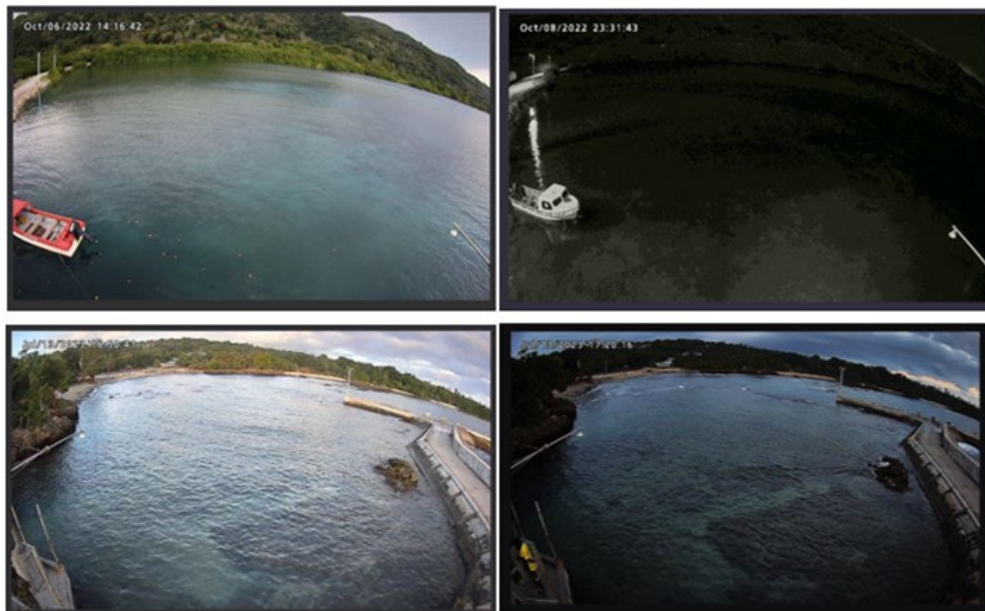


図 3.2.27. 津波監視カメラ取得画像（上：リツリツ、下：レナケル）

出典：JICA プロジェクトチーム

(4) 潮位解析システムの導入による潮位監視の強化

「成果 1：VMGD の地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制の強化」のため、活動 1-2 として、潮位観測網の強化を図った。具体的には、バヌアツ国内外 13 か所の潮位データのモニター、天文潮位を除去した津波・高潮成分のモニターにより、バヌアツ国内・近隣国の津波・高潮成分をモニターすることが出来るようになり、VMGD の観測能力の強化を図ることができた（天文潮位については成果 2 の活動として、その計算方法の技術移転がなされた）。

潮位による高潮・津波監視の運用改善に向け、既存の潮位計測システムのハードウェアを補強し、分析機能を拡充する潮位解析システムを導入した。リモートによる潮位観測・分析・システム操作の実技研修を 2021 年 1 月に実施し、同年 4 月に運用を開始した。

図 3.2.28. に複数サイトの天文潮位（理論値）と実測潮位、その差分をリアルタイムに表示した画面の一例、表 3.2.10 に潮位解析システムで監視・表示する潮位サイトの一覧を示す。

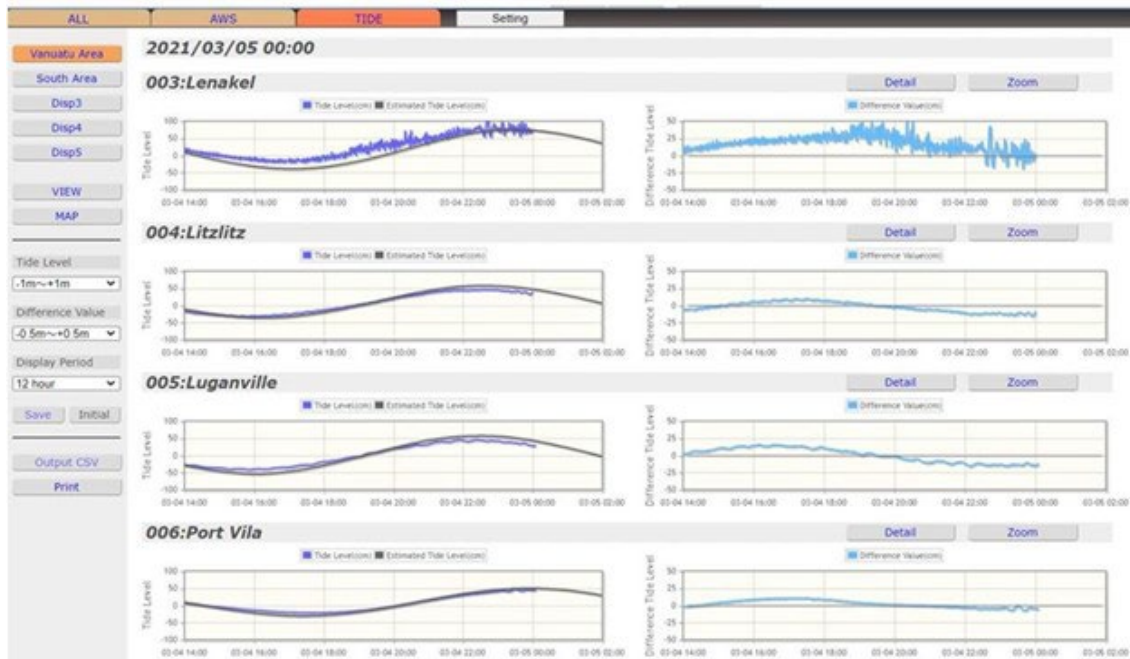


図 3.2.28. 潮位解析システムの複数サイト表示画面

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.2.10. 潮位解析システムで監視・表示する潮位サイトの一覧

Web ID	Location	Country	Latitude (S)	Longitude	TTAAii Header	Station ID	Rx interval
3	Lenakel, Tanna	Vanuatu	19.5326	169.2660	SZNV41 RJTD	91566	Every 6 minutes
4	Litzlitz, Malekula	Vanuatu	16.1128	167.4440	SZNV40 RJTD	91556	Every 6 minutes
5	Luganville	Vanuatu	15.5156	167.1886	SZPS01 AMMC	57210	Every 3 minutes
6	Port Villa	Vanuatu	17.7553	168.3077	SZPS01 AMMC	57320	Every 3 minutes
7	Tarekukure Wharf	Solomon Islands	6.6928	156.4086	SZPS01 AMMC	56363	Every 3 minutes
8	Lata Wharf	Solomon Islands	10.7208	165.8019	SZPS01 AMMC	57131	Every 3 minutes
9	Honiara	Solomon Islands	9.4289	159.9555	SZPS01 AMMC	56670	Every 3 minutes
10	Lifou	New Caledonia	20.9185	167.2787	SZNC40 RJTD	0652047A	Every 6 minutes
11	Mare	New Caledonia	21.5478	167.8771	SZNC41 RJTD	06520AA8	Every 6 minutes
12	Raoul Island Boat Cove	New Zealand	29.2800	177.8944	SZNV01 NZKL	RBCT	Every 3 minutes
13	Raoul Island Fishing Rock	New Zealand	29.2511	177.9038	SZNV01 NZKL	RFRT	Every 3 minutes
14	Nukualofa	Tonga Island	21.1368	-175.1807	SZPS01 AMMC	66600	Every 3 minutes
15	Suva Viti Levu	Fiji Islands	18.1342	178.4236	SZPS01 AMMC	67050	Every 3 minutes
16	Fongafale	Tuvalu Island	8.5025	179.1952	SZPS01 AMMC	9913	Every 3 minutes
17	Apia	Western Samoa	13.8268	-171.7613	SZPS01 AMMC	9844	Every 3 minutes
18	Kingston_Jetty	Norfolk Islands	29.0591	167.9536	SZPA01 AMMC		Every 3 minutes

出典：JICA プロジェクトチーム

(5) GTS 経由の更なるデータ取得

WMO 事務局及び日本の気象庁の協力を得て、GTS 上で交換されているバヌアツ周辺域の潮位・地震・津波の観測実況、太平洋の津波警報・アドバイザー情報についてリストを作成した。これに基づき GTS 上のルーティングや取得条件の関連センターであるメルボルン（BoM）、東京（JMA）、ハワイ（PTWC）等と調整を行い、バヌアツへの配信を依頼した。

この結果、潮位解析システムで利用するバヌアツ国周辺の潮位観測データ及び太平洋のブイ

の潮位データなど約 70 地点のデータのルーティン取得が 2019 年 12 月から 2020 年 2 月にかけて順次開始された。

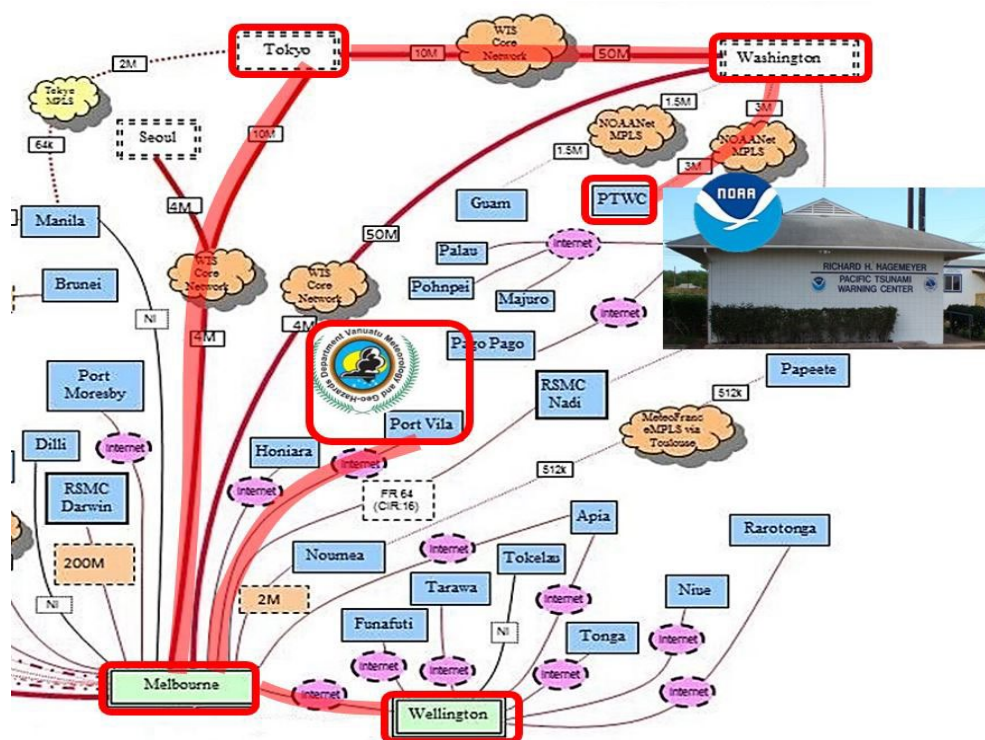


図 3.2.29. バヌアツ周辺の GTS 接続構成

(6) VMGD 内部ネットワークの相互接続

(7) 自動気象観測システム（AWOS）のアップグレード

調整の結果、VMGD と AWOS 納入業者である東洋電子工業との間で直接契約を結び、AWOS の Wind Gust 及び Wind Variation 対応のアップグレードを実施することとなった。航空管制及び VMGD との技術仕様の調整を経て、2023 年 11 月にアップグレードを実施した。



図 3.2.30. AWOS アップグレード作業 (左: バウアーフィールド空港 (右: ペコア空港)

出典: JICA プロジェクトチーム

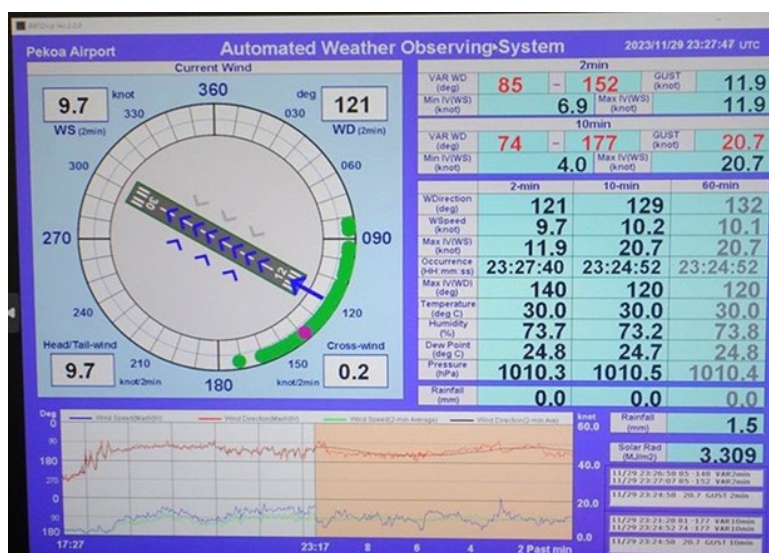


図 3.2.31. アップグレード後の AWOS 表示画面

出典: JICA プロジェクトチーム

3.2.4. プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓

離島の屋外作業には、フライト運航変更や天候以外に加え、現地の想定外の状況変化など不確定要素が多々あり、渡航前に周到な準備をしても、スケジュール内で予定の作業を完了することは容易ではない。したがって、現地で不確定要素及び作業量を少しでも減らすために渡航前の準備に以下の工夫をした。

- ・ 作成した作業手順書に従い、同行 C/P と実際に機材を組み立て、必要部材を確認し、要所要所の写真を撮り、時間節約に向けた並行作業可能な部分を洗い出し、最後に動作試験を行い、輸送梱包をするというプロセスを導入した。
- ・ C/P の保有する工具・測定機器は古く、使い難い物が多いため、日本から使い易い工具や測定機器を持参し、これを C/P と共有使用した。

- ・ 現地での動作試験・データ検証などにはラップトップ PC が不可欠であるが、屋外では海水、雨水、砂ぼこりや落下などによる故障、炎天下での熱暴走、長時間使用によるバッテリー切れなどが発生する。このため、必ず 2 台のラップトップ PC を持参することとした。

3.2.5. 成果の目標達成状況

成果 1 に係る評価指標と達成状況は以下のとおり。

表 3.2.11. 成果目標に対する達成状況

指標	ベースライン調査時	達成状況
(指標 1-1) プロジェクトで設置された震度計のうち、80% からリアルタイムで震度データが取得される。	震度計は未設置。	6 台の震度計は、COVID-19 による渡航制限・活動制限・輸送手段の減少のため機材輸送ができず、設置が遅れたが、2024 年 1 月末までに全ての震度計が設置された。さらに、6 か所中 5 か所との通信確認を行い、設置した震度計の内 80% 以上からリアルタイムでデータが取得できることを確認した。同データは地震火山課と予報課でモニタリングされている。
(指標 1-2) 新規地震観測地点での機材設置手順の訓練が実施される。	震度計設置に併せて、記載設置・保守の OJT を実施した。	震度計設置手順・操作・点検のマニュアルが整備され、2022 年 9 月に現地における設置・点検の実技研修、10 月に納入業者による操作のリモート研修が実施された。
(指標 1-3) 国内外の 10 個所以上の観測点より、リアルタイムで潮位データが取得される。	国内 4 か所の潮位計のデータが、IOC のウェブページをモニターする形で監視されていた (JICA 無償供与 2 地点は専用モニターで監視)。	2020 年 2 月時点で、バヌアツ国周辺の潮位観測データ及び太平洋のブイデータなど約 70 地点の潮位データを GTS よりリアルタイムで取得し、2021 年 4 月からその中の国内 4 か所、周辺国 12 か所の潮位データを潮位解析システムで監視・分析し、潮位変動を運用者が把握できるようになっている。
(指標 1-4) 観測機器の定期メンテナンス手順書に沿ってメンテナンスレポートが 1 か月毎に提出される。	点検機器に潮位計・震度計が追加された。	定期的 (年に 1 回程度) な点検がチェックリストに基づき実施され、点検記録が残されている。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.2.6. 今後の活動計画・上位目標達成のための提言

(1) 今後の活動計画

- ・ 震度計 6 サイトの完全運用を目指して、必要なリモート支援及びサーバープログラムのアップデートの調整を継続する。
- ・ 2024 年後半に計画されるレナケル及びリツリツ潮位計測サイトの定期保守の直前に保守作業の実技研修をリモートで行う。また、ひまわり DCP による潮位データの全球配信の状況については、定期的にモニタリングを行い、異常が認められた場合には VMGD に連絡すると共に原因を調査する。

(2) 提言

GTS-MSS は GTS 回線から各国のデータを取得するのみならず、関係者への緊急メールの配信、パトライト通知・鳴動、各内部システムへのリモート保守のゲートウェイの役割を担っているが、設置から 9 年経過しており、老朽化と能力不足により、今後の機能追加が困難な状況となっている。そのため、早期の更新を計画すべきである。

3.3. 成果 2a（地震）

3.3.1. 活動の概要

【成果 2a に係る活動】

2-1 VMGD スタッフに対し、地震データの解析状況及び利活用方法についてのベースライン調査を実施する。

2-2 VMGD スタッフに対し、地震パラメータ算出に係る技術指導を行う。

2-3 VMGD スタッフに対し、強震計及び震度計データの利活用のための知識取得に係る技術移転を行う。

【ワーキンググループの構成】

本成果の目的を達成し、活動を実施するため、VMGD にワーキンググループ（WG）の編成を依頼し、2019 年 5 月にメンバーが選定された。ワーキンググループのメンバーは 3.1.項の表 3.1.1.のとおり。

3.3.2. ベースライン調査の実施と抽出された課題

(1) ベースライン調査項目

表 3.3.1.の項目念頭においてベースライン調査を実施した。

表 3.3.1. ベースライン調査想定項目（成果 2a）

	調査項目	調査方法	調査場所
地震観測	観測所数、使用機材、稼働状況、故障の場合その原因、震度計設置候補箇所	地震火山課、予報課、ICT 課に対する聞き取り調査	ポートビラ、個々の観測所
地震情報	モニターシステム、地震解析標準作業手順書（SOP）	地震解析システム（SEISCOMP3 等）の運用状況、SOP 等	ポートビラ
国内通信	震度計設置地点のデータ伝送状況	地震火山課及び ICT 課に対する聞き取り調査	ポートビラ
地震解析人材・体制	概要把握	地震火山課に対する聞き取り調査	VMGD

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) ベースライン調査日程

ベースライン調査は、2019 年 5 月 2 日～31 日（30 日間）及び 2019 年 7 月 21 日～8 月 21 日（32 日間）の 2 回の渡航で実施した。

(3) ベースライン調査実施内容及び抽出された課題

a) 第一次渡航におけるベースライン調査実施内容

〔震度監視のための地震解析の現状に関する調査〕

- ① 震度計の仕様及び震度観測網の配置方針の確定を念頭において、VMGD 局長及び管理職員、並びに指定された職員と繰り返し面談を行い、仕様や配置方針の確定に必要な調査。
- ② 地震解析の現状について、震度監視の観点から、「成果 2a ワーキンググループ職員」（表 3.1.1.）と繰り返し会合を持ち、調査。

[具体的な震度観測点の配置場所の選定のための調査]

- ① 確定させた震度計の仕様及び震度観測網の配置方針を踏まえつつ、震度観測点の配置場所の選定に必要な「地域や所在する建物の情報」の調査。

[震度観測の現状調査]

- ① 震度観測網整備に関わる「地震解析システム (SeisCOMP3 等)」の運用概況について、VMGD 本部において、a) 運用責任者 (地震火山課長代行職員) への聞きとり、b) 地震解析当番職員の業務手順書の有無の確認、c) 地震解析当番職員の運用状況の見学などによる調査。

震度観測の導入とその運用を円滑に行う上で必要な「その業務に関わる職員の地震基礎知識の確認と向上」のため、「震度情報とは何か」及び「各種マグニチュードの利用の在り方」の講習を実施。講習の詳細は第 3.3.3.節第(3)項に示す。

b) 第二次渡航におけるベースライン調査実施内容

・震度計設置地点確定のための調査

- ① 北部地域に所在する候補地点 2 箇所 バヌアラバ島のソラとアンバエ島のサラタマタに出向いて、候補建物における通信・電源・スペースや携帯 (可搬) 型地震計によるノイズ特性調査を実施した。
- ② 既存の強震計設置箇所のうち、2019 年 7 月 31 日 (VMGD 職員 Dan Tari 氏) のタンナ島イサンゲルと 2019 年 8 月 2 日 (VMGD 職員 Janvion Cevuard 氏) のサント島サンブについては、本プロジェクトの携帯 (可搬) 型地震計を用いて、両名に比較観測を実施してもらった。

・VMGD 本部における震度データの解析システムでの取り扱いの現状調査

c) 抽出された課題等

地震観測、地震情報、国内通信、及び地震情報解析人材・体制について、震度観測の導入の観点から所要の情報収集ができた。その中で、課題として認識されたことは次の通り。なお、収集した内容 (調査結果) は、震度監視導入の観点から整理して、第 3.3.3.節 第(4)項に示す。

課題 1 : 人材・体制関係で、地震解析システムの基本設定情報 (速度構造モデルなど) を意識している職員がいないことがわかり、今後の震度観測導入に向けて、地震基礎講義などを通じて、意識改革を行うことが必要と認識。

課題 2 : 地震監視業務で震度情報の扱いはないことを改めて確認した。

なお、地震情報の発表の手順は、バヌアツ津波警報発表センター指示書⁵⁾に記述⁶⁾し、それに沿って同発表は運用されている⁷⁾ことが確認できた。また、地震解析当番職員の業務手順書⁸⁾があり、地震解析業務はこの手順書に沿って月～金の平日日勤で実施されていることが確認できた。但し、その後の遠隔調査で、地震解析当番職員の業務手順書による業務は、土日祝日も日

⁵⁾ “Tsunami Directive, Vanuatu Tsunami Warning Centre (VTWC), Vanuatu Meteorology and Geo-Hazards Department (VMGD)” (File name: For_Directive_Tsunami_V5.0_2016_Draft_lba_for finalize2)

⁶⁾ “1.1 Geo-Hazards Division staff will, at the time of an event, continue their routine work of drafting and issuing earthquake information, and make it available to the public. Refer to ‘Instructions for Drafting of Earthquake Information Bulletin.’” & “2.6 Geo-Hazards Division will also issue an ‘Earthquake Information Bulletin’. The earthquake bulletin will contain earthquake information for earthquakes with magnitude ranging from 5.0 to 6.9 in the Vanuatu region. In most cases these earthquakes do not generate destructive tsunami.”

⁷⁾ 同指示書中に “Instructions for Drafting of Earthquake Information Bulletin” という記述があるが、同文書は未収集。

⁸⁾ “Seismic data analysis on Seiscomp3”: “A.Review automatic origins” & “Manual event detection and localisation” (File name: Seismic data analysis on Seiscomp3_V.May.2019_1)

勤で実施されていることが判明した。

3.3.3. 活動内容・活動実績

(1) 活動内容

「成果2：VMGD スタッフの地震・潮位データ解析及び利用技術の向上」のため、活動 2-2, 2-3 として、地震学に関する基礎および解析に係る講義を行い、また、VMGD が実施しているバヌアツ国内で発生する地震データの解析についてのアドバイスをとおして、VMGD スタッフの地震に関する基礎知識の強化、VMGD の地震データの解析能力の強化を図ることができた。

成果2a 担当（地震解析 WG 担当）者（森）は、2019 年の 2 回にわたる「渡航活動」（第一次・第二次）及び第三次渡航の準備としての「国内活動」（第一次国内活動）の後、2020 年 1 月頃からの COVID-19 蔓延の影響で、2020 年 2 月頃からプロジェクト終了までの間、渡航せずに「国内活動」（第二次）及び「遠隔活動」（第一次・第二次・第三次）によって実施した。以下に、ベースライン調査を除く活動内容を実施時期毎に示した。

a) 2019 年 7 月 21 日～8 月 21 日（第二次渡航時）

①地震の基礎の講義

地震基礎知識の向上のため、予報課、地震火山課、気候課、及び観測課の職員の参加を念頭におきつつ、参加自由の形態で、VMGD 職員全員へ参加を呼びかけ、地震基礎 3「Focal mechanism and velocity structure related to Seismic Intensity」の講義等実施した。詳細は第（3）節に記した。なお、この講義等実施の背景には、2019 年 5 月の第一次渡航時における VMGD 長官からの「地震基礎知識の向上のための講義及び到達度試験の実施要請」がある。

②携帯（可搬）型地震計の譲渡

携帯（可搬）型地震計について、VMGD への供与手続きを行った。なお、この地震計は、第二次渡航前に日本国内で調達してバヌアツに移送した上で、震度計設置候補地点でのノイズ調査に利用した。詳細は第（2）節に記した。

b) 2019 年 8 月末～同年 12 月末（第一次国内活動）

③リアルタイム震度計等の調達

バヌアツ国向け震度監視システム（リアルタイム震度計、震度解析用端末及びソフトウェア）の調達にかかる仕様書を作成し、2020 年 3 月 30 日を納入期限として、2019 年 10 月 10 日に公告、2019 年 10 月 30 日の入札を経て、同システムを発注した。その後、予定通りに調達を終えた。

c) 2020 年 1 月～2021 年 3 月末（第二次国内活動、第一次・第二次・第三次遠隔活動）

COVID-19 感染拡大で渡航困難のため、ベースライン調査結果、その後の国内での上述の対応、並びにこの頃発生した「津波を伴う地震」、「地震動による被害を伴う地震」及び「群発的地震活動」への VMGD の情報発表状況を踏まえて、次の事項を国内・遠隔で実施した：

[2020 年 7 月後半～同年 8 月末（第二次国内活動）]

④地震学基礎の自習教材作成

国内で作成準備。詳細は第（3）節に記した。

[2020年9月～2021年3月末（第一次遠隔活動）]

⑤遠隔講義及び達成度試験

第一・二次渡航時に実施した3回の講義を踏まえつつ、i) その際のアンケート結果、ii) 到達度試験結果、iii) 渡航時における地震担当者からの『『バヌアツにおける地震テクニクス』と『地震活動・震度分布の特徴』の関係』についての質問があったことを勘案して、地震基礎知識向上のための遠隔講義を実施した。また、VMGD長官の意向を踏まえて、達成度試験も3回実施した。詳細は第（3）節に記した。

d) 2021年8月～2023年5月（第二次・第三次遠隔活動）

COVID-19の状況が変わらないことから、2021年3月中旬からは、『『実際の地震の監視・解析及び震度計による震度解析』の技術協力』に向けて、それに用いる資料として、走時表の作成手法、地震波速度構造の作成手法、地震活動の評価指標（グーテンベルグ・リヒターのb値）の計算手法（最尤法など）の解説資料準備なども含めて引き続き以下の遠隔活動を実施した。

[2021年8月～2022年10月（第二次遠隔活動）]

⑥「設定した成果物作成」及び「地震学基礎の遠隔講義」

2021年8月、同年12月、同年4月及び同年9月・10月、それぞれ5回、5回、5回及び6回、VMGD職員と「設定した成果物作成に向けた遠隔打合せ」等を実施した。詳細は第（3）節に記した。

[2023年4月～6月（第三次遠隔活動）]

⑦設定した成果物作成

VMGD職員とe-mailで打合せを行いつつ、「地震の解析やその結果の利用の手順」の技術指針（地震データ解析・利用手順書または地震監視作業手順書）の国内での開発、自己研鑽素材の作成等を実施した。詳細は第（3）節に記した。

(2) 供与機材

第二回渡航時、日本国内で調達した携帯（可搬）型地震計（図3.3.2.）について、VMGDへの供与手続きを書簡（図3.3.1.）に示すように実施した。



CERTIFICATE OF HANDOVER
Between
Japan International Cooperation Agency
And
Vanuatu Meteorology and Geo-hazards Department
About
**Project for Enhancing the Capacity of Issuing
Earthquake, Tsunami and Storm Surge Information**

This is to certify that the equipment in the attached list for the technical cooperation project of JICA named "The Project for Enhancing the Capacity of Issuing Earthquake, Tsunami and Storm Surge Information" was handed over properly on August 20, 2019 to the Vanuatu Meteorology and Geo-hazards Department (VMGD).

We agree that VMGD takes all appropriate measures to ensure that the equipment provided is properly used for its purpose.

Mr. Michihiko TONOUCHI
Project Manager
VAN-REDI project

Ms. Esline GARAE
Director, VMGD (Administration Division)
Vanuatu Meteorology and Geo-hazards
Department (VMGD)
Ministry of Climate Change Adaptation,
Meteorology, Geo-Hazards, Environment,
Energy and Disaster Management (MoCCA)

ATTACHMENT: LIST OF EQUIPMENT

No.	Item	Description (Manufacture, Type, etc.)	Qty.
1	Portable Seismometer	OYO Seismic Instrumentation Corp. ETNA2 Condition/Remarks: Procured according to the JICA specified specification Breakdown: ETNA2 (Serial No. 102515) and peripheries (cables, charger, battery, carrying case)	1
2	PC	HP EliteBook 830 G5 Condition/Remarks: To process data of the above Portable Seismometer	1

図 3.3.1. ハンドオーバーレター

出典：JICA プロジェクトチーム



図 3.3.2. 携帯（可搬）型地震計及び PC（左赤丸は携帯（可搬）型地震計に付随する GPS 受信機）

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 講義・打合せ等

a) 第一次渡航時の講義

ベースライン調査の一環として、震度観測の導入とその運用を円滑に行う上で必要な「その業務に関わる職員の地震基礎知識の確認と向上」のため、地震の基礎の講義（右欄参照）を実施した。

結果：参加職員数及び講義後のアンケート集計表は次の通り。

講義 1（L1） 19 名、講義 2（L2）

目的：ベースライン調査

対象者：参加自由。VMGD 職員全員

場所：VMGD 会議室

実施日：2019 年 5 月 17 日及び 5 月 27 日

講習演目

講義 1(L1) Seismic Intensity information

- Target of issuing the seismic information to the public
- Seismic tectonics in Vanuatu
- The basic issue on the Seismic Intensity Measurements

講義 2 (L2) Information having various Magnitudes

- Basic issue on Magnitude / - Propagation of seismic wave
- Seismic velocity structure / - Mw

表 3.3.2. 講義後のアンケート集計表（L1、L2）⁹

		excellent	good	fair	bad	too bad
How was the lecture?	L1	1	8	6	0	0
	L2	0	6	4	0	0
		very	yes	fair	easy	too easy
How difficult was the lecture?	L1	1	0	9	4	1
	L2	0	0	10	0	0
		very	yes	not much	a little	not at all
Did you understand the lecture well?	L1	1	10	1	3	0
	L2	0	8	2	0	0
		too short	short	suitable	long	too long
How was the lecture's time length?	L1	2	3	10	0	0
	L2	1	4	5	0	0
		excellent	good	fair	bad	too bad
How was the lecturer's explanation?	L1	1	8	6	0	0
	L2	0	7	2	1	0

出典：JICA プロジェクトチーム

b) 第二次渡航時の講義・到達度試験

VMGD 長官から地震基礎知識の向上のための講義及び到達度試験の実施についての要請（第一次渡航時）を踏まえ、VMGD 職員全員へ参加を呼びかけ、右のような講義・試験を実施した。

結果：参加職員数、講習後のアンケート集計表、及び試験の正答率集計表

講義 3（L3）17 名出席し、うち 14 名が到達度試験に参加。

目的：震度監視業務導入の円滑化

対象者：参加自由（主として予報課、地震火山課、気候課、及び観測課の職員）

講義 3 地震基礎 3 Focal mechanism and velocity structure related to Seismic Intensity

場所：VMGD 会議室

日時：2019 年 8 月 19 日（月）14:00-15:00

時間スケジュール：

1. VMGD 職員による導入講義 5 分
2. JICA 専門家講義: 45 分
3. 質疑（アンケート記入及び到達度試験回答 10 分

なお、講義演目の選択は、第一回渡航時の 2 回の講義の際に実施したアンケートの結果（表 3.3.2.参照）を踏まえて、震度との関連を意識しつつ設定した。

表 3.3.3. 講義後のアンケート集計表（L3）

		excellent	good	fair	bad	too bad
How was the lecture?	L3	0	7	3	1	0
		very	yes	fair	easy	too easy
How difficult was the lecture?	L3	0	3	7	1	0
		very	yes	not much	a little	not at all
Did you understand the lecture well?	L3	0	6	2	2	1
		too short	short	suitable	long	too long
How was the lecture's time length?	L3	2	5	4	0	0
		excellent	good	fair	bad	too bad
How was the lecturer's explanation?	L3	0	7	4	0	0

⁹ 講義での説明が「わかりにくかった」（bad）と回答した職員から講義後に追加説明の要請があったため、個別に補足説明を実施した。

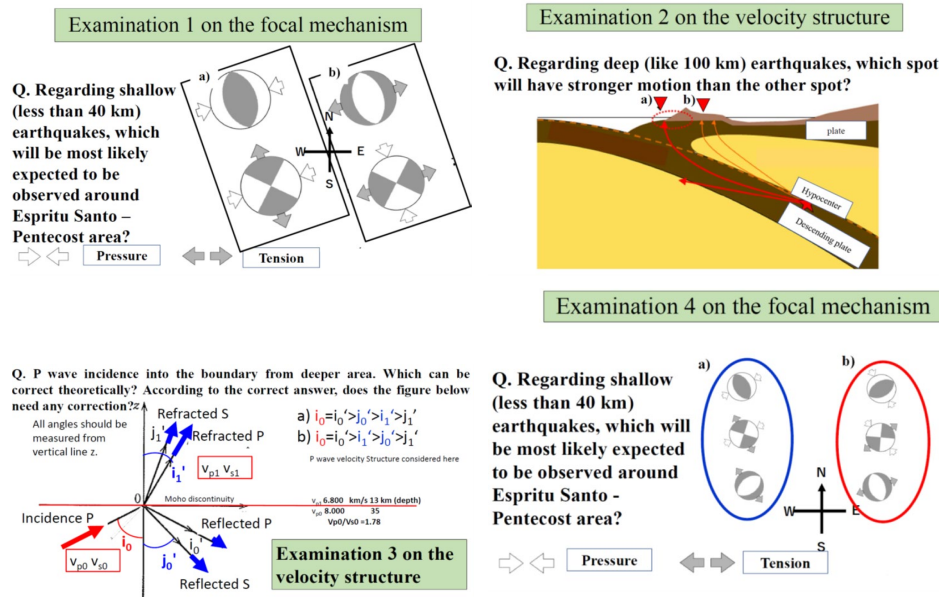


図 3.3.3. 到達度試験内容（一部抜粋）

出典：JICA プロジェクトチーム

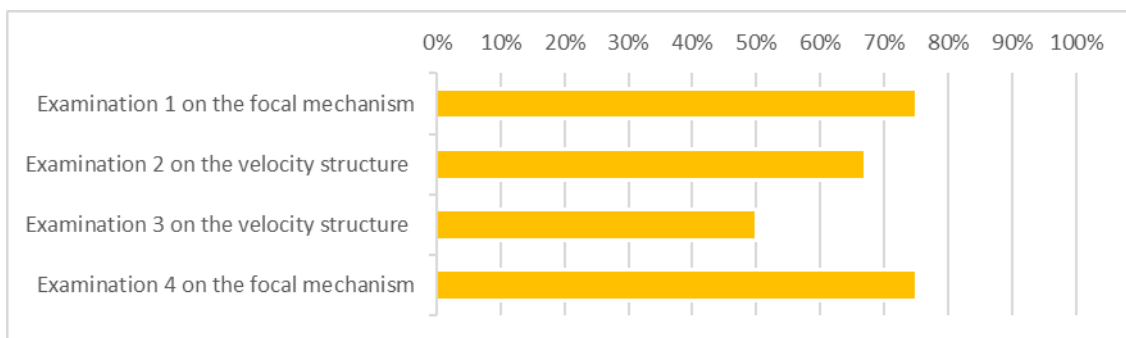


図 3.3.4. 到達度試験の正答率

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.3.4. 要求された講義内容（2019 年 5 月）

Focal Mechanism			Velocity Structure				Guidebook	Climate	general	
Mw	Focal Mechanism	Volcanic tremor or source mechanism	Plate tectonics	Velocity Refraction	Intensity	Hazard Map				
6	2	2	2	2	2	2	2	1	2	23
52%										
			35%							

出典：JICA プロジェクトチーム

c) 2020年9月～2021年3月末の遠隔講義等及び地震情報発表への遠隔助言（第一次遠隔活動）

〔遠隔講義及び達成度試験〕

第一次・第二次渡航時に実施した3回の講義を踏まえつつ、①その際のアンケート結果、②到達度試験結果、③渡航時における地震担当者からの『『バヌアツにおける地震テクニクス』と『地震活動・震度分布の特徴』の関係』についての質問があったことを勘案して、2020年9月～12月地震基礎知識向上のための遠隔講義を実施した（表3.3.5.参照）。なお、その第一次・第二次渡航時際のアンケートで、講義時間が短すぎるという意見が多かったことを踏まえて、2時間の設定とした。

また、VMGD長官の意向を踏まえて、達成度試験も3回実施した。そして、他の「成果」項目の活動と調整した結果、2020年内は予定していた3つの講義（講義4、5、6）を6回で実施し、2021年3月に、1つの講義（講義7）を2回で実施した。

出席は平均して5～6名（一回目から順に9、7、6、6、3、3、4及び6名）であった。一方、到達度試験は、遠隔講義中に口頭で回答を求めて対応してもらう形とした。なお、出席者が最も少なくなった2020年12月の時点で、欠席した地震担当職員に個別に講義の在り方について個別に尋ねたところ次の意見があった：①一度に実施する講義項目が多過ぎ、理解が追付かない。②（他の仕事との兼ね合いで）2時間は長過ぎる。一方、毎回出席している職員からは次の意見があった：③数式は、その導出経緯がわかるようにすること、④大学で物理学は勉強しているが地震学は勉強していないので、地震学に絞ること。

以上のことを踏まえ、2021年3月の2回の講義では、2月にバヌアツに影響を及ぼす地震が多発したことも踏まえ、設定した2時間について、次の構成で対応し、少なくとも集中講義だけは出席するよう連絡した。そして、①最初の30分はこれまでの講義の復習（最近の地震活動を例示しつつ）、②次の1時間は一つの項目（震源計算のやり方と結果の精度評価）の集中講義、③最後の30分は理解度試験実施とした。

表 3.3.5. オンライン講義プログラム（2020年12月）

Month	Date	Day	Time Period	Contents	Relation with the self-study textbook that is under preparation by Shigeo MORI, the Seismic Expert of the Van-REDI project
September	1	Tuesday	14:30-16:30 VUT	Lecture 4 1) Review of lectures 1, 2, 3 made in May & August, 2019 2) Relation between Seismotectonics and Hazards from Tsunamis & Earthquakes 3) The “archiving analyzed results 1”	a) Seismotectonics a-1 Plate Tectonics / a-2 Subduction zones in Vanuatu / a-3 Collision zone in Vanuatu / a-4 Monthly issuance of any explanation on seismic tectonics
	15	Tuesday	14:30-16:30 VUT	Lecture 5 1) Initial motion focal mechanism 2) Stress field 3) Digitizing	b) Seismic Intensity b-1 Velocity structure and seismic wave propagation / b-2 Seismic intensity distribution tendency / b-3 Abnormal seismic activity / b-4 Emergency issuance of information on the Seismic Intensity to the public
October	6	Tuesday	14:30-16:30 VUT	Lecture 6 1) Velocity structure 2) Hypocenter determination 3) Green function	c) Focal mechanism c-1 Focal mechanism analysis by distribution of initial motions / c-2 Moment Rate Function / c-3 Emergency and monthly issuance of focal mechanism information
	20	Tuesday	14:30-16:30 VUT	Lecture 7 1) Accuracy of hypocenter & Magnitude 2) The “archiving analyzed results 2” 3) Comprehensive achievement tests on the day	d) Hypocenter determination d-1 Hypocenter calculation / d-2 The accuracy level judgement by the O-C / d-3 Emergency issuance of hypocenters
November	16	Monday	15:00-17:00 VUT		e) M and CMT e-1 Magnitude determination / e-2 Judgement on the M accuracy / e-3 CMT / e-4 Emergency issuance of M
December	8	Tuesday	14:00-15:30 VUT		
February	16	Tuesday	14:30-16:30 VUT		
March	2	Tuesday	14:30-16:30 VUT		

Standard seismic lecture procedures
Day 1
14:30-15:00 Explanation of answers for the achievement test imposed on the Day 2 of lectures
15:00-16:30 The 1st half of the Lecture X including review on the previous lectures
Day 2
14:30-16:00 The 2nd half of the Lecture X including review on the previous lectures
16:00-16:30 Explanation of the achievement tests on the Lecture 4 through Lecture X finished on the day

〔地震情報発表への助言〕

2020 年 3 月頃に、月例の地震情報（地震月報）を発表するに当たって、シェパード諸島付近で群発地震があったことから、VMGD 地震火山課より地震月報の内容についてアドバイスをし、ほしいとの依頼があり、助言した。また、2020 年 9 月初め頃のシェパード諸島付近でのマグニチュード 6.5 の地震を含む群発地震活動での臨時地震活動報告について、確認し、その発表タイミングや内容について助言をした。図 3.3.5.参照。

Comment from MORI as of 17Sep20
On the "Shepherds Seismic Activity Report Version 1" (Date: 10th September 2020)

Dear Dan-san (CC: Fred-san)
My comments are as follows:

1. General issue
 - a) Totally the report seems to be very useful for everybody to understand the recent remarkable seismic activity that has caused landslide even without casualties.
 - b) Namely it covers all information we need in order to prepare the actions against any possible disastrous event in the future.
2. Any possible improvement (just a feeling of mine) under the current earthquake monitoring human system in 24hours/7days
 - c) The covered activity period could be wider like start from 23rd of August through checking events longer period. That will sometimes help us to find any additional feature of the activity. The additional feature might help us in the future to detect any forerunner of such swarm that induce landslides.
 - d) If possible, it might be better for us to check the historical earthquake catalogue of Vanuatu to find the activity around the shepherd area and to mention in the report the experience at that time. For example: "In the islands area, there was a seismic activity with maximum M.X.X in 19XX. At that time, the activity continued for about XXX days, resulting in damage such as XXX."
 - e) "Recommendations" could be classified into the target peoples. For example, "One seismograph in the Shepherds group" might be targeted to VMGD yourself.
3. Any possible improvement (just a feeling of mine) with any rearrangement of the earthquake monitoring human system in 24hours/7days
 - f) If its issuing timing is during the activity, the report might be used as an earlier preparation for the first-aid.
4. Any other issues
 - g) The evacuation issue should be studied further to understand how to rush residents evacuate. The comment of mine on the evacuation, conducted in an event in this swarm, might be that the action was awesome; but I should know the exact situation there to fix the comment of mine.
 - h) Minor issues
 - If we can develop the tool to estimate reliable seismic intensities there, we may include the information in the report.

- We need to confirm epicenter accuracy. The direction of epicenter distribution (from east to west) might be caused by the station distribution. In order to confirm it, it might be helpful for us to set a temporary seismic station on one of the islands in the Shepherd Group, if possible.
 - The description "Event 3 Latitude117.07 ' S" should be "Event 3 Latitude17.07" S".
 - The "Figure 4 (Epicentres of the earthquake swarm)" should have any legend to explain the meaning of the red, yellow & orange circles and the green, black & orange triangles.
 - The description "events of magnitude 2.0 and above but less than 5.0 (M $\geq$ 2.0 $\leq$ 5.0)" would become more understandable, if we show "5.0 $\geq$ M $\geq$ 2.0" instead of "M $\geq$ 2.0 $\leq$ 5.0".
 - The same for "(M $\geq$ 2 $\leq$ 6.5)". Or "6.5 $\geq$ M $\geq$ 2" would be more understandable.
 - The description "This is simply because of the magnitude 6.5 compare to the Eastern part where the magnitudes 5.6 and 5.2 struck." might mean that the swarm is mainly composed from aftershocks of the larger events such as M6.5, M5.6 and M5.2. If so, additionally describing this additional consideration might make us understand the meaning clearly.
 - Regarding the information "activity update, 11 - 16 August 2018" on the top area, I am afraid I don't understand the meaning of this.

.....
 If the above comment will help you anyhow, I really am happy.
 Sincerely yours,
 Shigeo MORI

図 3.3.5. シェパード諸島付近の群発地震活動の臨時情報への助言

出典：JICA プロジェクトチーム

d) 2021 年 8 月～2023 年 6 月の遠隔打合せ、遠隔講義等（第二次・三次遠隔活動）

〔遠隔打合せ及び遠隔講義〕

2021 年 8 月、同年 12 月、2022 年 4 月及び同年 9・10 月、各期間 5 回ずつ計 20 回、VMGD 職員との遠隔打合せと地震学基礎の遠隔講義を実施した。また、遠隔打合せを通じて適宜やり残したベースライン調査も実施した。以下実施時期毎に詳細を示す。

i. 2021 年 12 月の 5 回の遠隔打合せ・講義

実施内容は表 3.3.6.の通り。

表 3.3.6. 2021 年 8 月の遠隔打合せ・講義実施内容

年月日	打合せ項目	講義	参加職員 人数
04Aug21(Wed)	1. Latest status in VMGD 2. Schedule in Aug. for getting outcomes	How to make Travel Time Table	2
10Aug21(Tue)	1. Procedures for seismic analysis & use of the results, and guideline to conduct training for them (Outcome 1) 2. Guideline for how to use seismic intensity (Outcome 7)	1. How to handle abnormal seismic activity 2. How to explain Intensity to the public in advisory	5
17Aug21(Tue)	1. Revised document on the "Procedures for seismic analysis & use of the results" 2. Guidebook to promote use of earthquake information made by VMGD (Outcome 8) 3. Self training system on basic skills on earthquakes (Outcome 4)	1. How to evaluate hypocenter accuracy 2. How to use M and CMT for disaster prevention	2
24Aug21(Tue)	1. Revised "Guideline for how to proceed with the Seismic Monitoring Duty for VMGD & its timeline" 2. Manual of seismic disaster research (Outcome 2) 3. Self-study materials on basic skills on earthquakes (Outcome 3)	1 How to use focal mechanism for disaster prevention 2 How to handle Focal mechanism in Monthly Report	6
31Aug21(Tue)	1. Further-revised document on the "Procedures for seismic analysis & use of the results" 2. Lecture for wrap-up of the remote activities 3. Discussion on the whole outcomes from the activities on the seismic analysis		4

出典：JICA プロジェクトチーム

出席状況は平均 4 名、また実施方法は各回議事進行メモと議事録とを作成し、VMGD の地震 WG メンバー等関係職員に打合せ前後に配布するとともに、講義の資料や打ち合わせに用いた資料も同様に配布。そして、原則、火・木曜日の現地時間午後 2 時 45 分～午後 4 時（日本時間午後 0 時 45 分～午後 2 時）に実施。

打合せ内容は、上表に示したように、設定した 8 つの成果物を得る作業についてであった。成果物は、図 3.3.6.に示すように、地震監視

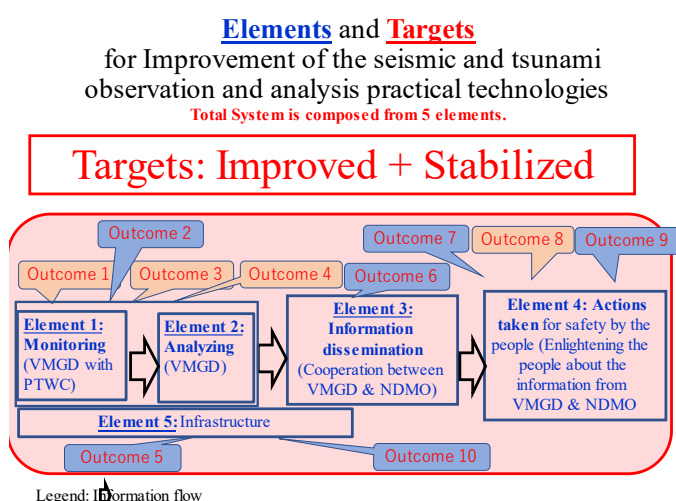


図 3.3.6. 地震監視システム構成要素と目標・成果物

出典：JICA プロジェクトチーム

視の全体のシステムにおける警報等情報の発出から利用までを構成する「監視->解析->情報発表->情報の防災利用」の 4 要素とそれを支える電力・インターネット等社会基盤の計 5 要素それぞれに設定した。また、作業時間の制約を勘案し、成果物には、期待される成果 2 の「VMGD スタッフの地震データの解析及び利用技術が向上」を念頭において、「成果物を得るもの」と「成果物を得るための方向性の理解を促進するもの」と分け、前者を優先して作業することとした。

また、講義についても、同様に、最優先の Level 1 は「繰り返し実施しするなどして『定着』を図るもの」、Level 2 は「講義等するもの」及び Level 3 は「教材を作るもの」として、Level 1 を最優先に考えて実施した。但し、これらについて、VMDG に提示し異論がないことを確認した上で実施に移した。

具体的には、成果物（Outcome）は表 3.3.7.の通りであり、成果物 1、3 及び 4（監視・解析要

素) 並びに 8 (情報の防災利用) を優先とした。

表 3.3.7. 成果物一覧

Outcomes to be handled in the Project as of 03Aug22	
Ocher: to be handled with priority / Blue: to be sorted out until the end of the project	
1	Procedures for seismic analysis & use of the results, and guideline to conduct training for them
2	Manual of seismic disaster research
3	Self study materials on basic skills on earthquakes
4	Self training system on basic skills on earthquakes
5	Backup system for seismic monitoring system
6	Guideline for how to transfer the seismic information to the public
7	Guideline for how to use seismic intensity
8	Guidebook to promote use of earthquake information issued from VMGD
9	Vanuatu Seismic intensity Scale
10	The system for handling seismic information database

出典：JICA プロジェクトチーム

なお、成果物を要素別に整理すると次のようになる（赤字が優先項目）。

「監視」・「解析」では、

- ・ 成果物 (Outcome) 1: 地震データ解析・利用手順書 (同訓練ガイドライン)
- ・ 成果物 (Outcome) 2: 地震被害等調査手引書
- ・ 成果物 (Outcome) 3: 自己研鑽素材
- ・ 成果物 (Outcome) 4: 地震解析能力向上自主研修体制

「情報発表」では、

- ・ 成果物 (Outcome) 6: 地震情報の一般向け伝達方法のガイドライン

「情報の防災利用」では、

- ・ 成果物 (Outcome) 7: 震度の利用の在り方ガイドライン
- ・ 成果物 (Outcome) 8: 地震情報等の利用促進のためのガイドブック
- ・ 成果物 (Outcome) 9: バヌアツ震度階級(VEI/MMI)利用法

「社会基盤」では、

- ・ 成果物 (Outcome) 5: 「地震解析システム」バックアップ体制
- ・ 成果物 (Outcome) 10: 地震の影響の情報収集及び蓄積震度のデータベース化

ii. 2021 年 12 月の 5 回の遠隔打合せ・講義

表 3.3.8. 2021 年 2 月の遠隔打合せ・講義の内容

年月日	打合せ項目	講義・試験	参加職員 人数
09Dec21 (Thu)	1. Seismic Station operation status 2. Work Plan in December 2021	How to evaluate the hypocenter accuracy	1
23Dec21 (Thu)	1. Procedures for seismic analysis & use of the results, and guideline to conduct training for them 2. Earthquake Information, Monthly Report, and SO	How to look at the latest seismic activities including short exams	2
24Dec21 (Fri)	Self training system on basic skills on earthquakes	Essence of "Travel Time Table, hypocenter depth, and Velocity Structure" including short exams	1
28Dec21 (Tue)	Guidebook to promote use of earthquake information issued from VMGD	Essence of "M, CMT, and Focal mechanism" including short exams	1
29Dec21 (Wed)	Wrap-up of the remote activities	Essence of stress field	2

iii. 2022 年 4 月の 5 回の遠隔打合せ・講義

出席状況は 1、2 名、また実施方法は前回と同様であった。打合せ内容は、表 3.3.9. に示した。

表 3.3.9. 2022 年 4 月の遠隔打合せ・講義の内容

年月日	打合せ項目	講義	参加職員 人数
01Apr22 (Fri)	1. Review about the performance of the VMGD seismic observation network 2. Checking the status of PTWC on observation data related to hypocenter depth	Case study on the latest Japan M7.4	2
05Apr22 (Tue)	Procedures (guideline) for seismic analysis & use of the results	Calculation of Green Function	1
08Apr22 (Fri)	Procedures (guideline) for seismic analysis & use of the results	1. Calculation of Green Function 2. Scaling Law	1
12Apr22 (Tue)	1. Procedures (guideline) for seismic analysis & use of the results 2. Guidebook to promote use of earthquake information issued from VMGD 3. Guideline on how to make seismic monthly bulletin	1. Calculation of Green Function 2. Scaling Law 3. Seismic intensity estimation formula	2
19Apr22 (Tue)	1. Wrap-up of the remote activities in April 20223 1-1. Total 1-2. Procedures (guideline) for seismic analysis & use of the results 4/4 1-3. Guidebook to promote use of earthquake information issued from VMGD 2/2 1-4. Guideline on how to make seismic monthly bulletin 2/2 1-5. Guideline on how to handle aftershock phase picking and Guideline for how to use seismic intensity 1-6. Lecture: "Seismic intensity estimated map for the provincial capitals" 2. ISC	1. Calculation of Green Function 2. Scaling Law 3. Seismic intensity estimation formula	1

出典：JICA プロジェクトチーム

iv. 2022 年 9・10 月の 5 回の遠隔打合せ・講義

出席状況は平均 2 名、また実施方法は、概ねこれまでと同様としたものの、VMGD 側が多忙であることを勘案し、その負担軽減のため、実施時間帯を午後 3 時～3 時半、午前 11 時～12 時及び午前 11 時半～12 時と大幅に短縮して実施することとした。また、打合せにおいて講義を実施する形態で実施した。打合せ内容は、表 3.3.10. に示した。

表 3.3.10. 2022 年 9・10 月の遠隔打合せ・講義の内容

年月日	打合せ項目	講義	参加職員 人数
28Sep22 (Wed)	VMGD monitoring procedures and machine systems for properly grasping seismicity in and around Vanuatu for disaster prevention Q1 How long are "seismic parameters obtained automatically by SeisComP" kept in the machine system? Q2 Do you have any rule/custom on when we should start "seismic data remote analysis on SeisComP" on holidays, Saturdays and Sundays? Q3 Which M is selected from SeisComP by VMGD?		2
04Oct22 (Tue)	1. How to mitigate any bad effect from the current challenges in the daily seismic analysis 2. How to promote the populations 1) to more easily refer to, and 2) to more properly understand any seismic information issued from VMGD (MORI has told an idea of a seismic booklet for the populations.). 3. MORI has told how to make a back-up of the MiniSEED data.		3
18Oct22 (Tue)	1. How to mitigate any bad effect from the current challenges in the daily seismic analysis 2. How to promote the populations to more properly understand any seismic information issued from VMGD Result: MORI has shown several drafts for the planned seismic booklet for the public (VMGD seismic and tsunami Guidebook as of 18Oct22). 3. MORI has explained the revised idea on the "miniSEED data" handling.		3
20Oct22 (Thu)	1. How to mitigate any bad effect from the current challenges in the daily seismic analysis 2. How to promote the populations to more properly understand any seismic information issued from VMGD		1
24Oct22 (Mon)	1. Wrapping up the activities of MORI's (Main issue was how to handle the challenges in daily seismic analysis.) 2. How to settle the remained issues that MORI should handle by the end of the Van-REDI project (Main issues were a) the booklet for the public, b) the self-training materials.)		1

e) 電子メールでの補完打合せ

i. 2022 年 2 月、電子メールでの補完打合せ

M7 クラスの地震の震源の深さの精度が適切でないことについて、PTWC への相談について打合せを次のような電子メールで実施した。

Email exchange betthe Project Experten VMGD and the JICA Expert
Sent: Tuesday, February 8, 2022 4:40 PM
Subject: Earthquake Analysis in VAN-REDI

Dear Mori-san, I will follow up again on the email regarding the Matthew and Hunter earthquake to PTWC.
I am hoping they did not see the email somehow as they might be busy.
Best regards, dt

Sent: Tuesday, February 08, 2022 5:37 PM

Dear Dan-san (CC: Colleagues, JICA Izumi-san; JMBSC VAN-REDI team members),
Last year in December, we had several remote-meetings. At that time, when we consider the hypocenter depth accuracy issue on the M7.7 event of 10Feb2, we wondered if PTWC had used ORSNET for hypocenter determination of the event. So I prepared the queries to ask PTWC as follows:

As for the Earthquake that occurred on 10Feb21 UTC with around 7.7 as its Magnitude at 13:19 UTC around South East of Loyalty Islands (south of Mathew and Hunter of Vanuatu) or around S23.1 E171.5,
Query 1: at that time, VMGD was not able to use ORSNET (with the Noumea seismic station on New Caledonia) due to any network problem. Thus, we wonder if PTWC should have had the same trouble at that time. / Query 2: at that time, which stations were used to get the hypocenter with 10 km depth? VMGD used only data from stations of Vanuatu and New Zealand and got 96 km as its depth. / Query 3: at that time, how did PTWC get 10 km as its depth? We wonder if PTWC got the depth by fixing 10 km as its depth in hypocenter calculation. If so, how did you select 10 km as its depth beforehand.
Then, shall we request PTWC to give VMGD any information on the queries?
I think that VMGD should be busy on Tonga issue and others. So when you find time to take the above action, could you please consider this issue and send the queries to PTWC?
(Note: Maybe PTWC is also busy with Tonga issue due to having the third PTWS meeting for it on the 10th of February UTC. So, I feel that the date when you take the above action should be later than 17th of February.)
Regards, Shigeo MORI

ii. 2023 年 4 月～6 月電子メールでの成果物の完了に向けた補完打合せ

VMGD 職員と電子メールで打合せを行いつつ、完成させる成果物を絞り込み、成果物 (Outcome) 1: 地震データ解析・利用手順書、成果物 (Outcome) 3: 自己研鑽素材、及び成果物 (Outcome) 8: 地震情報等の利用促進のためのガイドブックの完成も目指した。

(4) 成果物

次のものが最終的な成果物であるが、遠隔講義に用いた ppt 資料も成果物である。

- ・ 一般向け地震案内書（地震情報等利用促進のためのガイドブック；Guidebook on Earthquakes and Tsunamis 2023）
- ・ 地震監視作業手順書（地震データ解析・利用手順書（注：地震パラメータ算出に係る標準業務手順書に該当）；Guideline for how to proceed with the Seismic Monitoring Duty in State of Emergency in Vanuatu）
- ・ 自己研鑽素材（詳細は表 3.3.11.）及び遠隔講義資料

表 3.3.11. 自己研鑽素材内容一覧

Title	Contents of self-training materials as of 08Jun23	Remarks
Relation between Seismotectonics and Hazards from Tsunamis & Earthquakes	1. Seismotectonics	
	2. Seismicity	
	3. Recurrence	Scaling law
	4. Seismic and Tsunami Hazards	
	5. Wrap-up of the items	
	6. Quizzes	
Seismic Intensity Information	1. Comments from MORI on the purpose of issuing seismic intensity information to the public	
	2. Seismic intensity scales and their relations	
	3. Region of anomalous seismic intensity	
	4. Quiz	
How to use Initial motion focal mechanism	1. Meaning of focal mechanism	
	2. Observed examples	
	3. Meaning of getting the stress change caused by the earthquake in the stress field	Stress field
	4. Nodal plane of the earthquake obtained from the push-pull distribution of the P-wave	
	5. Initial motion focal mechanism explaining the released force at the point of the hypocenter	Mohr's circle
	6. Double couple forces (quadrant type of focal mechanism)	
	7. Quizzes.	
Hypocenter determination	1. Hypocenter Determination,	
	2. Velocity Structure,	Velocity structure
	3. How to make Travel-Time Table	
	4. Quizzes	
How to handle CMT	1. Why we use CMT analysis,	
	2. What CMT analysis is,	
	3. What Green function is,	Green function
	4. Related issues	

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.3.12. 一般向け地震案内書内容一覧

Contents of the VMGD Earthquakes & Tsunamis Guidebook 2023

Page #	Contents	Page #	Contents
NA	Cover page		IV. Observation of earthquakes and tsunamis
NA	Blank (Backside of the cover page)	20	Vanuatu Geohazards Monitoring Network and VNSN
(1)	Top page showing the title	21	Tsunami Monitoring Network
(2)	Information on the publication		V. Tectonic framework and geological environment
(3)	(Simple design)	23	Tectonic framework
(4)	Preface	24	Distribution of volcanoes
(5)	Contents		VI. International cooperation
	I. Terminology	25	International cooperation for tsunami monitoring
7	Terms related to earthquakes	27	ORSNET
8			VII. Additional Information
9	Terms related to tsunamis	28	Tsunamis observed on the Vanuatu coasts
10		28	Seismicity registered during 2022
11	Acronyms	29	Seismicity 2001-2022
	II. Disaster warning and information	31	Seismic scaling law
12	Information issuance procedures	NA	(Simple design)
13	Tsunami Warning/Advisory/Information	NA	Blank (Backside of the back cover page)
16	Sirens as tsunami warning dissemination tool	NA	Back cover page
	III. Actions in the monitoring of earthquakes		
17	Calculation of hypocenter and magnitude of the earthquake		
18	Judgment method for issuing warning for tsunami threat		

5

出典：JICA プロジェクトチーム

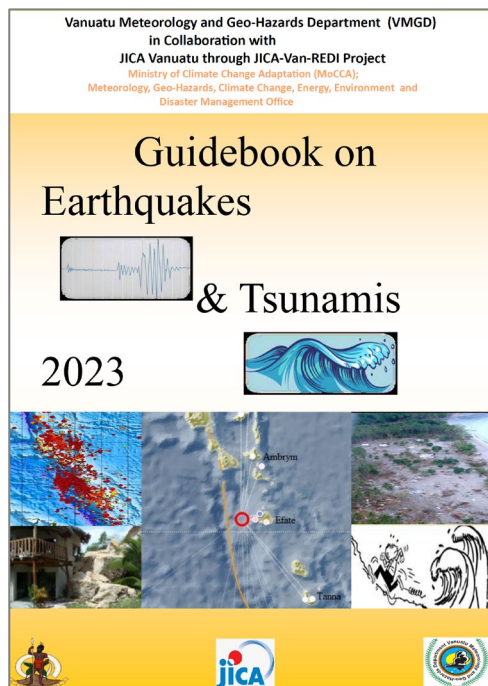


図 3.3.7. 一般向け地震案内書表紙

出典：JICA プロジェクトチーム

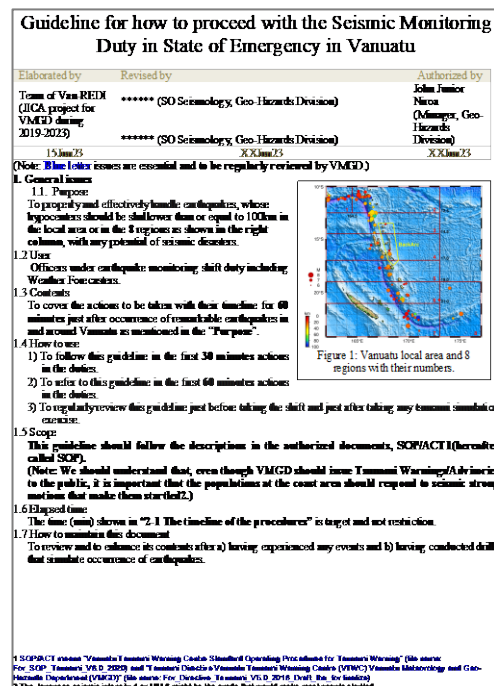


図 3.3.8. 地震監視作業手順書

出典：JICA プロジェクトチーム

(5) 収集資料等

- Tsunami Directive, Vanuatu Tsunami Warning Centre (VTWC), Vanuatu Meteorology and Geo-Hazards Department (VMGD)” (File name: For_Directive_Tsunami_V5.0_2016_Draft_lba_for finalize2)
- Seismic data analysis on Seiscomp3: “A. Review automatic origins” & “Manual event detection and localisation” (File name: Seismic data analysis on Seiscomp3_V. May.2019_1)
- Capture.2_IASP91 (from Dan-san on 09Aug21; jpg file)
- Table of P and S (from Glen-san on 09Aug21; word file)
- Monthly Seismic Report October_2020 (VMGD)
- Earthquakes events data (January 2022, February 2022, March 2022)
- Earthquake information issued to the public (Tsunami Advisory 01, Tsunami Cancellation)

3.3.4. プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓

「地震監視の全体のシステム」を「警報等情報の発出から利用までを構成する『監視->解析->情報発表->情報の防災利用』の 4 要素とそれを支える電力・インターネット等社会基盤の計 5 要素からなると解析した上で、具体的な課題を検討し、成果を改めて設定した。図 3.3.9.には最終段階における状況を整理した。

Report on the completion of MORI's recent activity as of 07Jul23

Initial output targets were as follow:

- Enhancement on the earthquake analyzing and warning “system” (**Human resources**)
- Development of a seismic intensity monitoring system (**Monitoring systems**)
- Development of the guidebook for the public (**Information user**)

How to settle the issues that MORI should handle by the end of the Van -REDI project: MORI is considering how to enhance **the total seismic and monitoring system** as shown below. The **Guidebook** covers Element 4 (**Information user**). The **self-training materials** cover Elements 1&2 (**Human resources**). And the **Guideline** covers Elements 1&2 (**Monitoring systems**). So, all of the **Initial output targets** are to be settled, even though the activity won't directly cover Elements 3 and 5.

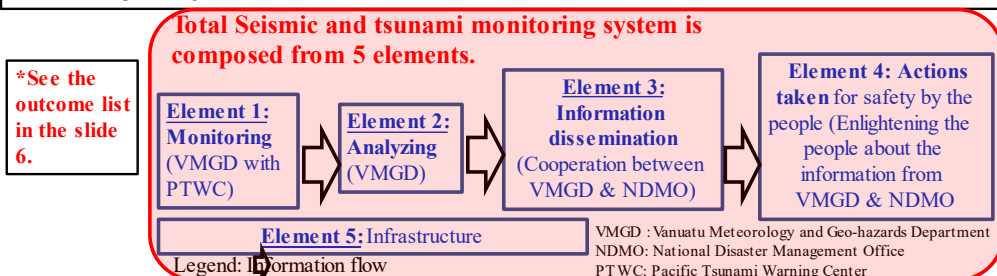


図 3.3.9. 成果 2a のまとめ

出典：JICA プロジェクトチーム

3.3.5. 成果の目標達成状況

成果 2a に係る評価指標と達成状況は以下のとおり。

表 3.3.13. 成果目標に対する達成状況

指標	ベースライン調査時	達成状況
(指標 2-3) 強震計の観測データの解析に関する試験にスタッフが合格する。	ORSNET の観測データを用いてバヌアツ国内で発生している地震の震源解析が行われていた。	地震学の基礎、および、震度解析の講義が実施され、2019 年 5 月に試験が実施された誤解答の課題については補修講義を実施し、確実に理解できたことを確認した。また、震度解析の OJT をとおして、VMGD の解析能力が向上した (3.4.4(3))。
(指標 2-4) 震度計の観測データが解析され、バヌアツに適した震度階が制定される。	VMGD との協議で、国際的に広く利用されている震度階を採用することとした。	大洋州では ORSNET により広域地震モニターを実施しており、周辺諸国で用されている改正メルカリ震度を採用することとした。

出典：JICA プロジェクトチーム

最終成果物は 3.3.3(4)に記載のとおりであるが、その特徴や残された課題を表 3.3.13.に整理し、これらを活用した今後の活動について、VMGD に提案した。

- (1) 「一般向け地震案内書 (Guidebook)」については、提供した二種類について、
 - ・ 内容を確認する
 - ・ うち現在版津波 SOP 反映版を VMGD のホームページに掲載する
 - ・ 津波 SOP 更新後新津波 SOP 版をホームページに掲載する
- (2) 「自己研鑽素材」については、VMGD 内の研修などで利用していく
- (3) 「地震監視作業手順書 (Guideline)」については、

- ・ 内容を確認する
- ・ 決裁手続きをする
- ・ 訓練等で利用していく

表 3.3.14. 残された課題と要請事項

Outcomes in the Earthquake Analysis Working Group of the Van-REDI Project as of 07Jul23			
	Outcome	Feature or contents	Status and remained issues
1	VMGD seismic and tsunami Guidebook	Booklet to promote use of earthquake information issued from VMGD to the public including hints for 1) how to transfer the seismic information to the public and 2) how to use it for disaster prevention/mitigation	Its two final versions have been submitted to VMGD by MORI on 26Jun23. They are the one for the current SOP and another one for the new SOP. With them, 1) shall we review both of them? 2) shall we up-load the version of the current SOP on the VMGD homepage after the review? And 3) shall we replace with the new one after the new SOP has been authorized? The authorization should be finished by the end of this project (December 2023). Note: The officer should feel free to ask MORI anything on them beyond.
2	Self-training materials	Materials on basic skills about earthquakes to promote self-training in VMGD	They have been submitted to VMGD by MORI on 08Jun23. With them, shall we see them according to the necessity? Note: The officer should feel free to ask MORI anything on them beyond.
3	Guideline for how to proceed with the Seismic Monitoring Duty	Procedures for seismic analysis and use of the results for disaster prevention to promote improving the skills on handling earthquake in the emergency situation in VMGD	Its final version has been submitted to VMGD by MORI on 15Jun23. With it, 1) shall we review it? 2) could you authorize as shown in the top page of the document after the new SOP has been authorized? And 3) could you use accordingly beyond? Note: The officer should feel free to ask MORI anything on it beyond.

出典：JICA プロジェクトチーム

3.3.6. 今後の活動計画・上位目標達成のための提言

今後は、上位目標である期待される成果 2a 「VMGD スタッフの地震データの解析及び利用技術が向上（VMGD staff's capacities for analyzing and utilizing seismic data are enhanced）」の達成に向けて、「3.3.5. 成果の目標達成状況」に示した要請への対応を注視していく体制を可能な範囲で確立し、適宜実施への支援をしていくことが望ましいと考える。また、下位の優先順位としたものの、方向性について若干の意見交換をした次の項目について、地震監視の全体システムの5要素を構成するものであり、引き続き VMGD 内での検討を支援していくことが望ましいと考える。

- ・ 成果物（Outcome）2: 地震被害等調査手引書
- ・ 成果物（Outcome）4: 地震解析能力向上自主研修体制
- ・ 成果物（Outcome）6: 地震情報の一般向け伝達方法のガイドライン
- ・ 成果物（Outcome）7: 震度の利用の在り方ガイドライン
- ・ 成果物（Outcome）9: バスアツ震度階級（VEI/MMI）利用法
- ・ 成果物（Outcome）5: 「地震解析システム」バックアップ体制
- ・ 成果物（Outcome）10: 地震の影響の情報収集及び蓄積震度のデータベース化

3.4. 成果 2b（津波）

3.4.1. 活動の概要

【成果 2b に係る活動】

2-1 現状の VMGD における地震・津波データの解析・利用方法の調査

2-5 津波注警報・情報改善のための地震・津波の過去記録の収集・編集

2-6 VMGD 職員の津波・高潮の解析・予測能力の向上

【ワーキンググループの構成】

本成果の目的を達成し、活動を実施するため、VMGD にワーキンググループ（WG）の編成を依頼し、2019 年 5 月にメンバーが選定された。ワーキンググループのメンバーは 3.1.項の表 3.1.1.のとおり。

3.4.2. ベースライン調査の実施と抽出された課題

2019 年に実施されたベースライン調査により、現行の津波 SOP が複雑すぎて、作業を請け負う予報課の職員では実施が困難、及び津波を発生させるような大きな地震の発生を報知する手段が用意されていないことが最大の課題として抽出されている。

3.4.3. 活動内容・活動実績

(1) 基礎的講義

「成果 2：VMGD スタッフの地震・潮位データ解析及び利用技術の向上」のため、活動 2-5 として、津波に関する基礎的な講義を実施した。これらをとおして津波情報発表において留意すべき事項を VMGD スタッフに共有し、津波カタログの作成、新津波 SOP の策定の活動へとつなげ、VMGD スタッフの津波に関する基礎知識の強化を図ることができた。

津波注警報を発表するにあたり留意すべき点等に関するリモート講義を、過去の顕著な事例に即して 2020 年 9 月から 2021 年 3 月にかけて実施した（国内振替業務）。下表に内訳を示す。

表 3.4.1. 実施したリモート講義

実施日	講義内容	講師
2020 年 9 月 29 日	1960 年チリ地震	山本雅博
2020 年 12 月 2 日	2011 年東日本大震災	上垣内修
2020 年 12 月 8 日	津波地震 (M に比して大きな津波を発生させる地震)	上垣内修
2021 年 3 月 23 日	2018 年 Palu&Sunda 海峡津波 (地震以外の原因による津波：ともにインドネシアの事例)	山本雅博

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 津波 SOP の改善

「成果 2：VMGD スタッフの地震・潮位データ解析及び利用技術の向上」のため、活動 2-6 として、津波情報の発令基準の検討を行った。本項に記載のとおり、津波カタログの作成、新津波 SOP の策定を実施し、VMGD の津波情報の改善に寄与するとともに、スタッフの津波に関する

情報能力の強化を図ることができた。また、部内訓練をつうじて予報課・地震火山課全員が、新津波 SOP による津波情報発表を学習し、津波情報を発表することができるようになった。

成果 2 の活動 2-1 として、ベースライン調査で、地震と潮位解析に関する VMGD 業務フローの現状調査を行い、VMGD では、本来津波注警報を所掌する地震火山課には 24 時間体制が敷かれていないため、同体制を有する予報課が当該業務を代行することとなっているが、2023 年 11 月時点まで、津波注警報が必要となる事象に対して迅速かつ的確な同報が発表されたことがない。津波を発生させる地震・火山噴火等は夜間・休日に発生する場合もあることから、少なくとも津波注警報の第一報の発表業務は予報課が代行する必要があるが、現在の作業手順等は複雑すぎることに加え、注警報発表の根拠となるべき震源要素をどのように入手するかを明確に規定する必要があることが分かった。

a) UNESCO/IOC 主催会議への出席

手始めとして、2021 年 11 月 24～26 日に UNESCO/IOC の主催による津波 SOP に関する WS（既にソロモン、フィジーに対して開催されており、バヌアツが 3 か国目）に VMGD の地震火山課及び予報課職員とともに Van-REDI チームとして山本雅博、上垣内修も参加し議論した結果、地震・津波に関する情報体系や予報区を現状全バヌアツ 1 つのところを 3 つに分割すること、発表基準を Back Arc¹⁰領域(後述)とその他の領域で別に設定する形で引き続き検討を行うこと等が合意された。

b) 緊急作業 Flow Chart の提案

2022 年 7 月 12 日～8 月 12 日の渡航前に上垣内から質問事項を提示し、現地到着後に関係職員から SeiscomP（地震波形データ自動処理システム）の機能・処理結果に係る情報を入手し議論した結果を、緊急作業の流れを示した Flow Chart の形で提示した（図 3.4.1. その後の議論・改訂を経た最終版）。

¹⁰ Back Arc: バヌアツ北部、マランパプロビンス東部・ペナマプロビンスは、南北に連なるバヌアツ諸島に対してバクアークと呼ばれ、このエリアで発生する地震は、他のエリアよりマグニチュードが弱くても津波を発生させることが、過去の地震・津波解析で分かっている。

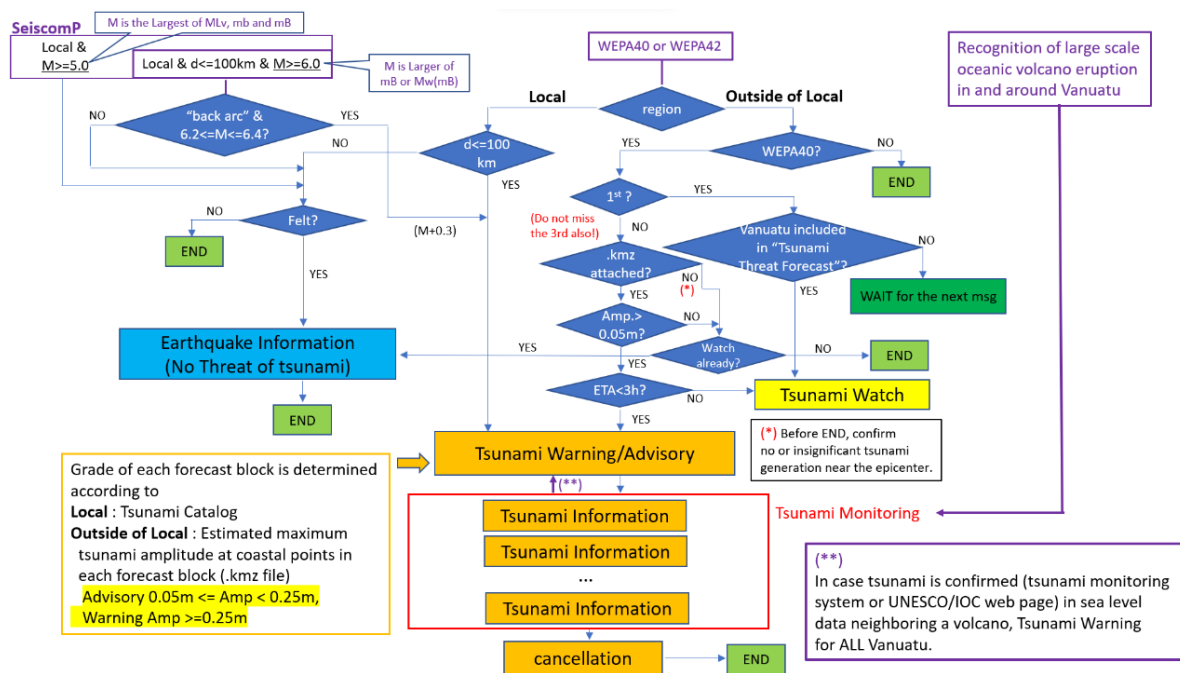


図 3.4.1. 津波注警報に係る緊急作業 Flow Chart（最終版：2023 年 10 月現在）

出典：JICA プロジェクトチーム

<Flow Chart の考え方>

津波注警報の社会的インパクトの大きさを勘案すると、その根拠となる震源要素は原則地震学的知見を有する者のチェックを経た信頼性の高いものでなければならない。一方で、近海で発生する地震については津波到達までの時間が短いため迅速性も要求される。そのため信頼性と迅速性の観点から、原則 PTWC から地震発生後 10 分程度で提供される WEPA40 (Tsunami Threat Message) ないしは WEPA42 (Tsunami Information Statement) に掲載された震源要素を用いることとした。ただし、これらは M6.5 以上の地震に対してのみ提供される一方、Back Arc 域（図 3.4.2.左）で発生する地震は M6.5 未満でも津波を発生させた履歴が確認されているため、同域に限っては Seiscomp の計算する自動震源の要素を用いることとした。

バヌアツ Local 域（図 3.4.2.左：163-176E, 24-10S）で地震が発生した場合、最寄りのバヌアツ国内の海岸線には遅くとも 1 時間以内に津波が到達するため、津波注警報発表基準を予め定めておき、震源要素が得られた時点で即座にそれと照合して発表する必要がある。そのため過去にバヌアツ周辺で発生した地震に対する科学的論文や潮位記録を精査し、Local 域を 8 つに分けた領域毎に津波の発生状況を「津波カタログ」の形でとりまとめた（図 3.4.3.）。そのエリア毎の過去の津波発生の有無・高さ と M 値の関係に基づき、津波注警報の発表基準を定めた（図 3.4.2.右）。その際、海岸付近の土地の利用状況や堤防が未整備であるバヌアツ国の現状に鑑み、注意報基準として 0.05m 以上、警報基準として 0.25m を提示した。日本・米国で採用されているおのおの約 0.3m, 1.0m と比してかなり保守的な値であるが、VMGD に対しては、今後津波の被害と高さの関係データを蓄積して見直すべき旨補足し、了解された。なお、Back Arc で発生した地震については、M の割に大きな津波を発生させた事例があることから、M6.2～6.4 の場合にその値に 0.3 を加算した値で発表基準を適用することとした。予報区（図 3.4.2.中）は、既に Marine Warning で採用されている予報区と同一とすることで、利用者に分かりやすいものとした。

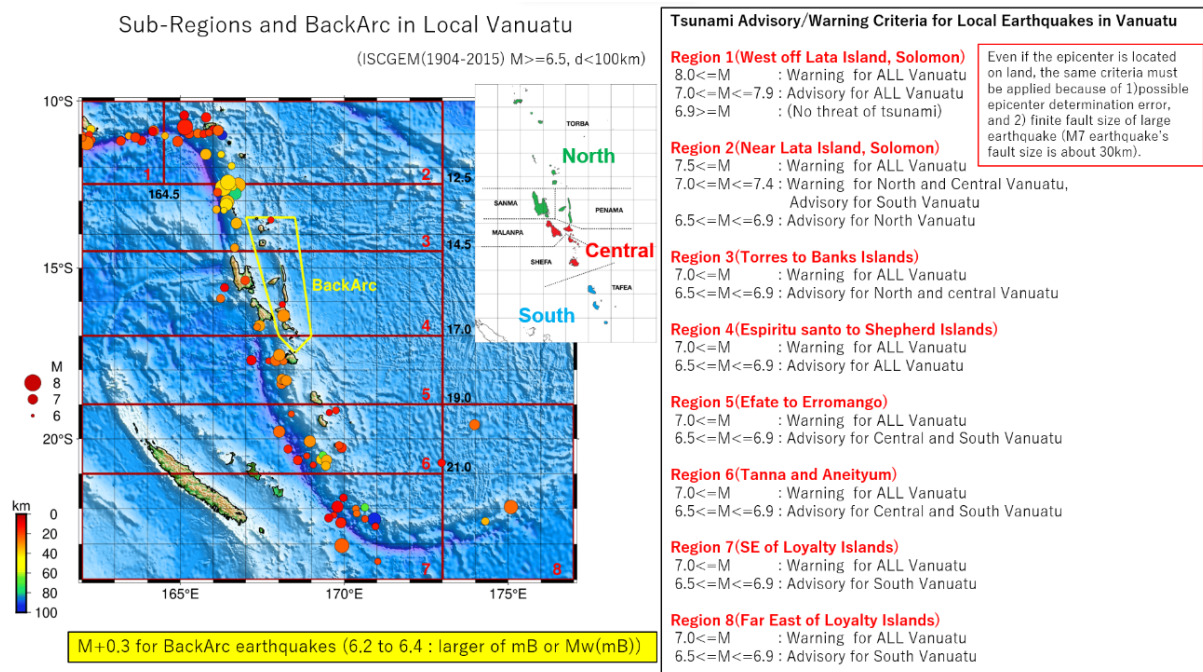


図 3.4.2. バヌアツ Local 域の 8 つの Region (左) と Region 毎の津波注警報発表基準 (右)

出典：JICA プロジェクトチーム

一方、Local 域の外側で発生した地震については 1 時間以上の時間的猶予があるため、地震発生から 40 分程度で発表される PTWC 第 2 報以降に添付される定量的津波予測資料に基づき、Local 域に対する発表基準と同じ考え方で注警報グレードを決定することとした。よりバヌアツ国内向け津波注警報発表の判断に資するため、2023 年 4 月 18～19 日に VMGD にて開催された PTWC-VMGD-JICA チーム会合 (Van-REDI からは上垣内が対面で、山本 (雅) がリモートで参加) において、津波到達時刻予測点位置の改善 (現状 2 点から各予報区 1 点ずつの計 3 点への増加と稼働中潮位観測点と一致させる) 及び津波波高予測ブロックの細分化 (全バヌアツ 1 区域を 3 予報区と一致させる) を提案し PTWC の内諾が得られたため、後日 VMGD から PTWC に対して公式な要請が行われている。

この新たな Flow Chart を提案した 2022 年 8 月の説明会の席上、2022 年 1 月のトンガの海底火山噴火によりバヌアツ国内にも津波が来襲していることに鑑み、火山噴火による津波に対する作業も Flow Chart に含めるよう強い要望があったことから、その後同記述を別シートとして追加している (図 3.4.4.)。

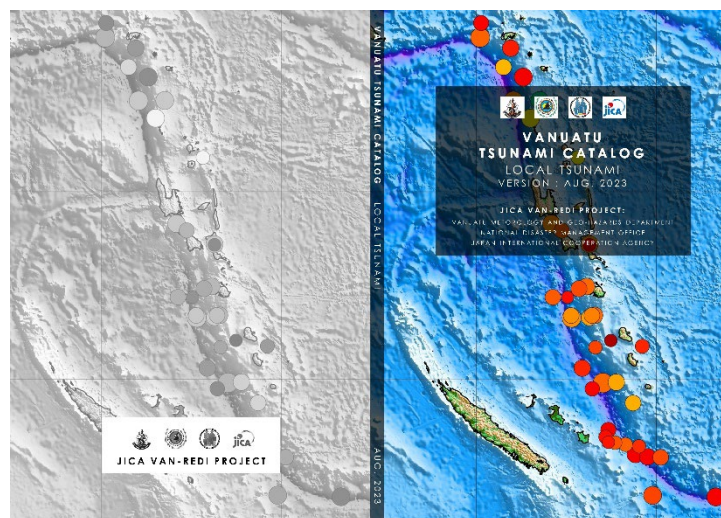


図 3.4.3. 津波カタログ (表紙)

出典：JICA プロジェクトチーム

In case of large scale eruption of oceanic volcano

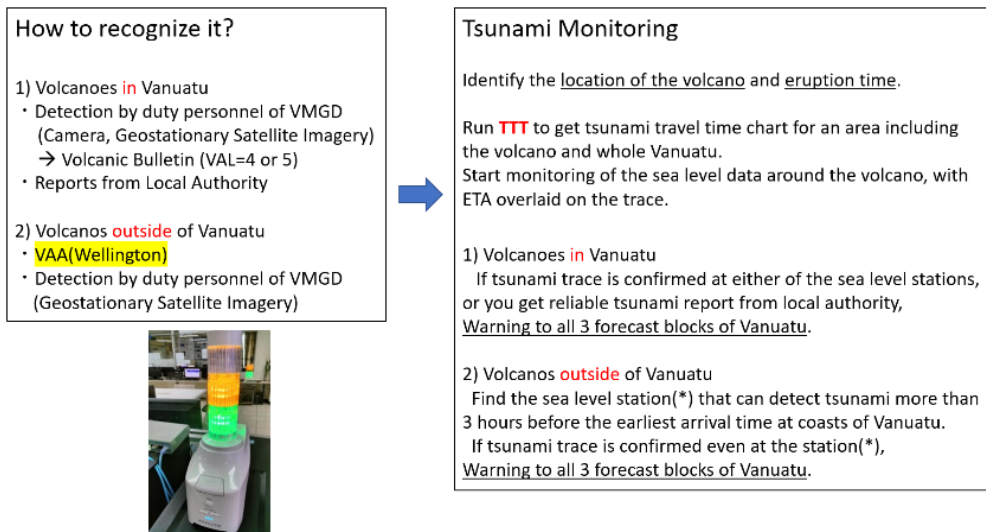


図 3.4.4. 海洋性火山噴火発生覚知方法とその後の作業

出典：JICA プロジェクトチーム

c) Flow Chart 運用を確実なものとするための措置

緊急作業の迅速かつ円滑な実施を支援するため、PTWC からのメッセージが WMO/GTS 回線経由で VMGD に入電した場合のパトロールライト明滅・鳴動による報知、及び SeiscomP よりバヌアツ Local 域で大きな地震が自動検出・震源決定された場合の別のパトロールライト明滅・鳴動+PC 画面ポップアップの措置をとった（図 3.4.5.）。その後、バヌアツ周辺での大規模な火山噴火覚知の手段のひとつとして、Wellington VAAC からの VAAC が WMO/GTS 回線経由で VMGD に入電した際に、上述の PTWC メッセージ入電を報知するパトロールライトで、別明滅色・鳴動音で報知する機能を追加した（図 3.4.5.）。

本 Flow Chart は、業務の実施を予報課が請け負うことも含めて既に VMGD に了解されているところであり、2023 年 11 月には、過去にバヌアツ Local 域及びそのやや外側で発生した 2 地震に対するデータに基づき、Inhouse Training を上垣内主導で実施した。VMGD 自らが企画し Inhouse Training を実施できるよう、やり方を記述した資料も提供している。

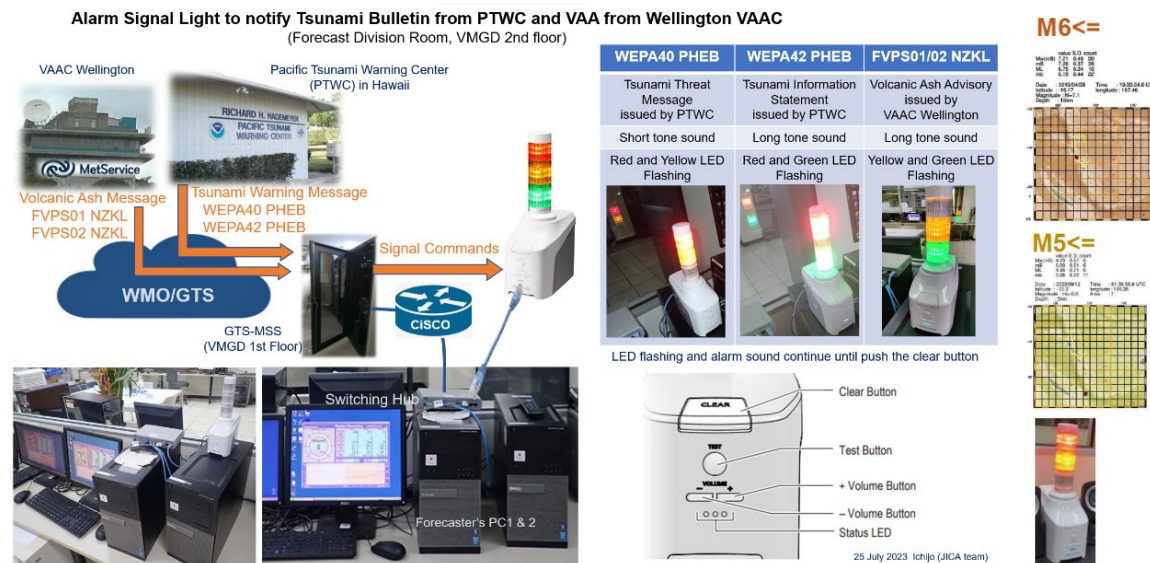


図 3.4.5. WMO/GTS 回線経由で PTWC 及び Wellington VAAC からのメッセージが入電した場合のパトロールライトによる報知（左）及びバヌアツ周辺の大きな地震が SeiscomP で自動検知・震源決定された場合の PC 画面ポップアップとパトロールライト報知（右端）

出典：JICA プロジェクトチーム

その後バヌアツ政府として業務を正式に位置づけるための公文書(SOP)の形で案がとりまとめられつつあり、2023 年 10 月の現地業務時に Van-REDI チームとして案を入手し、Flow Chart の趣旨が適切に SOP 案に反映されているかの確認を行い、コメントを返したところである。今後早急な Implementation が望まれる。

d) 潮位データ監視・検測機能の強化

VMGD では、PTWC が開発した TideTool が既に稼働しているところであるが、特にバヌアツ及びその周辺の潮位観測点データの監視・検測機能を強化し、津波検出時の迅速正確な時刻・波高読み取りを可能とするため、潮位そのものの変動を監視する画面に加え、天文潮位を除いた、津波や高潮による変動成分をモニターできる機能と表示スケールを可変とする機能が無償資金供与で導入された潮位データ監視装置に付加した（3.2.項参照）。正確な津波検測には天文潮位の除去が必須であり、山本忠治により技術移転が図られている（3.5.項参照）。現在、計 16 点の潮位観測点が監視可能となっている（図 3.4.6.）。

In addition to the 13 tide observation stations(**green**), JMBSC proposes to add 3 more stations(**black**) as below.

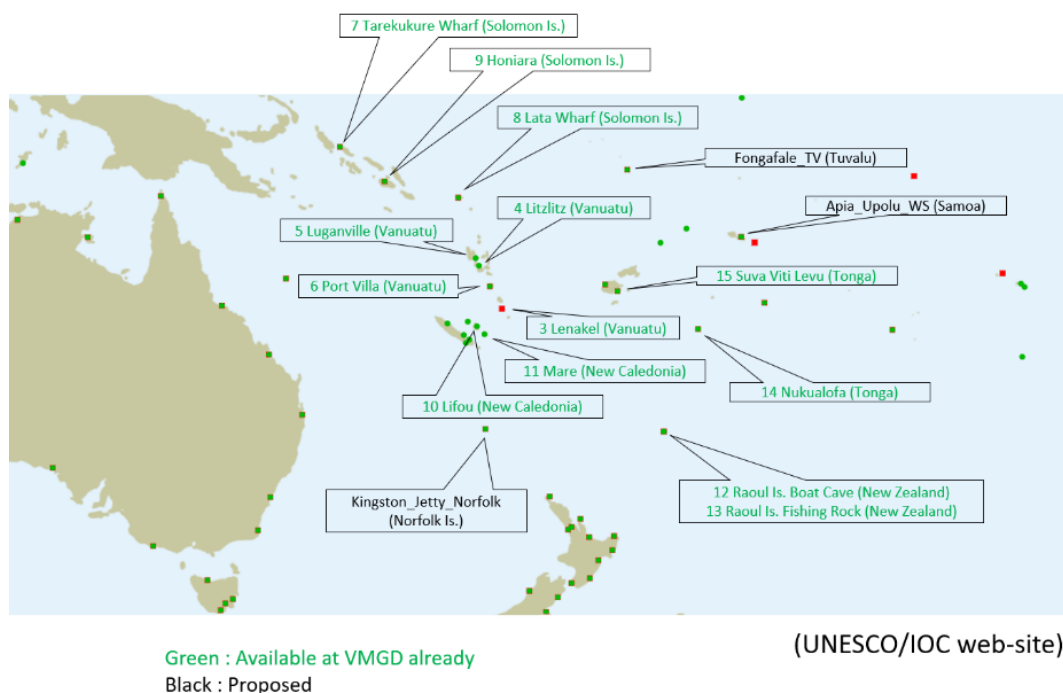


図 3.4.6. 周辺の監視可能な潮位観測点

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 地震活動解析業務の改善

「成果 2：VMGD スタッフの地震・潮位データ解析及び利用技術の向上」のため、活動 2-3 の震度計データの利活用能力の向上について、地震活動を解析する SeiscomP の導入と解析演習を実施し、また、ORSNET の設定などを改善することで、VMGD の地震解析能力を向上させる事ができた。

a) SeiscomP の問題点と更新後の稼働状況確認

VMGD では、地震波形データ処理システムとして独の開発した SeiscomP を使用している。地震観測点としては、VMGD 自らが管理するもの約 20 点に加え、ORSNET と呼ばれる南西太平洋島嶼国間の地震波形データリアルタイム共有の仕組みで入手可能な観測点も利用している。システムによって自動検出・震源計算された event に加え、担当職員が目視で検出した event もあわせ、最終的にはマニュアルで確認・再計算が行われたものが最終震源として登録され、後段の地震活動解析業務に活用されている。

同システムは 2023 年 6 月に世界銀行が実施する the Pacific Resilience Program (PREP) Project 資金によりニューカレドニア：主中枢、バヌアツ：バックアップ中枢として更新され、全 ORSNET メンバー国で共通の波形データ及び震源データにアクセスする形態となった。

システム更新前のデータ処理状況を調査した結果次の 3 点が大きな問題として抽出されたため、上述の PREP 技術責任者 Sylvain 氏に指摘したところであるが、更新後のデータ処理状況を分析した結果が以下のとおり。

- ① マニュアル確認・再計算までの dead line が 24 時間と短すぎる。そのため職員の休日出勤

が常態化しており、さらに、休日出勤時の勤務時間制限により、未処理期間が残されて人為的な地震活動の静穏化が生じるケースがあった。更新によって **dead line** が 7 日に延長され、休日出勤は不要となり、以降不自然な「静穏化」は見られなくなった。

- ② 地震自動検出の対象となる **trigger** 観測点が少ないため、USGS よりも十分低い検出下限 **M** を確保するために職員が目視で波形記録から地震を検出し、震源決定を行うケースが多い。これについては更新後も改善なし。ノイズレベルが高く、**trigger** 観測点としての要件を満たさない地震観測点が多いため、無理して追加登録すると、多数の **false event** が生産されることになる。解決策はノイズの高い地震観測点の静穏な環境への移設ではなく、安価な用地や電力・通信経路の確保の制約から容易な問題ではない。長期的課題として検討するよう助言した。

なお、更新後の 2023 年 9 月のある期間につき最終震源に占める自動検出された地震の割合を調査した結果、65/310 となり 21%であった。すなわち、最終震源の約 8 割は職員が目視で検出した地震となる。

- ③ USGS の QED¹¹と VMGD の SeiscomP で共通する地震の **M** を比較したところ、前者を基準として後者が大きくばらつき、かつ負のバイアスを持っていた。これは、ORSNET に所属する特定観測網の全地震計の感度が約 1/100 に誤って設定されていたためと推定していたが、更新後は正しい感度設定となった模様で、解決していた（図 2b-7）。なお、Origin Time, lat., lon., Dep の差については更新前から概ね妥当な分布となっていた。

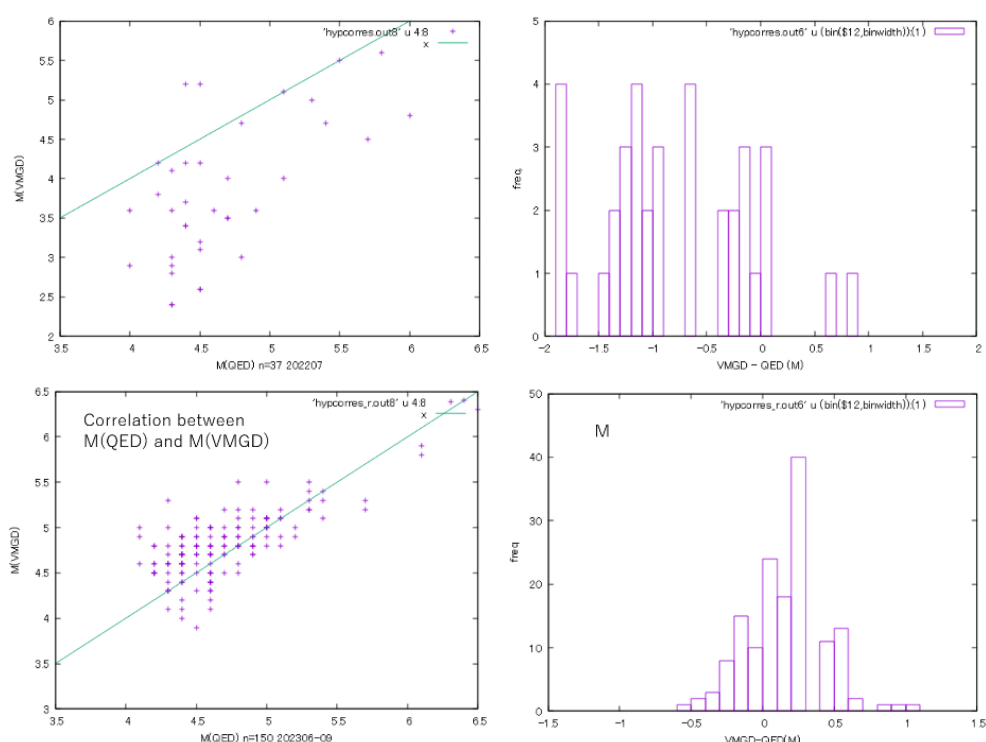


図 3.4.7. QED(USGS)を基準とした場合の VMGD の **M** との差

(左：相関図、右：偏差頻度分布)

上：更新前(202207)、下：更新後(202306-09)

出典：JICA プロジェクトチーム

¹¹QED: 米国地質調査所(USGS)が発表する震源データ Quick Epicenter Determinations の略。

また、更新後の 2023 年 6～9 月の震央分布及び M 別頻度分布をバヌアツ Local 域につき QED と VMGD を比較すると（図 3.4.8.、3.4.9.）、地震決定数は後者が前者の 6.7 倍多く、QED では確認できないような詳細な地震活動が捕捉できており、均質震源決定可能下限 M(Mth)の差 0.6(=4.5-3.9)から想定される約 4 倍よりも多く震源決定されている。これは Mth よりも小さい領域の M での頻度分布の減少度合が VMGD のほうが QED よりも緩やかであるためである。バヌアツ Local 域の地震活動は VMGD が責任をもって捕捉するべきであり、M 別頻度分布の形も妥当であることから、現状の検知能力を維持するよう助言した。

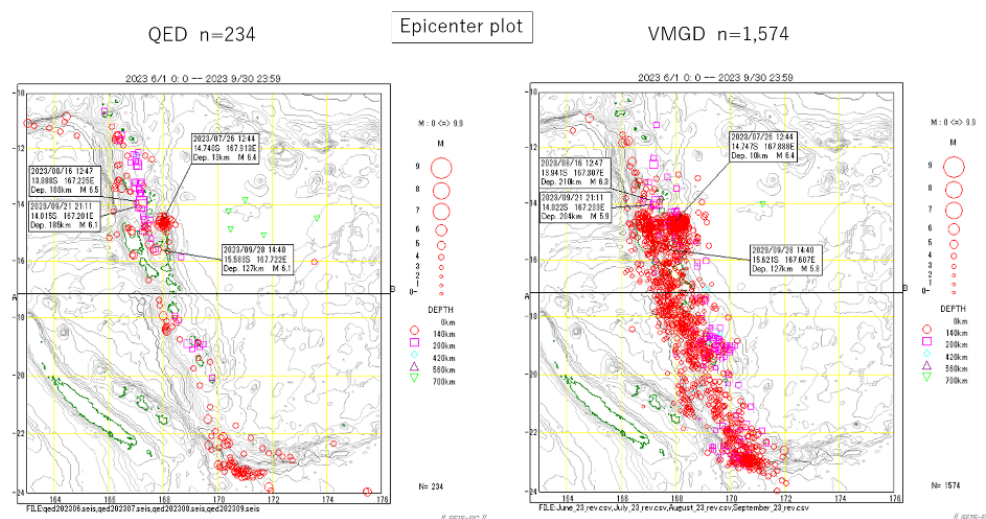


図 3.4.8. 2023 年 6～9 月の全震央分布図（左：QED(n=234)、右：VMGD(n=1,574)）

出典：JICA プロジェクトチーム

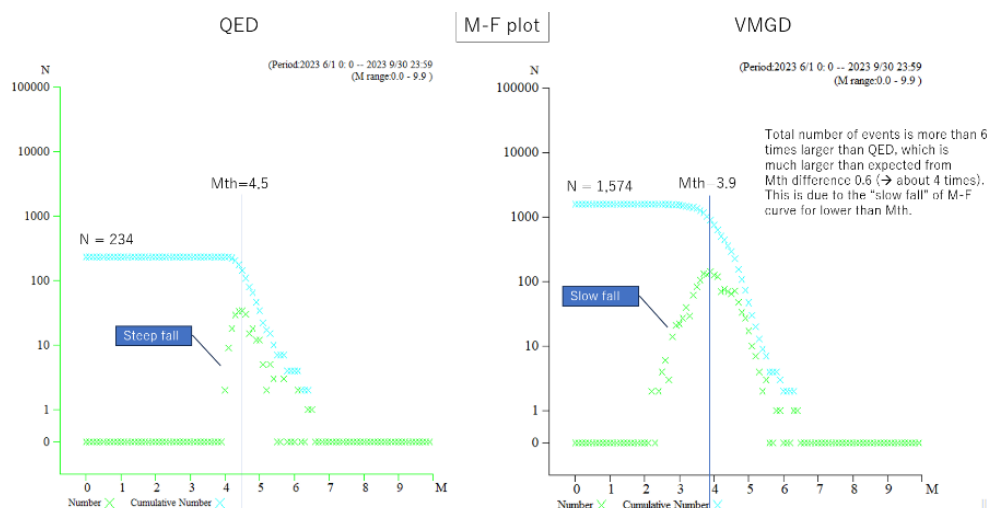


図 3.4.9. 2023 年 6～9 月の M 別頻度分布図（左：QED(Mth=4.5)、右：VMGD(Mth=3.9)）

出典：JICA プロジェクトチーム

前述のとおり、SeiscomP の自動震源計算で設定値よりも大きな M の地震が決定された場合、パトロールライトによる明滅・鳴動を行う必要から、自動震源解を 3 分おきに SeiscomP から収集しており、自動解の生成状況が確認できるようになっている。同じ期間の自動解と最終震源を比較したところ、自動解 129 個のうち最終震源として保存されたものは 65 個であった。つま

り、自動解の約半数は **false event** ということになる。最終震源として保存された 65 個と、**false event** と判明した 64 個の「震央」分布を比較すると（図 3.4.10.）、後者は非常にばらつき、定常的地震活動が本来ない領域に多く決定されている。

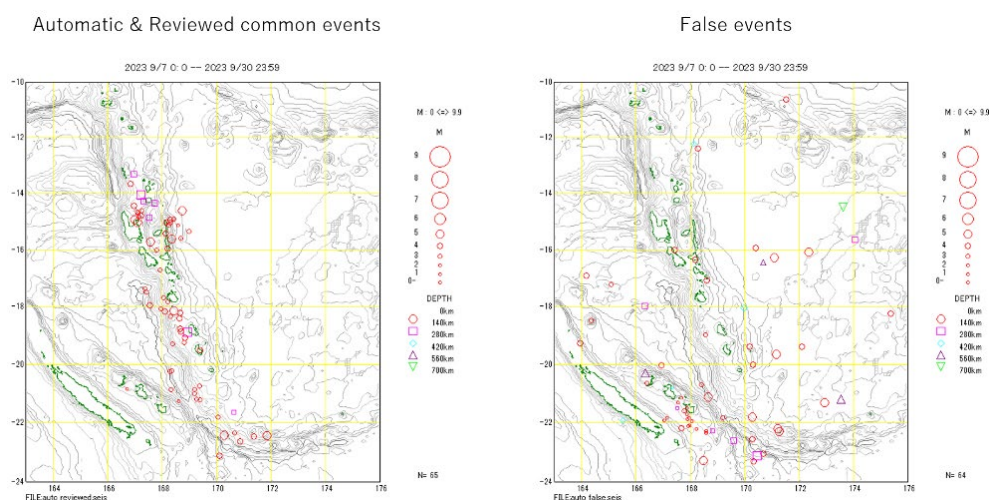


図 3.4.10. 2023 年 9 月 7～30 日の自動震源の震央分布
（左：最終震源として保存されたもの、右：最終震源になし=false event）

出典：JICA プロジェクトチーム

VMGD 及びすべての ORSNET メンバー機関では、過去一か月（パラメータで変更可能）の「地震活動」を大型画面に表示している（図 3.4.11.）。手動確認で最終震源となる前の期間の活動については、自動震源も表示する必要があるため全震源が表示されているが、手動確認で **false event** と判断された event も共有震源リストから削除されず残ることになっており、結果として多数の **false event** が表示されることとなり、地震活動の監視として適当でない。そのため、1)ORSNET メンバー国毎に責任領域を設定し、2)責任領域内で **false event** と判断された event は直ちに震源リストから削除するよう、ORSNET 会合で議論するよう助言した。

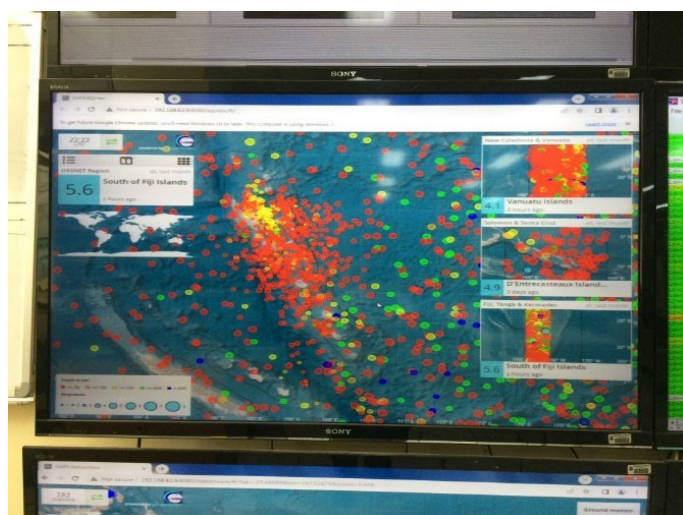


図 3.4.11. SeiscomP で決定された過去一か月のすべての震央分布図

出典：JICA プロジェクトチーム

b) 地震活動解析作業に関する提言

現在、SeiscomP で計算された最終震源は、GMT で震央分布図に加工され月報としてコメントとともに公表されている（図 3.4.12.）。

しかしながら、地震活動を記述するためには、他に時間的経過を表現するための MT 図（M を縦棒の長さで表し、発生時刻を横軸で表現した図）・日別地震回数図や、3 次元的空間分布を表現するための断面図、また、震源位置の時間的移動の様子を表現するための時空間分布図等もあわせて記載するのが有効である。そのため、これら震央分布図以外の図も今後 VMGD が公表する地震解説資料に加えるよう助言した。

それを可能とするツールとして、Windows PC で作動するプログラム SeisPC を VMGD の PC にインストールし、実演・講義を行っている。SeisPC の長所として、描画した領域から特定の小領域のみをマウス操作で切り出し、その切り出した地震活動のみに対する各種図の描画が可能ながことが挙げられ、従来よりきめ細かな地震解説資料の作成が期待される。

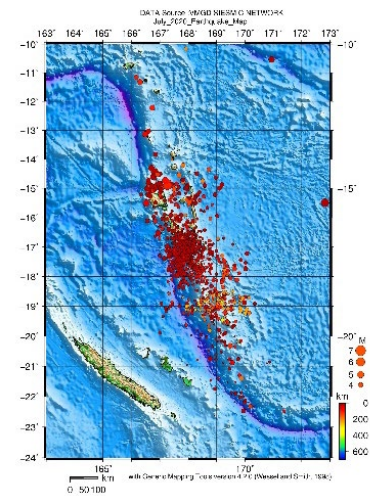
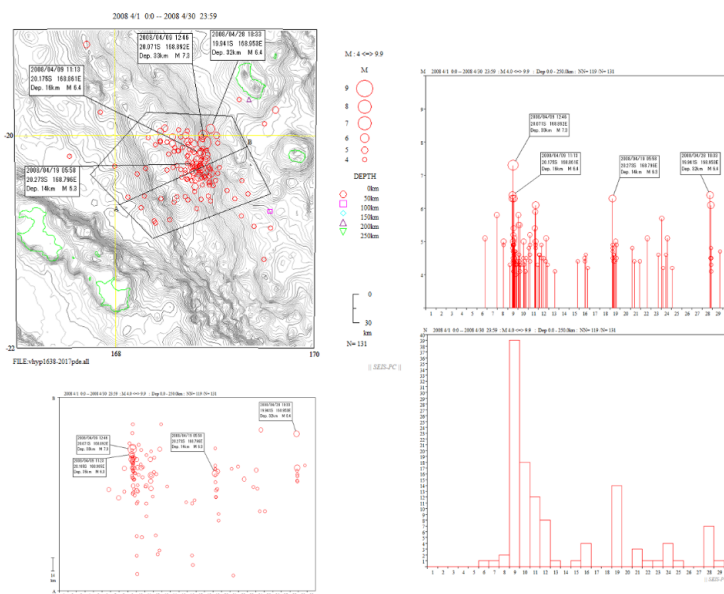


図 3.4.12. SeiscomP 最終震源リストを用いて GMT で描画された震央分布図（VMGD 月報）の例

出典：JICA プロジェクトチーム

c) Seismic Activity Catalog of Vanuatu

前項の SeisPC を用いた資料作成の実例として、2000 年以降（同じ領域で関連する過去の活動がある場合は 1990 年まで遡る）のバヌアツ Local 域での顕著な地震活動を、津波カタログと同じ領域毎に分析し、解説文とともにとりまとめた Seismic Activity of Vanuatu を作成し、VMGD に提供している（図 3.4.13.が一例）。今後の地震解説資料作成の際の参考とされることを期待している。



9

On 9 April 2008, M7.3 earthquake occurred off the west coast of Tanna. This earthquake was accompanied by M6.4 foreshock about 90 minutes before. On the same day, two M6 class aftershocks occurred. Several M6 class aftershocks occurred sporadically, forming several activity peaks in time, and lasted until the end of April. The area of seismic activity stayed until the end of the activity.

図 3.4.13. Seismic Activity Catalog of Vanuatu からの抜粋図

出典：JICA プロジェクトチーム

3.4.4. プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓

新型コロナ期間中バヌアツへの渡航は実施不能となり、国内振替業務として関連する講義をリモートで実施した。しかしながら、意思疎通の度合いは直接対面による講義とは比較にならないほど低い。また、業務改善の指導を行うためには、まずお互いの信頼関係の構築が重要であり、渡航して対面で協議を行うことの必要性を痛感した。

3.4.5. 成果の目標達成状況

成果 2b に係る評価指標と達成状況は以下のとおり。

表 3.4.2. 成果目標に対する達成状況

指標	ベースライン調査時	達成状況
(指標 2-1) 地震と潮位解析に関する VMGD 業務フローの現状が明らかになる。	津波に係る地震と潮位解析の業務フローを調査し、地震は ORSNET データを用いて震源解析を行っていること、潮位解析は豪気象局に協力を依頼していることが分かった。	左記のとおり。 地震解析は成果 2a の活動で、潮位解析は成果 2c の活動でそれぞれ技術移転を行った。
(指標 2-2) 過去の地震と津波の観測記録が収集、整理される。	系統的な資料蓄積がなかった。	バヌアツにおける過去の地震・津波の観測データを収集し、津波カタログ及び地震活動カタログが編集され、VMGD に提供された(3.4.3.参照)。
(指標 2-5) バヌアツ国内外の潮位データの解析と津波予測に関する試験にスタッフが合格する。	潮位データ解析は豪 BOM に計算を委託していた。 津波 SOP が複雑で、予報課職員が津波警報を速やかに出すことが難しかった。	潮位データの解析については山本忠治により VMGD 職員に対する天文潮位予測技術移転が行われ、新たに整備された潮位データ監視システムにより潮位データから津波到達時刻や振幅を読み取るための環境が整った 津波予測については、新津波 SOP を策定し、数回実施した津波警報発出部内訓練により、予報課・地震火山課全員が、津波警報を発表できるようになった。
(指標 2-6) 津波等の情報（含む警報）の発令基準が策定される。	現津波 SOP が複雑で、新 SOP を策定することとした。	バヌアツ Local 域については津波カタログに基づき、その外側の領域については PTWC の定量的津波予測資料に基づき、おのおの正確な予測が可能となり、発表基準が改善された。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.4.6. 今後の活動計画・上位目標達成のための提言

課題 2b においては、新たな津波 SOP の Implementation が最大の鍵となり、VMGD 内での早急な意思決定が望まれる。それに加えて、VMGD が発表する防災情報が社会で役立てられるためには NDMO との緊密な連携が重要である。また、新 SOP では地震津波に関する情報体系が一部新しくなるため、実装前の一般住民向けの十分な周知広報活動や、伝える立場にあるマスコミ（特にバヌアツにおける主要メディアであるラジオ）・通信事業者の十分な理解を得ておく必要がある。

注意報・警報を発表した後は、潮位データをモニターし、予想されるグレードを上回るような場合の注意報・警報の upgrade や、解除にあたっては単に時間経過で判断するのではなく、モニター結果に基づくべきである。現状として、リアルタイムでモニター可能な潮位観測点が、バヌアツ国内には 4 点しか存在しておらず、潮位観測点の存在しない地域でのモニターを可能とするため、地方の警察・地方自治体等の公務員や、Local Community の代表等に予め協力を要請し、津波注意報・警報発表後は、事前に選定した海が見下ろせる安全な高台から、海岸付近の目印を頼りに海面の変動状況を定期的に VMGD に電話等で報告いただくよう助言している。これは、2011 年東日本大震災後に東北地方太平洋岸の潮位観測施設のほぼすべてのデータが欠測となった際、状況監視のため地方気象台や管区海上保安本部に同様の報告を求めた事例を参考にしたものである。

3.5. 成果 2c（潮位解析）

3.5.1. 活動の概要

【成果 2c に関わる活動】

- 1-2 リアルタイム潮位観測網を強化する。
- 2-1 VMGD スタッフに対し、地震・潮位データの解析状況及び利活用方法についてのベースライン調査を実施する。
- 2-4 VMGD スタッフに対し、天文潮位推算及び津波高潮成分抽出に係る技術移転を行う。

【ワーキンググループの構成】

本成果の目的を達成し、活動を実施するため、VMGD にワーキンググループ（WG）の編成を依頼し、2019 年 5 月にメンバーが選定された。ワーキンググループのメンバーは 3.1.項の表 3.1.1.のとおり。

3.5.2. ベースライン調査の実施と抽出された課題

2019 年 4 月から 5 月に、VMGD 本部においてベースライン調査を実施し、以下の課題が抽出された。

表 3.5.1. 課題と分析

評価できる点	・ 観測機器の維持管理を担当する ICT 課職員の技術能力は高い。 ・ 定期保守等の計画を立てている。
課題	・ ICT 課の各職員は自分の担当業務のみを行う分業傾向が強い。一つの業務を複数職員が担当していないため、担当職員が不在の際にはその業務対応が出来ない。 ・ 地方サイトの障害対応が迅速に出来ない。また、定期保守の頻度が低い。 ・ 国外の有益データの入手が出来ていない。 ・ VMGD では、これまで潮位データの解析を実施したことがない。したがって、潮位データ解析を知るスタッフがいない。
原因分析と課題への対処	・ 業務範囲と比較して職員数が少ないことが原因。職員数を増やせない状況では各業務の効率化を進め、各業務に複数職員が対応できるようにする。 ・ 渡航費用が高額であることが原因。基本的に予算増額しかないが、Civil work、各種機器の設置や修理を業者委託ではなく職員で行い経費節減する可能性をプロジェクトの機材設置の機会を利用して模索する。 ・ 国外の入手可能なデータ調査不足が原因。入手可能なデータ一覧からリクエスト・リストを作成、関係センターとの調整を支援する。 ・ 「潮位データから何が得られるのか」という基礎的な知識が必要である。 ・ その上で、どのようにデータを扱う（品質管理：QC）のか、実際に潮位データ解析（調和解析や推算潮位）を行う技術の習得が必要となる。 ・ さらに、推算潮位データを監視システムに表示できる形式のデータファイルを作成・投入する技術の習得が不可欠となる。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.5.3. 活動内容・活動実績

「成果 2：VMGD スタッフの地震・潮位データ解析及び利用技術の向上」のため、活動 2-4

の潮位推算及び津波隆成分抽出に関する能力の向上について、潮位解析に係る講義と演習を実施し、プロジェクト前までは豪気象局に依頼していた天文潮位の計算を VMGD 独自で実施できるようになった。また、VMGD が効率的に高潮・津波成分のみをモニターできるよう、表示ソフトを改修した。

ベースライン調査で明らかになった課題は、これまで潮位観測や解析を行ったことがない点にあり、潮位観測に関する知識や技術を段階的に技術移転していく必要がある。

そこで、プロジェクト期間をかけて、以下の手順で知識の普及と技術の移転を実施した。

1. 潮位観測に関する基礎知識の普及
2. 潮位データの解析手法の技術移転
3. 推算潮位の計算手法の技術移転
4. 潮位監視システムへのデータの入出力の技術移転
5. 潮位解析の成果物の整理

(1) 活動内容

a) 潮位観測に関する基礎知識の普及

VMGD のスタッフには、まず潮位観測・潮位データに関する基礎知識を普及する必要があると考え、2019 年 5 月に実施したベースライン調査の折に、「潮位データ解析の基礎」と題するセミナーを開催した。セミナーでは以下の項目を取り上げ、まず、基礎知識の普及に重点を置いた。

- ・ 海の波の分類
- ・ 潮位観測の目的
- ・ VMGD での潮位観測の現状
- ・ リアルタイム潮位監視の意義
- ・ 事例解析（過去の高潮災害の事例）

また、セミナー参加者の選定は、VMGD に依頼し、今後潮位データを扱うと想定される部門から希望者を募った。その結果、予報課および地震火山課を中心に 12 名の参加者を得た。また、12 名中 10 名からアンケートを回収した結果は、以下の通りである。内容が難しいという意見も 2 件あった。

表 3.5.2. アンケート結果

	Excellent	Good	Fair	Bad	Worst
Impression	1	6	3	0	0
Difficulty	0	1	7	2	0
Understanding	1	8	1	0	0
Lecture time	1	4	5	0	0
Explanation	1	8	1	0	0

出典：JICA プロジェクトチーム

またこの折に、潮位監視システムに、推算潮位データ（将来の潮位予測データ）をインスト

ールし、潮位観測データと推算潮位データおよびその差分を画面に表示することで、津波や高潮などの異常潮位現象を発見しやすくなるように、潮位監視業務の支援とした。

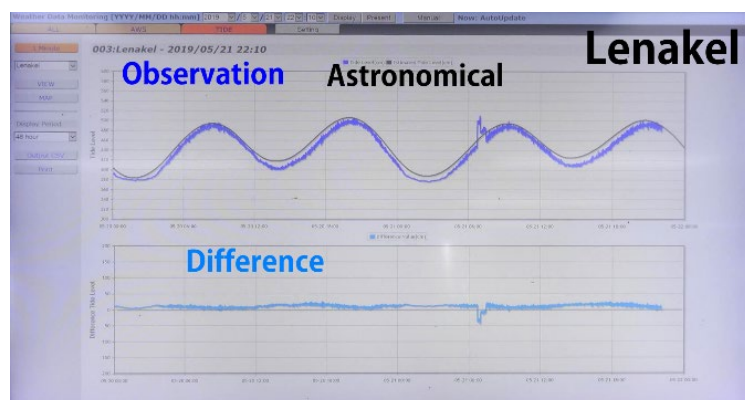


図 3.5.1. 潮位監視システムの画面（当時）

出典：JICA プロジェクトチーム

b) 潮位データの解析手法・推算潮位の計算手法の概要の解説

〔コース別技術研修（2019 年 10 月）〕

第 2 回目の渡航となった 2019 年 10 月には、主として潮位データを監視する職員とデータ解析をする職員を想定し、「基礎知識コース」と「潮位解析コース」の 2 種類の技術研修を、各 3 回にわたって実施した。

各コースの項目は以下のように設定し、潮位監視に必要な知識と、潮位データ解析に必要な技術の移転を行った。

【基礎知識コース】

- ・ 1 回目： 海の波の基礎知識
- ・ 2 回目： 潮位の基礎知識
- ・ 3 回目： 津波波形の特徴、高潮波形の特徴と予測

【潮位解析コース】

- ・ 1 回目： 潮位データ処理
- ・ 2 回目： 潮位の調和解析
- ・ 3 回目： 推算潮位の算定

表 3.5.3. コース別の技術研修内容

	Basic knowledge course	Tide data analysis course
1 st session	Basic of Wave	Tide data processing
2 nd session	Basic of Tide	Harmonic analysis
3 rd session	Tsunami behavior and Storm surge prediction	Tide prediction

出典：JICA プロジェクトチーム

セミナー参加者の選定は、5 月の 1 回目のセミナー参加者を参考に、VMGD に依頼し、今後潮位データを監視する部門と潮位データの解析を行う部門を想定して決定した。

その結果、地震火山課を中心に、予報課、ICT 課、観測課、気候課から 15 名のノミネートがあった。しかし、15 名全員が 1 回でも参加しているが、各回の参加者は 4～6 名であり、業務の

傍らで技術研修を実施する難しさを感じた。15 名中 7 名からアンケートを回収した結果は、以下の通りである。内容が難しい、また理解が難しいという意見もそれぞれ 1 件あった。

表 3.5.4. アンケート結果

	Excellent	Good	Fair	Bad	Worst
Impression	0	6	1	0	0
Difficulty	0	0	6	1	0
Understanding	1	5	0	1	0
Lecture time	0	2	5	0	0
Explanation	0	5	2	0	0

出典：JICA プロジェクトチーム

〔監視システム更新時の技術研修（2021 年 1 月）〕

VMGD に設置されている潮位データ監視システムは、2021 年 1 月に更新された。主な更新内容は、これまでレナケルとリツリツの 2 地点の潮位データを表示するだけであったが、バヌアツ国内の観測地点 2 カ所（ポートビラとルーガンビル）と近隣国の潮位観測地点 9 カ所を合わせて計 13 地点の潮位データが表示できるようになった。同時に、解析画面も更新され、津波発生時には、津波の定量的な観測が可能となった。

なお、2021 年 6 月には潮位データ収集地点が 3 カ所追加され、現在は 16 地点のデータを収集している。但し、地点番号 8 番の Lata 地点は、データ収集の当初から欠測が続いており、実質 15 地点の潮位データを収集している。Lata 地点の観測の復旧が待たれる。

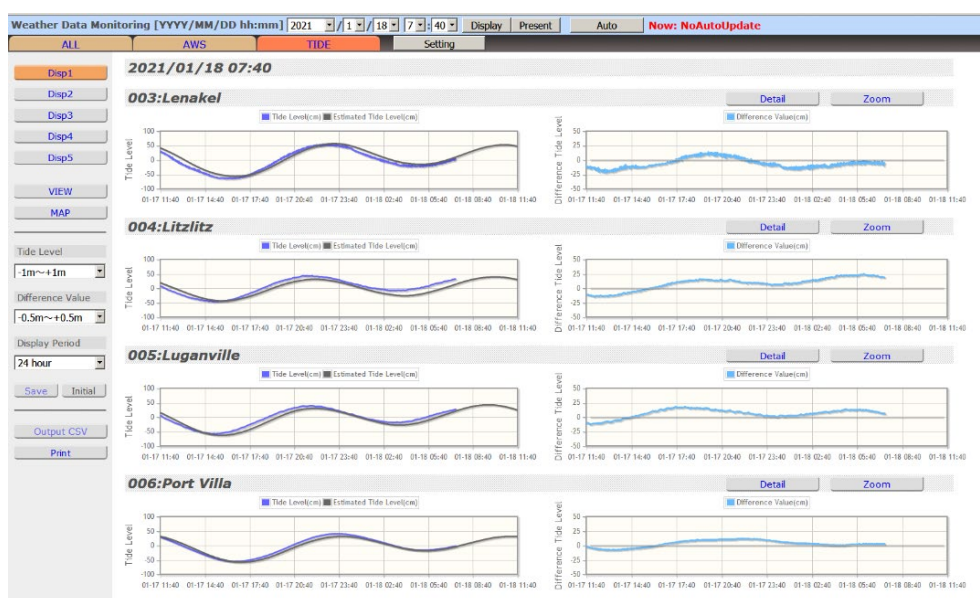


図 3.5.2. 潮位監視システムの新画面

出典：JICA プロジェクトチーム

新システムの技術研修会が 2021 年 1 月にオンラインで開催され、その技術研修会の一環として、潮位観測と監視に関する技術研修を実施した（1/19 および 1/26）。

前回の技術研修から既に 1 年 3 カ月が経過していること、リモートでの研修になること、参加

者の大半が ICT 課であることから、第 1 回目の研修資料（2019 年 5 月）を参考に、潮位観測に関する全般的な知識を中心に更新システムの技術研修を実施した。

c) 潮位データの解析手法・推算潮位の計算手法の技術移転

第 3 回目の渡航となった 2023 年 6 月は最終の技術移転となるため、潮位データの解析（調和解析）と推算潮位（潮位予測）の技術移転を中心に、VMGD スタッフが現実的に継続できる持続可能な技術の移転を図った。

【技術移転の内容】

技術移転内容の項目は以下の通りである。

- ・ 潮位観測レポートの作成（Tide observation report）
- ・ 推算潮位カレンダーの作成（Prediction Tide Calendar）
- ・ 監視システム用推算潮位 1 分値ファイル（1 minute prediction tide data files）

【潮位観測レポート】

潮位観測データは、津波や高潮の監視に有用であるとともに、その統計データ（年平均や最大値）は、国土の標高を決める指標や港湾構造物の設計の基礎資料となる。

一方、観測データには必ずといっていいほど潮汐以外の振動成分が含まれ、時には観測上の異常値が含まれる。さらに、長期の欠測が生じることもある。

潮汐以外の振動成分を平滑し異常値を取り除いたデータから、毎時間の潮位の値を計算したものが、潮位観測の基礎データとなり、毎時の潮位データを表やグラフにしたものが「潮位観測レポート」となる。

この「潮位観測レポート」を、バヌアツ国内の 4 地点（レナケル、リツリツ、ルーガンビル、ポートビラ）について作成した。

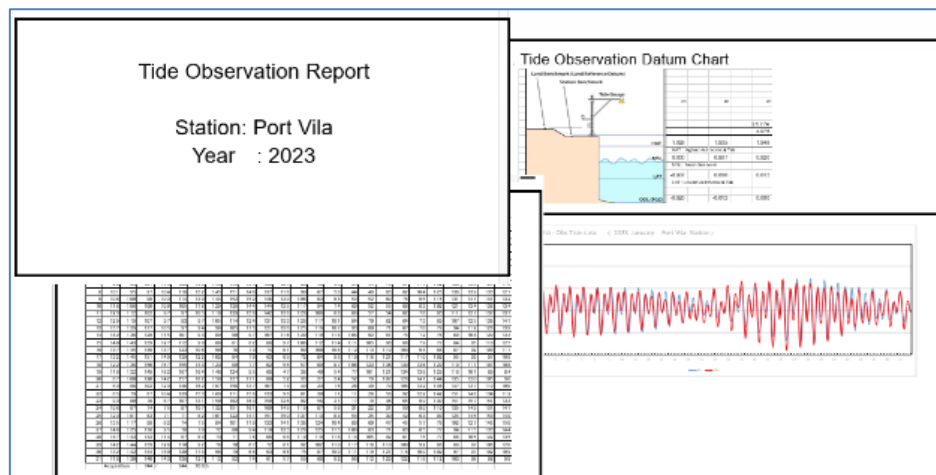


図 3.5.3. 潮位観測レポート

出典：JICA プロジェクトチーム

【推算潮位カレンダー】

「推算潮位カレンダー」は、翌年の毎日の潮汐（満潮と干潮の値と出現時刻）を数値とグラフで表し、カレンダーのように綴じたものである。

バヌアツでは、既にルーガンビルとポートビラについてはオーストラリアの BoM が作成し、VMGD に供与していた。今回、VMGD の要望もあり、レナケルとリツリツについて、本プロジェクトで作成することとした。

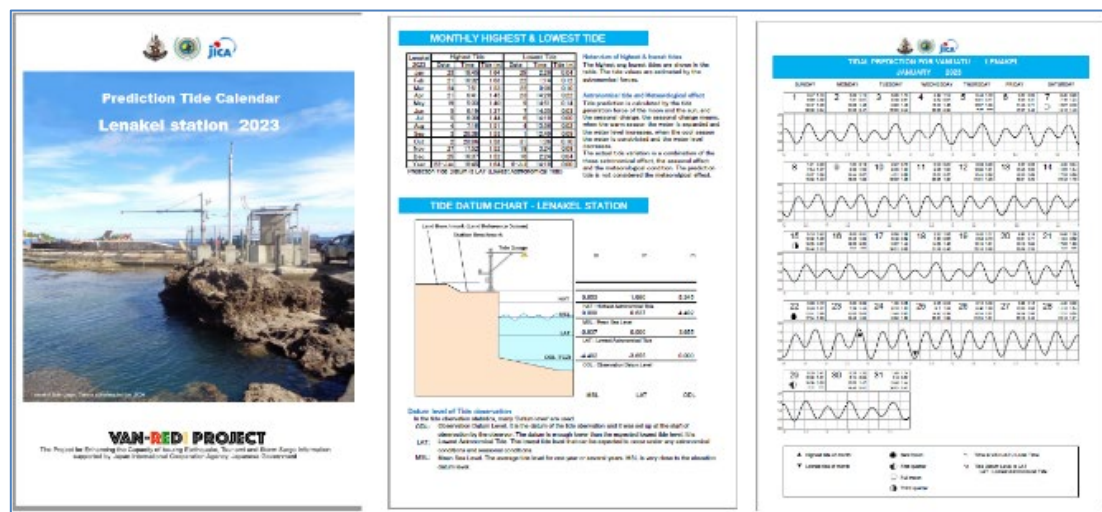


図 3.5.4. 推算潮位カレンダー

出典：JICA プロジェクトチーム

【監視システム用推算潮位 1 分値ファイル】

潮位監視システムの画面には、観測潮位データと推算潮位データ、そしてその差分（津波成分に相当）が表示されている。

潮位データの監視を継続的に行うには、推算潮位データを予め計算し、監視システムにインストールしておく必要がある。

潮位監視システム内の推算潮位データは、1 分毎のデータが 1 日 1 ファイルという独自の形式になっている。一方、通常の推算潮位計算では毎時の潮位データを 1 年分のファイルとして計算するため、潮位監視システム用のファイルを別途計算する必要がある。

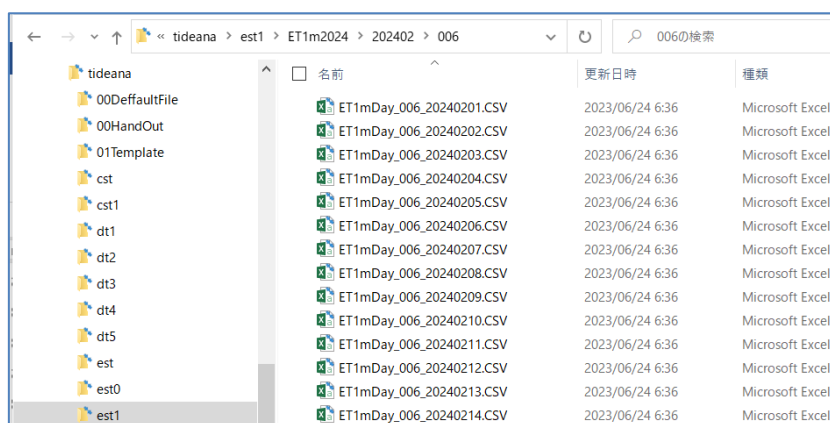


図 3.5.5. 監視システム用推算潮位 1 分値ファイル

出典：JICA プロジェクトチーム

【技術移転の方法】

これらの成果物を作成する技術は、いずれも計算プログラム用言語で記述された、「潮位デー

タの解析プログラム」や「推算潮位プログラム」を間違いなく実行する技術と、計算結果の検証などを行う技術の移転となる。

プログラム言語になれていない VMGD スタッフでも操作可能なものとするために、対話形式の操作ができるようにするとともに、操作者の入力操作をできる限り少なくした。実行時にエラーが発生した際にはエラーの内容が操作者に理解できるように、入出力ファイル名を表示するようにした。

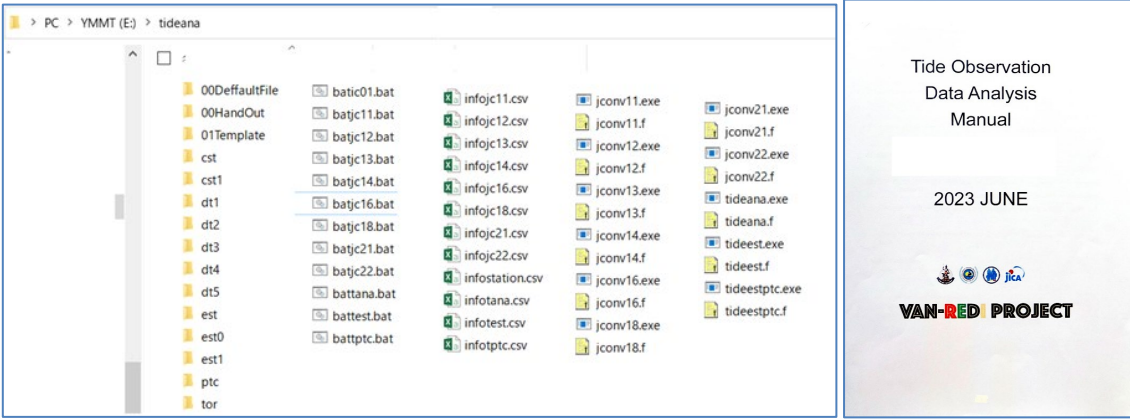


図 3.5.6. 潮位解析用プログラム群と操作マニュアル

出典：JICA プロジェクトチーム

また、データ解析の手順（ファイル編集、異常値処理、毎時値の計算、調和解析など）ごとにプログラムの操作をパッケージ化した。さらに、各操作手順を詳しく解説した操作マニュアルも作成した。

〔技術移転対象者の選定と研修プログラム〕

これらの成果物を作成する技術は、いずれも計算プログラム用言語で記述された潮位データの解析プログラムや推算潮位プログラムを操作する技術と、計算結果の検証などを行う技術移転となる。

今回が最終の技術移転となるため、VMGD に対して、事前に研修者の選定を依頼し、下記の VMGD スタッフが選定された。

表 3.5.5. 研修者の氏名と所属

No.	名前	所属
1	Jino Moli	ICT 課
2	Helory Samuel	ICT 課
3	Ellen Luke	予報課
4	Anthony Wong	予報課

出典：JICA プロジェクトチーム

VMGD によって選抜されたスタッフに対して、3 週間にわたって集中的な技術移転研修を実施した。技術移転研修の項目と実施日程を以下に示す。

研修は、各ステップで何を獲得するかを示した上で、プログラムの実行処理と計算結果を検証するという、実際のデータ処理。データ解析を繰り返し、実行エラーの発生なども体験させた。

研修者が日常業務の都合で出席できない場合（ITC 課は出張、予報課は夜勤当番など）は、個別に補修を実施した。

表 3.5.6. 技術移転研修の項目と実施日程

	Title	Contents	Held on (June)	
1 st week	Basic of Tide analysis (Lecture)	Basic of Tide	6	9
		Tide data analysis	7	
		Tide data prediction	8	
2 nd week	Tide data analysis (OJT practice)	Tide data processing	12 13	16
		Harmonic analysis	14 15	
3 rd week	Tide data prediction (OJT practice)	Tide prediction	20	22 23
		Outcomes	21	

出典：JICA プロジェクトチーム

d) 監視システムからのデータの入出力の技術移転

潮位解析を行うためには、潮位監視サーバから観測データファイルをダウンロードする必要がある。また、来年の推算潮位 1 分値データを潮位監視システムに投入するには、当該データファイルをアップロードする必要がある。

しかし、潮位監視システムのサーバは防災目的であり、高いセキュリティで守られているため、基本的に ICT 課に設置された解析用端末のみアクセスできるようになっている。したがって、観測データファイルのダウンロードや推算潮位 1 分値データファイルのアップロードは、ICT スタッフの役目になる。

そのため、ICT 課のサーバ管理者と協議し、ICT 課のスタッフが限定的に操作するという条件で、データ入出力の手順書を作成し、ICT 課で補完することとした。

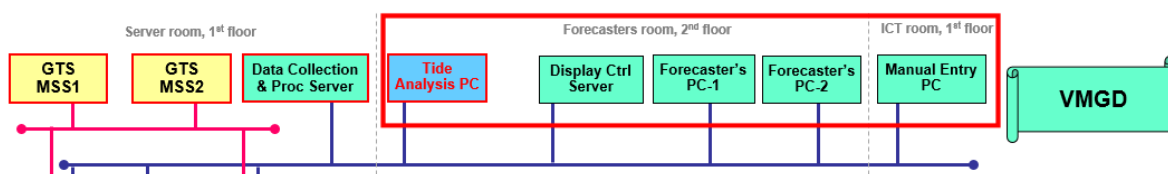


図 3.5.7. 潮位監視システムのネットワーク

出典：JICA プロジェクトチーム

e) 潮位解析の成果物の整理

〔潮位観測としての成果物〕

潮位観測としての成果物として冊子やシステム用のデータファイル以下の通りである。

- ・ 潮位観測レポートの作成 (Tide observation report)
- ・ 推算潮位カレンダーの作成 (Prediction Tide Calendar)
- ・ 監視システム用推算潮位 1 分値ファイル (1 minute prediction tide data files)

〔潮位観測システム内に蓄積される成果物〕

一方で、冊子等にはならないが、潮位監視システムを運用する上で不可欠な成果物も生み出されている。データ収集 15 地点について、以下の解析がなされている。

- ・ 毎年の毎時潮位観測データ
- ・ 毎年の調和定数（調和解析の結果）
- ・ 翌年の推算潮位データ（潮位推算の結果）

(2) 打ち合わせ・講義・演習等

それぞれの現地での技術研修の際、VMGD に対して、活動開始時に「活動計画」を説明・共有し、現地活動終了時に「活動報告」を行った。また、解決すべき課題が生じた際には、必要に応じて、打ち合わせを実施し、解決策を検討した。主な打ち合わせは表 3.5.7 のとおり。

表 3.5.7. 主な打合せ等の記録

年月日	相手	内容
2019/5/8, 5/23	VMGD WG1 主要メンバー	ベースライン調査の実施計画の説明 調査結果の概要報告
2019/5/8, 5/9	ICT 課 予報課	メンテナンスの実施状況とメンテナンス報告書 潮位データ監視業務の内容
2019/5/17	予報課	推算潮位データのアップロードの報告 監視画面の状態や監視項目を説明
2019/10/1, 10/25	VMGD WG1 主要メンバー	潮位解析技術の研修計画の説明 研修結果の概要報告
2019/10/2	ICT 課 予報課	メンテナンスの実施状況 潮位データの保存やデータ処理の内容
2023/6/1, 6/27	ICT 課長 予報課長	潮位解析技術の技術移転計画の説明 技術移転結果の概要報告
2023/6/5	受講者	技術移転研修計画の説明 受講者の技術士か否かや業務経歴

出典：JICA プロジェクトチーム

また、潮位観測や潮位データ解析になじみのない VMGD スタッフを対象に、潮位観測や潮位データ解析から得られる知識を普及させる目的で開催した研修・講義・実習は、表 3.5.8. の通りである。

表 3.5.8. セミナー・講義・実習

	日付	タイトル	講師	参加者
1	2019/5/21	研修：潮位データ解析の基礎	山本（忠）	12
2	2019/10/8	講義：波の基礎知識－1	山本（忠）	6
3	2019/10/10	講義と実習：潮位データ解析－1	山本（忠）	3
4	2019/10/15	講義：波の基礎知識－2	山本（忠）	4
5	2019/10/17	講義と実習：潮位データ解析－2	山本（忠）	6
6	2019/10/22	講義：波の基礎知識－3	山本（忠）	4
7	2019/10/24	講義と実習：潮位データ解析－3	山本（忠）	4
8	2021/1/19	オンラインセミナー：潮位データ解析	山本（忠）	未計測
9	2021/1/26	オンラインセミナー：潮位観測	山本（忠）	未計測

出典：JICA プロジェクトチーム

一方、潮位解析の技術移転を目的とした講義・実習は、に以下のように実施した。選定された研修員はそれぞれ現業を抱えており、ICT 課のスタッフは機材の保守点検の出張があり、予報課のスタッフは夜勤や早朝勤務のシフトがある。研修員に確実に技術移転できるように、講義に出席できなかった研修員のために、必要に応じて補習講義を行った。

表 3.5.9. 技術移転を目的とした講義・実習

	日付	タイトル	講師	参加者
1	2023/6/6	講義：潮位解析の基礎（潮汐の基礎）	山本（忠）	3
2	2023/6/7	講義：潮位解析の基礎（データ処理）	山本（忠）	3
3	2023/6/8	講義：潮位解析の基礎（推算潮位）	山本（忠）	3
4	2023/6/9	「潮位解析の基礎」の補修講義	山本（忠）	3
5	2023/6/12, 6/13	実習：潮位データ解析（データ処理）	山本（忠）	4
6	2023/6/14, 6/15	実習：潮位データ解析（調和解析）	山本（忠）	4
7	2023/6/20	実習：潮位予測（推算潮位）	山本（忠）	3
8	2023/6/21	実習：潮位予測（成果物の作成）	山本（忠）	2
9	2023/6/22, 6/23	「潮位予測」の補修講義	山本（忠）	4

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 成果品

a) 潮位データ解析のためのプログラム群

潮位データを解析するための一連のプログラムを開発し、その操作マニュアルを整備した。

- ・ 潮位解析のためのプログラム群
- ・ 潮位観測データ解析マニュアル

b) 潮位観測としての成果物

- ・ 潮位観測レポートの作成（Tide observation report）
- ・ 推算潮位カレンダーの作成（Prediction Tide Calendar）
- ・ 監視システム用推算潮位 1 分値ファイル（1 minute prediction tide data files）

c) 潮位観測システム内に蓄積される成果物

- ・ 毎年の毎時潮位観測データ
- ・ 毎年の調和定数（調和解析の結果）
- ・ 翌年の推算潮位データ（潮位推算の結果）

(4) 収集資料等

表 3.5.10. 主な収集資料

資料名	内容	提供者
潮位観測データ	VMGD の潮位監視システムで収集しているバヌアツ国内及び周辺国を含む 15 地点の潮位観測データ	VMGD
The Weather and Tide Information Displaying System for VMGD in Vanuatu User's Manual	ORIE が潮位監視システムを運用管理する技術者向けの OJT 研修で使用した資料（英語）	VMGD

出典：JICA プロジェクトチーム

3.5.4. プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓

(1) 潮位観測データを扱ったことのない機関への技術移転

これまで VMGD では潮位データの解析や演算処理を行った経験がなく、解析を担当する技術者や解析処理のための知識やツールもなかった。そこに、解析処理の技法を突然に持ち込んでも、VMGD の理解が得られるものではないと考え、以下の手順で技術移転を進めた。

【基礎知識の普及】（2019 年 5 月、10 月）

- ・ 潮汐現象の理解と潮位という物理量の理解
- ・ 潮位観測の原理の理解と潮位データの特徴
- ・ 潮位データの解析から得られる情報とその利活用
- ・ VMGD での潮位観測の現状とその利活用

【潮位データ解析の基礎】（2019 年 10 月）

- ・ 潮位データの基礎的な演算処理
- ・ 調和解析の手法と得られる情報
- ・ 推算潮位の手法と得られる情報

【潮位データ解析技術者の育成】（2023 年 6 月）

- ・ 潮汐現象の理解と潮位という物理量の理解
- ・ VMGD で取得する潮位データを用いたデータ処理、調和解析の実習
- ・ 推算潮位の計算と潮位監視サーバへアップロードするデータファイルの作成

(2) 技術移転の対象者の人選

2019 年に実施した 2 回の研修は、潮位（潮汐現象）の知識の理解と普及を目的としたので、受講希望者を募り、比較的多数のスタッフが参加した。

一方、2023 年の研修は、解析技術者の育成が目的としたので、VMGD のプロジェクトリーダー（ICT 課長、予報課長）に事前に連絡し、技術移転内容にふさわしいスタッフの人選を依頼した。その結果、ICT 課から 2 名、予報課から 2 名、計 4 名の対象者となった。

(3) 独自の計算処理パッケージの開発

潮位データの解析を行うにあたって、観測データの計算処理を行う必要がある。データ処理に際し、観測データの形式や書式の標準形というものがなく、システムに応じたプログラムを開発する必要がある。

例えば、VMGD の潮位監視システムの潮位観測データは 1 分値データで、1 日分が 1 ファイルの CSV 形式のデータとなっている。このデータファイルを使って解析を行うためには、解析の前処理を行う必要があった。さらに、潮位データの解析を初めて行う技術者にとって使いやすく間違いを起しにくい（簡単な操作、手入力が少ないなど）必要がある。

これらの点を考慮し、前処理、品質管理（QC）、潮位計算処理、作表・作図、調和解析、推算潮位、システム用ファイルの生成などの処理段階に分類したプログラムパッケージを開発した。

3.5.5. 成果の目標達成状況

成果 2c に係る評価指標と達成状況は以下のとおり。

表 3.5.11. 成果目標に対する達成状況

成果指標	ベースライン調査	達成状況
1-3 VMGD が、国内及び海外の 10 か所以上の潮位観測地点から、リアルタイムでデータ	バスアツ国内 4 か所の潮位計の観測値をモニターしていた。	JICA 無償資金協力で設置された国内 2 か所の潮位データを含め国内 4 か所、国外 12 か所の潮位観測データを収集、監視している。また、高潮・津波成分のみをモ

を収集する。		ニターできるようにソフトを改修した。
2-5 VMGD スタッフが、国内及び海外の 10 か所以上の潮位観測データや津波波形を解析できるようになる。	豪 BOM に天文潮位の計算を委託していた。	上記 16 ヶ所からの潮位データを調和解析し、推算潮位の計算を行えるようになった。 津波が観測された場合、監視システムの操作で、津波の波形、発生時刻、津波高などを監視画面に表示できる。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.5.6. 上位目標達成のための提言

プロジェクトの終了に際して、活動結果から今後に向けた提言と将来の計画を表 3.5.12.に示す。

表 3.5.12. 今後に対する提言と将来計画

	今後に対する提言	将来計画
1	潮位データ解析のための専門部署を設立する。	潮位データ監視システムに、日々、観測データが蓄積されている。その潮位データの管理、データ解析、成果物の作成を専門とする部署を設立し、一連の解析業務の技術者を養成する。
2	解析プログラムを充実させる。特に作表・作図プログラムが望まれる。	作表・作画について、現在は Microsoft の EXCEL を使用しているが、特に推算潮位カレンダーの作成には複雑な手作業を伴う。 業務の継続を考えた場合、作表・作画ソフトの導入が考えられる。(既存のソフトはないので、新規の開発となる)
3	潮位観測機器のリハビリテーション。	潮位観測装置（センサーから送信装置まで）は海岸に設置され、常に塩分を含む空気的环境下にある。必要とする防水性・防塵性は備えているが、陸域で使用する機器に比べ、劣化が早い。 定期的なメンテナンスと共に、機器のリハビリテーションも必要である。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.6. 成果 3（情報発信）

3.6.1. 活動の概要

【成果 3 に係る活動】

- 3-1 防災情報の伝達方法を調査し、課題点抽出のためのベースライン調査を実施する。
- 3-2 VMGD の地震、津波および高潮に関する効果的な防災情報の作成能力を強化する。
- 3-3 VMGD および NDMO のウェブなどを通じた防災情報の発信能力を強化する。
- 3-4 VMGD および NDMO が国民に対して行う防災啓発活動の能力を強化する。

【ワーキンググループの構成】

本成果の目的を達成し、活動を実施するため、VMGD にワーキンググループ（WG）の編成を依頼し、2019 年 5 月にメンバーが選定された。ワーキンググループのメンバーは 3.1.項の表 3.1.1.のとおり。

3.6.2. ベースライン調査の実施と抽出された課題

表 3.6.1.の項目について、ベースライン調査を実施し、調査結果を以下に示した。

表 3.6.1. ベースライン調査項目

	調査項目	調査方法	調査場所
地震・津波情報	モニターシステム、情報発表記録、SOP、伝達経路図	SEISCOMP 等の運用状況、SOP、発信記録の確認	ポートビラ
予報手法及び手順（主に高潮、サイクロン）	予報手順、利用データ、予報手法（ワークシート、ガイドライン等）	予報課ヒアリング、現地調査の実績	ポートビラ
地象・海象・気象情報の内容及び伝達	発表回数、対象、手段・内容、タイミングの確認 NDMO・利用者への送達簿	予報シートの記録・保存状況、予報の検証の有無、利用者へのヒアリング	VMGD、NDMO、VBTC（TV）、ラジオ局、WB パイロットコミュニティ
世銀事業の概要	ハザードマップの整備、伝達機材、啓発資材、訓練の実施状況	VMGD および世銀でのヒアリング	ポートビラ、ルーガンビル、VMGD、WB

出典：JICA プロジェクトチーム

(1) 予報作成システム [メテオファクトリー]

VMGD の予報システムは、世界銀行（WB）の資金で導入された Meteo France International 社（MFI）製の”メテオファクトリー”（MF, 2017 年導入）で、半自動で利用者に予報や気象情報が提供できる（システムデザインについては VMGD が原案を作成し、MFI と調整しながらシステム化を行った）。MF は 2018 年から使用されており、修正点などは VMGD が MFI に共有し、部分的な改修を実施している（現在 MF の更新が計画されており、2024 年 1 月に調査団が入る予定）。

使用している数値予報は、複数のモデルが利用可能だが、主に GFS（米気象局の全球モデル

提供システム The Global Forecast System の略称で、米気象局モデルの呼称でもある)の 7 日予報 (6 時間毎に更新) で、加えて、MFI がニューカレドニア向けにダウンスケリングしている Arome モデルによる 0.025 度解像度予報も利用している。

MF は 00UTC の GFS を用いて、エリア別や時系列の気象予報を自動作成しており、各種情報のベースとし、予報官がこれを修正する。

図 3.6.1.の情報リストの右から 2 番目のボタンを押すと、それぞれの情報が表示され、予報官がそれらを変更することができ、さらに、一番右のボタンを押すことで、利用者に情報が送信される (e-mail および添付ファイル)。また、予報修正画面において、アイコンで予報が修正できる機能がある (図 3.6.2.)。

ID	Name	Type	Forecast	Status	Actions
0001	1 Week Forecast Japan	1 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0002	2 Week Forecast Japan	2 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0003	3 Week Forecast Japan	3 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0004	4 Week Forecast Japan	4 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0005	5 Week Forecast Japan	5 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0006	6 Week Forecast Japan	6 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0007	7 Week Forecast Japan	7 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0008	8 Week Forecast Japan	8 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0009	9 Week Forecast Japan	9 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0010	10 Week Forecast Japan	10 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0011	11 Week Forecast Japan	11 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0012	12 Week Forecast Japan	12 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0013	13 Week Forecast Japan	13 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0014	14 Week Forecast Japan	14 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0015	15 Week Forecast Japan	15 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0016	16 Week Forecast Japan	16 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0017	17 Week Forecast Japan	17 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0018	18 Week Forecast Japan	18 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0019	19 Week Forecast Japan	19 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]
0020	20 Week Forecast Japan	20 Week Forecast	2015-04-01 00:00	OK	[Edit] [Send]

図 3.6.1. MF のメイン画面

出典 : VMGD

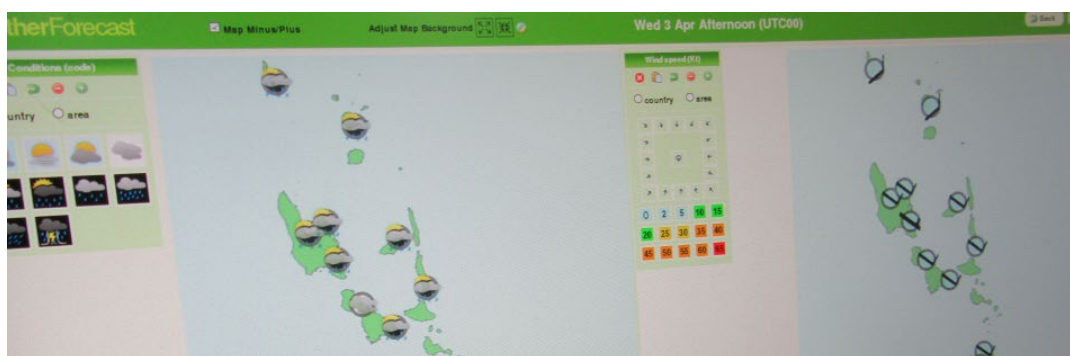


図 3.6.2. アイコンによる予報の修正

出典 : VMGD

新聞社 (Daily Post) 向け情報については、図 3.6.3.下のイメージ画像ファイルが送信され、それらが紙面 (図 3.6.3.上) に直接反映される仕組みになっている。なお、MF の利用ライセンスは現在 3 ライセンス (3 つの PC) で、すべての予報課端末で利用できる。

(3) サイクロン解析と予報作業

サイクロン情報は、豪気象局[BOM]が開発した TC-module (Java) を用いて作成されている。サイクロンが VMGD の監視エリア (160-175E, 10-25S) に入ると、Dvorak 法による解析を行う (フィジーなどで発行している T-number は使用せず VMGD 独自に解析を行っている)。

Dvorak 法の解析に係る技術研修は、サイクロンシーズン (11月から4月) 前に Fred 氏らにより予報課全体で研修・演習が実施されている。TC-module で用いるデータは、JTWC のサイト¹²から取得している。

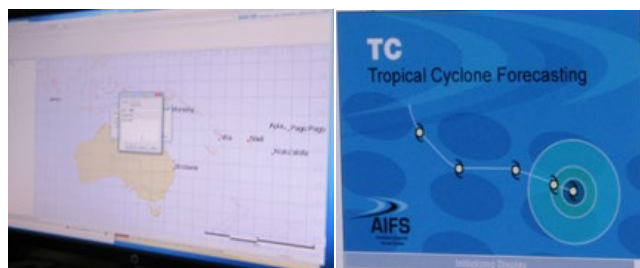


図 3.6.5. TC ツール

出典：VMGD

7 Day	
Issued by the Vanuatu Meteorology and Geo-Hazards Department, Port Vila at Thu 04th April, 2019 at 20:16 (UTC Time:09:16)	
Anelcauhat	Big Bay
Thursday 04 : Mostly Cloudy. Min: 22°C. Max: 30°C	Thursday 04 : Mostly Cloudy. Min: 23°C. Max: 31°C
Friday 05 : Mostly Cloudy. Min: 22°C. Max: 30°C	Friday 05 : Mostly Cloudy. Min: 23°C. Max: 31°C
Saturday 06 : Mostly Cloudy. Min: 20°C. Max: 30°C	Saturday 06 : Light Showers. Min: 25°C. Max: 33°C
Sunday 07 : Mostly Cloudy. Min: 20°C. Max: 30°C	Sunday 07 : Showers. Min: 25°C. Max: 33°C
Monday 08 : Mostly Sunny. Min: 20°C. Max: 30°C	Monday 08 : Mostly Cloudy. Min: 25°C. Max: 33°C
Tuesday 09 : Mostly Sunny. Min: 20°C. Max: 30°C	Tuesday 09 : Showers. Min: 25°C. Max: 33°C
Wednesday 10 : Mostly Cloudy. Min: 20°C. Max: 30°C	Wednesday 10 : Showers. Min: 25°C. Max: 33°C

図 3.6.6. 7 日予報

出典：VMGD

(4) その他の予報作業

予報作業は 2 シフト (午前 6 時から午後 6 時と午後 6 時から午前 6 時) で、1 名の Chief Forecaster と 1 名の Assistance Forecaster で構成される。

地上天気図の解析は数年前に取りやめ、SATAID 上で衛星画像・GPV により解析し、高気圧、低気圧、前線を描画することで代用している。作成時刻は、00, 06, 12, 18 UTC である。主な予報は 7 日予報で、アネイチウム、ビッグベイ、バンラップ、エムア、ラカトロ、ラマプ、レナケル、ルーガンビル、ポートビラ、ポートオルリー、クオトヌ、サラタマタ、ソラを対象として、午前 4 時に 12UTC データに基づき、午後 5 時に 00UTC データに基づき作成している。

ラジオ向け予報は、午前 5,10 時、午後 3,8 時と午前 1 時に作成しており、台風情報 (解析を含む) と地上気象解析以外は、MF で作成され利用者に送られる。また、音声による情報サービスがあり、予報官が定期的に情報を録音している。テレビは 1 社 (TVV) で 6:00-23:00 の間、放送を行っており (フランス、英語、ニュージーランドのドラマとニュースを主に放送している)、ラジオ局は 4 社、新聞社は 2 社であった。

- Radio Vanuatu (1125kHz), FM (98MHz), OZ (17.995MHz), BBC (15.160MHz, 99MHz),

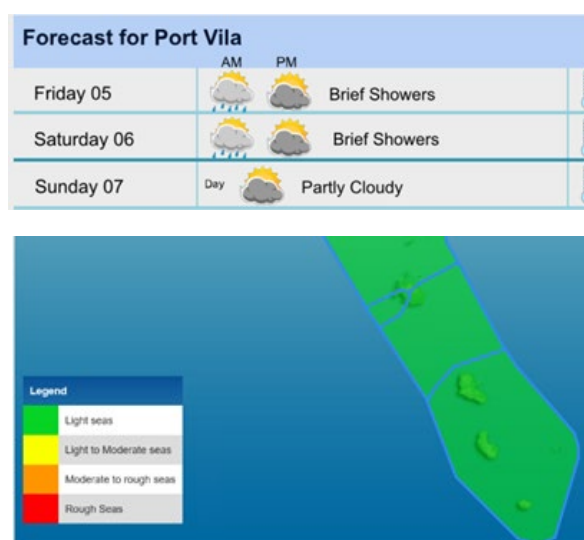


図 3.6.7. メディア向け予報 (上) と海上予報 (下)

出典：VMGD

¹² <https://pzal.ndbc.noaa.gov/collab/login.php>

- Newspaper: The Independent (every Saturday), Daily Post (Tuesday to Saturday)

メディア向けの予報は、図 3.6.7.(上)の 3 日予報で、ポートビラ、ルーガンビル、レナケルを対象としている。また、図 3.6.7.(下)に示す海上予報を発表している。なお、発表された予報・警報は、192.168.60.24:/tcftp/tcmmod/myfiles/html/Focast.Policy/

に保存されている。2019 年 4 月 3、4 日時点での情報発表時刻は以下のとおり。

表 3.6.2. VMGD が発表する予報（ベースライン調査時）

	発表時刻	情報作成時刻
Radio Vanuatu forecast	22:00, 1:00, 5:00	
地上天気図	23:00	
短期予報(XML)	1:30, 13:00	
7 日予報	4:00	
City forecast	5:30	
Web Verification	6:00,18:00	
メディア予報		4:27,11:08,18:13
航空予報 (TAF)	21:00,3:00,9:20,15:30	
海上予報(XML)	22:00,5:00,11:00,15:00	6:42,18:16
予報指示報	1:00	2:33,14:12
Facebook 更新	1:30,13:30	
気象概況(web)	2:00	
ARFOR	3:20,9:45,15:45	
ROFOR	4:00,14:00	
熱帯低気圧概況	6:00,17:00	6:42,19:43
新聞向け原稿		15:54

出典：VMGD

ベースライン調査結果に基づき課題を検討し、以下の方針で対応することとした。

表 3.6.3. ベースライン調査で明らかになった課題と活動方針

	ベースライン調査時の課題	対処方針
1)	様々なドナーから供与された機材を、効果的に利用して、地震・火山・津波・サイクロンに関する監視・解析を行っている。一方で、24 時間体制で対応できるのは予報課の職員のみで、現在の複雑な SOP では、地震発生から 10 分以内での津波情報の発表は難しい。	津波情報専門家と VMGD の協議により、SOP を簡易にすること、用いる用語を統一し、津波警報が 24x7 で発表できる体制を構築する。 GTS 端末で PTWC からの津波情報を受信した段階で、鳴動により職員に津波情報の着信を知らせる仕組みを構築する。
2)	SOP が複雑（津波警報の発表は気象課の業務であり、予報官が理解できない）。津波の可能性のある地震について覚知させるシステムが整っていない。	1)に加えて、予報課および地震火山課の合同訓練をととして、予報官でも警報を出せる体制を構築し、訓練を実施する。
3)	SMS を用いた一斉放送の仕組みや、WB の支援で整備された津波サイレンがあるが、津波について実際に使用されたことがない。	世銀による訓練がサイレン完成の 2016 年しか実施されていないことから、11 月 5 日の世界津波デーに、サイレンを用いた津波訓練を実施する。
4)	防災情報の発信が一方のみで、現地における被害状況や情報が到着したか否かの確認ができない。	Facebook が情報発信、情報共有に広く使われていることから、Facebook-message を用いた警報の双方向伝達の仕組みを試験的に作成し、津波訓練で試験する。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.6.3. 活動内容・活動実績

(1) 活動内容（成果 3-2）

「成果 3：VMGD の防災情報の伝達能力が強化される」の活動 3-2、地震・津波及び高潮に関する効果的な防災情報の作成能力の強化について、防災情報としての震源データマップ提供、気象衛星 RGB 画像による大雨監視・高潮監視、WRF モデル導入による高潮用法の作成能力強化を行い、これら 3 つの情報の作成能力が向上した。

a) GMT を用いた地震解析図作成スクリプトの作成・講義・演習

2019 年 8 月に、成果 2 の活動を補強するため元気象庁浜田氏が作成した GMT スクリプトをベースとして、VMGD の地震火山課が作成している「震源データ（震源位置、深さ、マグニチュード等）」（excel）を用いて、震源分布図/クロスセクション図を作成する GMT スクリプトを作成し、講義・演習を行った（2020 年 2 月から定期的に地震活動図が作成されている）。

また、プロジェクト活動概要を紹介するリーフレットの作成にあたり、Esline 局長（当時）の要望により、バヌアツで過去に発生した地震の CMT 解析結果を図化した「beachball マップ」（図 3.6.8.）を作成し、スクリプトとともに VMGD に共有した。



Infomesen blong
Etkwek & Sunami
long Vanuatu
(DRAFT_26092028)

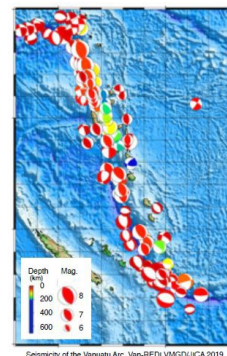


図 3.6.8. プロジェクト紹介リーフレット

出典：JICA プロジェクトチーム

b) 気象に係る情報収集 PC の設置

2019 年 9 月に、気象警報・気象予報に係る能力強化のため、「本邦気象庁(JMA)の数値予報モデルデータの自動ダウンロード」「同データ描画用 Grads スクリプトのインストール」（図 3.6.9.）、「JAXA が提供している衛星を用いた降水量分布推定データ GSMaP の自動ダウンロード」「同データ描画システム」「HIMAWARI-RGB 自動ダウンロード・蓄積スクリプト」（図 3.6.10.）を作成した。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	initial time----	9	10	5										
2	(local time)	10	11	12	13									
3	LINUA	Tmax	27.2	25.3	25.3	25.4	91550	WidMax	5.9	8.8	8	3.3		
4		Tmin	25.2	24.6	24.3	24.6		Precipitat	3.3	7.5	41	3.8		
5								weather	3255	5455	5555	5555	clear, 2 fair, 3 cloudy	
6	SOLA	Tmax	26.7	24.8	24.7	25.4	91551	WidMax	5.5	9.8	9.6	3.6	4 thin cloud, 5 rain	
7		Tmin	24.7	23.9	24.3	24.7		Precipitat	2.7	11.2	20.7	4.7		
8								weather	3445	5444	5555	5440		
9	SALATAM	Tmax	25.3	23.1	22.8	23.4	91553	WidMax	6	7.9	8.7	8.6		
10		Tmin	25	22.8	22.4	23.1		Precipitat	0.1	11.5	11.1	41.7		
11								weather	2443	5555	5555	5550		
12	PECOA	Tmax	23.3	21.2	20.7	21.4	91554	WidMax	4.2	4.6	5.2	4.8		
13		Tmin	21.9	20.7	19.7	20.4		Precipitat	0.7	15.1	34.6	39.9		
14								weather	4444	5555	5555	5550		
15	MALEKUL	Tmax	23.3	21.2	20.7	21.4	91555	WidMax	7.4	8.2	8.7	9.5		
16		Tmin	21.9	20.7	19.7	20.4		Precipitat	0.3	9	16.4	23.8		
17								weather	4424	5555	5555	5550		
18	EFATE	Tmax	24.7	22.3	21	21.3	91557	WidMax	6.7	8.9	10.3	10.1		
19		Tmin	23	20.6	20.6	20.9		Precipitat	0.1	9.8	20.4	23.6		
20								weather	2224	4555	4555	5550		
21	NORSAP	Tmax	25.4	22.7	22.4	22.9	91562	WidMax	5.4	7.6	8.3	8.9		

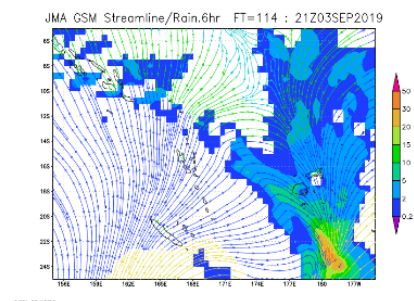


図 3.6.9. JMA-GPV の利用（CSV データ、Grads による作図）

出典：JICA プロジェクトチーム

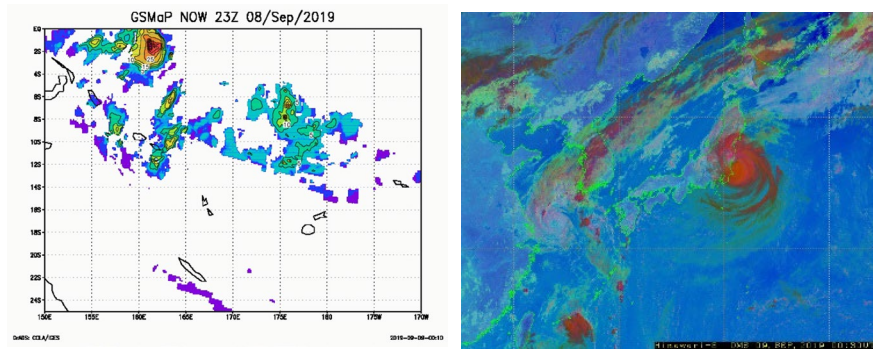


図 3.6.10. データ作画と蓄積（左：GSMaP、右：HIMAWARI-RGB 画像）

出典：JICA プロジェクトチーム

これらは、予報課に設置した PC (Linux) にインストールし、データの蓄積を開始し、前述のデータ利用方法について研修資料を作成し、予報課に共有した。

c) GSMaP データの利用

バヌアツには気象レーダーがなく、気象衛星の画像データや数値予報の降水量予測を用いて大雨監視・雨量予測を行っている。一方、本邦の JAXA では、極軌道衛星などのマイクロ波による水蒸気量などを用いて全球の降水量を推定・監視する、衛星全球降水マップ（the Global Satellite Mapping of Precipitation, GSMaP）を運用しており、これらのデータはウェブサイトを通して東南アジアをはじめとする研究者などに公開されている。本プロジェクトでは2019年9月の現地活動時に、これらのデータの自動 download と GrADS を用いた作画スクリプトを試験的に導入した。

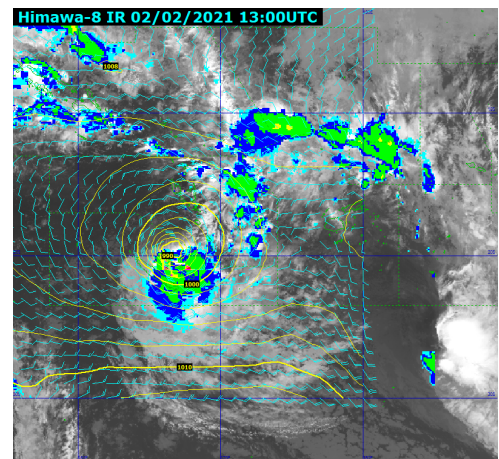


図 3.6.11. GSMaP データと雲画像の合成

出典：JICA プロジェクトチーム

2020年3月にはサイクロンハロルドにより北部の Santo 島などで大きな被害が出たこと、また、本邦の気象庁が共有している SATAID が、大雨監視・サイクロン解析に利用していることから、GSMaP データをフォーマット変換し SATAID 上で合成できるよう、プログラムとスクリプトを、2021年1~2月の国内振替業務で開発し、2020年7月に VMGD にスクリプト・マニュアルを共有した。

d) WRF モデルのインストール

本プロジェクトの技術移転対象の1つである高潮に関連して、WRF モデルによりバヌアツ領域を計算したいとの要望があり、2023年9月に VMGD 所有の PC に WRF モデルをインストールし、GFS(USA)を用いた WRF モデルの実行試験を行った。

使用した PC は図 3.6.12. のとおりで、Windows-10 に VM-WARE をのせ、その上に UBUTSU をインストールし、WRF を動かしている。メモリは 16.3GB のうち 10.2GB を使用、CPU は 8CPU のうち 6CPU を使用、HD は 2TB のうち 256GB を使用した。

モデルの境界条件は、GFS の 50km メッシュデータとし、3 次ネスティングまで行い、3 次ネスティングの格子サイズは 5km とした。WRF の動作が安定しないため、千葉長氏の助けを借り運用までこぎつけた。計算試験では、12UTC 初期値の 3 時間おきの予報値をダウンロードし 24 時間先まで計算を行った。

その後、計算領域（100 メッシュ、2km 解像度）を変更し、計算開始時間を現地時間の 3 時(16UTC)とし、48 時間先までの計算を開始した（データダウンロードから計算終了まで約 3 時間半、WRF の計算自体は 1 時間程度、GFS のダウンロードに 2.5 時間）。

2023 年 11 月渡航時に、①Grads による計算結果の作画とモニター用 web ページの作成、②検証用の地上・950・900・850・700 データの抽出と蓄積、③特定日（サイクロン接近時など）の WRF 計算を実行できるようスクリプトの整備、を実施した。

HP EliteDesk 800 G6 Small Form Factor PC	
Device name	PCD550
Full device name	PCD550.vmgd.gov.vu
Processor	Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU @ 2.90GHz 2.90 GHz
Installed RAM	16.0 GB (15.8 GB usable)
Device ID	3A7CA6C9-5110-4580-A5FF-F467FE942D19
Product ID	00330-53811-99110-AAOEM
System type	64-bit operating system, x64-based processor
Pen and touch	No pen or touch input is available for this display

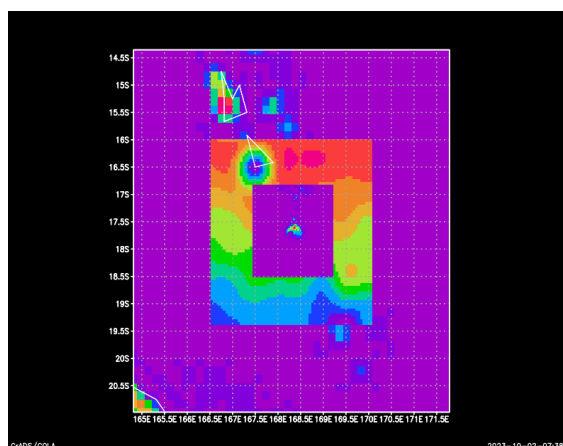


図 3.6.12. WRF-PC のスペック(上)とドメイン(下)

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 活動内容（成果 3-3）

「成果 3：VMGD の防災情報の伝達能力が強化される」の活動 3-3、ウェブ等を通じた防災情報の発信能力の強化について、PTWC および ORSNET の情報を用いた津波情報告知システムおよびパトライトの導入、震度計の設置をとおして、VMGD の情報発信能力の強化を図った。

a) 新津波 SOP の策定と音声による告知システム

成果 2 の活動として 2022 年 7～8 月の活動で新津波 SOP が策定され、①バヌアツエリアについては、津波カタログに基づいてエリア別閾値に基づき、津波警報を発表（図 3.6.15.）、②周辺および遠地については、PTWCWEPA40 に基づき発表（図 3.6.14.）することとなった。

これらをサポートするツールとして、2022 年 9 月に予報課に PTWC の津波情報（WEPA40/42 着信時に点灯）を告知するパトロールライトが設置された（図 3.6.13.上図）。これに加えて、バヌアツエリアで M6.0 以上の地震が発生した際に、その発生を告知するよう、VMGD の津波モニター PC 端末に、地震監視機能を追加し、M6 以上の地震がバヌアツエリアで発生した際には、スピーカーからの音声で、地震の発生を告知し、地震モニター画面の色がオレンジ色に変わるよう（通常は青色）、プログラムをインストールした（図 3.6.13.下図）。

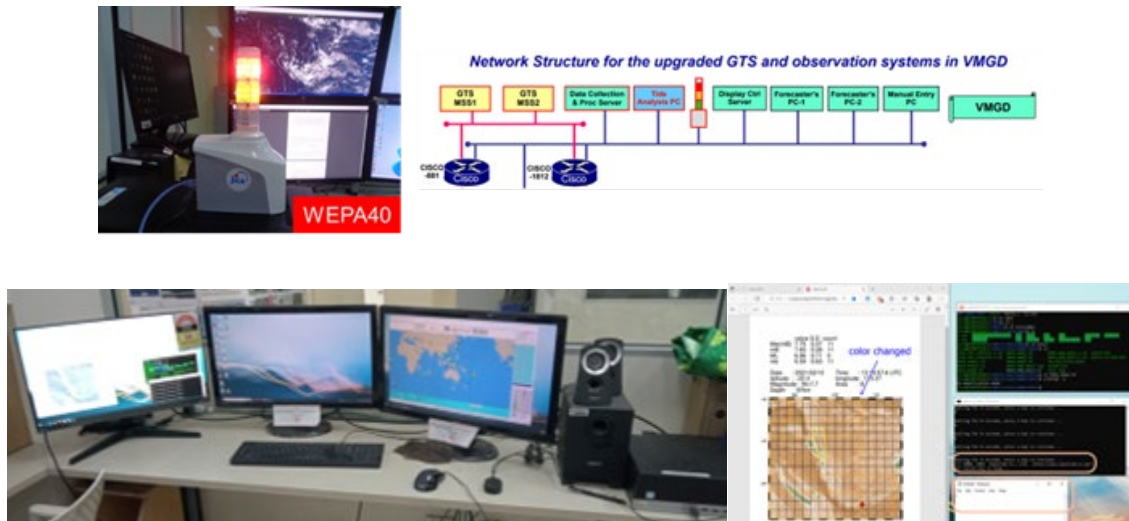


図 3.6.13. 津波 SOP 支援ツール（上：パトロールライト、下：地震監視端末）

出典：JICA プロジェクトチーム

2022 年 8 月の設置時は、音による告知としたが、職員が近くにいないと気付かない可能性もあり、WEPA40/42 と同様に、パトライトによる告知に変更することし、3)項で示すとおり 2023 年 9 月にパトロールライトに切り替えた。また、同システムを使用して、2022 年 11 月 1 日に部内津波情報発信訓練を、津波情報専門家の指導のもと実施した。

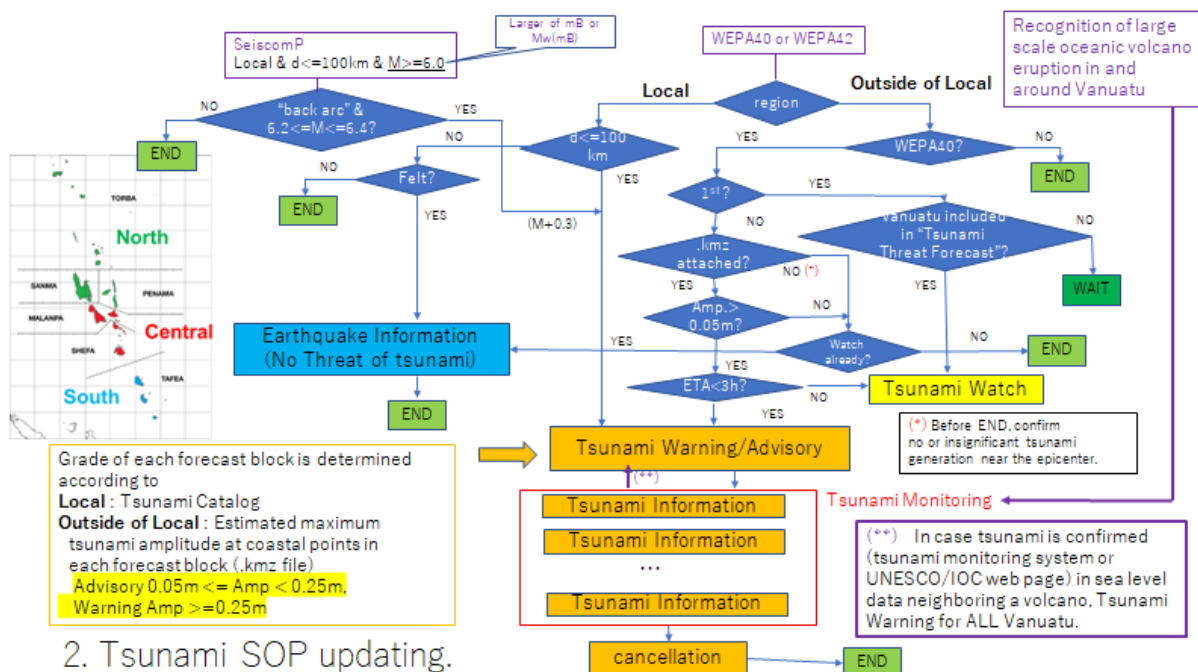


図 3.6.14. 新津波 SOP（再掲）

出典：JICA プロジェクトチーム

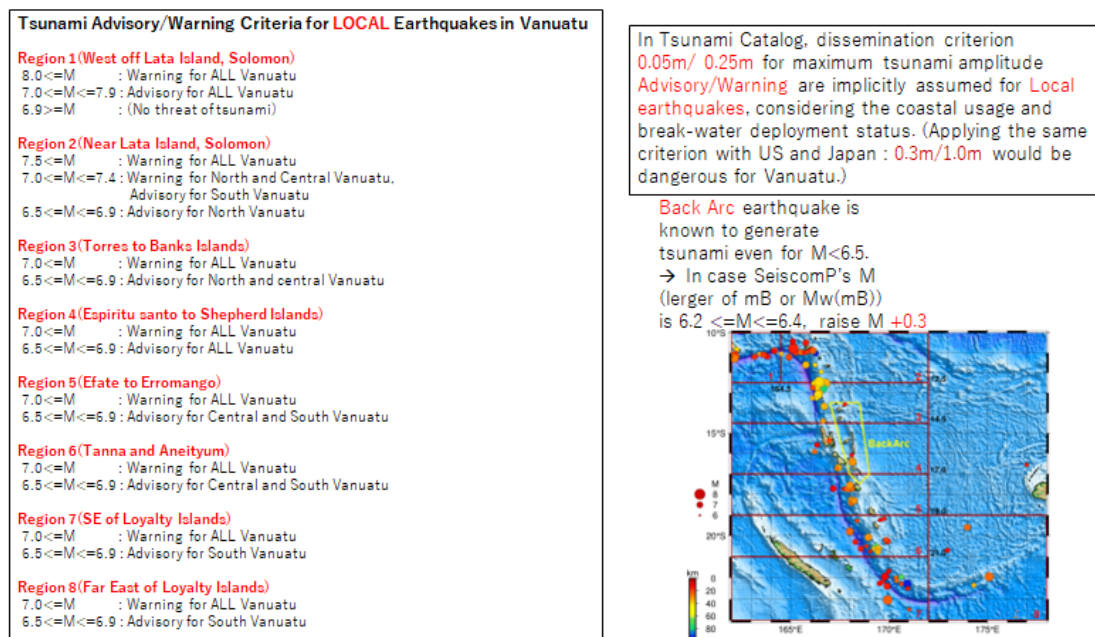


図 3.6.15. バヌアツエリア津波警報基準（再掲）

出典：JICA プロジェクトチーム

[地震データの蓄積フォルダー]

なお、ORSNET で収集される地震データは、ORSNET サーバの下記のフォルダーに、SEEDLINK 形式のデータフォーマットで、連続番号ファイル名により格納されている。

/home/sysop/seiscomp3/acquisition/archive/[yyyy]/[nn]/[ccc]/HHE.D

Here, [yyyy] is year (2013～2023.5)

nn: AU, FJ, G, GE, ND, NZ, VU

(VU:2013 to 2022, 他地点: 2022 のみ)

[ccc]: 地点略称

ABNG, AMB1, AVUN, ISAN, LAKA, LPV, LVVL, MRNO, RTV, YAS, YASH

[data]: [HH,MM][N,E,Z].[D]

[File name]

VU.YAS.00.HHE.D.2022.[001-366]

Here, [VU] is country code, [YAS] is station code.

ORSNET には、広帯域地震計のデータしか集信されておらず、データ通信プロトコルは MiniSEED である。MiniSEED 通信にかかるソフトウェア、データの CSV への変換などは、SeisCode の HP で公開されており、これらを download し、Linux 環境で展開し make することで、動作することを確認している。

<https://seiscode.iris.washington.edu/projects/mseed2ascii> (mseed->ascii 変換)

また、強震計は 4 か所に設置されているが、このうち 3 台は応用地震計測(株)のもので、通信は WIN フォーマット（本邦気象庁で使用）、加えて、SFTP によるファイル転送にも対応しており（強震計マニュアルより）、どちらかの手順で VMGD 本部でデータを収集することで、強震計データも ORSNET に取り込むことが可能である。

b) 津波警報のための地震モニターソフト

地震発生状況監視ソフトは、以下の3つのプロセスにより構成される。

① 太平洋域の地震監視システム

ORSNETが計算する震源データをD/Bから取得

3分ごとに前10分間に発生した地震を、SEISCOMP3のD/Bに照会し、地震リストを作成し、それぞれの地震の震源情報をファイル化(図3.6.16.)

② 地震監視端末上の、監視・解析スクリプトで地震のエリア・津波警報基準超過の有無を判断

地震監視PCで震源データをSEISCOMP3から取得し、mb,mB,Mw(mB),MLの計算を行い、MwまたはMLが閾値を超えた場合は、津波警報基準を超えた旨のフラグを生成併せて、GMTを用いて震源及びマグニチュードなどを図化

③ バヌアツエリアでM6以上の地震発生時に音声で告知

フラグが見つかった場合は、音声によりM6以上の地震発生を告知

c) 地震モニター端末へのパトライトの設置

2023年9月の活動でパトロールライトをさらに1台追加調達し、バヌアツエリアでM5以上の地震が発生した際に、パトロールライトが鳴動する仕組みを導入した。

パトロールライト鳴動基準は、新しく導入が予定されている「津波 SOP」の地震に関する基準、「バヌアツエリアでM5以上、深さ100km以下の地震が発生した場合」および「バヌアツエリアでM6以上、深さ100km以下の地震が発生した場合」で、前者は、PTWCからの津波情報WEPA42が受信されたとき、後者はWEPA40が受信された時と、同じパトロール音が鳴り、同じライト色が点滅する設定とした。

また、南大洋州の地震観測ネットワークORSNETが2023年6月に更新されており、解析ソフトウェアがSEISCOMP3からSEISCOMP5にバージョンアップされた。このことから、ORSNET上で地震を監視するスクリプトと、津波監視PC上でパトロールライトを発報するスクリプトを、SEISCOMP5に対応するように修正を行った。

ローカル地震の監視ソフトについては、9月19日に地震火山課の地震チームメンバーに動作説明、PCリセット時の再起動、動作確認方法を説明した。この説明で使用したマニュアル・技術資料は、地震監視PCの中に格納し、ショートカットでモニターできるようにした。また、添付資料として本報告書に添付した。

Stat	Net	Date	Time	Amp	Per	Res	Dist	Az	mb	ML	mB
ISAN	VU	21/02/10	13:44:25.0	0.0	0.0	-0.5	4.3	321	0.0	4.7	0.0
RTV	VU	21/02/10	13:44:52.3	2894.8	1.5	0.9	6.2	325	6.2	6.5	0.0
DVP	VU	21/02/10	13:44:53.8	2080.2	1.0	-0.2	6.3	324	6.2	6.6	0.0
MKV	VU	21/02/10	13:44:51.3	3209.6	1.1	-3.3	6.4	325	6.4	6.5	0.0
SANV	G	21/02/10	13:45:27.9	0.0	0.0	0.8	8.8	327	0.0	0.0	0.0
WANO	VU	21/02/10	13:45:29.9	1171.8	1.2	2.4	8.8	333	6.1	0.0	0.0
LKBA	FJ	21/02/10	13:45:39.4	0.0	0.0	-0.2	9.7	63	0.0	0.0	0.0
OLZ	NZ	21/02/10	13:46:18.2	0.0	0.0	-0.1	12.3	174	0.0	0.0	0.0
URZ	NZ	21/02/10	13:47:03.5	0.0	0.0	-0.8	15.9	166	0.0	0.0	0.0
ORZ	NZ	21/02/10	13:47:30.3	1725.7	2.6	1.1	17.9	179	5.9	0.0	0.0

図 3.6.16. イベントデータ

出典：JICA プロジェクトチーム

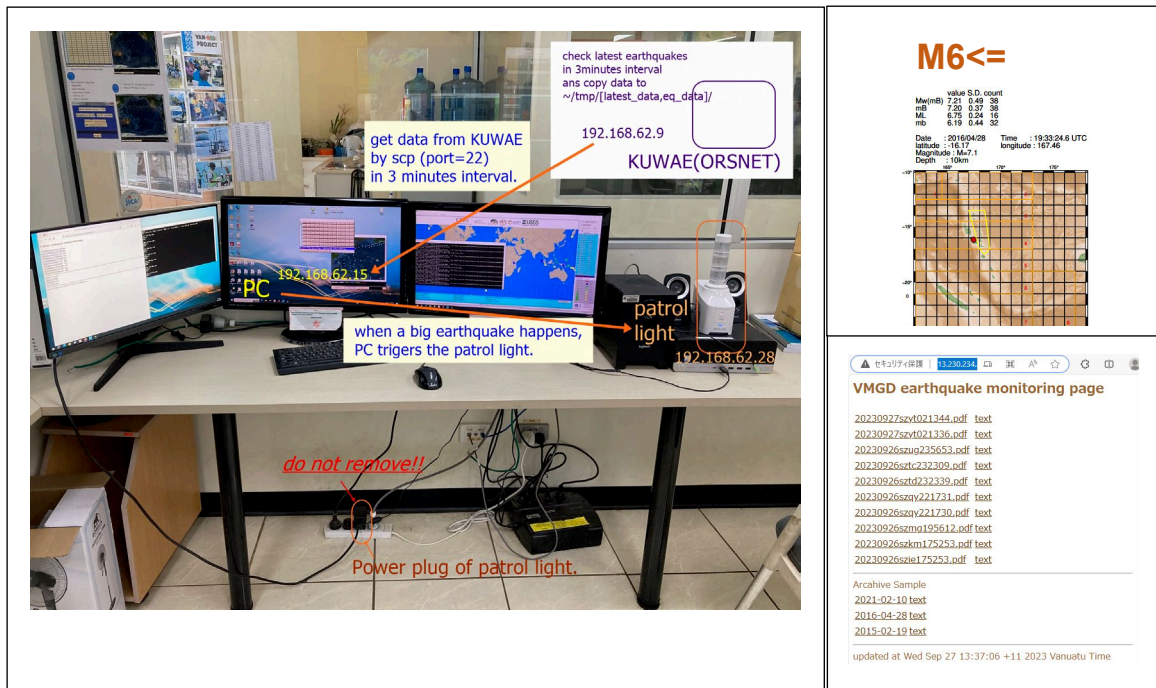


図 3.6.17. 津波監視 PC とパトロールライト（左）、地震監視画面（右下）、震源図（右上）

出典：JICA プロジェクトチーム

監視スクリプトは 2)項に記載のソフトと同様とし、前 10 分間の地震を ORSNET-D/B で検索し、リスト化（図 3.6.17.右下）し震源マップ（右上）を作成する（3 分間隔で実施）。震源図はモニターPC で表示され、通常の地震は「青色」、M5 以上の地震は「黄色」、M6 以上の地震は「オレンジ色」の地図で表示される。また、活動のフォローアップのため、データはクラウド上にもアップロードし（<http://13.230.234.238/vmgd/>）、日本でもモニターできるよう設定した。

d) シェファプロビンスオフィスへの震度計設置

本プロジェクトでは、バヌアツ国 6 か所に、震度計を設置することが計画されており、機材の輸入・通関が 2022 年 8 月、災害情報専門家による設置のための OJT が 2022 年 9 月に終了した。首都のあるエファテ島では、同島を含むシェファプロビンス（州にあたる）オフィスに震度計を設置することで、プロビンスオフィスと 10 月 21 日に MOU が結ばれ、これに基づき、震度計を設置した。

震度計を設置するコンクリートベースの待ち受け工事を 11 月 7,8 日に実施し、震度計ベース設置・配管を行い、震度計の設置については、コンクリートが固まった 11 月 9 日に実施した。



図 3.6.18. 震度計設置（シェファプロビンスオフィス）

上左：震度計センサー部、上右：震度計通信部（ルータ等）

下左：震度計設置用コンクリートベースの作成、下右：震度計センサー設置状況

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 活動内容（活動 3-4）

「成果 3：VMGD の防災情報の伝達能力が強化される」の活動 3-4、VMGD と NDMO が国民に対して行う防災啓蒙活動の能力強化について、世界津波デーに併せた津波避難訓練を実施し、VMGD と NDMO の防災啓蒙活動の能力が強化された。

VMGD と NDMO が国民に対して行う防災啓蒙活動の能力強化として、2019 年 11 月 5 日の世界津波デーにあわせて、津波避難訓練を実施した。津波避難訓練は、JICA 長期専門家（業務調整）が中心となって、VMGD、NDMO と計画・準備を進め、Ox-Fam、UN-women ほかの協力を得て実施した。津波訓練に向けて、バヌアツラジオで津波・地震に関するトークショーの開催、VMGD の津波・地震啓発パンフレットの増刷、世銀で 2016 年に導入された津波避難経路表示板の点検、補充、エファテ島のパトロールライトの鳴動も実施された。

2020 年・2021 年は COVID-19 感染拡大防止のための渡航制限・活動制限があったことから、リモートにより訓練計画・準備支援を行い、参加者へ配布する T シャツの予算的サポートなど

を行った。VMGD、NDMO は、他ドナー・地域コミュニティの協力を得て、2020 年はエファテ島およびサント島で、2021 年は、エピ島、アネイチュム島、エファテ島で訓練を実施した（図 3.6.19.）。

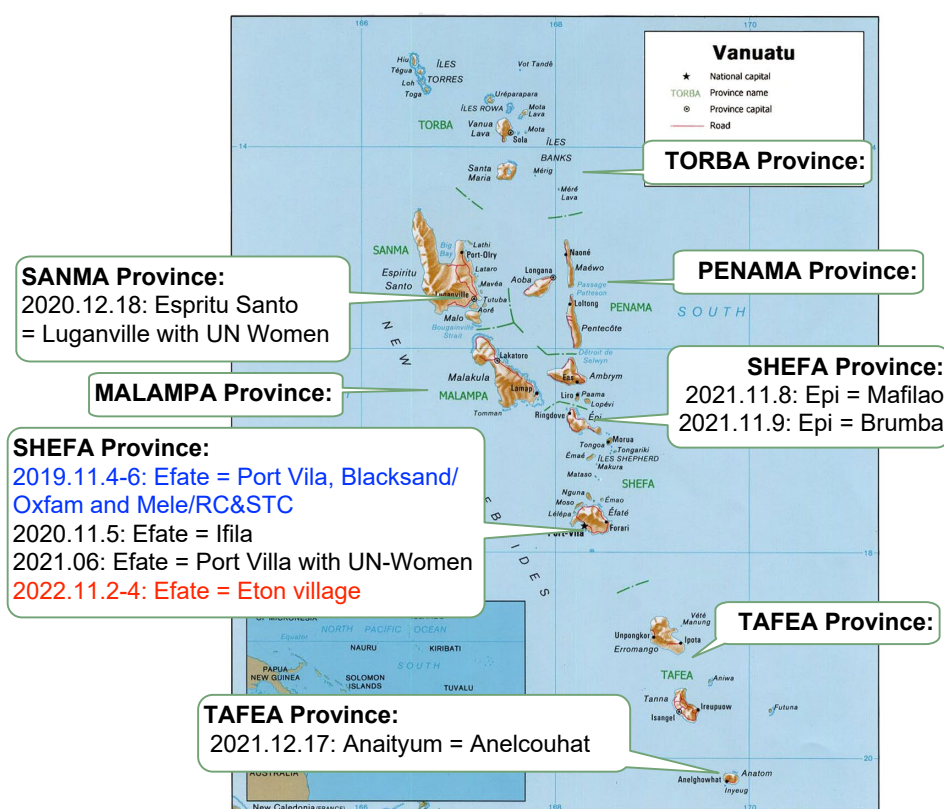


図 3.6.19. 津波訓練実施場所

出典：JICA プロジェクトチーム

a) 津波セミナー・避難訓練の実施(2019 年)

本プロジェクトの主要目的の 1 つである「津波情報」の作成、「伝達能力強化」を目的に、2019 年 11 月 4 日から 6 日を「津波アウェアネスウィーク」とし、同期間、エファテ島ポートビラの海岸エリアに、気象局 (VMGD) および防災局 (NDMO) の展示ブースを設営した。ブースでは、津波に係る

パンフレットなどの啓発資材の配布を行うとともに、屋外のイベント施設に大型 TV を設置し、東日本大震災時の津波に係る映像、特集番組などを連続して放送し、啓発活動を行った。同イベント会場では、子供向けのクイズイベントなども実施した。また、沿岸近くに立地する文化施設のイベントコーナーも借り受け、こちらでも津波ビデオの連続放送などを行った。

「世界津波デー」の 11 月 5 日には、「津波避難訓練」を、

VENUE	4TH NOV. MON.	5TH NOV. TUE.	6TH NOV. WED.
Seafont Area	9:00AM-4:00PM Meteorology & Geo-hazard Science Show (VMGD&NDMO)		
	9:00AM-4:00PM DRR Video show, etc.		
	1:00-1:30 Opening ceremony	10:00-12:00 Tsunami Evacuation Drill to Independence park	
	1:30-3:00PM Seminar and panel discussion on Tsunami	PM Tsunami Quiz Games	
Alliance Française de Port-Vila	9:00AM-4:00PM DRR activities' corners (NGOs, etc.)		
	9:00AM-4:00PM DRR Video show, etc.		
Blacksand		10:00-12:00 Tsunami Evacuation Drill	
Mele		10:00-12:00 Tsunami Evacuation Drill	

図 3.6.20. 津波ウィークイベントプログラム

出典：JICA プロジェクトチーム

1. 津波警報の発表試験と携帯電話へショートメッセージ送信（携帯電話全利用者にショートメールが入る仕組みで、訓練前に告知のメール 3 回、津波警報発表、同解除のメールを発信）
2. 世銀プロジェクトで導入された津波サイレン（メインの海岸地区、RedCross が避難訓練を行ったメレ、Oxfam が避難訓練を行ったブラックサンド）を発報させての避難訓練
3. 世銀プロジェクトで指定された避難場所への避難
4. 津波警報の解除

の順で実施した。

避難訓練には、約 3,000 名が参加し、地元新聞 Daily Post でも 2 日間にわたり記事が掲載された。また、避難参加者には、日本手ぬぐい、ステッカーなどを記念品として手渡した。避難訓練においては、参加者に面接によるアンケートを実施した。アンケート結果としては、



図 3.6.21. 避難訓練の様子（2019 年 11 月 5 日）

出典：JICA プロジェクトチーム

- ・ 津波訓練は全般には好意的な評価が多かった
 - ・ 事前の周知が不十分で、知らない住民が多く、一層の周知徹底が必要
 - ・ サイレンの鳴動時間（今回の訓練では 30 秒）を長くする
 - ・ この訓練をきっかけに、家族で津波避難について話し合いたい
- といった意見が寄せられた。

表 3.6.4. 津波訓練参加者の内訳（2019 年）

津波避難訓練	参加者数	その他の啓発活動	参加者数
ポートビラ（主会場、プロジェクト実施）	278	開会式典、津波セミナー	50
ポートビラ（主会場、個人参加）	150	防災ビデオショー（主会場）	400
ポートビラ（主会場第2避難所、個人参加）	200	防災ビデオショー（第2会場）	450
メレ地区（赤十字社実施）	1,138	科学、防災展示ブース（主会場）	240
ブラックサンド地区（オクスファム実施）	1,233	科学、防災展示ブース（第2会場）	240
合計	2,999	津波クイズ大会（小中高校生対象）	60
		合計	1,440

出典：JICA プロジェクトチーム

b) 津波セミナー・避難訓練の実施（2020 年）

2020 年 3 月以降、新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、バヌアツへの入国が規制され現地渡航が不可能となったことから、2020 年下半期から、現地業務を国内業務に振り替え、活動を実施した。

成果 3 については、2019 年の訓練実施の体制・シナリオをベースとして、リモートのウェブ会議（9 月 17 日、10 月 2、8、15、27 日、11 月 9、12 日）で、「世界津波デー」に合わせた「避難訓練」の実施をサポートした。バヌアツ国内における新型コロナウイルス感染者の発生などで、日程が二転三転したが、C/P および JICA バヌアツを含む各サポート機関の尽力で 2020 年 11 月 4

～5 日に、エファテ島の津波訓練で VMGD、NDMO および南エファテコミュニティーの参加で実施され、約 300 名の参加により、丘の上の避難場所への避難を行った。



図 3.6.22. 南 Efate での避難訓練(2020 年 11 月 4～5 日)

出典：JICA プロジェクトチーム

サント島ルーガンビルにおいては、12 月 16～18 日に、NDMO、VMGD、UN Women の協力により津波避難訓練が実施され、210 名が訓練に参加した。



図 3.6.23. ルーガンビルでの避難訓練（2020 年 12 月 16～18 日）

出典：JICA プロジェクトチーム

c) 津波訓練の実施（2022 年）

バヌアツの首都があるエファテ島東海岸のエトン地区で、国家災害管理局（NDMO）が主催する国際災害リスク削減デーに合わせて、バヌアツ気象・地象災害局（VMGD）やシェファ州政府、東エファテ地区議会、エトン村災害リスク削減協会、エトン村タスクフォース、バヌアツ警察、非政府系国際協力団体等と協力して、11 月 2～4 日にかけて、津波避難イベントを開催した（図 3.6.24.）。

VENUE	2ND NOV. WED.	3RD NOV. THU.	4TH NOV. FRI.
Eton Village (AM)	Meteorology & Geo-hazard Science and DRR show @ VMGD Booth/tent	Presentation on Tsunami and Earthquake? by JICA expert @main stage (PM 15-30 min.) Meteorology & Geo-hazard Science and DRR show @ VMGD Booth/tent	8:00 IDRR/World Tsunami Day Parada 9:20 Opening Ceremony 10:00/10:30-12:00 Tsunami Evacuation Drill & Questionnaires (paper/internet)
Eton Village (PM)	Earthquake and Tsunami awareness activities including DRR Video show, Panel exhibition, Tsunami Quiz Games, etc. @ Van-REDI booth/tent	Earthquake and Tsunami awareness activities including DRR Video show, Panel exhibition, Tsunami Quiz Games, etc. @ Van-REDI booth/tent	Lunch 2:00PM FReview Meetings @Eton community hall

図 3.6.24. 2022 年の防災イベントおよび避難訓練

出典：JICA プロジェクトチーム

11 月 2～3 日は、防災イベントにおける展示・啓発活動として、Van-REDI プロジェクトブースを設置し、東日本大震災時の写真・ビデオ上映などを行い、地元高校生など多くの来訪者があった。また、11 月 4 日には、バヌアツ近海の地震で津波が発生したことを想定し、同地区の高台までの津波避難訓練を実施したされた。(図 3.6.25.)

3 日間の防災イベントに際しては、およそ 500 名の方が協力・参加し、11 月 4 日の津波訓練では 775 名の参加者があった。エトンコミュニティの人口が 570 名であることを考えると、Efate 島の他の地域からも多くの参加者があり、津波に関する関心の高さがうかがえた。2011 年 3 月 11 日の東日本大震災のビデオ、パネルへの関心は高く、多くの来場者がこれらを視聴した。また、津波避難タワーについては、多くの参加者から、その機能・設置場所・利用方法など様々な質問が寄せられた。



図 3.6.25. 津波避難訓練経路図

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.6.5. 津波防災イベント参加者（2022 年）

	11 月 2 日	3 日	4 日	合計
防災ビデオ	75	125	-	200
パネル展示（津波・避難タワー・プロジェクト活動）	100	150	75	325
津波クイズ（子供向け）	75	100	75	250
津波避難訓練			500	500
津波啓発デーのパレード			(100)	
オープニングセレモニー			(400)	
合計	250	375	650	

出典：JICA プロジェクトチーム

2022 年の参加者アンケートは、対面形式およびネットワークのアンケートサイトを利用して実施され、149 件の回答を得た。アンケートの分析結果は以下のとおり（図 3.6.25.）。

- ・ 各年齢層から万遍なく参加者があった。10 代、20 代の若い参加者が半数を占めた。男女構成はほぼ同数であった。
- ・ 多くの参加者の関心は高く、12%の参加者は「さらに多くの情報を学びたい」としてしたが、16%の方は「疲れた」とのコメントもあった。
- ・ 警報の告知とサイレンによる避難勧奨は適切であったと考えた参加者が 85%であった。
- ・ サイレンの長さ(3 分間)は、68%の参加者が十分であると回答したが、10～15 分あるいはそれ以上、「避難が完了するまでサイレンを流し続ける方が良い」とするコメントもあった。
- ・ 訓練の頻度は、36%の方が年 1 回、42%の方が年 2 回が適切であると回答した。
- ・ 訓練から学んだことは、「訓練の大切さ」「津波の危険性」「避難経路の学習」が上位 3 項目で、プロジェクトとして重要視した学習項目は、参加者に適切に理解された。
- ・ 「避難経路」については、89%の方が避難経路と安全な避難場所を認識した。また、79%の方が津波避難経路板を認識、84%の方が家族で避難経路について話し合ったとしており、訓練をとおりして避難経路の理解、家族での情報共有が計られた。

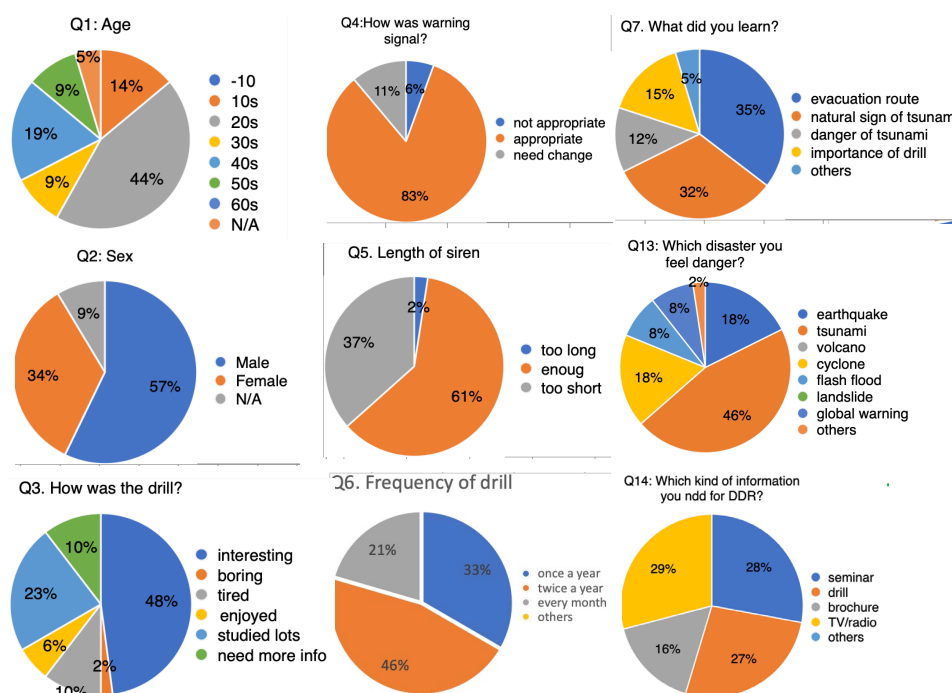


図 3.6.26. 津波訓練アンケート結果（2022 年 11 月 5 日、アンケート数=53）

出典：JICA プロジェクトチーム

(4) 成果物

a) 講義・演習等

それぞれの現地渡航に際し、活動開始時に「活動計画」を説明・共有し、現地活動終了時に「活動報告」を WG メンバーに対して行った。また、課題が生じた際には、必要に応じて、打ち合わせを実施し、解決策を検討した。C/P とともに実施した講義・演習は表 3.6.6.のとおり。

表 3.6.6. 講義・実習(成果 3)

	日付	タイトル	参加者
1	2019/4/18	GMT の利用方法 1	2
2	2019/4/23	GMT の利用方法 2	2
3	2019/9/3	GMT の利用方法 3	7
4	2019/10-11	GMT による震度マップ作成演習(5 回 x2 時間)	2
5	2022/8/4	SEISCOMP データの抽出に係る技術説明 1	2
6	2022/8/8	SEISCOMP データの抽出に係る技術説明 2	2
7	2022/8/9	GMT による地震月報作成マニュアルの説明・練習	3
8	2023/9/19	地震告知パトライト講義・演習	5
9	2023/9/19	WRF モデルインストールと描画演習	2

出典：JICA プロジェクトチーム

2019 年から 2022 年に開催した津波避難訓練の参加者は表 3.6.7.のとおり。

表 3.6.7. 津波訓練参加者

	日付	訓練名称	主担当	参加者
1	2019/11/4-6	2019 津波アウェアネス週間	JICA/VMGD/NDMO	4379
2	2020/4/23	イフィラ避難訓練(エファテ島)	VMGD/NDMO	300
3	2020/11/6-8	ルーガンビル避難訓練(サント島)	VMGD/NDMO	210
4	2021/12/14-15	エビ津波避難訓練	VMGD/NDMO	200
5	2022/11/11-17	アネイチム避難訓練	VMGD/NDMO	60
6	2022/11/2-4	2022 津波防災避難訓練	JICA/VMGD/NDMO	1755

出典：JICA プロジェクトチーム

b) 成果品

- ・ GMT による震源マップ作成マニュアル、CMT 解によるビーチボールマップ作成マニュアル・スクリプト (2019 年 9-10 月)
- ・ GSMaP ダウンロード・衛星画像への重ね合わせツール、マニュアル (2019 年 10-11 月)
- ・ 地震告知端末マニュアル (2023 年 9 月)
- ・ WRF インストールマニュアル、描画スクリプト・マニュアル (2023 年 10~11 月)

c) 収集資料等

表 3.6.8. 主な収集資料

資料名	内容	提供者
バヌアツ震源データ	VMGD が解析したバヌアツ周辺の震源データ (月別 CSV ファイル)	VMGD
ORSNET 震源データ	ORSNET で解析された地震震源データ(2022/10~2023/10)	VMGD
メテオファクトリーマニュアル	予報支援端末 Meteo Factory マニュアル	MFI
AWS データ	2021~2023 年の AWS データ	VMGD

出典：JICA プロジェクトチーム

3.6.4. プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓

(1) 新津波 SOP の策定とパトロールライトの導入

ベースライン調査において現在の津波警報発表のためのプロトコルが複雑で、24 時間勤務体制を取っている予報課職員で発表することが困難であることが分かり、津波カタログを編集するとともに、PTWC 情報の活用を検討し、VMGD とともに新津波プロトコルが検討・協議・確定された。

この新津波警報発表プロトコルは、PTWC の WEPA40/42 情報および ORSNET でモニターできる震源情報に基づいており、これらの情報を自動処理することで、津波警報の発表が必要な地震発生を、予報課職員にも 24 時間通知することが可能となった。これらを告知するための 2 台のパトロールライトが、PTWC メッセージについては 2022 年、地震データについては 2023 年に導入された。これらにより、津波警報発表が必要な地震の発生後、速やかに告知できる環境を整えることが出来た。

新津波 SOP は現在 VMGD 内部で検討中であり、VMGD での認証、一般への周知・啓発を経て、正式に運用を開始する予定。

(2) ORSNET データ、ウェザーファクトリーの活用

大洋州には、ニューカレドニアにメインサーバーが置かれている、広域地震監視ネットワークシステム ORSNET が導入されており、バヌアツはそのサブセンターとなっている。バヌアツの地震監視は、ORSNET を用いていることから、同システムに蓄積される地震観測データ、震源データを最大限活用することで、新たなハード機材を導入することなく、VMGD の地震監視能力の強化を図ることができた。

情報発信については、MFI が導入した MF により業務が実施されており、同端末に、PTWC の津波メッセージおよび地震監視データを共有することで、津波警報の発出を半自動化する提案を進めている。

本プロジェクトにおいては、これらの外部ドナーが導入された仕組みを活用し、そこに、本邦で開発されたソフトウェア・知見を応用することで、地震・津波の解析技術の高度化、そのための技術移転、実装を実施することが出来た。

3.6.5. 成果目標の達成状況

成果 3 に係る評価指標と達成状況は以下のとおり。

表 3.6.9. 成果目標に対する達成状況

成果指標	ベースライン調査	達成状況
3-1. 地震、津波、高潮関連の災害情報（含む警報）伝達に関する、VMGD、NDMO の業務フローが明らかになる。	ベースライン調査で、3.6.2 に記載のとおり業務フローを調査した。	ベースライン調査で VMGD と NDMO の業務フローがレビューされた。
3-2. 災害情報（含む警報）の伝達が手順どおりに実施される。	津波情報が適切に発表されないことがあった。	新津波 SOP に基づいて、津波訓練が実施された（2022 年）。

3-3. 選定された対象コミュニティまでの伝達を含む、災害情報伝達訓練（DIG）が実施される。	世銀プロジェクト以降、津波訓練が実施されていなかった。	2019年、2020年、2022年に、エファテ島およびサント島で、地域コミュニティを巻き込んだ津波避難訓練が実施された。
3-4. バヌアツ国民に対する啓蒙活動が実施される（震度階の周知、観測点における啓蒙看板設置等）。	震度階は設定されていない。啓蒙看板の未設置の箇所があった。	2019年、2022年の津波訓練に先立ち、メディアで津波情報に関する啓発番組が放送された。啓蒙看板の点検・追加設置を実施した。2019年、2020年、2022年の訓練で、津波・地震に関するリーフレットを増刷し、参加者・コミュニティにした。
3-5. メディア（ウェブサイトやSMS、SNS、テレビ、ラジオ等）を通じての災害情報が発信される。	メディアでの情報発信は行われていたが間欠的。	津波訓練（2018年、2019年）でSMSを通じて「津波警報」が発信された、また、ラジオ・テレビで特別番組が放送された。ウェブサイトで地震・津波情報が発信されている。

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3.6.10. 活動実績表

3-1	防災情報の伝達方法を調査し、課題点を明らかにする。	- ベースライン調査時に防災情報の伝達方法が調査された。 - 高潮情報に関する SMS による情報発信が的確に実施されていることを確認した。 - 津波情報についても SMS で発信する準備が進められている。
3-2	地震、津波及び高潮に関する効果的な防災情報の作成能力を強化する。	- 新津波 SOP による迅速な津波情報の発信が準備されている。 - 地震活動報告図が 2020 年 2 月から開始され、Seis-PC を用いた地震活動分析能力向上が計られた。
3-3	ウェブ等を通じた防災情報の発信能力を強化する。	世界津波デー（11 月 5 日）に併せて、ウェブ等を通じた防災情報発信の訓練が、2019 年、2020 年、2022 年に実施され、地域コミュニティを巻き込んだ、総合的な津波情報の発信・津波避難訓練が実施された。
3-4	VGMD と NDMO が国民に対して行う防災啓蒙活動の能力向上を行う。	2019 年、2020 年、2022 年の津波訓練に際し、テレビ・ラジオを通じた啓発活動が実施されるとともに、啓発パンフレットが増刷・配布された。 - 津波カタログが作成され、関連機関に配布され、VGMD ウェブサイトで公開された。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.6.6. 上位目標達成のための提言

プロジェクトの終了に際して、上位目標達成のため、今後の活動に対する提言を行った。これに対し、C/P で今後の計画について検討し、プロジェクト専門家と協議の上、最終 JCC（2023 年 11 月 24 日開催）において成果 3 の活動結果と今後の計画として報告・提案し、承認された。今後に向けた提言と将来の計画は、表 3.6.12.に示すとおり。

表 3.6.11. 今後に対する提言と将来計画（成果 3）

	今後に対する提言	将来計画
1	メディア、地域住民への伝達を含む、新 SOP に基づいた「津波避難訓練」を定期的（少なくとも年 1 回）に実施する	2024 年以降、これまで訓練が実施されていないバックアークの島などで訓練を実施したい（2023 年 11 月最終 JCC）
2	メテオファクトリーを改修し、津波警報を半自動的に発表できる仕組みを構築する。携帯電話会社と「津波避難訓練」に際して SMS での試験メッセージを発表する	メテオファクトリーの改修に取り組むこと、携帯電話会社との協議を行うことが、表 4-1 の課題説明と対応の中で表明された（2023 年 11 月最終 JCC）

出典：JICA プロジェクトチーム

3.7. 本邦研修

本邦研修を 2023 年 8 月に実施した。概要は下表のとおり。

表 3.7.1. 本邦研修

対象の成果	研修名	研修期間	研修員数
成果 1,2,3	地震・津波・高潮プロダクト利用能力強化研修	2023 年 7 月 31 日～ 8 月 12 日	5 名

出典：JICA プロジェクトチーム

3.7.1. 地震・津波・高潮プロダクト利用能力強化研修

2023 年 8 月に、本プロジェクト期間中で唯一となる本邦研修を、VMGD の地震津波火山の監視及び防災情報発信能力の向上を目的として実施した。研修生名簿及び研修内容・日程は表 3.7.2.および表 3.7.3.のとおり。

表 3.7.2. 研修員リスト

氏名	役職	所属
Mr. John Junior Niroa	Manager	地震火山課
Mr. Angus Bani	Forecaster (Tsunami operation responsibility)	予報課
Mr. Anthony Wong	Forecaster (Tsunami operation responsibility)	予報課
Mr. Levu Antfalo	Forecaster (Tsunami operation responsibility)	予報課
Mr. Helory Samuel	Technicians Electrical	ICT 課

表 3.7.3. 研修スケジュール

日付	研修内容	場所
7 月 31 日 (月)	来日	
8 月 1 日 (火)	ブリーフィング 【講義】地震学基礎	JICA 東京
8 月 2 日 (水)	【講義】地震津波監視・情報発表システムの概要、2011 東北地方太平洋沖地震の概要 【講義】気象庁の地震津波監視・防災情報発表業務の概要 【講義】地震津波観測網及びデータ処理・情報発表システム	JICA 東京 気象庁本庁
8 月 3 日 (木)	【講義】気象庁の地震津波防災情報の住民への伝達と活用 【講義】津波警報システムの標準運用手順について 【講義】地震火山課現業室の業務について（現業室外から見学含む） 【講義】地震カタログ作成手順及び記者会見資料への活用について	気象庁本庁
8 月 4 日 (金)	【見学】震度観測点 【見学】気象科学館 【見学】記者会見室 【講義】潮位観測について 【見学】潮位観測点	皇居 気象庁本庁 晴海ふ頭
8 月 5 日 (土)	休日	
8 月 6 日 (日)	休日	
8 月 7 日 (月)	仙台へ移動 【見学】関上震災伝承館 【講義】津波警報伝達システム	関上震災伝承館 仙台市役所

8月8日（火）	【見学】津波避難タワー 【見学】荒浜小学校（震災遺構） 【見学】津波サイレン 東京へ移動	荒浜小学校 かわまちてらす 閑上
8月9日（水）	【講義】火山観測の手法について 【講義】火山噴火による災害について	東京大学
8月10日（木）	評価会、修了書授与	JICA 東京
8月11日（金）	休日	
8月12日（土）	離日	

出典：JICA プロジェクトチーム

本研修では、地震津波を主として、これらの観測からデータ処理、情報伝達、情報利用という一連の流れについて各関係機関を通じて講義を行った。また、災害に対する備えとして、そのエリアの見学や、東京大学による火山災害についても併せて講義を行った。

バヌアツと本邦ではインフラを中心に大きな格差があることから、講義内容をそのままバヌアツに応用することは困難であるが、日本のシステムを最終到達点として、それを実現するためのステップを VMGD で検討することが必要である。

研修最終日の評価会では、本研修での見聞から VMGD における問題点と改善案を発表・報告した。今回の研修を企画するにあたって意図した重要ポイントが概ね正しく研修員に理解されたと考えられる。また、各職員の所属する課の所掌に応じた課題の抽出が適切に行われている。課題解決に向けた帰国後の VMGD 内での議論及び関係機関との連携を期待したい。

アンケート結果では研修目標を到達し、また内容にも満足だった旨の回答であった。一方で、研修期間は十分でなかったとの回答も見受けられた。最終日の修了証授与式の様子を図 3.7.1. に示す。



図 3.7.1. 修了書授与式

出典：JICA プロジェクトチーム

4. 上位目標達成のための提言

2023 年 8 月に実施された「本邦研修」において、研修生により「研修ファイナルレポート」として本邦研修で学んだ課題に対する課題と対応策が部署単位でまとめられており、それらを表 4.1.1. に示した。

表 4.1.1. 課題と対応策（本邦研修ファイナルレポートより抜粋）

	課題	対応策（案）
予報課		
1	津波情報・警報の手順が長い。 SOP のプロセスに不十分な箇所がある。	新津波 SOP を確定させ、JMA テンプレートを参照してメッセージテンプレートを作成する。
2	津波情報の発表に 3 分以上かかる。	新しい SOP で発表時間の短縮が期待される
3	言葉の定義があいまい。（「Advisory と Warning」「複数の Magnitude の混在」「Big と huge」）	現在 SOP で使用している言葉の定義を明確に定め、国民に啓発する。
4	地震による被害、引き起こされる津波に対する理解が不足している。	震度計と震度表（揺れの大きさ、被害）を導入する。
5	メテオファクトリーに津波警報のテンプレートがない。	メテオファクトリー向けの新しいテンプレートを作成する。
6	異なる警報レベルに対する色の違いが定義されていない。	警報レベルに対する色を定義し、定義に沿った色でメテオファクトリーの海岸線を表示する。
地震火山課		
1	職員が不足していて、24 時間体制のシフトが取れない。	VMGD 長官および公共事業省の課題
2	地震・津波に対する防災計画について NDMO との協力関係が弱い。	NDMO と地震・津波防災に係る協議を開始し、新 SOP を共有しつつ NDMO との関係強化をはかる。
3	地震・津波災害に関する認知度が低い（災害発生時には多くの死者が予想される）。	有効な啓発活動を定め、実施する。
4	ハザードマップがない、または、部分的である。	全ての災害、あらゆるスケールでのリスク評価をする（災害データの収集が不可欠）。
5	予報課と継続した連携が必要	津波監視のための検討・訓練への予報課が参加する。
	予報課・地震火山課の作業環境・端末が津波監視には不適切である。	オフィススペースを見直す。
ICT		
1	観測施設・機器の保全が不十分である。	適切な観測施設の構築をする。
2	地震・津波観測ネットワークのバックアップ、適切な保守計画の策定	すべての震度計の設置。適切な保守運用計画の策定
3	電源、データ転送、バックアップの不足	安定電源の確保、ロガーへの別電源の確保（保守・点検時）
4	データモニター、データ転送についてのモニタリング不足	緊急時を想定したモニター環境の一般化と運用
5	災害情報伝達プラットフォーム	TV ラジオを通じたライブ情報伝達の実施
VMGD 全体		
1	VMGD 内部での啓発活動、研究活動の	国民（6 プロビンス）への啓発（学校教育、

	不足	サイネージ、博物館、研修センターの改善)。 VMGD 内への研究チームの創設と外部研究機関との連携
2	過去の災害に対する、調査報告・評価が不十分	過去の災害に対する調査・報告の作成。 NDMO との連携。
	情報伝達における情報の遅延	携帯電話会社との協議（デジセル・ボーダーフォン）
	観測データの不一致、品質の低さ	サイレンシステムの更新、モニタリング施設の更新（GNSS: Global navigation satellite system 施設など）
	災害時の報道発表が行われていない	災害時の記者発表の設定、SOP への明記

出典：JICA プロジェクトチーム

本プロジェクトにおける成果目標とその達成状況は、3 章に記載のとおり、おおむね達成された。外部条件により残った課題と対応方針を表 4-2 に示した。

表 4.1.2. 外部条件により残った課題と対応方針

課題	対応方針
新津波 SOP の承認 【成果 2】	津波警報の発表について、PTWC の津波警報メッセージ、ORSNET の震源解析データを活用した新津波 SOP が策定され、VMGD 部内における部内訓練を実施し、ドラフトの作成・技術的課題の検討は終了している。技術責任部である地震火山課と、24 時間 365 日運用の責任部である予報課で具体的な運用方法を検討することで、VMGD 長官が承認することが予定されている。JICA 現地事務所と連携して、承認へのサポートを継続し、速やかな承認、新 SOP への移行が望まれる。新 SOP 策定後は、新 SOP の一般・マスコミ・関係機関への周知・啓発活動を行うとともに、定期的に（少なくとも年 1 回程度）新 SOP に基づく津波避難訓練の実施が必要である。
震度計の設置 【成果 1】	本プロジェクトで、地震による揺れの大きさをモニターする震度計が 6 台 2024 年 1 月までに設置された。本プロジェクト終了後も、震度計データを用いてバヌアツ国の地震の揺れをモニターできる環境を運用し、SATREPS および専門家派遣をとおして、日本などの震度階級を参考に、震度と揺れ・地震被害を関連付ける一般向けの啓発資料を作成し、震度情報の発表など、地震の観測・分析技術の向上を支援する必要がある。

出典：JICA プロジェクトチーム

各成果の活動計画と提言は、3.2.6、3.3.6、3.4.6、3.5.6、3.6.6 に示したが、上位目標「VMGD 及び NDMO から関係機関及び住民に対して地震・津波・高潮に関する防災情報が適時かつ的確に伝達されている」を達成するための提言を、以下に示した。VMGD に対して今後予定される技術協力（SATREPS、専門家派遣）において、引き続きのサポートが望まれる。

〔津波情報の発表〕

本プロジェクトをとおして津波カタログが作成され、PTWC、ORSNET を活用した新津波 SOP が策定された。新津波 SOP 策定作業と部内訓練をとおして VMGD の津波情報発表能力は確実に向上し、地震発生から津波情報の発表までの時間は、2023 年 11～12 月に発生した地震では 25 分前後に短縮された（プロジェクト開始時は発表なし、または、50 分程度）。新津波 SOP は

間もなく承認される見込みで、承認後は関連防災機関・マスコミへの周知・広報を行い、この中で、津波カタログも配布され、防災機関、一般住民への知識普及にも活用されることが予定されている。【成果 2】

PTWC からの情報は地震発生から 6~7 分程度、ORSNET では地震検知から 3 分以内に震源データが決定・共有されるが、現時点では、これらの情報を目視で確認しながら、情報発信端末であるメテオファクトリーで入力作業を行い、情報発信を行っており、情報発信までに 25 分程度かかっている。PTWC 情報受信端末・ORSNET とメテオファクトリーは、ネットワークでつながっており、PTWC、ORSNET の情報を自動転送し、メテオファクトリーの入力形式であるテンプレートを準備することが出来れば、発表時間のさらなる短縮につながるとともに、転記によるミスがなくなる。テンプレートは VMGD 独自作成、あるいは、メテオファクトリーの改修で実現することができ、早期に対応を行う必要がある。また、関連機関・一般利用者への情報配信は主にメールに頼っており、数十分単位のメールの送信遅延もあり、これらは VMGD および携帯電話会社で今後協議される予定で、改善を期待したい。【成果 1】【成果 3】

一方、バヌアツでは「長くて大きな揺れがあったら避難する」ことが地域で伝承されており、地域リーダーによる避難が実践されている。これらの地域独自の活動は通信ネットワークが整わないバヌアツ国においては極めて重要であり、最終 JCC において「2023 年は津波訓練を実施できなかったが、次年度以降、津波訓練が行われていない島を中心に訓練を実施したい」との VMGD の発言もあり、世界津波デーなどの機会を捉えて、津波訓練を継続して実施することが重要である。また、新津波 SOP の広報・周知に当たって、津波カタログの配布も計画されており、関連機関・国民への周知啓発活動に、津波カタログやリーフレットなど、本プロジェクトを含む外部資金プロジェクトの啓発資材を積極的に活用する必要がある。【成果 3】

【震度情報の活用】

地震情報については、6 台の震度計の導入、地震データ解析の OJT、一般向け地震ガイドブックのベース案の作成が行われたが、地震データの解析・利用技術の向上は十分とは言えない。今後、本プロジェクトで行われた地震に関する知見、解析ソフトの共有、データ解析演習で得られた知見をベースとして、地震分析能力を発展させ、地震に関する情報をより豊富にすることが必要である。具体的な例として、本プロジェクトで導入されたデータ震度観測ネットワークを運用する中で、日本の事例を参考に、震度計と震度表（揺れの大きさと被害）を導入して、地震情報の受信者が理解しやすい地震情報を作成することが上げられる。加えて、震度情報は、津波情報と同様に、メテオファクトリーを介して VMGD ホームページでの公開や情報提供を行っており、津波情報発信の改修に併せて、地震情報についてもテンプレートを自動作成し、情報発表の迅速化と精緻化も重要な対応である。【成果 1】【成果 2】

【他ドナーの取り組みと技術協力方針】

VMGD の予算規模は大きくなく、地震計・潮位計・火山監視システムの整備などは、外部資金による援助プロジェクトにより導入し、それらを用いて地震・津波・火山・サイクロンなどの自然災害の監視と情報提供を行っている。

本プロジェクトに関連するものとして、(i)南太平洋の地震監視ネットワーク ORSNET が 2023 年 6 月にアップグレードされ、また、(ii)Green Climate Fund(GCF)による Van-KIRAP

(<https://frontiersi.com.au/van-kirap/>) が期間延長(実施機関：豪気象局 BOM)され、2024 年にレーダーサイトへのアクセス道路・電源線の整備、2025 年に C バンド二重偏波レーダーの導入が予定され、加えて、(iii)SATREPS による「広域火山災害軽減のための南太平洋島嶼国における共同研究」が 2023 年から開始されている。そのほか要請段階であるが、(iv)JICA 専門家派遣による VMGD 能力強化フォローアップ、(v)MFI による MF のシステム改修、(vi) WMO の Climate Risk and Early Warning Systems (CREWS)ファンドによる AWS (自動気象計)、AWOS (空港に設置する自動気象計システム Automated Weather Observing System の略) 導入計画 (世銀豪気象局、ニュージーランド気象局による)、が計画・要請されている。

VMGD は限られた予算と人員の中で供与された機材を有効に利用しており、次世代の職員が育ちつつある。(iii)および(iv)による今後の支援においては、現地事務所および現地派遣専門家を核に日本国内からのリモートサポートも併用しながら、システム・情報の利用方法を VMGD 職員にアドバイスすることをおして、技術移転・キャパシティービルディングをはかり、VMGD からの情報発信を進め、バヌアツ国におけるヴィジビリティを高めることが、VMGD 予算・人員の増加のためにも有効な手法と考えられる。具体的な項目としては、(A)本プロジェクトで設置された震度計情報の利用を含む地震情報の改善と能力強化、(B)本プロジェクトの大きな成果の 1 つである新津波 SOP の周知・広報を 1 つのキーとして、VMGD の情報発信 (津波カタログの配布、新津波 SOP の啓発、啓発資料の整備、津波訓練の実施) のフォローアップ、(C)SATREPS・ニュージーランド NIWA との協力をおしての火山情報の強化により、VMGD からの情報発信を強化するのが有効と考えられる。高潮、サイクロンについては、本プロジェクトで WRF モデルが導入されており、(ii)や(vi)の進捗状況を見ながら VMGD の活動をサポートする形で技術協力を行い、観測情報が強化された段階で、新たな技術プロジェクト、あるいは、(v)の情報提供システムの最新化も含む援助が必要と考える。

5. 業務実施運営上の課題・工夫・教訓

(1) 新津波 SOP の策定とパトロールライトの導入

【課題】 ベースライン調査において現在の津波警報発表のためのプロトコルが複雑で、24 時間勤務体制を取っている予報課職員で発表することが困難であることが分かり、津波カタログを編集するとともに、PTWC 情報の活用を検討し、VMGD とともに新津波プロトコルが検討・協議・確定された。

【工夫】 この新津波警報発表プロトコルは、PTWC の WEPA40/42 情報および ORSNET でモニターできる震源情報に基づいており、これらの情報を自動処理することで、津波警報の発表が必要な地震発生を、予報課職員にも 24 時間通知することが可能となった。これらを告知するための 2 台のパトロールライトが、PTWC メッセージについては 2022 年、地震データについては 2023 年に導入された。これらにより、津波警報発表が必要な地震の発生後、速やかに告知できる環境を整えることが出来た。

【教訓】 津波 SOP は警報発表のための手順として VMGD が定めたものであるが、制定時点に比べ、利用可能な情報・その入手方法などが大きく変化しており、社会のニーズに対応しきれなくなっていた。これらについて、利用可能な情報の洗い出しと追加、現状の VMGD のオペレーション・キャパシティーを調査のうえ、専門家側が SOP 案（情報ソース・基準を含む）を作成・提示し、VMGD と情報を正確に速やかに発信するための具体的な手順を協議することで、現状に適合し実現可能な新 SOP を策定することができた。

(2) PTWC 情報、ORSNET データ、MF の活用

【課題】 大洋州には、ニューカレドニアにメインサーバーが置かれている、広域地震監視ネットワークシステム ORSNET が導入されており、バヌアツはそのサブセンターとなっている。バヌアツの地震監視は、ORSNET を用いている。また、津波情報については、PTWC から地震発生後概ね 10 分以内に津波情報が発表される。VMGD ではこれらの情報を利用しているが、津波情報発表のために、これらの情報を利用して、短時間で情報を発表することができなかった。

【工夫】 本プロジェクトでは、これらの外部ドナーが導入された仕組みを利用して、大きな地震の発生時、および、PTWC の津波発表時に、パトロールライトでそれらの発生を告知する仕組みを投入した。また(1)項に記載の新津波 SOP の策定・検討・訓練をとおして、津波情報の発表時間を短縮することができた。津波情報の発信については、フランスの MFI 社が導入した MF により業務が実施されており、MF への情報追加（テンプレートの追加）について VMGD で対応可能とのことから、同端末に PTWC の津波メッセージおよび地震監視データを共有することで、津波警報の発出を半自動化する提案を進めている。

【教訓】 技術プロジェクトの対象国には、複数のドナーにより様々なシステムが導入されている。これらのシステムを改修することは、C/P にとっても容易でないが、それぞれのシステムがネットワーク化されて情報フォーマットが C/P に共有されていれば、それらの情報を活用することで、他ドナーのシステムを有効活用できる。技術プロジェクトでは、他ドナーシステムの活用が留意点として上げられるが、そのためには、システムのネットワーク接続とフォーマットの公開が、利用のための重要な要素であり、プロジェクトのなるべく早い段階で、C/P が利用しているシステム・情報を調査し、それらを C/P あるいは導入事業者のカスタマイズの可能

性・費用を検討することが重要である。また、他ドナーでも利用可能なシステムとするためには、ドナーによるシステム導入前の要件定義の段階で、①ネットワーク共有により情報を利用できるようにする機能を備えること、②システムの構成・フォーマットなどを納品時に C/P に共有することを、C/P が要望し、納品時に確認することが必要で、これらの点について、開発担当者に繰り返し説明を行った。

(3) 交通不便地域におけるプロジェクト活動

【課題】離島の屋外作業には、フライト運航変更や天候以外に加え、現地の想定外の状況変化など不確定要素が多々あり、渡航前に周到な準備をしても、スケジュール内で予定の作業を完了することは容易ではない。このため、現地での不確定要素及び作業量を、現地作業の前に、少しでも減らす必要がある。

【工夫】現地設置作業に備え、以下の点を工夫した。

- ・ 「事前シミュレーション」：作成した作業手順書に従い、同行 C/P と実際に機材を組み立て、必要部材を確認し、要所要所の写真を撮り、時間節約に向けた並行作業可能な部分を洗い出し、最後に動作試験を行い、輸送梱包をするというプロセスを導入した。
- ・ 「工具・PC の日本側での準備」：C/P の保有する工具・測定機器は古く、使い難い物が多いため、日本から使い易い工具や測定機器を持参し、これを C/P と共有使用した。また、現地での動作試験・データ検証などが長時間の屋外対応となることから、これらの作業に不可欠なラップトップ PC を 2 台持参した。

【教訓】設置作業や保守の OJT については、設置場所が遠隔地の場合も多く、本部など環境が良い条件で、C/P と事前シミュレーションを行うこと、必要な機材は日本側で準備することが、遠隔地での設置・改修において重要である。

6. 総括所感

バヌアツ気象・地震災害局は、日本のほか豪・ニュージーランド・仏などの援助を受け、観測や情報発信などを少人数で機能的に実施している。本プロジェクトは、ORSNET による地震観測網、世銀によるポートビラおよびルーガンビルへの津波リスクマップ・避難経路・サイレンの導入などをベースに、地震・津波・高潮に係る VMGD の観測・解析能力、および、情報発信・啓発活動の能力を目的に実施され、COVID-19 による約 2 年間の渡航自粛に対応する、現地活動を補完するためのプロジェクト期間延長を経て実施され、設定されたプロジェクト目標は達成された。

COVID-19 に伴う移動制限やサイクロン被害などにより、バヌアツ国内の移動・機材輸送などが不安定なため、震度計の設置がプロジェクト終了直前となり、震度計を用いた地震情報の改善・能力強化が十分に行えたとは言えないが、新津波 SOP の策定と津波発表までのリードタイムの短縮、バヌアツ津波カタログの刊行、2019～2022 年まで、VMGD の主導によりコミュニティを巻き込んだ津波避難訓練が実施することで、VMGD/NDMO の能力強化が図られたことは、大きな成果と考えている。

成果の背景は、①他ドナーを含むこれまでの援助資産の活用、②C/P と連携した活動を行える専門家の配置と考えており、①としては、MF・ORSNET・PTWC 情報など VMGD がこれらを有効に活用して業務を実施しているベースがあったこと、②としては、長年にわたり VMGD と連携をもった専門家、本邦気象庁で津波・津波情報発表の実務を担当した専門家、大洋州での啓発活動に経験をもつ JICA 直営専門家を配置し、業務にあたれたことにあると考えている。

大洋州各国は人的資源が少なく、自国での技術開発は困難で、供与された機材・システムを有効活用するための技術支援が有効で、間欠的でも良いので長期間にわたり専門家を配置し、協力・信頼関係を築き技術移転を行うことが必要と思われる。本プロジェクトの実施に当たって、特に COVID-19 に伴う渡航制限解除後の活動において、プロジェクト専門家が派遣されていない期間に、JICA バヌアツ現地事務所から VMGD への働きかけを行う形で多くのサポートを頂き、活動を実施できたことに感謝申し上げたい。本プロジェクトの成果である新津波 SOP の策定については、VMGD 長官による承認に時間がかかっており、上部機関も含め粘り強くサポートする必要があり、今後も C/P の継続した取り組みに対し、引き続きのご支援をいただきたい。なお、VMGD のように C/P の人員が限られる場合、C/P と常時コミュニケーションをとれる長期専門家の配置が有効で、プロジェクト設計にあたりご配慮いただいたことに感謝する。なお、バヌアツ国での輸送・現地工事などは、不確定要素が大きく、通常のプロジェクトで想定されるより時間がかかること、自然災害を含む不具合の発生に対しても、実施が困難であることを、他地域以上に想定する必要があると感じた。



【現地業務】

▼当初契約期限

監督職員確認印： 小林 謙一 印

[illegible]

【国内業務】

[illegible]

凡例：業務従事計画（グレー）
業務従事実績（黒実線）
自杜負担（斜線）

[illegible]

Project Monitoring Sheet II (Revision of Plan of Operation)																Version 1				
																Dated 30/September/2019				
Project Title: The Project for Enhancing the Capacity of Issuing Earthquake, Tsunami and Storm Surge Information																Monitoring				
Inputs				Plan	1st year				2nd year				3rd year				Remarks	Issue	Solution	
				Actual	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
Expert																				
Team Leader / Equipment Maintenance				Plan																
				Actual																
Seismic Analysis				Plan																
				Actual																
Tide Analysis				Plan																
				Actual																
Tsunami Information				Plan																
				Actual																
Disaster Information Dissemination				Plan																
				Actual																
Project Coordinator / Outreach Activities				Plan																
				Actual													Could not hire the local staff by coordinator.	JICA Vanuatu office will hire a staff instead.		
Equipment																				
Portable seismograph				Plan																
				Actual																
Seismic intensity monitor meter				Plan																
				Actual																
Computer and software for seismic intensity analysis				Plan																
				Actual																
Computer and software for tide analysis				Plan																
				Actual																
Tsunami Observation camera				Plan																
				Actual																
Training in Japan																				
Short-term Training; Seismic and Tsunami Analysis				Plan																
				Actual																
				Plan																
				Actual																
				Plan																
				Actual																
Activities				Plan	1st year				2nd year				3rd year				Responsible Organization		Achievements	Issue & Countermeasures
Sub-Activities				Actual	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	Japan	GOV		
Output 1:																				
1-1 To enhance real-time seismic monitoring network				Plan															2 locations of seismic intensity meter were inspected.	
				Actual																
1-2 To enhance real-time tide monitoring network				Plan															2 locations of Tsunami watch camera are confirmed to install.	
				Actual																
1-3 To enhance the capacity of VMGD staff for operating and maintaining seismic and tide observation equipment				Plan																
				Actual																
Output 2:																				
2-1 To study present method for analyzing and utilizing seismic and tidal data in VMGD				Plan															Baseline survey was conducted.	
				Actual																

Project Monitoring Sheet II (Revision of Plan of Operation)

Version 8

Dated 28/December/2023

Project Title: The Project for Enhancing the Capacity of Issuing Earthquake, Tsunami and Storm Surge Information

Inputs					Monitoring																				Remarks	Issue	Solution						
					Plan	1st year				2nd year				3rd year				4th year				5th year											
					Actual	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III			IV						
					Plan	2019				2020				2021				2022				2023							2024				
Actual					A	M	J	J	A	S	C	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	C	N	D	J	F	M					
Expert																																	
Team Leader / Equipment Maintenance					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Seismic Analysis					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Tide Analysis					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Tsunami Information					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Disaster Information Dissemination					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Seismic Analysis 2 / Tsunami information 2					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Project Coordinator / Outreach Activities					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Equipment																																	
Portable seismograph					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Seismic intensity monitor					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Computer and software for seismic intensity analysis					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Computer and software for tide analysis					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Tsunami Observation camera					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Tidal gauge (rehabilitation for damaged gauges by cyclone Yasa)					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Training in Japan																																	
Short-term Training; Seismic and Tsunami Analysis					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Activities																																	
Sub-Activities					Plan	1st year				2nd year				3rd year				4th year				5th year								Responsible Organization		Achievements	Issues & Countermeasures
					Actual	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	Japan	GOV						
					Plan	2019				2020				2021				2022				2023								2024			
Actual					A	M	J	J	A	S	C	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	C	N	D	J	F	M					
Output 1:																																	
1-1 To enhance real-time seismic monitoring network					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
1-2 To enhance real-time tide monitoring network					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
1-3 To enhance the capacity of VMGD staff for operating and maintaining seismic and tide observation equipment					Plan																												
					Amend																												
					Actual																												
Output 2:																																	
2-1 To study present method for analyzing and					Plan																												

Baseline survey was

[illegible]

 : Activity through the Internet



Van-REDI Project

バヌアツ「地震・津波・高潮情報の発信能力強化プロジェクト」

— 成果概要 —

2024年2月

一般財団法人気象業務支援センター

地震・津波・高潮情報の発信能力強化プロジェクト (通称：Van-REDI Project)

プロジェクト背景：

バヌアツ共和国は南太平洋に位置する小島嶼国で、地震、津波、サイクロン、洪水等の自然災害に対してきわめて脆弱な国である。国連大学が公表した2017年の世界リスク指標でも171ヶ国中、第1位とされていることから自然災害リスクが高い国と言える。こうした中、2015年に本邦の無償資金協力により地震計や気象計の整備を行い、2017年には当プロジェクトの討議議事録（R/D）を締結し、同国に対し技術協力プロジェクトが開始された。

上位目標：

VMGD及びNDMOから関係機関及び住民に対して地震・津波・高潮に関する防災情報が適時かつ的確に伝達されている。

プロジェクト目標：

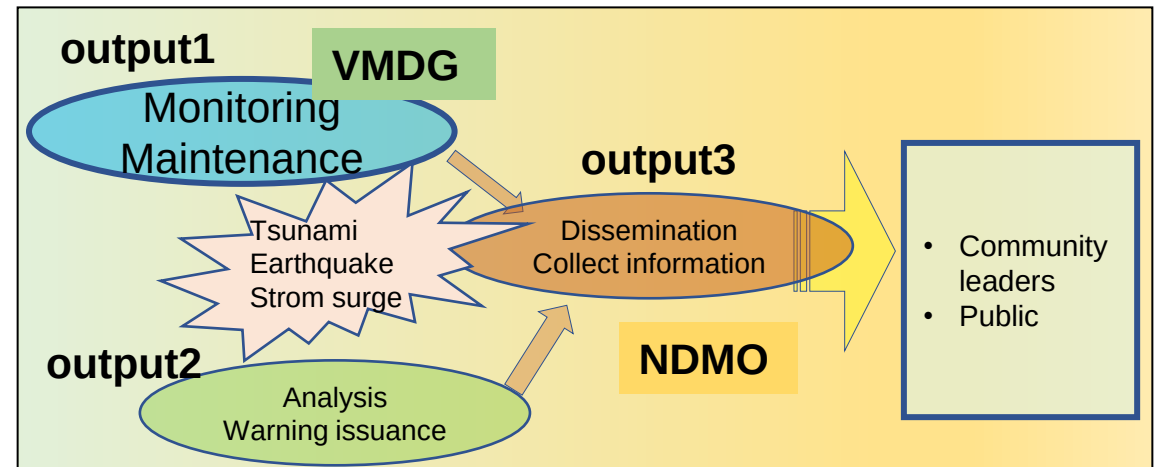
VMGDの地震・津波・高潮災害の観測及び解析能力が強化され、VMGD及びNDMOによる防災情報の伝達体制が整備される。

期待される成果：

1. VMGDの地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制が強化される。
2. VMGDスタッフの地震・潮位データの解析及び利用技術が向上する。
3. VMGD及びNDMOの防災情報の伝達能力が強化される。

プロジェクト期間：

2019年3月27日 から 2024年3月31日 まで



Structure of Working Group (original)

WG	VMGD/NDMO	WG member	JICA experts
1. Observation	Observation Division ICT & Engineering Division Geo-Hazards Division Weather Forecasting Division	Ms. Esther Saul, Mr. Janvion Cevuard, Mr. Athanas Worwor, Mr. Julius Mala, Mr. Nigel David, Mr. Dan Tari, Mr. Lévu B. Antfalo	Mr. Hiroyuki Ichijo Mr. Chuji Yamamoto
2. Earthquake	Geo-Hazards Division Weather Forecasting Division	Mr. Dan Tari, Ms. Juanita Laga Andrew, Mr. Ricardo William, Ms. Melinda Aru, Mr. Iuma Bani	Mr. Shigeo Mori
Tsunami	ICT & Engineering Division	Mr. Fred Jockley Mr. Dan Tari, Mr. Lévu B. Antfalo, Mr. Jerry Timothy	Mr. Masahiro Yamamoto Mr. Osamu Kamigauchi
Storm surge			Mr. Chuji Yamamoto
3. Dissemination	ICT & Engineering Division Geo-Hazards Division Weather Forecasting Division	Mr. Fred Jockley, Ms. Sandrine Cevuard, Ms. Patricia Mawa, Mr. Glen Siba, Mr. Dan Tari, Ms. Esther Saul, Mr. William Bae Worwor	Mr. Michihiko Tonouchi JICA coordinator
	NDMO	Ms. Zoe Ayong, Ms. Alice Iarem Sanga, Mr. Eddy Maliliu, Mr. Kensley Micah	

Structure of Working Group from 2022

WG	VMGD/NDMO	WG member	JICA experts
1. Observation	Observation Division ICT & Engineering Division Geo-Hazards Division Weather Forecasting Division	Ms. Esther Saul, Mr. Janvion Cevuard, Mr. Jeremy Bani, Mr. Naut Patterson, Mr. Athanas Worwor, Mr. John Manaseh, Mr. Nigel David, Mr. Helory Samuel, Mr. Michel Igor, Mr. Jino Moli	Mr. Hiroyuki Ichijo Mr. Chuji Yamamoto
2. Earthquake	Geo-Hazards Division Weather Forecasting Division	Mr. John Junior Niroa, Ms. Juanita Laga Andrew, Ms. Melinda Aru, Mr. Ricardo William	Mr. Shigeo Mori
Tsunami	ICT & Engineering Division	Mr. Fred Jockley, Mr. John Junior Niroa, Mr. Lévu B. Antfalo, Mr. Jerry Timothy	Mr. Masahiro Yamamoto Mr. Osamu Kamigauchi
Storm surge		Mr. Fred Jockley, Ms. Ellen Luke, Mr. Lévu B. Antfalo, Mr. Iuma Bani	Mr. Chuji Yamamoto
3. Dissemination	ICT & Engineering Division Geo-Hazards Division Weather Forecasting Division	Mr. Fred Jockley, Mr. John Junior Niroa, Ms. Esther Saul, Mr. William Bae Worwor	Mr. Michihiko Tonouchi JICA coordinator
	NDMO	Ms. Zoe Ayong	

成果 1. 観測（地震）

VMGDの地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制が強化される。

- 6台の震度計を新たに設置した。
>>> バヌアツ国内で「震度」が観測できるようになった。



現地調査



設置作業トレーニング



Sola



Port Vila



Luganville



Saratamata



Anelghowhat

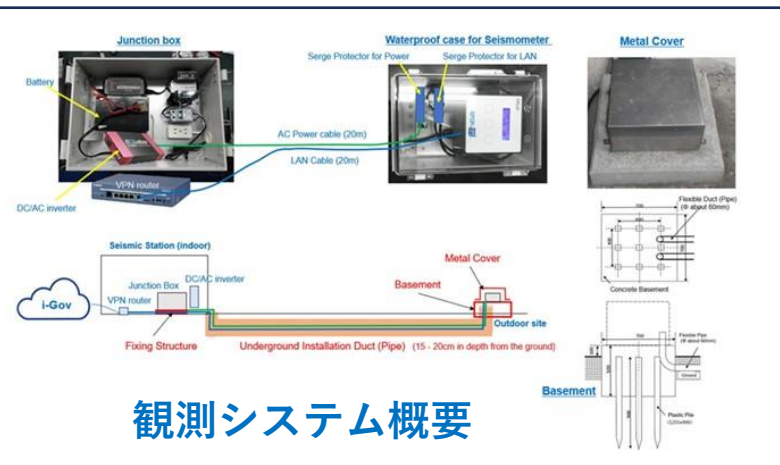


Pentecost

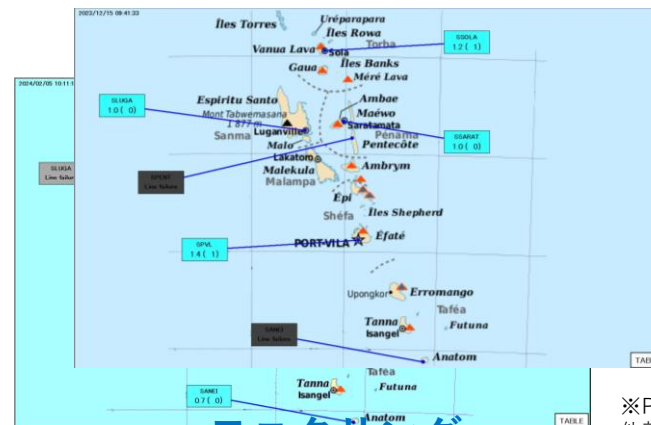
6地点に震度計を設置

(参考) 2024年2月時点

震度計: 6台
強震計: 4台
広帯域地震計: 16台
短周期地震計: 2台



観測システム概要



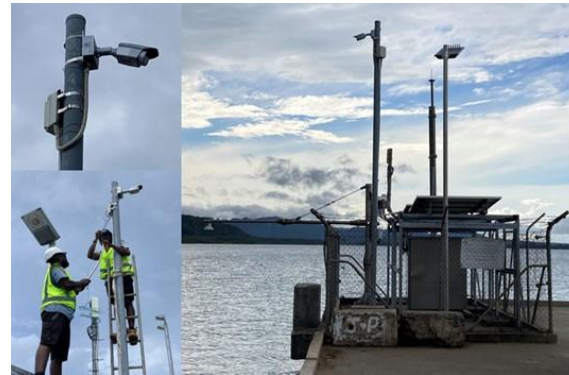
モニタリング

※Pentecostの運用は他部署(Energy Dept.)による電源復旧待ち

成果 1. 観測（潮位・津波）

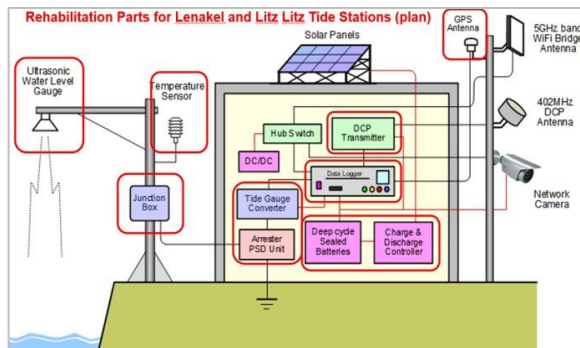
VMGDの地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制が強化される。

- サイクロンで被災した潮位観測施設の復旧作業を行った。
>>> LizlizとLenakelにて、潮位観測（および津波観測）が復旧した。
- 津波カメラを設置し、津波・高潮の状況がリアルタイムに把握できるようにした。
>>> LizlizとLenakelにて、津波監視が可能となった。
- 首都があるEfate島の状況をモニターできるよう3台目のカメラの調達・調整を行った。
>>> 設置後はEfate島の状況もモニターできるようになる。

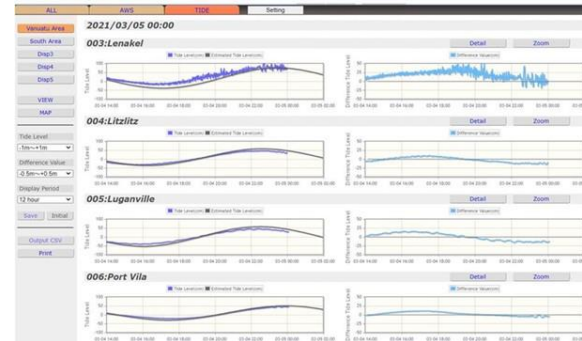


設置（復旧）作業トレーニング

設置・復旧作業（Lizliz）



観測システム概要



潮位監視



津波監視（復旧後）

（参考）2024年2月時点 潮位観測点：2台
津波カメラ：3台

※上記観測システム概要は潮位観測システムの構成を表したものである。

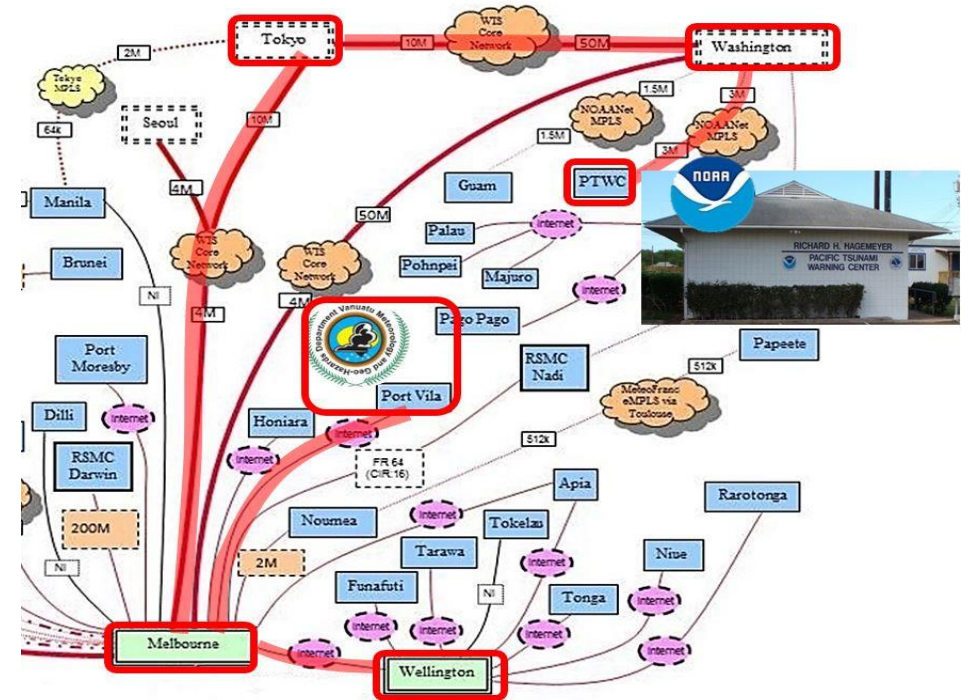
成果1. 観測（その他）

VMGDの地震・潮位分野における観測能力及び運用管理体制が強化される。

- 国外の観測データを取得するため、各国機関と調整しルーティング作業を行った。
>>> 国外の潮位観測データを取得でき、遠方からの津波が監視可能となった。
- AWOS（空港気象観測装置）の更新を行った。
>>> 空港において、より精度の高い気象観測・予報が可能となった。



AWOSの更新（Bauerfield, Peko）



ネットワーク接続
(JMA, BOM, PTWC等の協力による)

成果 2. 解析（地震）

VMGDスタッフの地震・潮位データの解析及び利用技術が向上する。

- 地震学（基礎）の講義を実施した。
>>> 観測データに基づく地震解析を行うためのVMGDスタッフの知識が向上した。
- 一般向け地震案内書を作成した。
>>> 一般の方々の地震情報の利用促進につながった。
- 地震監視作業手順書（SOP）を作成した。
>>> 地震観測データの適切な取り扱いと解析に必要な地震パラメータの算出につながった。

Examination 1 on the focal mechanism

Q. Regarding shallow (less than 40 km) earthquakes, which will be most likely expected to be observed around Espiritu Santo – Pentecost area?

Pressure Tension

Examination 2 on the velocity structure

Q. Regarding deep (like 100 km) earthquakes, which spot will have stronger motion than the other spot?

Pressure Tension

Examination 3 on the velocity structure

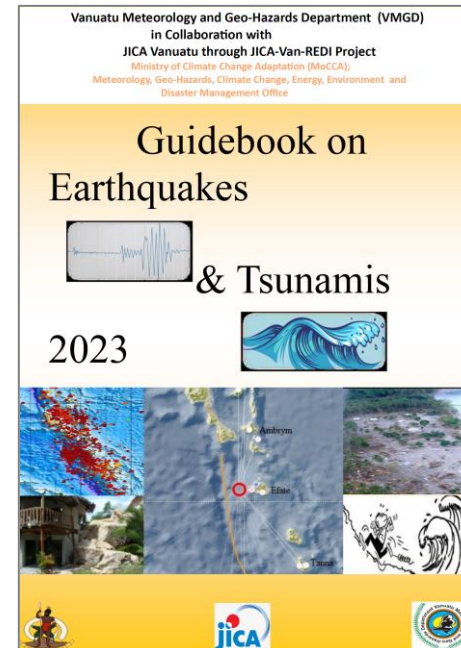
Q. P wave incidence into the boundary from deeper area. Which can be correct theoretically? According to the correct answer, does the figure below need any correction?

Pressure Tension

Examination 4 on the focal mechanism

Q. Regarding shallow (less than 40 km) earthquakes, which will be most likely expected to be observed around Espiritu Santo – Pentecost area?

Pressure Tension



Guideline for how to proceed with the Seismic Monitoring Duty in State of Emergency in Vanuatu		
Elaborated by	Revised by	Authorized by
Team of Van-REDI (JICA project for VMGD during 2019-2023)	***** (SO Seismology, Geo-Hazards Division)	John Junior Nina (Manager, Geo-Hazards Division)
	***** (SO Seismology, Geo-Hazards Division)	XXJun23
(Note: Blue letter issues are essential and to be regularly reviewed by VMGD.) 1. General issues 1.1. Purpose To properly and effectively handle earthquakes, whose hypocenters should be shallower than or equal to 100km in the local area or in the 8 regions as shown in the right column, with any potential of seismic disasters. 1.2. User Officers under earthquake monitoring shift duty including Weather Forecasters. 1.3. Contents To cover the actions to be taken with their timeline for 60 minutes just after occurrence of remarkable earthquakes in and around Vanuatu as mentioned in the "Purpose". 1.4. How to use 1) To follow this guideline in the first 30 minutes actions in the duties. 2) To refer to this guideline in the first 60 minutes actions in the duties. 3) To regularly review this guideline just before taking the shift and just after taking any tsunami simulation exercise. 1.5. Scope This guideline should follow the descriptions in the authorized documents, SOP/ACT1(hereafter called SOP). (Note: We should understand that, even though VMGD should issue Tsunami Warnings/Advisories to the public, it is important that the populations at the coast area should respond to seismic strong motions that make them startled.) 1.6. Elapsed time The time (min) shown in "2-1 The timeline of the procedures" is target and not restriction. 1.7. How to maintain this document To review and to enhance its contents after a) having experienced any events and b) having conducted drills that simulate occurrence of earthquakes.		

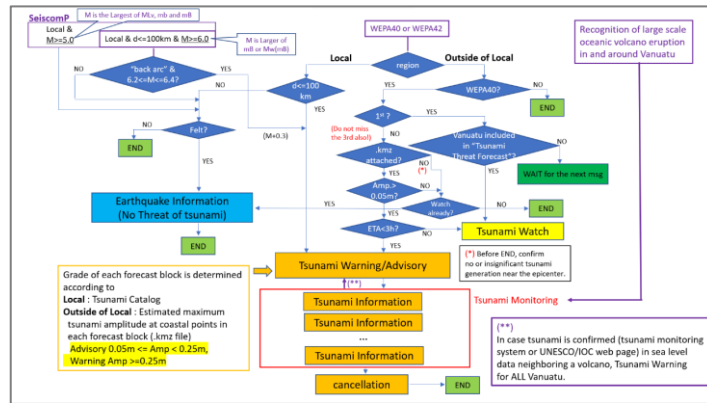
講義資料抜粋（達成度試験）

一般向け地震案内書（左）
地震監視作業手順書（右）

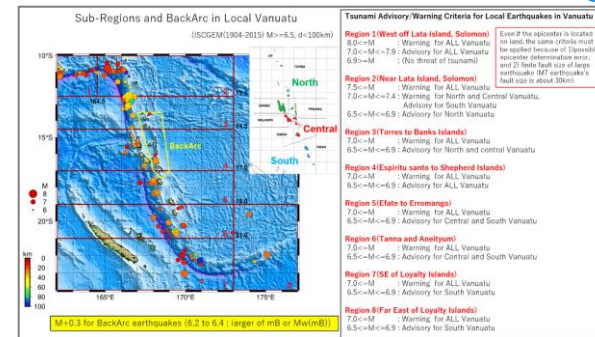
成果 2. 解析（津波）

VMGDスタッフの地震・潮位データの解析及び利用技術が向上する。

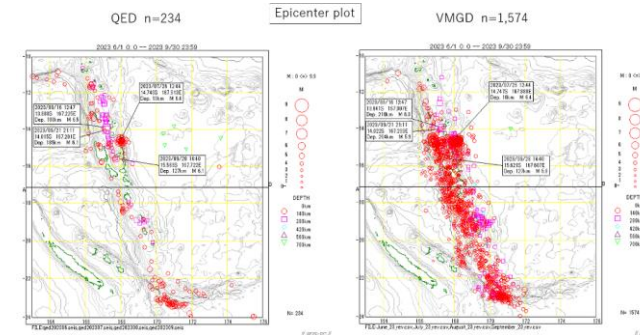
- ①地震発生時の作業手順（津波SOP）を作成・提案した。
>>> 煩雑で手順が多い旧作業手順に比べてより簡易化され、また各エリアの警報・注意報の発報基準が明確にされたことで、
VMGDによる適切な津波警報・注意報が発報できるようになった。
- ②緊急作業フローチャートを作成し、上記の津波SOPに従った部内訓練を実施した。
>>> プロジェクト開始当時、地震発生から津波情報の発表までの時間が50分程度あったものに対して、VMGDによる迅速な
津波警報・注意報が発報できるようになり、現在では25分前後に短縮された。
- ③地震解析ソフトの修正を行った。
>>> PTWCからの情報と広帯域地震計を使用して、ローカル域の地震を監視することで、ローカル域の地震による津波の有
無の確認が可能となった。
- ④津波カタログを編集、発行した。
>>> 過去の地震から津波の被害想定が可能となった。



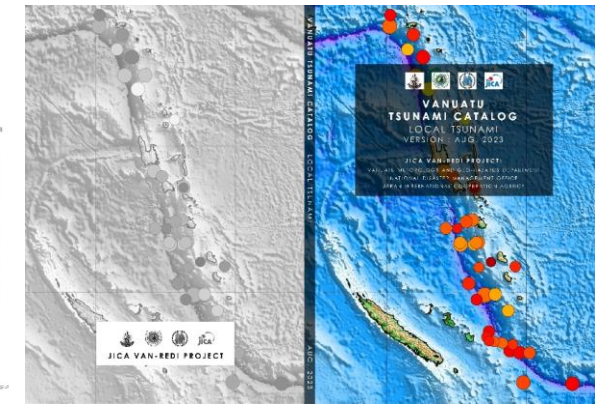
①・②緊急作業フローチャート



①・②各エリアの警報・注意報の発報基準



③地震解析結果の評価



④津波カタログ

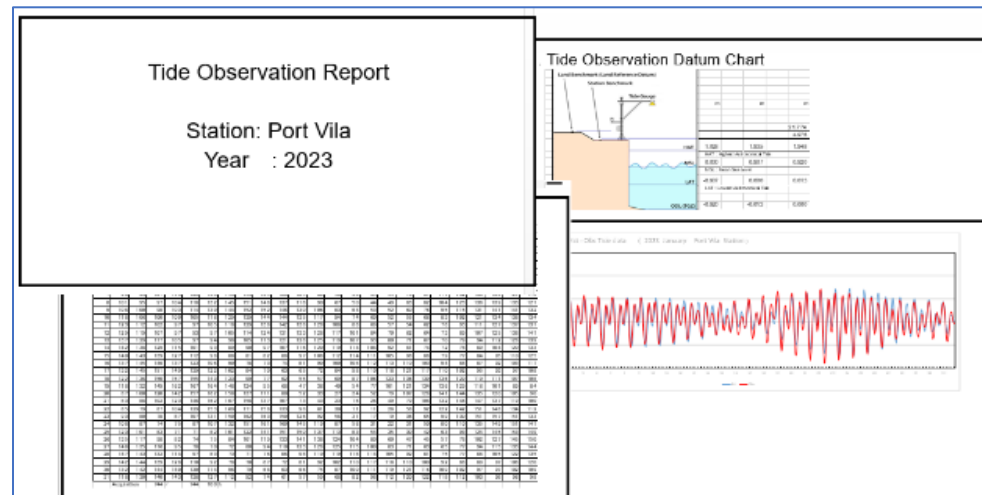


②警報発報のための部内訓練

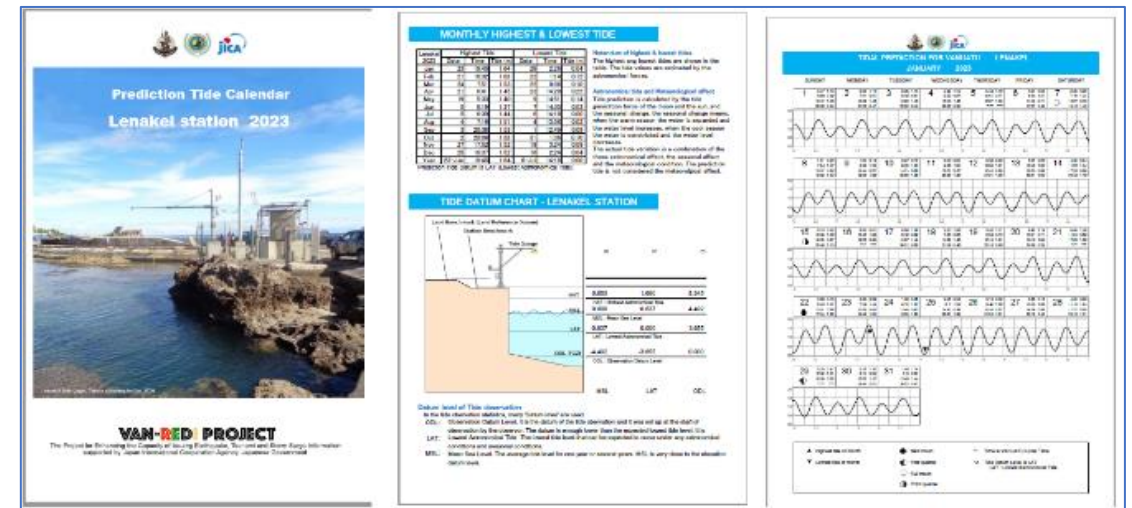
成果 2. 解析（潮位）

VMGDスタッフの地震・潮位データの解析及び利用技術が向上する。

- 潮汐学（基礎）の講義を実施した。
>>>観測データに基づく潮位解析を行うためのVMGDスタッフの知識が向上した。
- 津波検知のための推定潮位の計算方法を提供した。
>>> 適切な潮位観測および津波観測が可能となった。
>>> 年毎の推定潮位カレンダーを作成できるようになった。



潮位観測レポート



推定潮位カレンダー

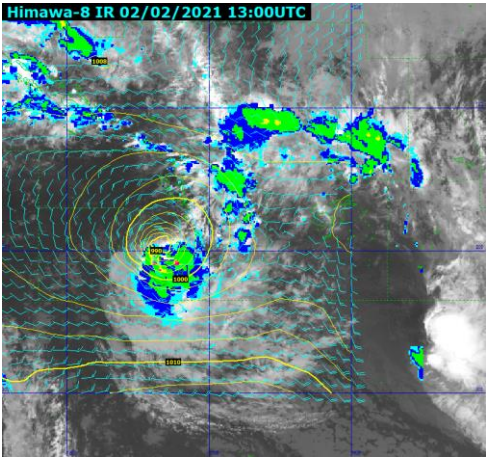
成果 3. 情報発信

VMGD及びNDMOの防災情報の伝達能力が強化される。

- 予報業務ツールをアップデートした。
>>> GSM, Himawari-RGB, GSMaP等の自動取得およびデータ利用が可能となった。
- WRFモデル計算システムを提供した。
>>> WRFモデル結果を使用できるようになった。
- WEPAの津波情報発表に迅速に対応するためにパトライトを提供した。
>>> 夜間等予報課職員のみが勤務する場合でも津波情報を入手・迅速な対応が可能となった。
- 津波避難訓練を実施した。
>>> 一般市民の津波避難誘導手順が確認できた。
>>> 津波避難訓練の実施手順が確認し、NDMO/VMGD自ら訓練を実施できるようになった。



津波避難訓練



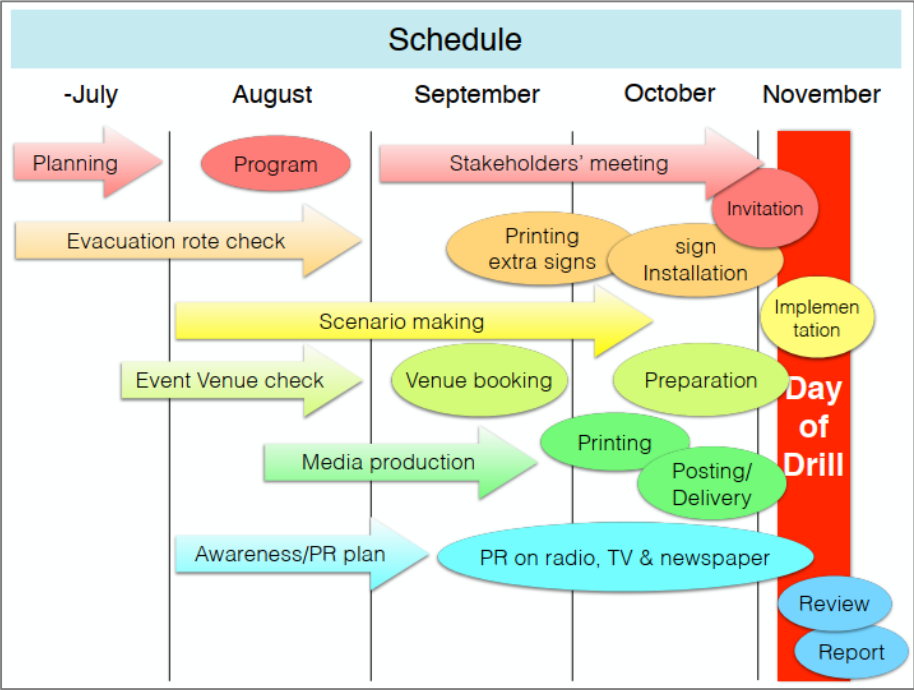
観測データの合成



津波情報取得に連動したパトライト

場所	実施日	参加人数	サポート
Port Vila	2019/11/4 – 6	3,000	JICA
South Efate	2020/11/4 – 5	300	JICA
Luganville	2020/12/16 – 18	210	JICA
Port Vila	2021/6	-	-
Epi	2021/11/8 – 9	600	JICA
Aneityum	2021/12/17	-	-
East Efate	2022/11/2 - 4	500	JICA

津波避難訓練実施の様子



実施スケジュール



2019年 Efate



2021年 Epi



2020年 Ifila



2020年 Santo



訓練実施ポスター



配布Tシャツ

成果3の活動として、2019年、2020年、2021年、2022年にエファテ島およびサント島で、地域コミュニティを巻き込んだ津波避難訓練が実施された。