

エルサルバドル国  
外務省  
環境天然資源省  
市民防災総局

# エルサルバドル国 広域防災システム整備計画

## 準備調査報告書

平成 25 年 1 月  
(2013 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

委託先  
八千代エンジニアリング株式会社  
財団法人気象業務支援センター

環境
CR (1)
13-010

## 要 約

### ① 国の概要

エルサルバドル国（以下「エ」国）は海岸地帯が熱帯、高原地帯は亜熱帯気候に属する。首都サンサルバドルが位置する標高約 650～900 メートルの高原では年平均気温は摂氏 23 度、海岸低地では 28 度前後である。全国の年間平均降水量は 1,400～2,200mm であり、1 年は概ね 5 月～10 月の雨期と 11 月～4 月の乾期に分かれ、乾期の降水量は極めて少なく雨期にはほとんど連日のように短時間のスコールがある。「エ」国は中米地域の太平洋岸に位置しており、「エ」国の地震のほとんどは太平洋側からのココプレートが沈み込む海溝部とシエラマドレ山脈の火山帯に沿った位置で発生している。

「エ」国の人口は約 623 万人（2011 年世界銀行）で、そのうち、210 万人が首都であるサンサルバドルに居住している。人種は 90%をメスチソが占め、白人は 9%、先住民が 1%となっている。公用語はスペイン語であり、識字率は 80%、英語教育も浸透している。世界銀行の統計によると、2011 年の「エ」国の GDP は約 230 億 US ドル、1 人当たりの名目 GDP は約 3,700US ドルであるが、失業率は 7.3%、貧困層は 240 万人にも上り、主に在米のサルバドル人からの送金によって支えられている。

### ② 要請プロジェクトの背景、経緯及び概要

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は、我が国に甚大な被害をもたらし、国際社会に対しても防災の重要性を改めて認識させることとなった。今回の大震災では、津波警報が避難の促進や公共交通機関の事故等を防止する上で重要な役割を果たしたが、我が国の気象庁は有識者らによる勉強会を立ち上げ、津波警報のさらなる改善に向けて検討を進めている。一方、2010 年 2 月にチリ中部沿岸で発生した Mw\*8.8（米国地質調査所発表）の地震により、周辺諸国では地震のみならず津波による被害も大きかった。被害の大きかった国々も防災能力の向上に努めており、地震の計測や地震情報の発信等を行っているが、観測網が十分とは言えず、地震や津波の正確な予測情報の分析や情報伝達システムも改善の余地がある。JICA は将来の協力計画の基礎資料とするために 2011 年 9 月下旬から 11 月中旬にかけて地震や津波の被害リスクが高いと思われるアジア・環太平洋諸国を対象に防災対策の現状等の把握を目的とする基礎情報収集・確認調査を実施した。外務省は、その結果等を参考に、「東日本大震災からの復興の基本方針（平成 23 年 7 月 29 日 東日本大震災復興対策本部）」に基づき実施する無償資金協力案件の形成を目的とした「広域防災システム整備計画協力準備調査」（以下、本調査という。）を行うよう JICA に対して調査指示を行った。これを受け、本調査は実施するものである。

\* Mw：モーメントマグニチュード。地震を起こす断層運動のモーメント（Mo）から定義される。米国地質調査所ではこの基準を使用する。

### ③ 調査結果の概要とプロジェクトの内容

JICA は本調査の中で 2012 年 3 月 25 日から 3 月 31 日及び同年 5 月 26 日から 6 月 16 日の 2 回に分けて「エ」国に調査団を派遣し、防災に係わる機材設置の要請内容の確認を行い、各設置予定サイトの現地調査を実施した。帰国後に現地調査結果を基に国内解析を行い、概略設計を実施すると共に概略事業費の積算を行った。その結果を基に、2012 年 11 月 21 日より 12 月 2 日まで概略設計概要説明調査を行なった。

プロジェクトの内容は、「エ」国全国を対象として強震計システム、ブロードバンド観測システム、潮位計測システム等自然災害の状況をいち早く観測する各種装置の配置を行い、各システムからの観測データを無線回線等を用い高速で監視センターにオンラインで接続する伝送システムの増設を行うものである。また、防災拠点から各自治体及び住民への無線通信システムの整備を行う。本プロジェクトのコンポーネントについては、現地調査の結果から、1. 本プロジェクトの目的、2. 技術的妥当性、3. 相手国の優先順位、4. 裨益効果（被災地産品の調達による機材調達先への裨益を含む）から優先順位付けを行い選定した。選定結果は以下のとおり。

項目	数量	設置場所				
<b>1 地震計システム</b>	<b>8 箇所</b>					
		K1	大統領公邸	1 箇所(2 台)		
		K2	サンホセ デ ラ モンタナ	1 箇所(2 台)		
		K3	統計センサス局社会統計部	1 箇所(2 台)		
		K4	中米技術学院サンタテクラ	1 箇所		
		K5	パンチマルコ市庁舎	1 箇所		
		K6	ケサルテペケ市庁舎	1 箇所		
		K7	サンミゲル国家登記局	1 箇所		
		K8	ロマ デ アラルコン	1 箇所		
<b>2 ブロードバンド観測システム</b>	<b>5 箇所</b>					
		B1	ハヤケ	1 箇所		
		B2	タカチコ	1 箇所		
		B3	サンアンドレス	1 箇所		
		B4	ラスパパス	1 箇所		
		B5	ラスヌベス	1 箇所		
<b>3 GPS 観測システム</b>	<b>3 箇所</b>					
		G1	ロマ デ アラルコン	1 箇所		
		G2	サンビセンテ第5歩兵旅団	1 箇所		
		G3	ラスヌベス	1 箇所		
<b>4 潮位計測システム</b>	<b>1 箇所</b>					
		T1	ラリベルタ港	1 箇所		
<b>5 津波監視カメラシステム</b>	<b>2 箇所</b>					
		W1	アカフトラ港	1 箇所		
		W2	ラリベルタ港	1 箇所		
<b>6 無線システム</b>				<b>6.1 無線中 継装置</b>	<b>6.2 VHF 携 帯無線機</b>	<b>6.3 VHF 固 定無線機</b>
6.1 無線中継装置	8 組	R1	アワチャパン	1 組	3 組	33 組
6.2 VHF 携帯無線機	498 組	R2	ソンソナテ	1 組	4 組	35 組
6.3 VHF 固定無線機	44 組	R3	ラリベルタ	1 組	6 組	80 組
		R4	ラパス	1 組	6 組	114 組
		R5	サンビセンテ	1 組	2 組	22 組
		R6	ウスルタン	1 組	7 組	114 組
		R7	サンミゲル	1 組	2 組	14 組
		R8	ラウニオン	1 組	7 組	86 組
		R9	サンサルバドル	-	7 組	-
		計		8 組	44 組	498 組

本プロジェクトの責任機関は「エ」国外務省であり、実施機関は、環境天然資源省（MARN）及び総務省市民防災総局（DGPC）である。MARNは精度の高い地震情報により迅速に災害情報を国家防災委員会に報告する義務を担っている。地震や津波等自然災害の情報は、MARNが全国に設置している地震計、潮位計等の他、国際機関からの情報により24時間体制で分析を行っている。一方、DGPCは、国民に対して防災・減災に係るサービスを行い、国民、動不動産、環境、公共サービスに影響を与える災害に対して効果的な対応を実施する。本プロジェクトにおいては、地震計システム、ブロードバンド観測システム、GPS観測システム、潮位計測システム及び津波監視カメラシステムはMARNが運用を行い、無線システムはDGPCが無線中継装置を管理すると共に、県、市及びコミュニティへVHF無線機の配布を行う。

#### ④ プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトの所要工期は我が国無償資金協力ガイドラインに基づき、実施設計から入札業務、据付工事を含めて14.0ヶ月となる。概略事業費については、日本側の負担額は機材調達費、調達代理機関費及び機材設計監理費を含む4.00億円である。また、「エ」国側の負担費用は約43百万円と見積もられ、主な内訳は免税措置、機材据付用建屋または部屋の確保、コンクリート基礎工事、床工事、電源工事、インターネット回線工事、無線中継装置の維持管理である。なお、本プロジェクトでの調達先は東北を中心とした日本産品を優先することとする。

#### ⑤ プロジェクトの評価

本プロジェクトの実施により、地震計システム、ブロードバンド観測システム、GPS観測システム、潮位計測システム及び津波監視カメラシステムが整備されることで「エ」国住民約623万人に対し地震津波情報の提供が可能となる。「エ」国の防災分野における国家計画については、2010年から5ヶ年に渡る国家開発計画に示されており、本プロジェクトは、「災害予防を考慮した開発計画・事業の推進」に該当することから、「エ」国開発計画に資すると考えられる。

現在、MARNが運営する地震観測網において、本プロジェクトにより地震計システム、ブロードバンド観測システム及びGPS観測システムが増設されることにより、「エ」国全土（21,040km<sup>2</sup>）の地震観測機材の配置密度が高くなり、地震の観測精度が向上するとともに「エ」国の地震解析向上に寄与する。

指標名 機材名	設置箇所数 地震計の配置密度	
	基準値（2012年）	目標値（2015年）
地震計システム	25箇所 30km <sup>2</sup> に1箇所	33箇所 25km <sup>2</sup> に1箇所
ブロードバンド 観測システム	4箇所 70km <sup>2</sup> に1箇所	9箇所 50km <sup>2</sup> に1箇所
GPS観測システム	5箇所 65km <sup>2</sup> に1箇所	8箇所 50km <sup>2</sup> に1箇所

また、「エ」国には2箇所の潮位計が設置され、MARNによって監視されている。これらは国土の東端と西端に位置する貿易用港湾に設置されており、直線距離350kmに及ぶ海岸線においては効果的な配置とは言い難い。このため、本プロジェクトにて1箇所の潮位計をこれらの間に増設することにより、津波観測精度が向上し、津波による被害状況の推定や、今後津波が来襲する地域への詳細な予報の発表が可能となる。また、潮位計で観測されたデータは、衛星回線を通じてハワイ大学及び政府間海洋学委員会（IOC）に提供され、我が国の気象庁と情報共有を行うことが可能となる。この情報から、日本へ到達する可能性のある津波の予測が、より正確に行うことが可能となる。本プロジェクトの実施後の津波測定間隔時間は以下のとおりである。

指標名	基準値（2012年）	目標値（2015年）
潮位計	2箇所	3箇所
津波測定間隔時間	約60分	約30分

また、潮位観測が可能となる県及びその裨益人口は以下のとおりに向上する。

指標名	基準値（2012年）	目標値（2015年）
潮位計が設置されている県	2県 (Sonsonate, La Union)	3県 (Sonsonate, La Union, La Libertad)
裨益人口	1,116,137人	1,776,789人

一方、無線システムによりDGPCオペレーションセンターから各県の出先機関へ情報が送信されることにより、情報伝達の統制が図られ、市民への確実な情報提供が可能となる。現在の「エ」国防災無線ネットワークは、長年にわたり小規模な援助によりVHF携帯無線機をコミュニティへ配布してきたことから、機種も周波数も統一されておらず維持管理が困難な状況であった。また、既設の無線ネットワークシステムは、同一チャンネルで接続しているため、通話ができるのが1対向（2人）に限定されるだけでなく、ある一つの機関のみが利用可能となり、特に緊急災害時は各地方機関が一斉に無線機を使用することが予想され、DGPCからの緊急を要する指示・連絡等が、市民防災県委員会（CDPC）へ伝わらない事態が懸念されている。このため、本プロジェクトにより①全国防災無線網（DGPC⇔CDPC間）と②地方防災無線網（CDPC⇔市民防災市委員会（CMPC）、市民防災コミュニティー委員会（CCPC）間）の2つのチャンネルグループに分割することにより緊急災害時においてもスムーズな情報伝達が可能となる。

指標名	基準値（2012年）	目標値（2015年）
ネットワーク数	1ネットワーク	2ネットワーク

なお、VHF携帯無線機及びVHF固定無線機の設置場所及び無線中継装置のカバレッジとなる沿岸地域の裨益人口は約78万人となる。このように、オンライン化された地震計システム、潮位計測システム等が据え付けられ、合せて無線システムが配置されることにより、「エ」国全体への災害情報伝達が迅速化する。

以上のように、本プロジェクトにより地震、津波に対する警報がいち早く住民に伝達される体制が構築されることにより、「エ」国住民生活の質が向上し、安定した地域社会の育成に寄与すると共に、このような災害情報が共有されることで、日本を含む周辺国の防災能力の向上に資するものである。

# 準備調査報告書

## 目 次

要約

目次

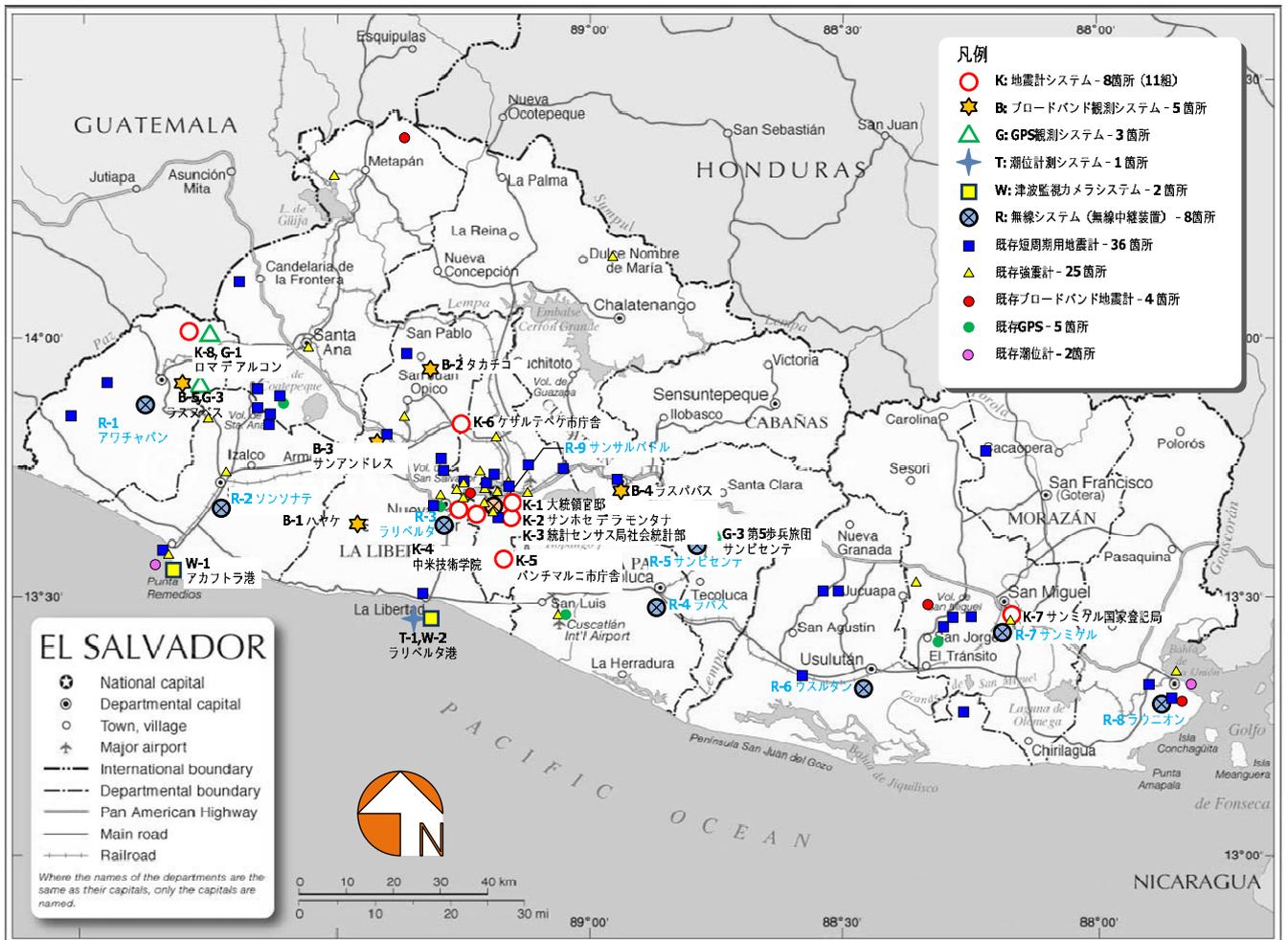
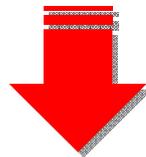
位置図/写真

図表リスト/略語集

第1章 プロジェクトの背景・経緯 .....	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題 .....	1-1
1-1-1 現状と課題.....	1-1
1-1-2 開発計画.....	1-12
1-1-3 社会経済状況.....	1-12
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要 .....	1-12
1-3 我が国の援助動向 .....	1-13
1-4 他ドナーの援助動向 .....	1-14
第2章 プロジェクトを取り巻く状況 .....	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制 .....	2-1
2-1-1 組織・人員.....	2-1
2-1-2 財政・予算.....	2-2
2-1-3 技術水準.....	2-4
2-1-4 既存施設・機材 .....	2-6
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況 .....	2-13
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2-13
2-2-2 自然条件.....	2-13
第3章 プロジェクトの内容 .....	3-1
3-1 プロジェクトの概要 .....	3-1
3-2 協力対象事業の概略設計 .....	3-3
3-2-1 設計方針.....	3-3
3-2-2 基本計画（機材計画） .....	3-12
3-2-3 概略設計図.....	3-18
3-2-4 調達計画.....	3-19
3-2-4-1 調達方針.....	3-19
3-2-4-2 調達上の留意事項.....	3-20
3-2-4-3 調達・据付区分.....	3-20
3-2-4-4 調達監理計画.....	3-22
3-2-4-5 品質管理計画.....	3-23
3-2-4-6 資機材等調達計画.....	3-23

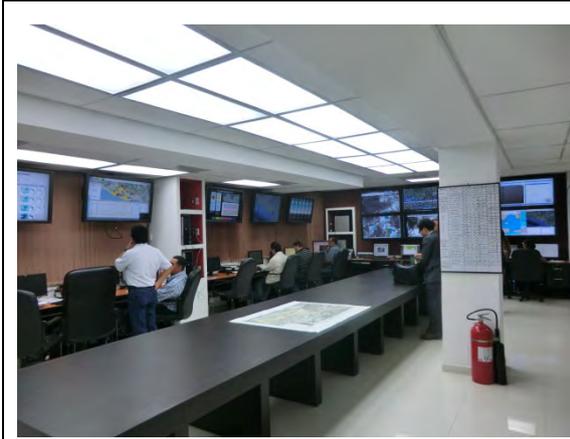
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画.....	3-23
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画.....	3-24
3-2-4-9	実施工程.....	3-24
3-3	相手国側分担事業の概要.....	3-25
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-26
3-4-1	運営・維持管理体制.....	3-26
3-4-2	日常点検.....	3-27
3-5	プロジェクトの概略事業費.....	3-28
3-5-1	協力対象事業の概略事業費.....	3-28
3-5-1-1	日本国側負担経費.....	3-28
3-5-1-2	相手国側負担経費.....	3-28
3-5-1-3	積算条件.....	3-29
3-5-2	運営・維持管理費.....	3-29
3-5-2-1	設定条件.....	3-29
3-5-2-2	推定結果.....	3-30
第4章	プロジェクトの評価.....	4-1
4-1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4-2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手側投入（負担）事項.....	4-1
4-3	外部条件.....	4-1
4-4	プロジェクトの評価.....	4-1
4-4-1	妥当性.....	4-1
4-4-2	有効性.....	4-2
添付資料		
1.	調査団員・氏名.....	A-1-1
2.	調査日程表.....	A-2-1
3.	関係者（面会者）リスト.....	A-3-1
4.	討議議事録（M/D）.....	A-4-1
5.	サイト候補地調査結果.....	A-5-1
6.	ソフトコンポーネント計画書.....	A-6-1
7.	概略設計図.....	A-7-1
8.	VHF 携帯無線機及び VHF 固定無線機設置場所と計画台数.....	A-8-1
9.	本プロジェクトの無線中継装置カバレッジ（想定）及び VHF 無線機配布先配置図.....	A-9-1

# エルサルバドル位置図



位置図

## 写真 1/2



### MARN システム

サンサルバドル中心部にある MARN 本部のモニタリングセンター。地震・津波情報がオンラインで集中監視されている。(MARN 本部)



### 既存 GPS

建屋屋上部分に設置されている GPS の状況。地形の変形等の観測を行う。

(CNR : サンタテクラ)



### 既存強震計

屋内に据付けられている強震計の状況。データは MARN によって回収されている。

(農業省 : サンタテクラ)



### 潮位計設置サイトの状況

エルサルバドルの海岸は遠浅であり、栈橋が建設され地方自治体によって管理されている。

(T-1 : ラリベルタ港)



### 監視カメラ設置位置からの遠景

La Libertad はサンサルバドルに近く休日には多くの観光客が集うため、津波の際の避難誘導に監視カメラは有効である。(W2 : ラリベルタ港)



### ブロードバンド設置場所

MARN の標準的な地震観測施設。1m 程の立坑内のコンクリート上に設置する。

(B-5 : ラスヌベス)

## 写真 2/2



### 強震計設置サイトの観測井戸

サンサルバドル市内の地震計設置施設の状況。観測井戸は利用可能な状況である。

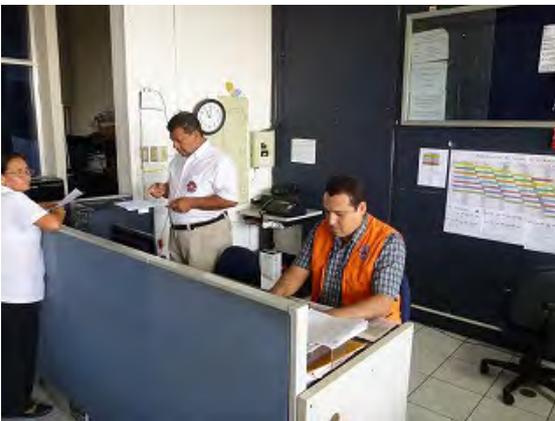
(K-1: 大統領公邸)



### GPS 設置サイトの建屋

GPS 設置予定となる地震計測小屋。GPS はセキュリティも考慮し建屋の屋上部分に取り付ける。

(G-1: ロマ デ アラルコン)



### DGPC 事務所-オペレーションセンター

DGPC のオペレーションセンター内にある無線機とオペレーター。各地方局との連絡を行う。

(R-9: サンサルバドル)



### CMPC 事務所

DGPC の出先機関である CMPC 事務所の状況。沿岸部の標高が低く、洪水や津波の被害が予想される地域の地図が壁面に示される。(R-3: ラリベルタ)



### 中継局装置

既存の中継局の状況。停電時にはバッテリーによって動作が可能となる。

(R-8: ラウニオン)



### CCPC 職員

DGPC の出先機関となる CCPC の状況。各コミュニティの職員が配置されている。

(R-7: サンミゲル)

# 図表リスト

## 第 1 章

図 1-1-1	災害情報の伝達経路.....	1-3
図 1-1-2	プレート位置図.....	1-4
図 1-1-3	「エ」国の震央分布図.....	1-4
図 1-1-4	地震観測所位置図.....	1-5
図 1-1-5	地震発生通報画面（Web サイト）.....	1-6
図 1-1-6	既設 GPS 観測体制.....	1-8
図 1-1-7	既設潮位（津波）観測体制.....	1-8
図 1-1-8	津波発表のフローチャート.....	1-9
図 1-1-9	地震観測データの利用目的と使用する地震計の種類.....	1-10
表 1-1-1	防災に係る関係機関.....	1-1
表 1-1-2	地震観測の種類と使用目的.....	1-7
表 1-1-3	地震観測及び潮位観測における問題点と課題.....	1-11
表 1-2-1	要請内容概要.....	1-13
表 1-3-1	我が国の支援一覧.....	1-13
表 1-4-1	他ドナーの支援一覧.....	1-14

## 第 2 章

図 2-1-1	MARN 組織図.....	2-1
図 2-1-2	DGPC 組織図.....	2-2
図 2-1-3	既存の全国防災無線網.....	2-8
図 2-1-4	全国防災無線網の階層.....	2-8
図 2-1-5	本プロジェクト実施後の防災無線網.....	2-9
図 2-1-6	本プロジェクトによる地方防災無線網サービスエリア全体.....	2-11
図 2-1-7	本プロジェクト実施後の防災無線ネットワーク.....	2-12
表 2-1-1	MARN の財務状況.....	2-3
表 2-1-2	DGPC の財務状況.....	2-3
表 2-1-3	既存の地震・GPS 観測機材.....	2-7
表 2-1-4	既存の潮位観測機材・津波監視カメラ.....	2-7
表 2-1-5	既存の無線中継局の調査結果.....	2-10
表 2-2-1	エルサルバドル国内に震源を持つ地震一覧.....	2-15
表 2-2-2	エルサルバドル国内で発生した被害津波の一覧.....	2-15
表 2-2-3	エルサルバドル近隣国で発生した地震一覧.....	2-16

## 第 3 章

図 3-2-1	DGPC を中心とした運営体制.....	3-3
図 3-2-2	我が国の津波予報区.....	3-8

図 3-2-3	「エ」国機材設置位置図.....	3-10
図 3-2-4	事業実施関係図.....	3-23
表 3-1-1	協力の範囲.....	3-1
表 3-1-2	計画対象サイトの選定内訳（MARN 向け機材）.....	3-2
表 3-1-3	計画対象サイトの選定内訳（DGPC 向け機材）.....	3-2
表 3-2-1	コンポーネントのデータ転送方式.....	3-5
表 3-2-2	機材設置の優先・評価基準.....	3-6
表 3-2-3	コンポーネントの配置方針.....	3-7
表 3-2-4	主要機材の概略仕様.....	3-14
表 3-2-5	概略設計図リスト.....	3-18
表 3-2-6	負担事項区分.....	3-20
表 3-2-7	事業実施工程表.....	3-24
表 3-3-1	「エ」国負担事項区分.....	3-25
表 3-4-1	MARN 向け機材（地震計他）保守計画.....	3-26
表 3-4-2	DGPC 向け機材（無線機）保守計画.....	3-26
表 3-4-3	MARN 向け潮位計点検項目及び点検用機器.....	3-27
表 3-4-4	DGPC 向け無線機他点検項目及び点検用機器.....	3-27
表 3-5-1	MARN 予算設定.....	3-29
表 3-5-2	DGPC 予算設定.....	3-30
表 3-5-3	年間収入.....	3-30
表 3-5-4	運営費と保守費の推定（MARN）.....	3-31
表 3-5-5	運営費と保守費の推定（DGPC）.....	3-32

## 略語集

CCPC	Comisión Comunal de Protección Civil	市民防災コミュニティー委員会
CDPC	Comisión Departamental de Protección Civil	市民防災県委員会
CMPC	Comisión Municipal de Protección Civil	市民防災市委員会
CMT	Centroid Moment Tensor	セントロイド・モーメント・テンソル
CNPC	National Commission for Civil Protection	国家防災委員会
CNR	National Center of Registries	国家登記局
COED	Departmental Emergency Committee	県非常事態委員会
COEM	Municipal Emergency Committee	市非常事態委員会
COEN	National Emergency Committee	国家非常事態委員会
DCP	Data Collection Platform	通報局
DGPC	Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres	市民防災総局
GLOSS	Global Sea Level Observation System	全球海面水位観測システム
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite	米国の静止実用気象衛星
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GTS	Global Telecommunication System	全球通信システム
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission	政府間海洋学審議会
IVA	Impuesto sobre el valor añadido	付加価値税
LAN	Local Area Network	構内通信網
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	環境天然資源省環境監視局
Mb	Body - wave Magnitude	実体波マグニチュード
Mj	Local Magnitude of JMA	気象庁マグニチュード
MI	Richter Magnitude scale	リヒターマグニチュード
Ms	Surface wave Magnitude	表面波マグニチュード
Mw	Moment Magnitude Scale	モーメントマグニチュード
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	米国海洋大気圏局
OJT	On the Job Training	オー・ジェー・ティー
PTWC	Pacific Tsunami Warning Center	太平洋津波警報センター
SHF	Super High Frequency	センチメートル波
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
VAT	Value Added Tax	付加価値税
VHF	Very High Frequency	超短波

## 第1章 プロジェクトの背景・経緯

# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

## 1-1 当該セクターの現状と課題

### 1-1-1 現状と課題

#### (1) 防災連絡体制（無線ネットワーク）の現状と課題

##### 1) 現状

エルサルバドル国（以下「エ」国）では、災害に際して効率的に国民の命と私有・国有財産を守ることを目的とし、2005年に市民防災サービスに係る法律「市民防・減災法令（Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastre, 2005）」が制定された。同法令では、①市民防災の目的と体制を明確化した国家防災体制の構築、②市民防災体制に係る機関の明確化、③市民防災局の役割の規定、④国家防災計画の内容決定、⑤災害時の国家緊急事態宣言及び警報の出し方、⑥現行法令に違反した場合の刑罰措置について規定されている。国家防災計画は、審議会のアドバイスを得て市民防災局長により策定された後、国家市民防災・減災委員会（以下、国家防災委員会）により承認される。計画には、国、県、市、コミュニティ各レベルでの政策、戦略、行動、プログラムが含まれる。

「エ」国の防災に係る組織・機関としては、最高機関として国家防災委員会（National Commission for Civil Protection、以下、CNPC）が設立され、その下に市民防災総局（Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres 以下、DGPC）が組織されている。各自治体には市民防災県委員会（Comisión Departamental de Protección Civil、以下、CDPC）、市民防災市委員会（Comisión Municipal de Protección Civil、以下、CMPC）、市民防災コミュニティ委員会（Comisión Comunal de Protección Civil、以下、CCPC）が設置されており、上記法律により各機関の役割は表 1-1-1 のとおり規定されている。

表 1-1-1 防災に係る関係機関

機関名	構成員・機関及び役割
国家防災委員会 (CNPC: National Commission for Civil Protection)	総務大臣、市民防災総局長、外務省、保健省、農牧省、環境省、公共事業省、国防省、教育省、市民警察、商工会議所の2代表、防災関係のNPOの3代表により構成されている。同委員会の役割は、国家防災計画の策定、リスクマップに従った防災政策の監督、災害時における適時な対応策の立案、国家非常事態体制宣言をするために大統領に進言し、軍民の各組織、消防団、その他組織による避難所設置、緊急食料支援、緊急救助の確保の他、県、市、村、コミュニティ各レベルの委員会の取りまとめを実施している。

機関名	構成員・機関及び役割
市民防災総局 (DGPC: Dirección General de Protección Civil)	<p>総務省に属し、国民に対して防災・減災に係るサービスを行い、国民、動不動産、環境、公共サービスに影響を与える災害に対して効率的に対応する。市民防災局長の役割は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 国レベルの非常事態対応計画及び危機管理計画を策定し国家防災委員会の承認を得る。</li> <li>- 環境監視総局の作成した国の災害に対する危機状況脆弱性及び予め国家委員会に承認された防災行動・防災工事に関するに関するレポートを公開する。</li> <li>- 法律・法令に違反した場合の処罰措置をとる。</li> <li>- 防災局の防災計画の実施を取りまとめる。</li> <li>- 防災局の災害の事前対策・非常時対策の実施を取り仕切る。</li> <li>- <u>国レベルでの警報システムを指揮し、国家非常事態宣言の発令を国家防災委員会に提言する。</u></li> <li>- 防災委員会自身の規制を策定する。</li> <li>- 学校、コミュニティ及び市における防災教育を推進する。</li> <li>- <u>防災に関する科学情報を収集する。</u></li> <li>- 個人またはコミュニティからの被害防止策の要請を国家防災委員会に進言する。</li> <li>- <u>情報収集のために国内外関係機関との関係を築き保持する。</u></li> <li>- 緊急の被害または被害の可能性のあるコミュニティを対象とした社会人類学研究成果を活用する。</li> </ul> <p>上記の中で本プロジェクトと密接に関連している項目を下線で示した。</p>
市民防災県委員会 (CDPC: Comisión Departamental de Protección Civil)	<p>県知事、県内の市長委員会長、国家委員会の派遣員、国家委員会に選出された防災関係 NPO の代表 1 名により構成されている。同委員会の役割は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 県レベルの防災の実施計画を策定する。</li> <li>- 国家委員会と連携し、国の規則に従う。</li> <li>- 国家防災計画の実現を指導し、防災委員会の県レベルの活動を行う。</li> <li>- 県レベルでの被害及び必要な対策を評価し国家委員会に提出する。</li> </ul>
市民防災市委員会 (CMPC: Comisión Municipal de Protección Civil)	<p>市長、国家委員会の派遣員、防災関係 NPO 代表 1 名、コミュニティリーダー 1 名により構成されている。同委員会の役割は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 市レベルの防・減災の実施計画を策定する。</li> <li>- 県委員会と協調して活動する。</li> <li>- 国家防災計画の実施を指導、監視する。</li> <li>- 市レベルでの被害及び必要な対策を評価し、県委員会に提出する。</li> </ul>
市民防災コミュニティ委員会 (CCPC: Comisión Comunal de Protección Civil)	<p>コミュニティから選出されたリーダー、コミュニティ組織、国家委員会に任命された NPO の派遣員により構成されている。同委員会の役割は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- コミュニティレベルの防・減災の実施計画の策定を行う。</li> <li>- 県委員会と協調して活動を行う。</li> </ul>

「エ」国の緊急警報に係る実際のオペレーションは DGPC が担当している。DGPC は首都サンサルバドルの総務省内に事務所を設置しており、約 20 名の人員で災害に対する監視体制を維持している。DGPC が環境天然資源省 (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales、以下 MARN) の災害情報を受信してから、住民へ伝達する手順は以下のとおりである。

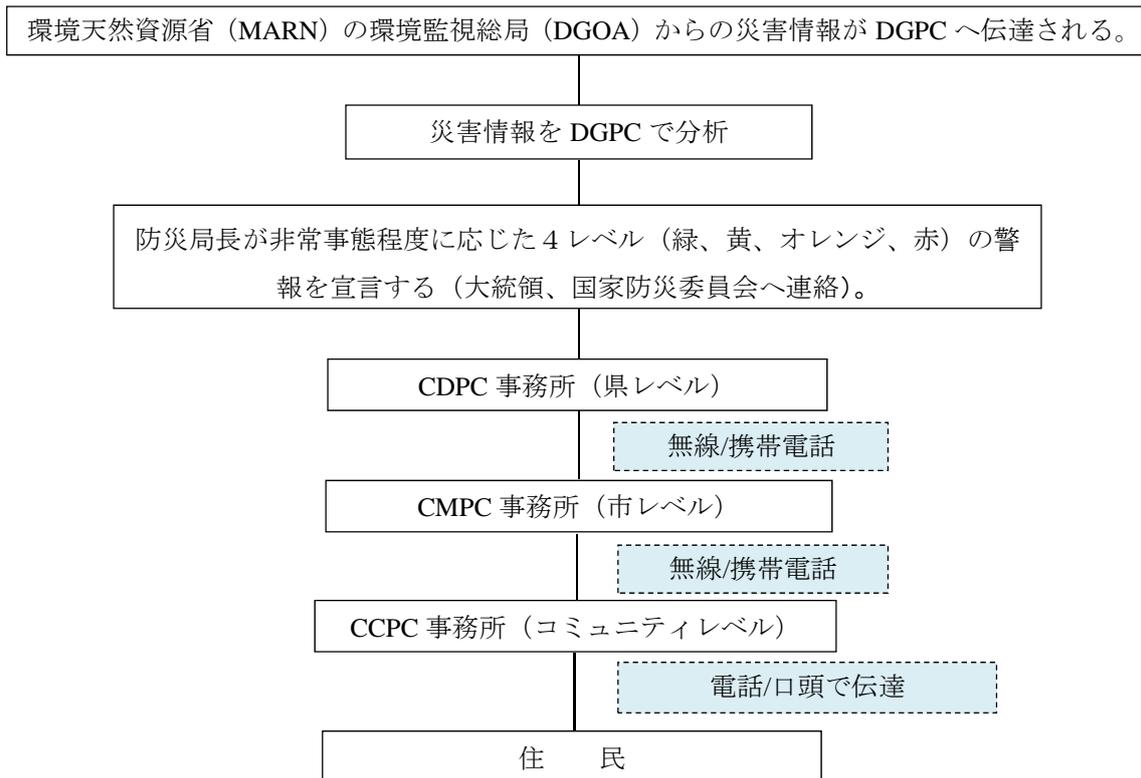


図 1-1-1 災害情報の伝達経路

## 2) 課題

### ① 本部から全国への情報伝達に係わる課題

2009 年の「エ」国の政権交代以降、DGPC は緊急災害に対応するため、下位組織である CDPC、CMPC、CCPC 事務所の設置及び整備を進めており、それと同時に住民に対して迅速に災害情報を提供するため、全国を結ぶ無線ネットワークの構築と各機関への無線機の設置を進めている。無線機の設置個所が増えることで災害情報を伝達できる地域が増える一方で、現状のシステムは同系統のチャンネルで無線ネットワークが構築されていることから、ある一つの機関が通信を行っている間は、他の機関は無線を使用できない状態となる。特に、緊急災害時は各地方機関が一斉に無線機を使用することが予想され、DGPC からの緊急を要する指示・連絡等が県レベルの CDPC へ伝わらない事態が懸念されている。今後、CDPC、CMPC 及び CCPC に対する無線機の設置が進んでいくことが予想されるため、中央からの災害情報を県以下の対策本部へ伝達するための無線通信網の整備・効率化が急務な課題となっている。

### ② コミュニティにおける情報伝達に係る課題

DGPC が下位機関への無線機の設置を進めた結果、県レベルの CDPC、市レベルの CMPC への無線機の設置は完了している（1 事務所に対して、固定無線機 1 台、携帯無線機 2 台程度）。一方で、住民に最も近い CCPC 事務所に対しては、他ドナーや NGO により部分的に無線機が整備されているものの、約 80%の事務所には無線機の設置がなされていない。緊急災害情報を住民に対して伝達するためには、CCPC に対しても迅速に情報を伝達する必要があり、CCPC への

携帯無線機の整備が必要不可欠である。

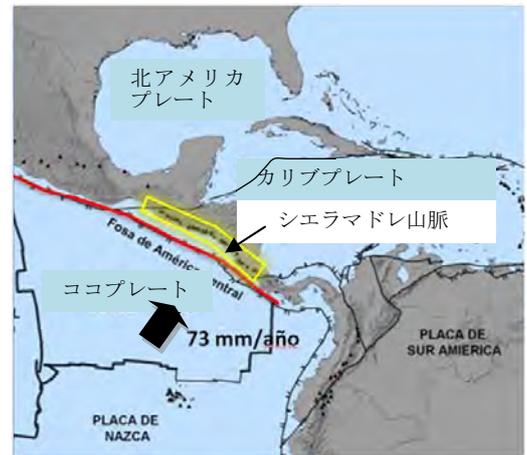
## (2) 地震・津波監視体制（地震計・潮位計）

### 1) 「エ」国の地震・津波

「エ」国は、中米地域の太平洋岸に位置しており、太平洋側からココ（Cocos）プレート、カリブ海側からはカリブ（Caribe）プレート、北からは北アメリカ（Norte America）プレートが迫っており、「エ」国のある中米はココプレートがカリブプレートの下に沈み込むメソアメリカ海溝に沿っている（図 1-1-2）。

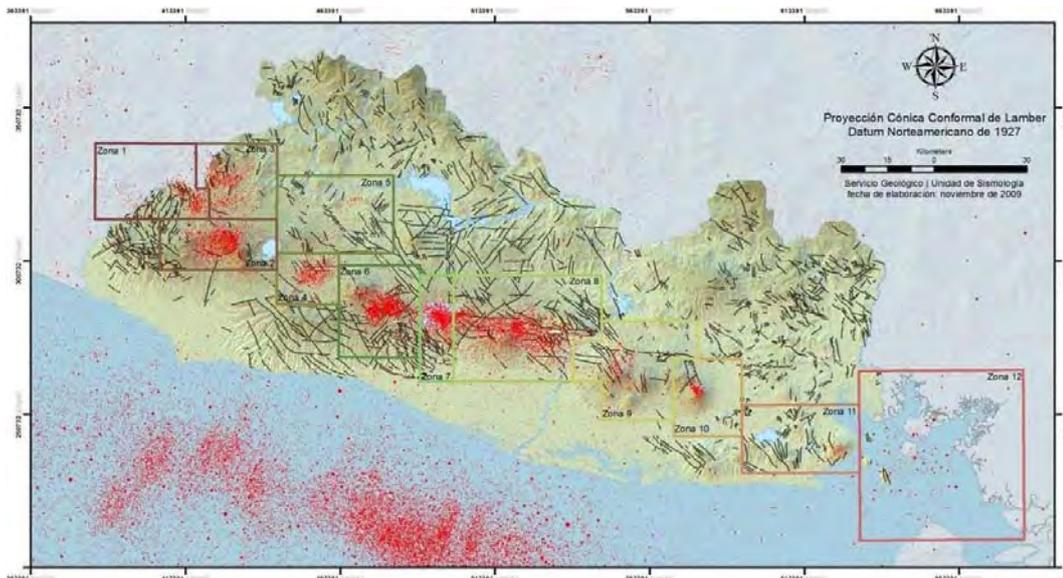
一般に、「エ」国では、メソアメリカ海溝のプレート付近のカップリング（固着強度）は弱く、火山が連なるシエラマドレ山脈と呼ばれる火山帯の下のカップリングが強いために、強い地震はシエラマドレ山脈に沿った地下で生じるとされている。図 1-1-3 に「エ」国の地震震央分布を示すが、地震のほとんどはココプレートの沈み込む海溝部とシエラマドレ山脈の火山帯に沿った位置で発生している。

津波をもたらす地震はエルサルバドル沖海溝部で発生する近地地震と海外で発生する遠地地震に分類されるが、近地地震及び津波については MARN 内の環境監視総局自らが解析し、遠地地震及び津波については、米国 USGS や太平洋津波警報センター（PTWC）、日本の気象庁から情報を得ている。



出所 MARN

図 1-1-2 プレート位置図



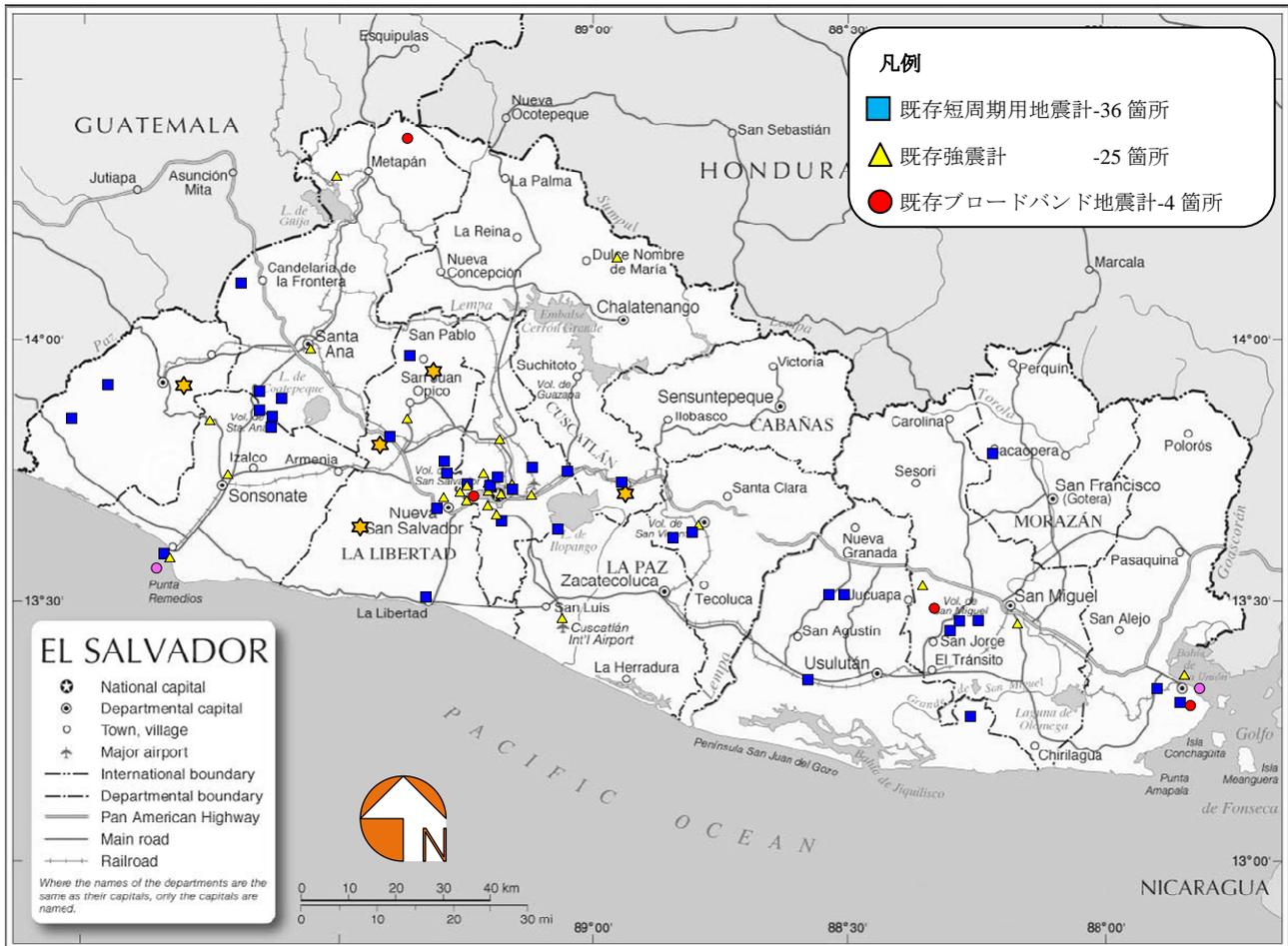
出所 MARN

図 1-1-3 「エ」国の震央分布図

## 2) 「エ」国の地震観測体制の現状

「エ」国の国レベルでの地震観測は、MARN によって行われている。その他、中米大学、エルサルバドル国立大学、レンパ川電力公社（CEL）が独自の地震観測施設を有している。

図 1-1-4 に MARN の地震観測所位置図を示す。MARN では地震観測に短周期用地震計 36 箇所、強震計（加速度計）25 箇所、ブロードバンド（広帯域）地震計 4 箇所、合計 65 箇所の地震計を整備している。



出所 MARN

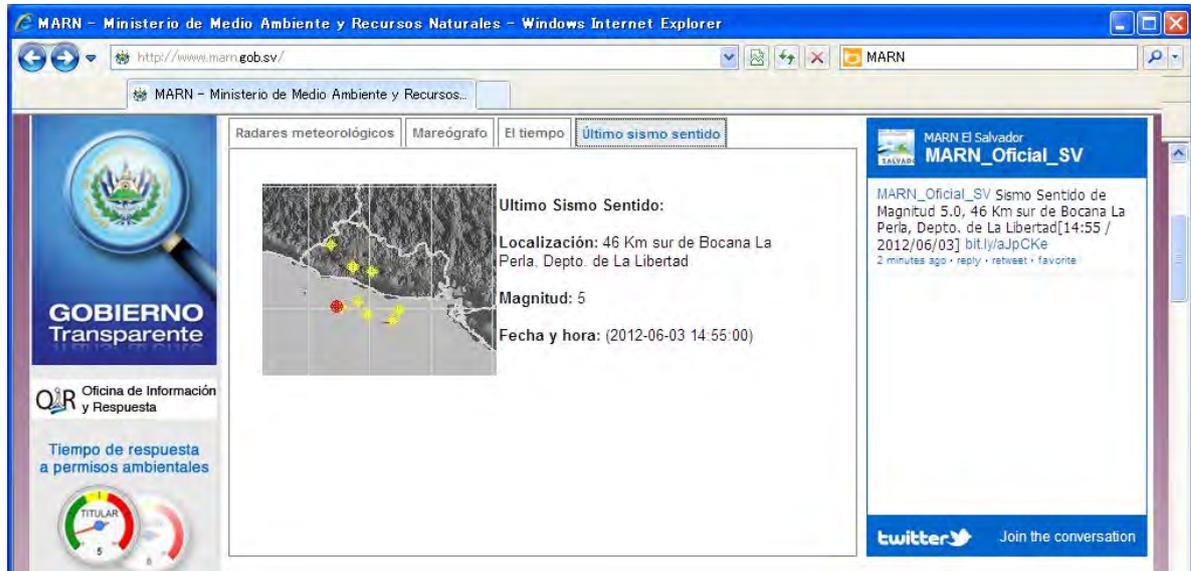
図 1-1-4 地震観測所位置図

多くの地震計では、基本的には無線送信網（400MHzUHF や 5.8GHzSHF）やインターネットを介して MARN にデータが転送されるが、2011 年以降に設置された観測所ではインターネットによる運用がなされている。この内、広帯域地震計は 5.8GHzSHF 回線またはインターネット経由で MARN にデータが転送されている。また、強震計については、2003 年までに設置されたものは地震発生後にデータを現地で回収するタイプであるが、近年整備された地震計は、インターネットや 5.8GHzSHF 無線網を介した常時接続型となっている。

これらの地震計のデータは上記通信網によって MARN の MARN システム\*に送信される。その後、EARTH WORM や SEISCOMP と呼ばれる地震データ解析ソフトウェアによって震源解析が行

われ、解析結果（時刻、緯度経度、深度、マグニチュード）は防災関連機関に連絡されるとともに、図 1-1-5 に示すように地震発生後 5～15 分程度で MARN ホームページにも掲載される。

\*MARN システム：「エ」国内の地震・津波等に係わるデータをオンラインで収集し、観測されたデータから震源要素（位置やマグニチュード）や津波高の解析等を一元的に行うシステム。



出所 MARN

図 1-1-5 地震発生通報画面（Web サイト）

地震計には変位型地震計、速度型地震計、加速度型地震計、広帯域地震計、高感度地震計等があるが、参考に代表的な地震計について説明する。

- 速度型地震計（短周期用地震計）

動くコイルと固定された磁石で構成され、ノイズが少なく、コイルの巻数を増やせば感度が上がるという特性があり、地震観測の基本とされた。ただし、コイルの稼働範囲（変位量）に限界があるため、強い地震動には振り切れることがある。また、観測可能な周期は短周期（5Hz 以下）に限られる等の特性があり短周期用地震計とも呼ばれる。しかし構造が簡単で高感度を得ることができるため、かつては震源・マグニチュードの決定、常時微振動観測等に用いられた。現在では欠点が改良され、高感度地震計として利用されている。気象庁では地震検知網として全国の 200 箇所（2012 年 1 月現在、およそ 43 km 四方に 1 台）に配置している。

- 加速度型地震計（強震計）

変位量にフィードバック・サーボ（変位を抑制するための電圧や電流）をかけ、その電圧（電流）値から地震動の強さを換算する。高性能で高分解能が得られ、強震動（3,000 ガル程度まで）の観測に用いられる。日本では気象庁の官署に配置されるとともに各自治体にも配置され（2012 年 1 月現在、全国で約 4,000 箇所：およそ 10 km 四方に 1 台）、地震発生時の震度速報・震度情報に利用されている。また、兵庫県南部地震以降、地震動の震度から被害率を推定する試みが行われ、大地震発生時の被害推定や初動体制の資料ともなっている。

- 広帯域地震計（ブロードバンド地震計）

地震による速い振動から、非常にゆっくりとした振動まで、広い周波数範囲にわたって記録できる。近年の計測技術の進歩によって、数百秒の固有周期を持つ地震計が実現できるようになった。広帯域地震計で得られる地震波形を用いて、世界中で起こる大地震の CMT 解（地震開始から終了の頃までほぼ全期間を通した断層のすべりの様子：発震機構）や、震源での断層運動の時間経過を表わす震源時間関数等の解析がなされている。長周期地震動を高精度に観測するためには、広帯域地震計の温度変化や気圧変化は大敵であり、通常、広帯域地震計は断熱された横坑の奥や立坑（継杭）、または空調の整備された室内に設置される。

気象庁では全国の約 20 箇所（2012 年 1 月現在、およそ 140 km 四方に 1 台）に設置し、上記解析を行っている。

参照 東京管区気象台 HP :

[http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/monthly\\_v-act\\_doc/fukuoka/02m06/500\\_02m06memo.pdf](http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/fukuoka/02m06/500_02m06memo.pdf)

防災科研 HP : [http://www.hinet.bosai.go.jp/about\\_earthquake/sec9.4.html](http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/sec9.4.html)

地震計メーカー資料

これらの地震計と、それを利用した地震観測を行う目的については、表 1-1-2 に示すとおりである。「エ」国では地震防災と研究用の 2 つの目的に対して地震計を配置していることがわかる。

表 1-1-2 地震観測の種類と使用目的

地震計の種類	使用目的	目的の分類	速報性
速度型地震計	震源要素の推定	防災	必要
加速度型地震計	震度速報、被害率推定	防災	必要
広帯域地震計	発震機構の推定	防災	不要
	断層運動の推定	研究	
多層観測*	深層（岩盤）と表層の地震動比較	研究	不要
	表層地盤の震動解析	建築設計	

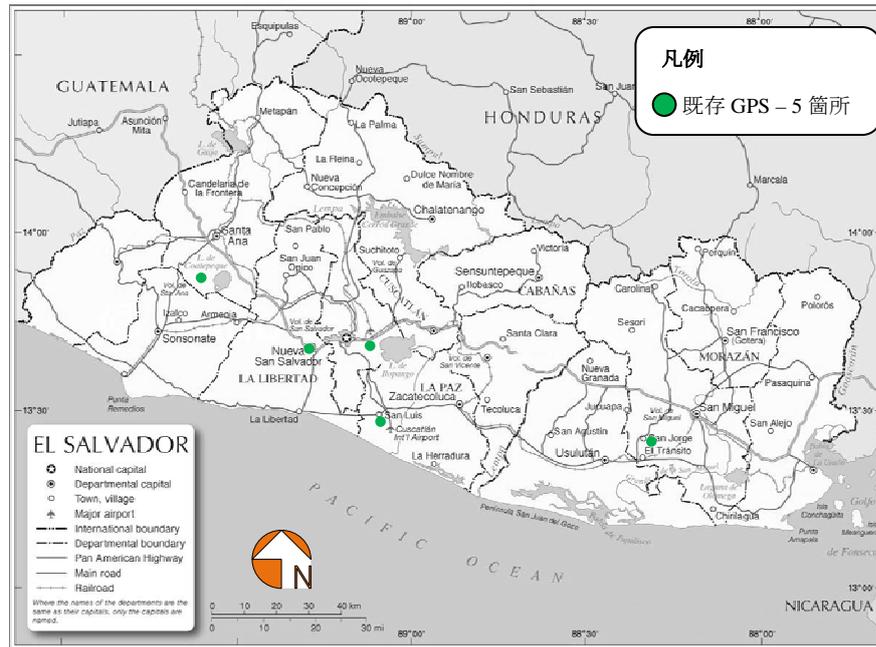
\* 多層観測：同一観測点で地震計を井戸の上下で 2 箇所設置する方法

### 3) 「エ」国の GPS 観測体制の現状

MARN は二周波 GPS（精密 GPS）による地盤の移動量・移動速度観測を 4 箇所で行っている。また、国家登記局（CNR）の観測する GPS 観測データも取得しており、実質 5 箇所での観測を行っていることになる。

一般に、二周波 GPS による観測では、火山活動に伴う地盤の移動量観測から火山活動の推定をすること及び陸側プレートの移動量から太平洋プレートの沈み込み量の推定やカップリングの程度を推定するために行われる。これにより地殻上部とプレート境界部における歪の増加量や放出量を推定することにより、今後発生する海溝型地震や津波の発生を推定に資するものと期待されている。一部の観測所はウィスコンシン大学やマドリード大学の協力の下に設置され、

観測データはこれらの大学にも送信されると同時に、中米地域の火山活動監視やプレート移動の研究にも活用されている。図 1-1-6 に既存の GPS 観測体制を示す。

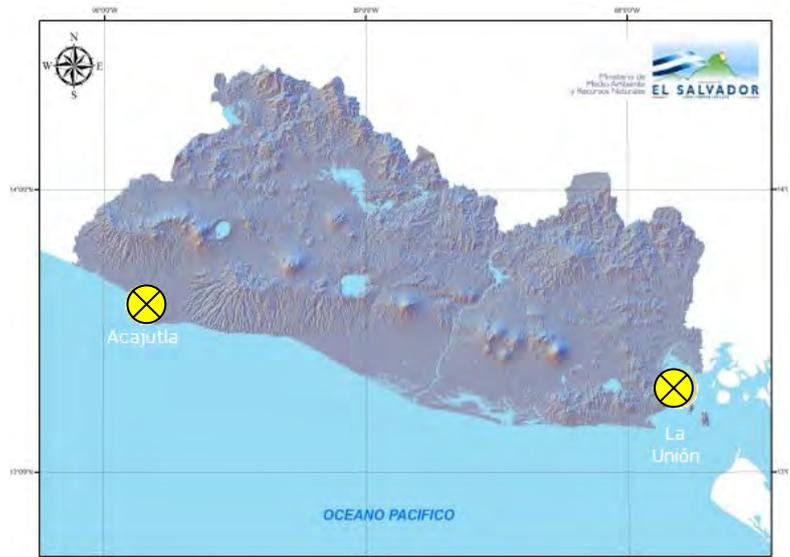


出所 MARN

図 1-1-6 既設 GPS 観測体制

#### 4) 「エ」国の潮位（津波）観測体制の現状

「エ」国の国レベルでの潮位観測も、MARN によって行われている。現在 MARN は国内に 2 箇所の潮位観測所を運用する。これらはいずれもハワイ大学の支援のもとに設置され、ハワイ大学が運用する GLOSS（Global Sea Level Observation System）に登録され、IOC（Intergovernmental Oceanographic Commission）にも提供されている。潮位観測データは、米国海洋大気庁（NOAA）が所管する GOES（米国の静止気象衛星）の DCP 機能を利用して収集され、GOES から再発信されるデータを MARN が直接



出所 MARN

図 1-1-7 既設潮位（津波）観測体制

受信している。これらの潮位データは GTS でも配信されており、MARN はバックアップ用として利用しているが、各国気象局も GTS 経由で受信することが可能である。これらの潮位データも津波監視用データとして MARN システムに接続され、リアルタイムで表示されている。図

1-1-7 に既存潮位観測体制を示す。

潮位データは、観測所では1秒毎にサンプリングされ、1分間の統計値（最大、最小、平均潮位）が算出される。1秒値と1分値は現地のデータロガーに保存されるが、1分値は気象衛星GOESを経由してMARNで収集・表示され、津波監視に利用されている。これらの潮位データからは、津波が到達した場合には潮位の変化として観測（モニター）することができるが、津波到達前の予測にはならない。MARNは、これまで津波予測のための簡易的な予測手法を複数の国から入手を試みてきたが、今後はより精度の高い予測手法を導入する方針である。現在MARNは、図1-1-8に示すようなフローチャートによる判定基準に基づいて、津波警報を発表している。地震の震源位置、マグニチュードから判定する方法であり、定性的な津波予報となっている。

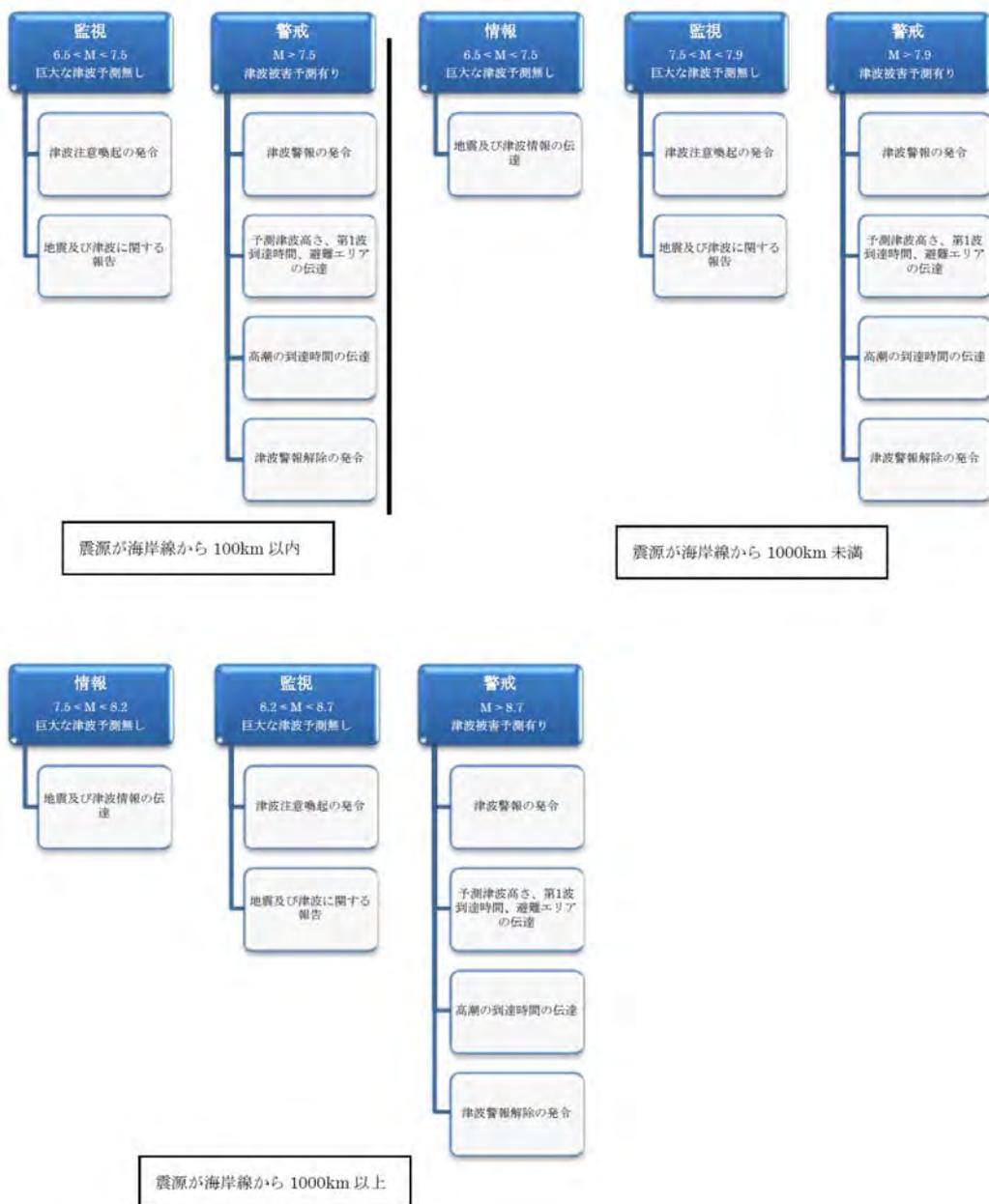


図 1-1-8 津波発表のフローチャート

MARN は地震・津波防災を管轄する唯一の国家機関で、日本の気象庁のように、国民に対して津波予報や津波警報を公表する義務を負っており、精度の高い津波予報をタイムリーに発表する手法を開発する必要がある。具体的には、日本の気象庁が行っている「量的津波予報」のように即座に定量的な津波予測のできるシステムを MARN は希望している。しかし、このようなシステムの開発には膨大な震源解析データ、高度な津波予測モデルとその理解、高性能な計算機システム等が必要なため、本プロジェクトの支援内容には適さないと判断される。

## 5) 地震観測データの利用目的と使用する地震計

地震観測データは多くの目的に利用されており、地震の震源調査の他、地震の規模を測定し建物等の被害の把握、津波発生の可能性の調査、あるいは火山活動・耐震建築・地滑り等の防災技術の研究に利用されている。なお、大地の変位量の測定については、二周波 GPS が利用されているが、一般にこのような測定器は地震計とは呼ばない。地震観測データの利用目的と使用する地震計の種類を図 1-1-9 に示す。

本プロジェクトでは、大地震発生時の震源要素決定及び地震動による被害推定・初動体制確立のための資料収集を目的としており、強震計を中心に調達を計画している。一方、MARN は被害の調査、津波発生の可能性、あるいは火山活動研究等に対してもデータ提供を求められており、14 の県からなる「エ」国全国への配置を行う他、サンサルバドル等都市部の人口集中地域に対しては、地区ごとに強震計の配置を行うことで、被害状況の把握を定量的に行う計画である。このため、本プロジェクトでは既存の地震計と合せて、サンサルバドル市内に地震計を密に設置する予定である。さらに、全国規模の地震観測網としてブロードバンド観測システム及び GPS 観測システムを整備する計画であり、前述のとおり、MARN はこれまで全国にブロードバンド地震計 4 台及び GPS 測定器 4 台を配置しているが、本プロジェクトで観測拠点を増加させデータの質と量をより高めることとする。

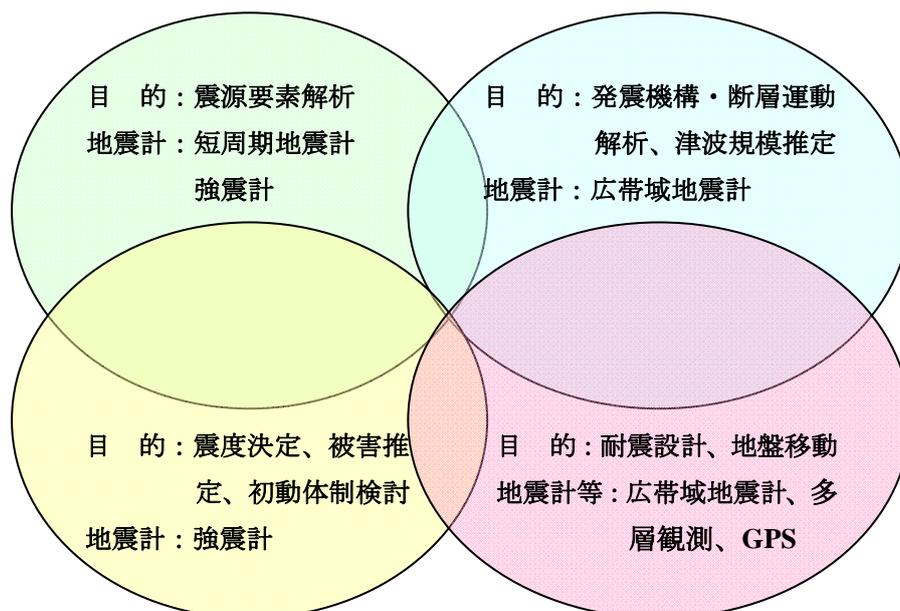


図 1-1-9 地震観測データの利用目的と使用する地震計の種類

## 6) 地震観測及び潮位観測における課題

MARNによる地震計測及び潮位観測に係わる現状についてまとめ、それぞれの課題について表1-1-3に示した。GPS観測と地震観測については測定する目的が異なる項目を分けて同表に示した。

表 1-1-3 地震観測及び潮位観測における問題点と課題

	現状	課題
地震観測	<p>MARNは「エ」国国土に短周期地震計、強震計、広帯域地震計を65台設置し、無線通信網やインターネット回線による地震観測ネットワークを展開し、MARN本部のMARNシステムでデータ収集及びデータ解析を行っている。観測された地震波形データから、震源要素（位置やマグニチュード）を解析し、国の防災機関に通報するとともにHPにも掲載している。</p> <p>サンサルパドルは岩盤の上に火山灰が堆積した地層であるため、岩盤と表層土の地震動の違いを解析するために、市内1箇所です二層観測を行っている。</p> <p>海域で発生した地震については、独自の判断基準で津波発生の可能性を予測し、必要に応じて津波情報や津波警報を発表している。</p>	<p>【震源要素決定】 短周期地震計による震源要素解析を行った上で、強い地震に関しては強震計による補正を行っているが、防災の観点からは迅速化する必要がある。</p> <p>【震度決定】 震度決定のプロセスが明らかでないため、強震計観測結果から即座に震度を決定する手法の導入が望まれる。</p> <p>【広帯域地震計の活用】 広帯域地震計の機能を生かすためには温度を一定に保つことが不可欠であるが、既存の観測所には必要な温度管理が成されていない。また、広帯域地震計による観測データの解析手法として、発震機構解析（CMT解析）等の導入が望まれる。</p> <p>【多層観測】 既存の二層観測についてスペクトル解析*を行っているが、建築物の構造解析に利用されるレベルの施設は有しているものの、オンライン化はされていない。 *地震動による振幅を周波数に基づいて計算したもの</p>
GPS観測	<p>MARNは二周波GPSによる地盤の移動量・移動速度観測を4箇所を実施している。また、国家登記局（CNR）の観測するGPS観測データも取得しており、実質5箇所での観測を行っている。</p>	<p>【火山動による地盤移動観測】 ウィスコンシン大学の研究用として設置され、同大学によりデータが分岐され、中南米域の火山活動監視に利用されているが、「エ」国独自の機材による防災が望まれる。</p> <p>【地盤移動観測】 本プロジェクトで設置するGPS観測システムはリアルタイムでデータを収集することとなるが、得られたデータをリアルタイムで解析する手法の導入が必要である。</p>
潮位観測	<p>「エ」国の国レベルでの潮位観測は、MARNによって行われている。現在MARNは国内に2箇所の潮位観測所を有する。これらはいずれもハワイ大学の支援のもとに設置され、ハワイ大学が運用するGLOSSに登録されており、同時にIOCにも提供されている。</p> <p>現在MARNは、地震の震源が海底である場合に、独自の判定基準に基づいて、津波警報を発表している。これは地震の位置や規模のみから津波を判定する方法であり、定性的な津波警報となっている。</p>	<p>【津波モニタリング】 潮位観測データは、津波が到達した場合には潮位の変化として観測することができるが、津波到達前の予測にはならない。</p> <p>【津波予測】 MARNは地震・津波防災を管轄する唯一の国家機関であり、日本の気象庁のように、国民に対して津波予報や津波警報を発表する義務を負っている。そのためには、精度の高い津波予報をタイムリーに発表する手法を開発する必要がある。具体的には、日本の気象庁が行っている「量的津波予報」のように即座に定量的な津波予測のできるシステムが必要である。</p> <p>【津波監視カメラ】 本プロジェクトで津波監視用カメラを導入し、MARNシステム上に表示するようになるが、津波監視の自動化を行うためには、画像解析ソフトウェアの導入等が将来必要である。</p>