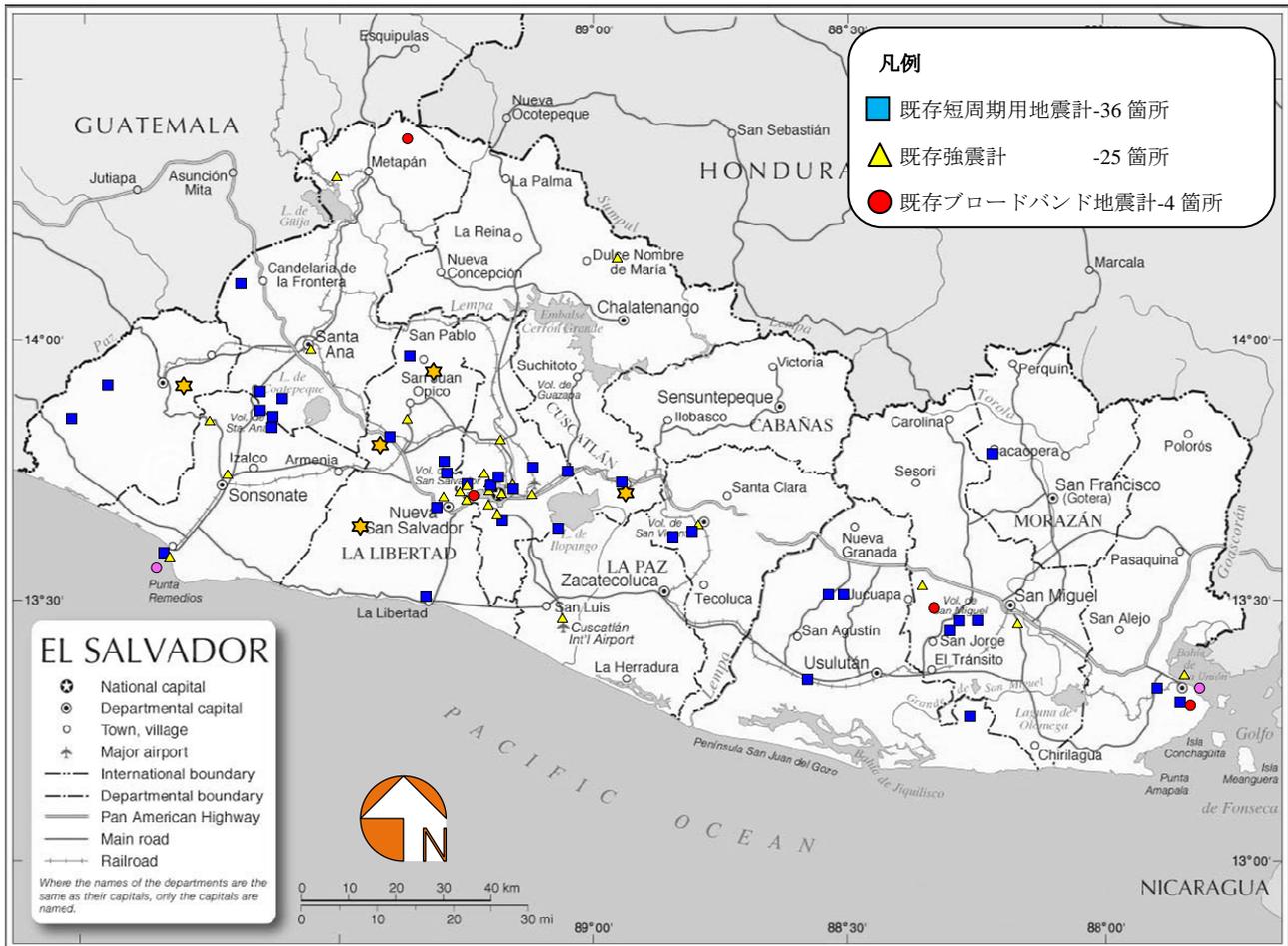


## 2) 「エ」国の地震観測体制の現状

「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

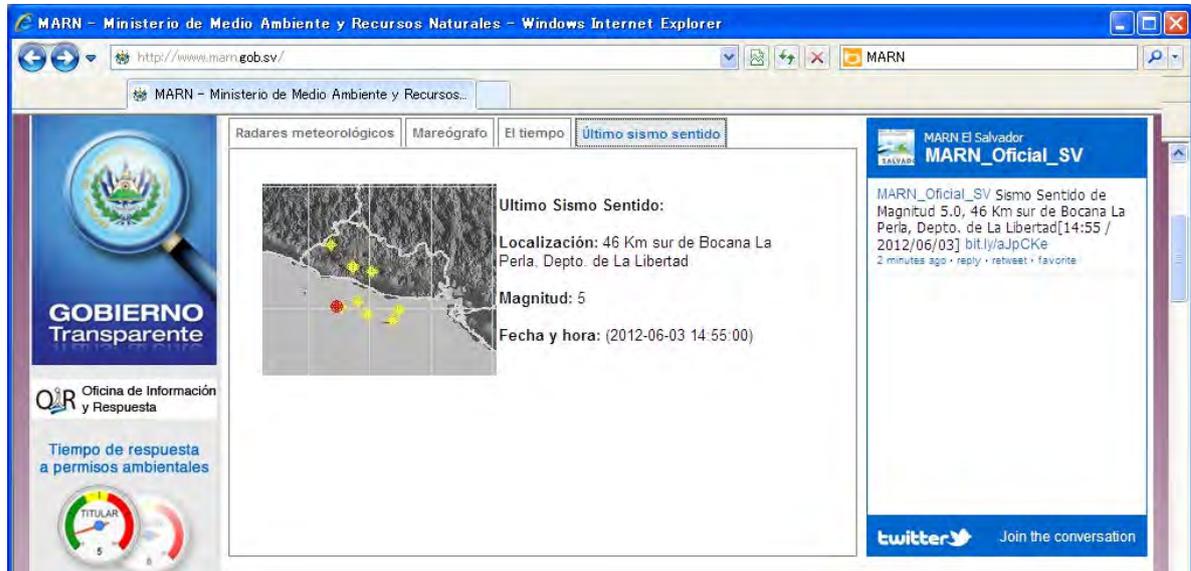
図 1-1-4 地震観測所位置図

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。

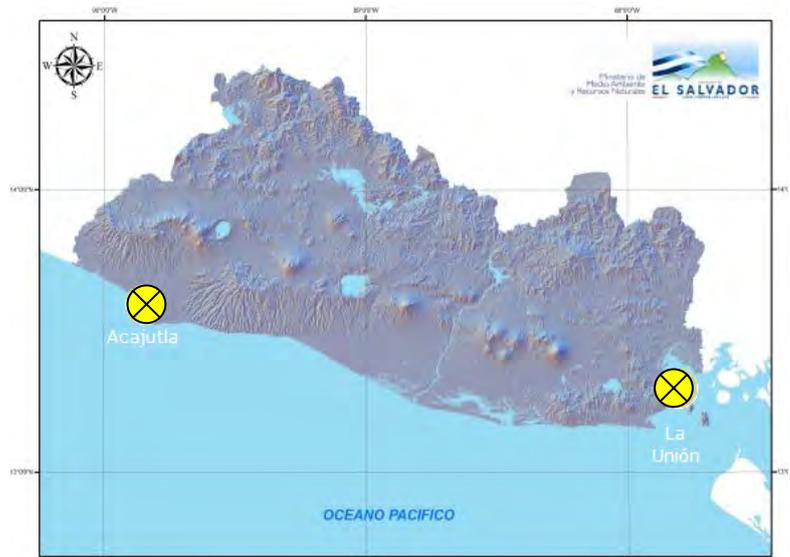


出所 MARN

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。

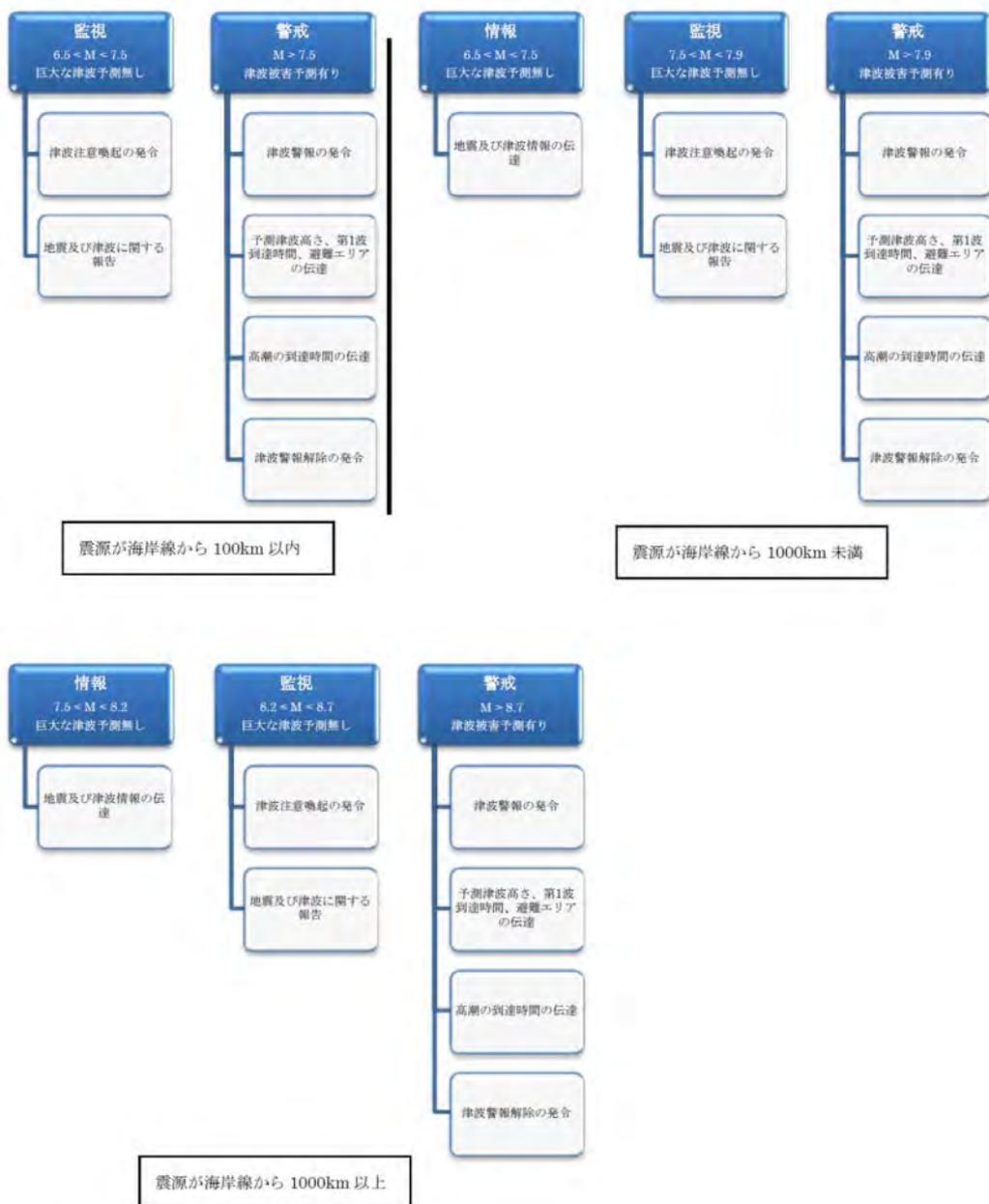


図 1-1-8 津波発表のフローチャート

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発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。

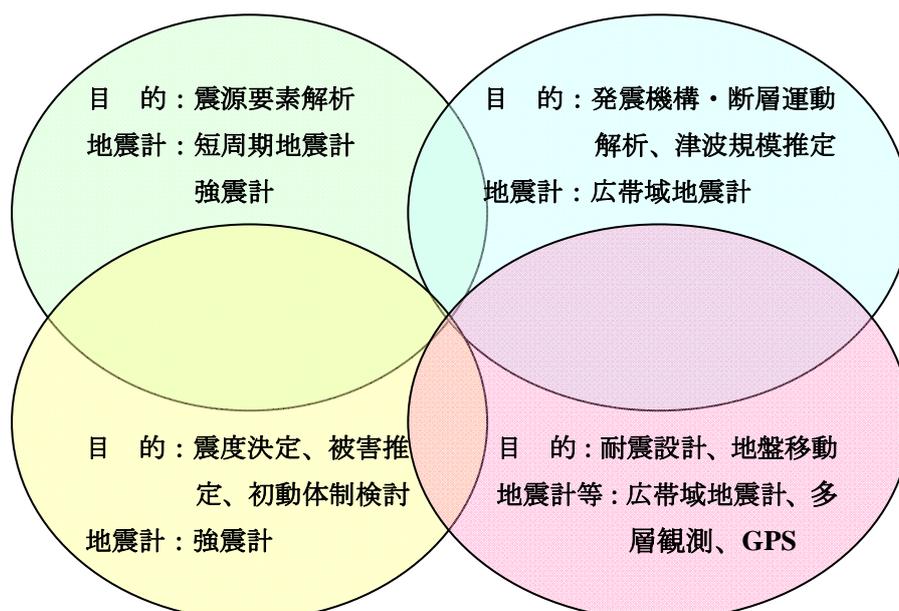


図 1-1-9 地震観測データの利用目的と使用する地震計の種類

## 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」国全土に短周期地震計、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箇所にて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箇所にて実施している。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>

## 1-1-2 開発計画

「エ」国政府は 2010 年に 5 ヶ年に渡る戦略的な国家開発計画 (Plan de Quinquenal de Desarrollo, 2010 年) を発表し、同計画の中で「エ」国の環境的な脆弱性を転換し、自然災害に強い国家づくりを行うことを重要課題の一つとして掲げている。これを受け、「エ」国政府は危機管理に関する国家計画の実施と同時に、防災に係る組織の強化や災害リスクが高い地域の住民に対する移転等を含む、自然災害防止策に対する組織強化を進めている。特に 5 ヶ年計画の対象となる 2010 年から 2014 年までの期間は、その他の自然現象や人災だけでなく、災害で被害を受けたインフラの再建や生産基盤の回復等、長期的な環境的リスクの効果的な管理を実施するとしている。戦略的な取り組みとしては、自然災害の影響によって損害を受けた地域を再建し、市民防災のためのシステムや、早期警戒、防止と危機管理の効果的なシステムを展開することを目的としている。また、現フネス政権は、発足後 3 年の成果として、環境政策面において中米で最も進んだ自然災害監視網の構築を目指しており、観測所数を倍増すると共に初の気象レーダー観測網を導入し、さらに、24 時間体制の自然災害モニターセンターを設立した。同センターは最先端情報機器を擁し、全国 600 の観測所から気象、洪水、地滑り、国内地震、火山活動監視、海洋に関する情報を常時入手可能とするものであり、本プロジェクトに密接に係る。

## 1-1-3 社会経済状況

### (1) 社会状況

「エ」国の人口は約 623 万人、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。また、320 万人のサルバドル人が国外に居住しており、主な移住先はアメリカ合衆国及び近隣のグアテマラ、ホンジュラス、ニカラグアである。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。

### (2) 経済状況

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、一人当たりの GNP は約 3,700US ドルである。1992 年の内戦終了後からは安定した経済成長を見せ経済成長率は約 1.5% となっているが、一方で失業率 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 35 億ドルの送金によって支えられている。就労人口別に見た産業比率は第 1 次産業 18.0%、第 2 次産業 23.4%、第 3 次産業は 58.6% となっている。かつては中米一の工業国であったが、現在はコーヒー、繊維、砂糖を輸出する農業国へと変遷しており、特にコーヒーは農業生産の 1/3、輸出の 1/2 を占めており、就労人口も全体の 25% がコーヒー産業に従事している。その一方で穀物等は輸入に頼っている。

## 1-2 無償資金協力の背景・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 Mw8.8（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。このため、我が国は、将来の協力計画策定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・環太平洋諸国を中心に、基礎情報収集・確認調査を実施し、上記の調査の結果を踏まえ「広域防災システム整備計画準備調査」（以下、「本調査」）を実施した。表 1-2-1 に要請内容の概要を示す。

表 1-2-1 要請内容概要

No.	項目	数量
1	地震計システム	15 箇所
2	ブロードバンド 観測システム	5 箇所
3	GPS 観測システム	10 箇所
4	潮位計測システム	2 箇所
5	津波監視カメラシステム	4 箇所
6	調達機材	
6.1	ノートパソコン	2 組
6.2	携帯型ワークステーション	1 組
6.3	衛星電話	2 個
6.4	携帯型 GPS	45 個
7	無線システム	
7.1	無線中継装置	8 組
7.2	VHF 携帯無線機	584 組
7.3	VHF 固定無線機	44 組

### 1-3 我が国の援助動向

下表 1-3-1 に、「エ」国の防災に関する我が国の支援状況を示す。

表 1-3-1 我が国の支援一覧

協力内容	実施年度	案件名	概要
技術協力プロジェクト	2003-2008 年	耐震普及住宅の建築普及技術改善プロジェクト	耐震実験設備と体制の整備、普及住宅モデルの施工。専門家派遣、機材供与、研修
	2007-2012 年	中米広域防災能力向上プロジェクト“BOSAI”(エルサルバドルを含む中米 6 ヶ国においてコミュニティ防災の能力強化を支援)	対象コミュニティにおいて、防災組織を確立する。専門家派遣、機材供与。
	2009-2012 年	低・中所得者向け耐震住宅の建築技術・普及体制改善プロジェクト	低・中所得者向け耐震住宅が普及する体制を整備。専門家派遣、機材供与。

## (1) 類似案件の評価結果

気象・地象・海象観測機材から得られたデータを有効に利活用するためには、新たな解析技術が必要となる。高性能の地震計を設置した場合は、観測精度の確認と維持のために、定期的な地震計及び周辺機器の点検とともに、収集したデータの処理及び高性能の地震計から得られる波形解析技術が必要である。このため、スリランカ等の案件で行われた機材では、維持管理を円滑に進めるためソフトコンポーネントを行い、その後の維持管理や分析がスムーズになり極めて有効であることが確認された。

## (2) 本プロジェクトへの教訓

潮位計の導入については、海面変動現象の理解、潮汐データの処理、津波の特徴と津波波形の分離技術等のソフトコンポーネントが望まれる。また強震計や広帯域地震計あるいは GPS の導入については、震源要素解析の実習や強震計による補正、広帯域地震計データの解析に関するソフトコンポーネントが望まれる。

## 1-4 他ドナーの援助動向

下表 1-4-1 に各国またはドナー機関による支援状況を示す。

表 1-4-1 他ドナーの支援一覧

実施年度	機関名	案件名	援助額	援助形態	援助内容
2011~2012	スペイン 国際開発 協力機構	エルサルバドル沿岸部津波リスク評価(フェーズ II:脆弱性とリスク)	€45,024	無償	全国 29 の沿岸市町村及び津波の危険性の高い 3 箇所(アカフトラ、ラ・リベルタ、ヒキリスコ湾)の脆弱性調査とリスクマップの作成。フェーズ1のハザードマップに統合し、最終的にリスクマップ、避難マップ、減災対策に統合する。
2009~2013	アメリカ海洋大気庁 (NOAA)	イロパング湖マルチハザード計画のための予報システムの実施と応用	US\$300,000	無償	洪水・地滑りリスクの軽減。人命を守りインフラへ被害の軽減を図る。
2012~2013	EU	カヤグアンカ、サン・フランシスコ・モラサンの自治体やその他機関を対象とした災害への準備・対応・人命救助に係る訓練の強化	€450,000	無償	洪水リスク軽減。人命を守りインフラ被害の軽減を図る。チャラテナンゴ県。
2012~2013	EU	地滑り及び海岸部の洪水を含む「コンチャグア火山周辺地域計画」ラ・ウニオン県のタマリンド、ラス・ペルラス	€450,000	無償	洪水リスク軽減。人命を守りインフラ被害の軽減を図る。ラ・ウニオン県。

実施年度	機関名	案件名	援助額	援助形態	援助内容
2012~2013	中米経済統合銀行	リスク及び社会環境脆弱性軽減強化プログラム	US\$6,780,000	有償	20箇所でのモニタリングステーションでの早期警報機能を強化し、防災を支援する。防災に係る中央政府と地方自治体の連携強化。
-	米国	CDPC 事務所の整備計画	-	機材供与	4 県 (San Salvador, Santa Ana, San Miguel, San Vicente) に対する CDPC 事務所のインフラ整備を行う。
-	イタリア	DGPC 関連機関への機材供与	-	機材供与	DGPC 関連機関へのオフィス用品 (PC、机、プリンター等) の供与
-	スペイン	DGPC 関連機関への機材供与	-	機材供与	DGPC 関連機関へのオフィス用品 (PC、机、プリンター等) の供与
-	赤十字	CMPC に対する無線機材の供与	-	機材供与	沿岸地域の CMPC 事務所に対する無線機の供与
-	NGO	コミュニティに対する機材の供与	-	機材供与	CCPC に対する災害時の作業道具 (スコップ等) の供与



## 第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況

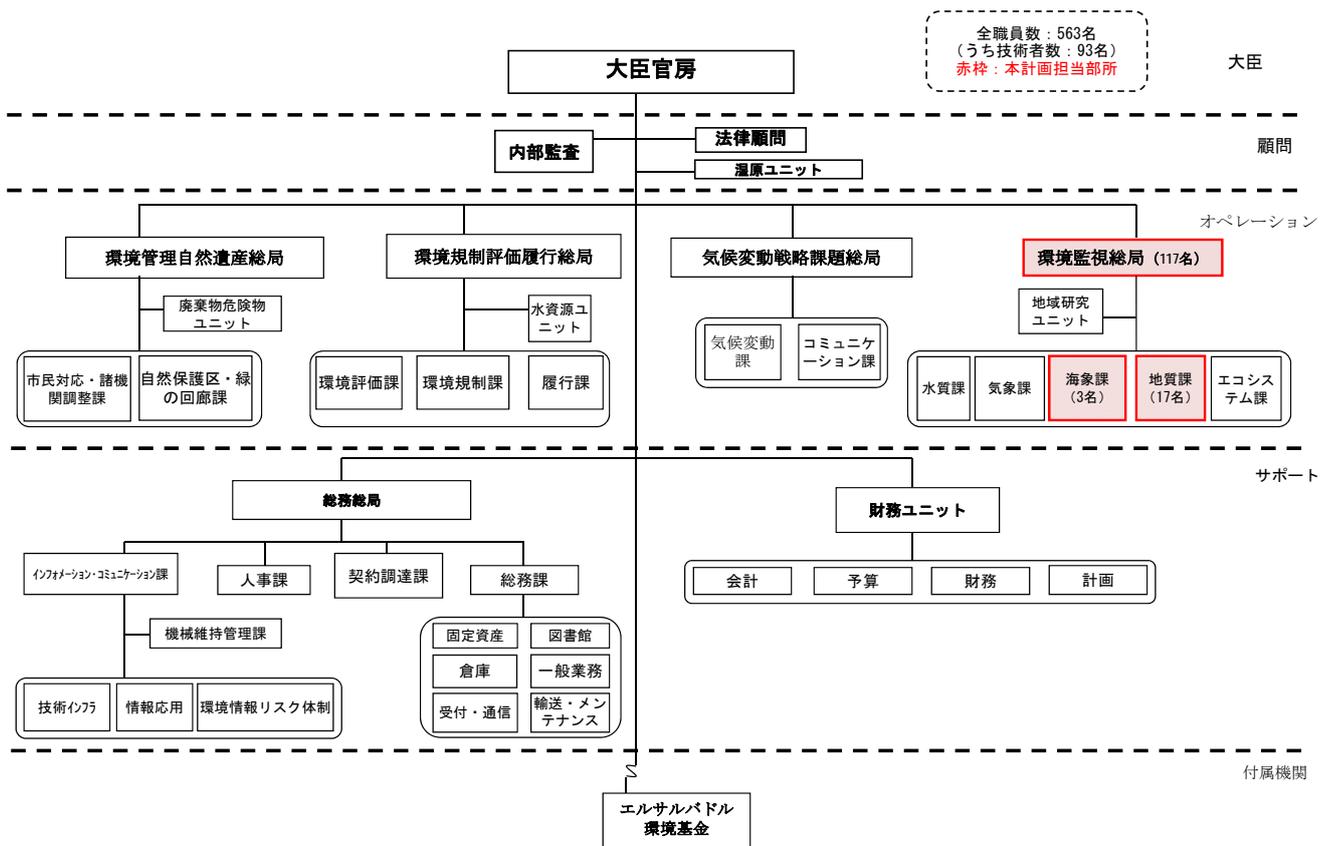


## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2-1 プロジェクトの実施体制

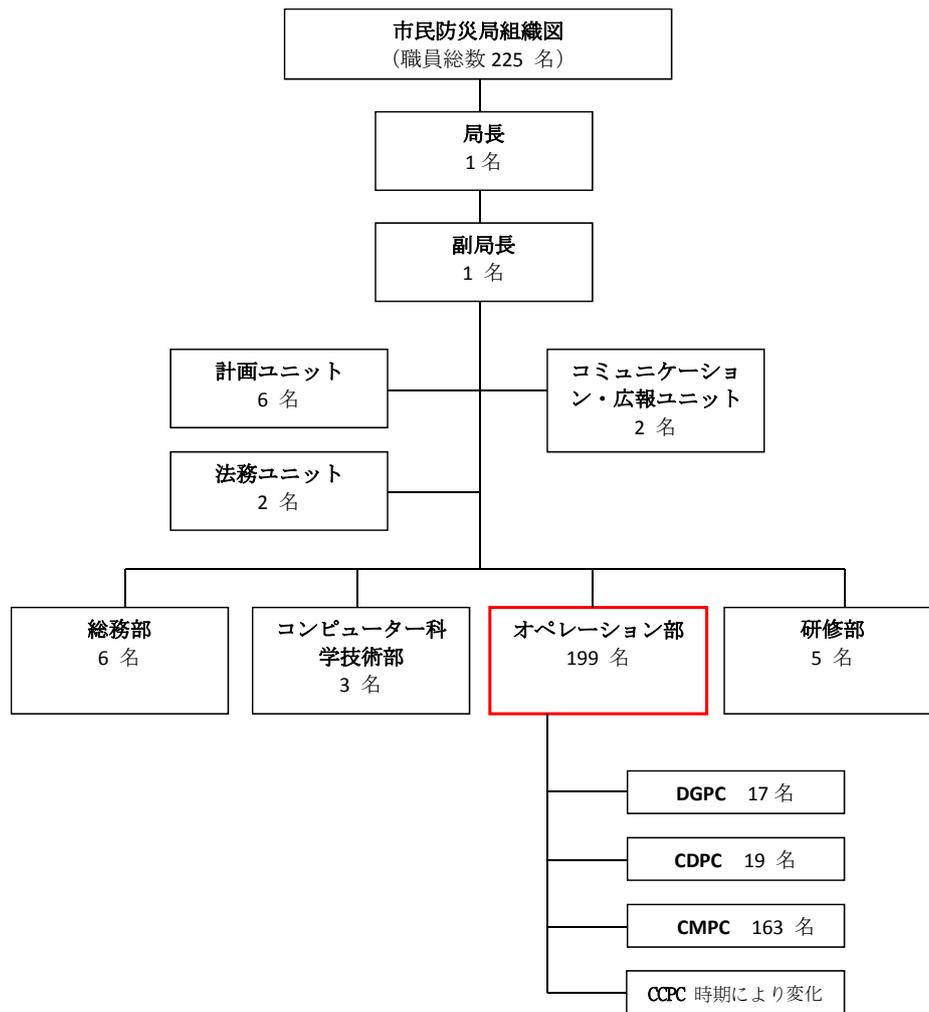
#### 2-1-1 組織・人員

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 MARN 及び DGPC である。各機関の組織図は図 2-1-1 及び図 2-1-2 に示すとおりである。MARN の中で本プロジェクトを担当する部署は、環境監視総局に属する海象課及び地質課であり、20 名の職員が配属されている。また、DGPC については、オペレーション部（199 名）が担当する。



総人数 563 名 (2012 年 11 月現在)

図 2-1-1 MARN 組織図



総人数 225 名 (2012 年 11 月現在)

図 2-1-2 DGPC 組織図

## 2-1-2 財政・予算

本プロジェクトの責任機関及び実施機関の財務状況は以下のとおりである。

### (1) 環境天然資源省 (MARN)

MARN の財務状況は以下のとおりである。2010 年、2011 年は動産に係わる支出が高くなっているが、すべて 2010~2011 年にかけて実施した Programa Nacional de Prevencion de Riesgos (国家防災プログラム)関係の費用である。MARN は省庁機関のため、収入は政府からの予算配分によるものであり、予算を財務省に申請し承認を受ける。MARN の当初予算は活動内容によっては政府内で審議され、財政状況により予算が削減される事はあるが、本プロジェクトの実施にあたり、MARN は実施負担事項である機材据え付けに必要な観測小屋の設置、基礎工事等の費用として約 75,000US ドルを 2013 年度予算の中で確保している。

表 2-1-1 MARN の財務状況

(金額単位：US ドル)

費 目	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
<b>A 支出合計</b>	8,755,920	9,075,781	17,988,256	15,926,668
1 人件費	5,031,919	5,480,079	5,446,391	5,962,288
2 消耗品	2,065,695	1,083,863	3,933,746	5,587,397
3 税金・金利	58,132	38,965	93,550	170,614
4 NPO 助成金他	208,598	315,775	318,929	331,990
5 資機材購入	1,383,776	2,110,877	6,415,640	3,802,379
(1) 動産	98,284	97,171	2,930,255	2,557,459
実験器具・備品	2,543	73,218	1,783,455	2,123,088
情報機器	77,090	18,780	469,518	434,332
機材	18,650	5,172	677,279	37
(2) ソフトウェア		10,834	50,680	114,533
(3) 光熱費	1,285,491	2,002,871	3,434,704	1,130,386
電気通信		2,219	0	7,525
管理費	84,627		197,623	23,654
その他	1,200,863	2,000,651	3,237,081	1,099,206
6 外注費(監理技術者等)	7,800	46,222	1,780,000	72,000
<b>B 収入</b>	8,755,920	9,075,781	17,988,256	15,926,668
1 政府予算	8,755,920	9,075,781	17,988,256	15,926,668
2 物品販売	0	0	0	0
<b>B-A 繰越金</b>	0	0	0	0

出所：MARN

## (2) 総務省市民防災総局 (DGPC)

DGPC は 2009 年の政権交代を経て、同年より本格的に組織の整備及び活動を開始しており、2009 年以降より財務諸表も公開している。2010 年、2011 年は人員の増員と機材の整備を行ったことから、支出が増加している。これまで DGPC は各地域の防災局事務所のインフラ整備のために多くの予算を割いて、機材及び施設に対して投資を行っている。従って、必要な収入については政府からの予算が確保されており、本プロジェクトにおいても予算の承認を得ていることから維持管理の運営に問題は無い。DGPC の財務状況は以下のとおりである。

表 2-1-2 DGPC の財務状況

(金額単位：US ドル)

	2009 年	2010 年	2011 年
<b>A 支出合計</b>	<b>275,215.00</b>	<b>4,149,907.55</b>	<b>2,509,781.18</b>
1 事業運営費	275,215.00	182,604.98	691,383.70
2 人件費		1,007,807.13	1,762,941.87
3 作業用道具購入費		1,217,764.00	14,568.56
4 無線機材購入費		983,346.00	10,321.50
5 事務用品購入費		373,101.40	30,463.96
6 不動産購入費		385,284.04	101.59
7 地方防災局に対する研修費			
<b>B 収入</b>	<b>275,215.00</b>	<b>4,149,907.55</b>	<b>2,509,781.18</b>
1 政府からの予算(補助金)	275,215.00	4,149,907.55	2,509,781.18
<b>B-A 繰越金</b>	0.00	0.00	0.00

出所：DGPC

## 2-1-3 技術水準

### (1) 環境天然資源省 (MARN)

#### 1) 運営・維持管理体制

MARN (職員数 563 名、うち技術者 93 名) の中に 4 つの総局 (環境管理・自然保護総局、環境監視総局 (DGOA)、気候変動戦略総局、立法・評価・施行総局) で構成されている。本プロジェクトに関する DGOA には 117 名の職員が在籍し技術職員は約半数である。DGOA には 5 つのセクション (水文、気象、海象、地質、生態系) があり、本プロジェクトを担当するのは、地震計システム、ブロードバンド観測システム及び GPS 観測システムについては地質課、潮位計測システム及び津波監視カメラシステムは海象課となる。

- ① 地震観測：地質課は 17 名で、課長以下、地滑り担当 5 名、地震担当 8 名、火山担当 3 名が在籍し、全員が技術者である。短周期地震計、強震計、ブロードバンド地震計、GPS 観測機器等の地震観測機器の点検は 2 ヶ月に 1 回程度、MARN の地震観測担当者の手によって行われている。また、大きな地震が発生した際は、地震観測担当者の手によって、オンライン観測が行われていない観測所のデータが回収される。
- ② 潮位観測：海象課は 3 名で、課長以下、津波監視担当 1 名、海岸過程担当 1 名が在籍し、全員が技術者である。2 台の潮位計は自動観測されているため、データ監視は常時行われており、観測機器の点検は 3 ヶ月に 1 回程度、MARN の海洋観測担当者の手によって行われている。

#### 2) 技術レベル

##### ① 地震観測

地震及び GPS 観測データは 24 時間体制で観測されており、インターネット回線や UHF・SHF 無線通信網を通じて MARN 本部に設置された MARN システムにリアルタイムで収録されている。また、地震波形から震源要素 (位置、深度、マグニチュード等) を解析する手法として、USGS 準拠の Earth Warm や SEISCOMP が使用されている。地震波形データ、震源要素や震源位置図はリアルタイムで MARN システムに表示される。一部の地震観測地点及び GPS 観測地点のデータは現地を手動で取り込み、後日解析する手段をとっている。

本調査団滞在中の 2012 年 6 月 3 日にサンサルバドルで有感地震 (震度 3 程度) が発生した。地震は現地時刻 14:55 に発生したが、15 時過ぎには震源要素解析結果が MARN ホームページ上発表され、15:10 頃には、震源の位置図がホームページ上に掲載された。さらに同日 18:22 に別の有感地震 (震度 2 程度) が発生したが、同様に 10 分以内に震源要素が、約 15 分後には震源位置図がホームページに掲載された。このことから、MARN の地震観測網及び観測データ処理の MARN システムは有効に機能していると考えられる。

また、地震観測データや GPS データは中米諸国ともデータ共有が図られている。また、GPS 観測は、米国ウィスコンシン大学やスペイン・マドリッド大学の協力を得て観測され、データの共有も図られており、国際的なデータ解析にも寄与している。

## ② 潮位観測

既存の2箇所の潮位観測所はハワイ大学の協力の下に整備された。観測データは、米国 NOAA の所管する気象衛星 GOES の DCP 機能を使用して収集されている。具体的には、観測所の潮位データは GOES に送られ、GOES から再発信されたデータを MARN 本局で直接受信しているため、潮位観測波形データはリアルタイムで MARN システムに表示されている。また、潮位データは GTS 回線にも提供されているため、MARN をはじめ、各国の気象局においても GTS 経由で受信することが可能である。なお、同観測データはハワイ大学でも受信され、世界各地の潮位観測や PTWC の津波予報の資料として活用されている。

このような状況から MARN の技術レベルは良好であると言え、本プロジェクトにより潮位観測拠点が2箇所から3箇所に増加されても、データを管理するシステムが構築されており、解析を行う能力を持った人員を十分に保有していることから維持管理の実施に問題は無い。

## (2) 市民防災総局 (DGPC)

### 1) 運営・維持管理体制

DGPC の職員数は合計 225 名で、3つのユニット（計画ユニット、コミュニケーション・広報ユニット、法務ユニット）と4つの部（総務部、コンピューター科学技術部、オペレーション部及び研修部）で構成されている。このうち、緊急災害時に現場で対応にあたるのはオペレーション部の職員であり、現在は DGPC に 17 名、CDPC に 19 名、CMPC に 163 名の職員が配置されている。「エ」国には、県レベルの防災局である CDPC が 14 箇所、市レベルの防災局である CMPC が 262 箇所、そしてコミュニティレベルの防災局である CCPC が約 2,000 箇所において設置されているが、現在の DGPC の予算では、全ての防災局に対する職員の派遣は実現できず、代わりに各地方自治体が独自の予算で職員の確保を行っている他、ボランティアの職員が配置されている。

「エ」国では 2009 年以降、本格的に各地域の防災局の整備に取り組んでおり、2012 年 6 月の段階では、DGPC、CDPC、CMPC に対しては無線機材（固定無線機 1 台、携帯型無線機 2 台）の設置が完了している。一方で、コミュニティレベルの CCPC に対しては無線機の設置は部分的にしか実現できておらず（約 20% の CCPC に設置済み）、情報伝達手段は携帯電話に限定されている。

既設の固定無線機及び携帯型無線機については、DGPC 職員及び各防災局の職員により運用・維持管理が実施されているが、無線信号の増幅や各県の無線機を結ぶ役割を果たす無線中継局の運用・維持管理については、民間業者に年間契約で委託している。

### 2) 技術レベル

現在、DGPC、県レベルの CDPC 及び市レベルの CMPC には無線機が設置されているが、アンテナが適切に配置され非常用のバッテリーが準備されているなど問題なく運用されている。各機関との連絡の他、動作確認の為に点呼も適切に行われており、職員の日常の訓練が実施されている。一方で、コミュニティレベルの CCPC に対しては予算不足により無線機の設置が進

んでおらず、災害リスクの特に高い地域に対してのみ優先的に携帯型無線機を設置しているが台数も不十分である。本調査では、携帯型無線機が設置された CCPC 事務所への調査を実施したが、DGPC からの研修を通じて無線機の運用・維持管理については十分な訓練が実施されており、技術レベルについても問題が無いことが確認された。

### (3) 技術移転の必要性

#### ① MARN

先に述べたように、MARN 職員の技術能力、設備・機材の維持管理能力は一定の水準に達しており、本プロジェクトにおいて調達される機材の維持・運営管理を行える技術力を備えている。また、過去において、MARN 自身で地震計の増設及び MARN システムへの接続を行っているため、本プロジェクトによって観測データが新たに増加されたとしても MARN の技術者により、MARN システムへの接続が可能と考えられる。ただし、本プロジェクトでは日本製の機材が調達されるため、データフォーマットの変換やデータ仕様の整合性、MARN システムへの接続等について、MARN 担当者には十分な技術移転が必要と考えられる。

本プロジェクト調査機材及びデータの取り扱いについて、本プロジェクトの機材調達業者の派遣技術者により、ハードウェア、ソフトウェアの双方について下記内容の技術移転が必要と考える。

- 基本的な操作方法及び保守
- 機器異常発生時のトラブルシューティング
- データ仕様やデータ変換、MARN システムへの接続

#### ② DGPC

前述のとおり、DGPC 職員の設備・機材の維持管理能力は一定の水準に達しており、本プロジェクト調達機材の運営・維持管理を行える技術力を備えている。本プロジェクトにより日本製の製品が調達されるため、本プロジェクトの機材調達業者の派遣技術者により、各機材の操作方法、周波数の設定方法及び保守に関わる技術移転が必要である。

## 2-1-4 既存施設・機材

### (1) 既設地震観測機材及び GPS 観測機材の状況

MARN は現在全国 65 箇所で地震観測を実施している。その内訳は、短周期地震計 36 地点、強震計（加速度計）25 地点、広帯域（ブロードバンド）地震計 4 地点となっている。これらは MARN によって整備され、今後も古くなった地震計の更新を行うとともに、観測地点数を増やす予定である。表 2-1-3 に既存の地震計数量を示す。

既存の地震計は、短周期地震計及び強震計については主に米国 KINEMATRICS 社製の地震計が導入されており、広帯域地震計はカナダ NANOMETRICS 社製の機材が設置されている。設置が 2001 年以前のもは現地でのデータ回収方式であるが、地震計の更新とともに、データもリアルタイムでの収集方式に変更されている。また、データ通信方法も、従来の 400MHz の UHF 無線通信から、5.8GHz の無線 LAN 方式への転換が図られている。

一方、GPS 観測には米国 Trimble 社製の二周波 GPS が使用されており、4 地点は現地回収方式、1 地点はインターネットでデータが送られている。

表 2-1-3 既存の地震・GPS 観測機材

観測機材	既存観測地点	
	地点数	データ伝送方式
短周期地震計	36	現地回収、無線、インターネット
強震計 (加速度計)	25	現地回収、無線、インターネット
広帯域地震計 (ブロードバンド地震計)	4	現地回収、無線、インターネット
二周波 GPS	5	現地回収、インターネット

(出典:MARN 資料)

## (2) 既設潮位観測機材の状況

既存の 2 箇所の潮位観測所は、ハワイ大学の支援で設置され、「エ」国西部の Acajutla 港には米国 GE 社製の水圧式潮位計と米国 SUTRON 社製のレーダー式潮位計が設置されている。また、「エ」国東部の La Union 港には米国 VAISALA の水圧式潮位計が設置されている。潮位データは 1 秒毎にサンプリングされた生データと 1 分毎の平均潮位がデータロガーに収録されている。これらは、ハワイ大学が運用する GLOSS (Global Sea Level Observation System) に登録され、IOC (Inter-governmental Oceanographic Committee) にも提供されている。潮位観測データは、NOAA が所管する気象衛星 GOES 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 は直接受信している。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。表 2-1-4 に既存潮位観測機材数を示す。なお、現在、津波監視カメラの運用は無い。

表 2-1-4 既存の潮位観測機材・津波監視カメラ

観測機材	既存観測地点	
	地点数	データ伝送方式
潮位計	2	気象衛星 GOES
津波監視カメラ	0	—

(出典:MARN 資料)

## (3) 既設無線機材の状況と計画

DGPC は 2010 年に計画した全国防災無線網 (National Network) の整備を進めており、現在 DGPC を中心とする 14 の CDPC、262 の CMPC、約 2000 の CCPC を VHF の無線ネットワークで接続している。VHF 無線電波は直進性が高く、DGPC 本部がある首都サンサルバドルと各地域の間にある山脈が通信を妨げることから、各県本部の近郊の山頂には中継局 (リピーター局) が設けられている。既設の無線ネットワークシステムは、全ての端末 (固定無線機、携帯無線機) を同一チャンネルで接続しているため、現在ほどの端末から話しても全国の全ての端末に呼び掛けることができる仕組みになっている。図 2-1-3 に既存無線網のイメージを示す。また、図 2-1-4 に全国防災無線網の階層を示す。

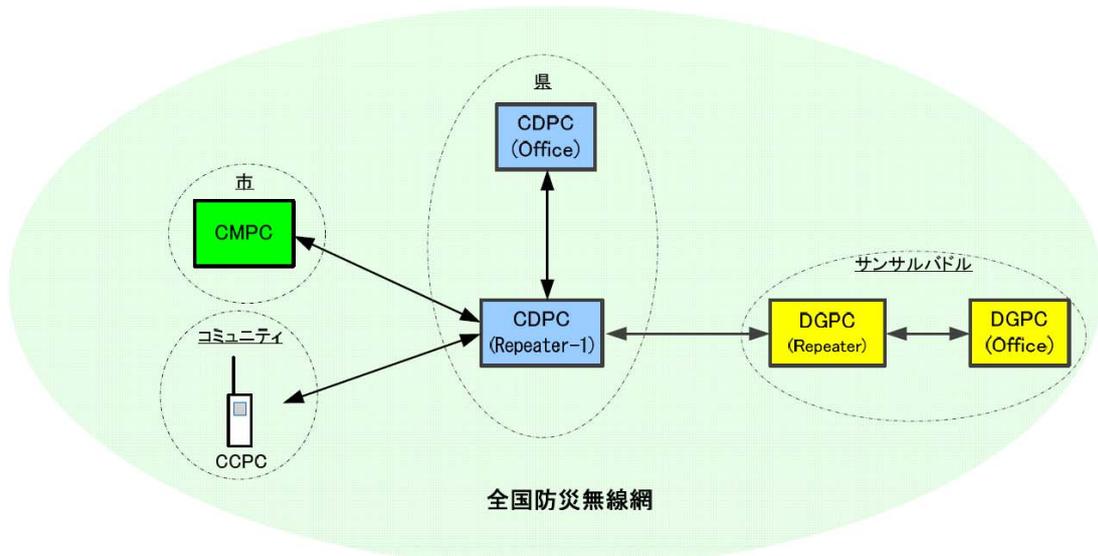


図 2-1-3 既存の全国防災無線網

現在の全国防災無線網の問題点は、2,000 以上ある端末の中で通話ができるのが 1 対向 (2 人) だけに限定されることである。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、県レベルの CDPC へ伝わらない事態が懸念されている。

さらに、現在の全国無線網では、条令で定められている情報伝達システムを災害時に保持できない状況に陥ることが想定される。1-2-1 項の防災体制にも記載したとおり、災害発生時の混乱を避けるため、災害情報はまず DGPC から県レベルの CDPC へ伝達され、その後、市レベルの CMPC、コミュニティレベルの CCPC へと順次伝達されることになっている。一方で、既設のシステムでは、本来更新することができない機関とも交信ができる状態となっており、特に最下層の CCPC が DGPC 本部と直接に無線通話ができることが問題視されている。既設のシステムでは、緊急災害時に市民が、CCPC 事務所を通じて直接 DGPC から情報を入手しようと試みるケースが発生することが予想され、中央の司令塔として緊急時の対応にあたるべき DGPC が、CCPC 事務所からの問い合わせの対応に追われる事態となり、緊急時における無線を通じた災害情報の伝達機能がマヒ状態となることが懸念されている。

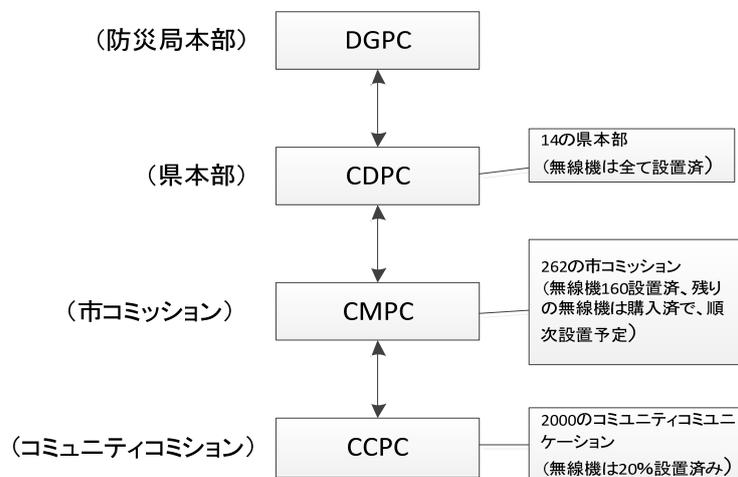


図 2-1-4 全国防災無線網の階層

これらの問題を改善するためには、現在の無線通信網を、①全国防災無線網（DGPC⇔CDPC間）と②地方防災無線網（CDPC⇔CMPC、CCPC間）の2つのチャンネルグループに分割する必要がある。無線通信のチャンネルを全国用と地域用に分けることにより、緊急時でもDGPCと各県への無線通信網を確保することが可能となる。これにより、DGPCから全国防災無線網を通じて円滑に緊急災害情報がCDPCへと伝達され、CDPCからCMPC及びCCPCに対しては別チャンネルの地方防災無線網を通して災害情報を伝達することが可能となる。図2-1-5に本プロジェクトにより区分される無線網のイメージを示す。本プロジェクトでは、現在の全国防災無線網とは別に地方防災無線網を確立するため、既存の中継局（リピーター局）の建屋の中に、新たに中継局装置を設置し、全国防災無線網とは別のチャンネルでCDPC、CMPC、CCPCのグループ内で通話を行う地方防災無線網を構築する。なお、局舎及び铁塔は既存の設備を利用する。

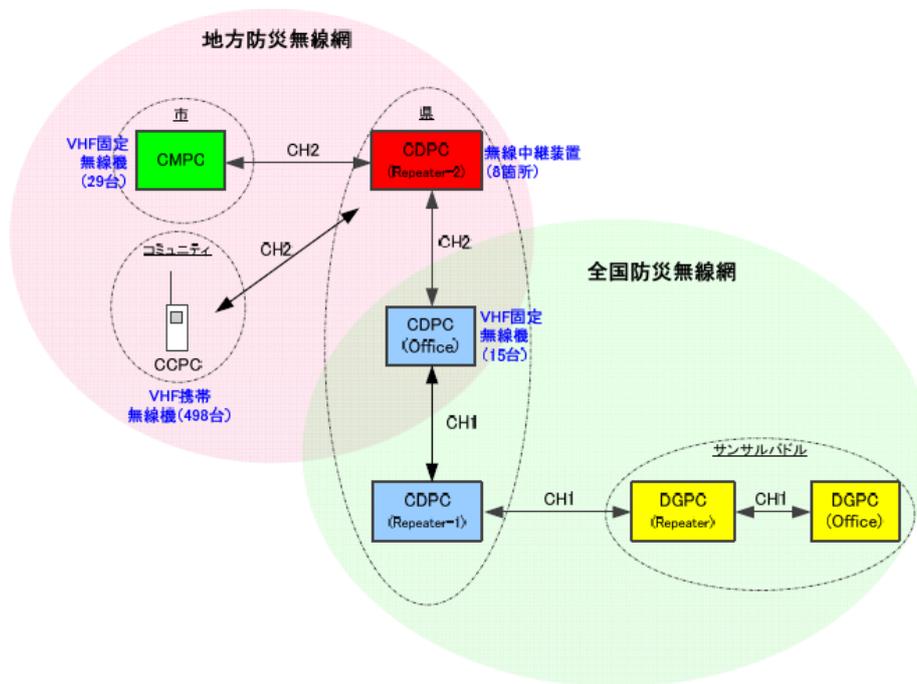


図 2-1-5 本プロジェクト実施後の防災無線網

#### (4) 既存無線中継局の状況

「エ」国の14県には、それぞれ近郊の山頂に無線中継局が設置されており、DGPCと各県のCDPCを接続するための中継装置として利用されている他、中継所のカバーエージ内において電波が弱い無線機でも相互に通信ができるよう無線信号の増幅装置としても活用されている。各無線中継局の建屋、アンテナ及び各機材はDGPCの所有物であり、維持管理や故障修理対応については民間会社に年間契約で委託している。

DGPCが所有する無線中継局のうち、本プロジェクトの対象地域である沿岸部8県の無線中継局を調査した。表2-1-5に示すとおり、本プロジェクトで調達される中継装置の設置環境には問題が無いことが確認された。

サイト番号	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
サイト名	Ahuachapán (Cerro Cachio)	Sonsonate (Cerro de Apaneca)	La Libertad (Cerro de San José del Mar)	La Paz (Cerro El Chulo)	San Vicente (Chinchontepec Volcano)	Usulután (Cerro El Jucuaran)	San Miguel (Cerro El Pacayal)	La Unión (Conchgua Volcano)
調査実施日	07-06-2012	06-06-2012	05-06-2012	01-06-2012	04-06-2012	07-06-2012	02-06-2012	02-06-2012
GPS データ (緯度)	13. 54. 07	13. 50. 25. 9	13. 30. 43. 2	13. 37. 38. 7	13. 35. 47. 2	13. 15. 21. 1	13. 29. 11. 2	13. 16. 32. 0
(経度)	089. 44. 31.	089. 47. 59. 2	089. 32. 10. 3	089. 11. 17. 9	088. 50. 16. 3	088. 14. 58. 0	088. 18. 57. 9	087. 50. 42. 4
(標高 m)	1847	1856	330	1134	2185	725	1218	1190
鉄塔の高さ (m)	35	30	30	30	33	45	30	45
アンテナの種類	4 段ダイポール	4 段ダイポール	4 段ダイポール	4 段ダイポール	4 段ダイポール	2 段ダイポール x 2 T/R 別	4 段ダイポール	4 段ダイポール
アンテナ偏波	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直
AC 電源電圧	110V 60Hz	110V 60Hz	110V 60Hz	110V 60Hz	110V 60Hz	110V 60Hz	110V 60Hz	110V 60Hz
AC ターミナル	予備コンセント 有り	予備コンセント 有り	予備コンセント 有り	予備コンセント 有り	予備コンセント 有り	予備コンセント 有り	予備コンセント 有り	予備コンセント 有り
DC12V 電源	バッテリー必要 72 時間分	バッテリー必要 72 時間分	バッテリー必要 72 時間分	バッテリー必要 72 時間分	バッテリー必要 72 時間分	バッテリー必要 72 時間分	バッテリー必要 72 時間分	バッテリー必要 72 時間分
発電機 有/無	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し
既設ラックの 空きスペース	小型ラック 必要	小型ラック 必要	小型ラック 必要	小型ラック 必要	小型ラック 必要	小型ラック 必要	小型ラック 必要	小型ラック 必要
既設リピーター (メーカー) (型名)	Hyter RD986	Hyter RD986	Hyter RD986	Hyter RD986	Hyter RD986	Motorola Pro 3100 x2	Hyter RD986	Hyter RD986
アクセス道路状況	有り (四駆車必要)	有り (四駆車必要)	有り (四駆車必要)	有り (四駆車必要)	なし (徒歩 2 時間)	有り (四駆車必要)	有り (四駆車必要)	有り (四駆車必要)
接地 (アース)	有り	有り	有り	有り	有り	無し (簡易アース)	有り	有り

表 2-1-5 既存の無線中継局の調査結果

## (5) 本プロジェクトによる地方防災無線網

本調査によって収集した GPS データから、本プロジェクトの中継局（リピーター局）によって通信が可能なサービスエリアを算出したところ、図 2-1-6 に示すとおり、「エ」国沿岸地域のほぼ全域をカバーできることが判明した（中継局送信出力：50W、携帯局送信出力：5W）。サービスエリア図中の色分けは電波の強さ（電界強度）を示す。通信可能なサービスエリアを示す円の半径は、約 50km である。

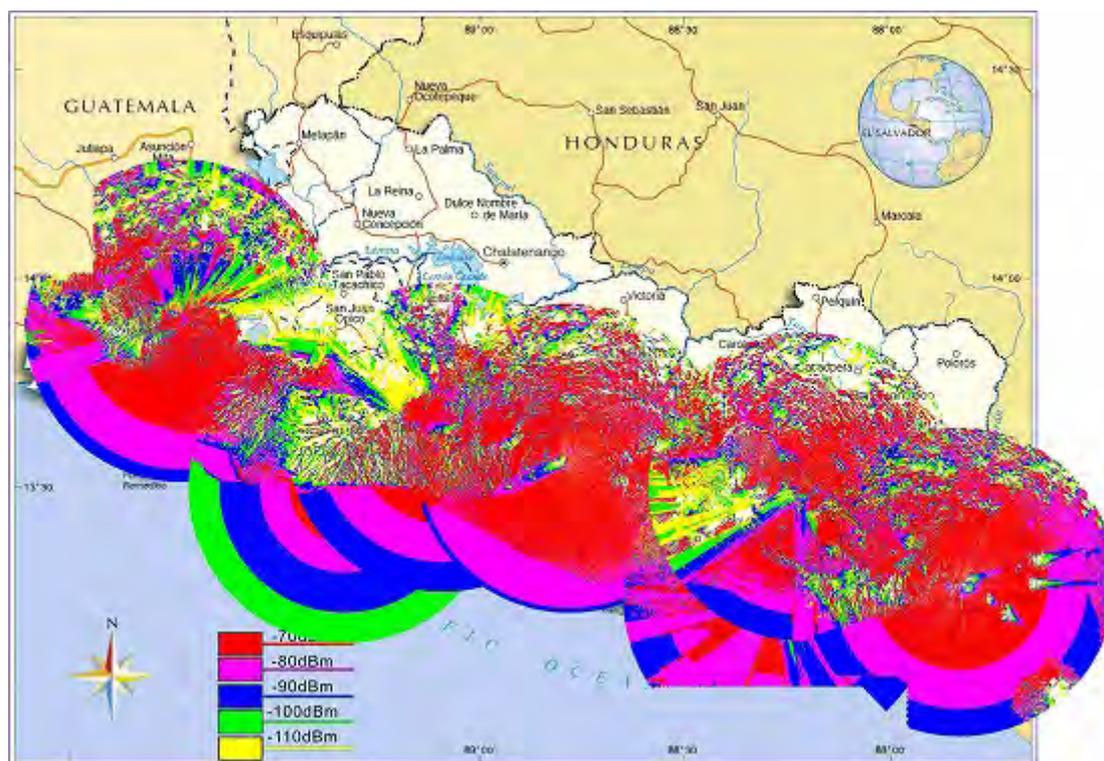


図 2-1-6 本プロジェクトによる地方防災無線網サービスエリア全体

本プロジェクトにて地方防災無線網が整備されることにより、図 2-1-7 に示すように全国防災網（National Network）と地方防災網（Local Network）の二つの通信グループに分けられるため、各県レベルにおける通信が全国や他県の通信に影響することなく、「エ」国の条令で規定された情報伝達システムが遵守されることとなる。

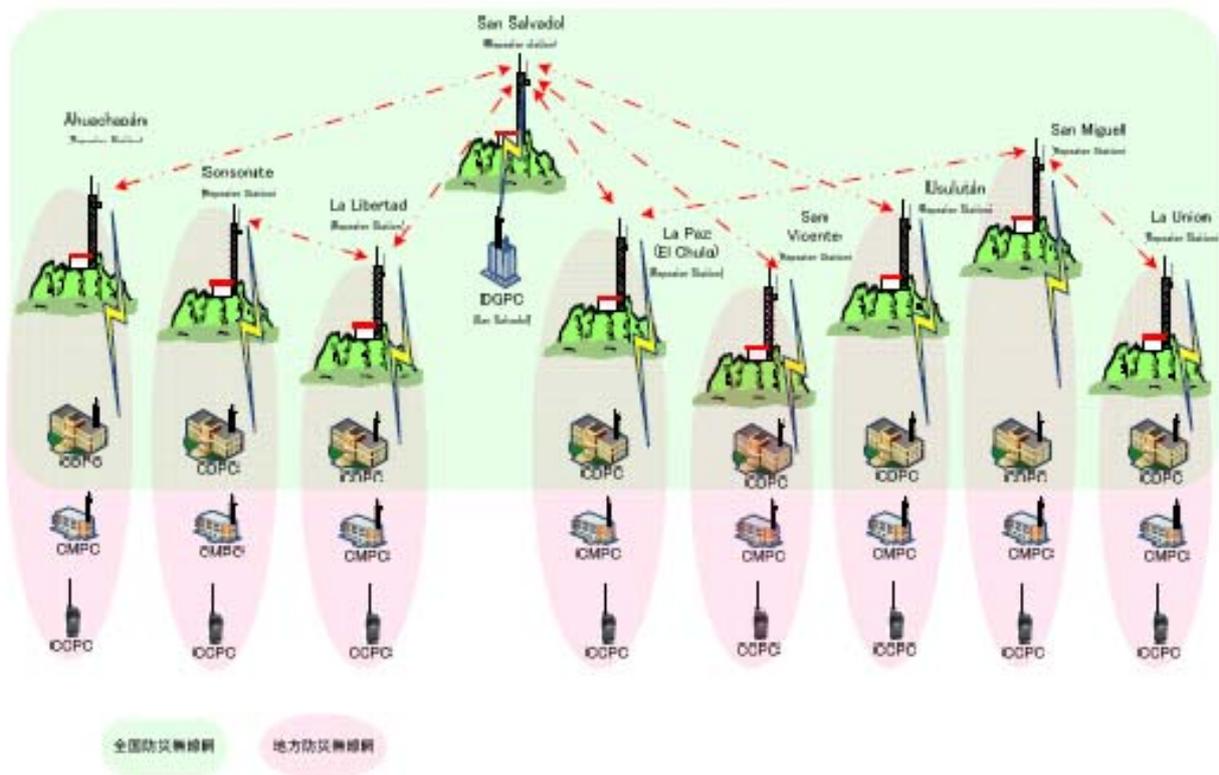


図 2-1-7 本プロジェクト実施後の防災無線ネットワーク

## 2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

#### (1) 電気

「エ」国の発電量は 5.78GWh（2009 年）であり、火力 43%、水力 35%、地熱エネルギーが 22% となっている。火力の占める割合が高いが「エ」国では燃料資源が無いことから輸入に頼らざるを得ない状況となっている。水力発電は、環境面から大型ダムの建設が困難となっている。一方で「エ」国では地熱資源が豊富であることから、今後は太陽光と併せて再生可能エネルギーへの速やかな移行が期待されている。

#### (2) 道路

「エ」国では内戦の影響で道路や橋梁等の交通インフラが破壊されたが、戦後は経済復興のための最重要事項として主要幹線道路の整備に取り組んできた。1997 年には 2017 年までの運輸マスタープランが定められ、その間に地震やハリケーン等により度々の中断、修復を余儀なくされてきたが、交通インフラの強化、拡張に努めてきた。特に、国道 1 号線はパンアメリカンハイウェイの一部として、「エ」国のみならず中米全体の交通網の中心として重要な役割を担っている。「エ」国全体の道路の全長は 6,453.01km、うち 3,377.90km が舗装されている。また、人口密度が中米一高いという事情もあり、都市間の長距離バス輸送・市内バスいずれも運転本数が多く、非常に充実している一方で、都市部では渋滞が発生しやすい。

#### (3) 港湾

「エ」国の西端、グアテマラ国境に位置するアカフトラ港が、同国唯一の国際貿易港となっていたが、アカフトラ港は外海（太平洋）に面し、うねり等の自然条件により貨物取扱量に限界があることから、我が国の援助で、東部のラ・ウニオン港が新たに整備され、新たな「エ」国の玄関口として期待されている。

#### (4) 通信

「エ」国では 100 人当たりの携帯契約数が 124.34 台となっており、携帯電話の普及率は周辺の中南米、及びカリブ海諸国の平均を大きく上回っている。一方で固定電話は電話総数の約 10% となっており周辺諸国を下回っている。インターネット環境はブロードバンド回線の契約者が 3.31%、インターネットユーザーが 17.69% となっているが、Tigo、Movistar、Claro 等の大手通信会社が ADSL やモバイルブロードバンドを積極的に展開しており価格競争が激化することから、今後は更に普及率が高まるものと思われる。（出典：世界銀行 2011 年）

### 2-2-2 自然条件

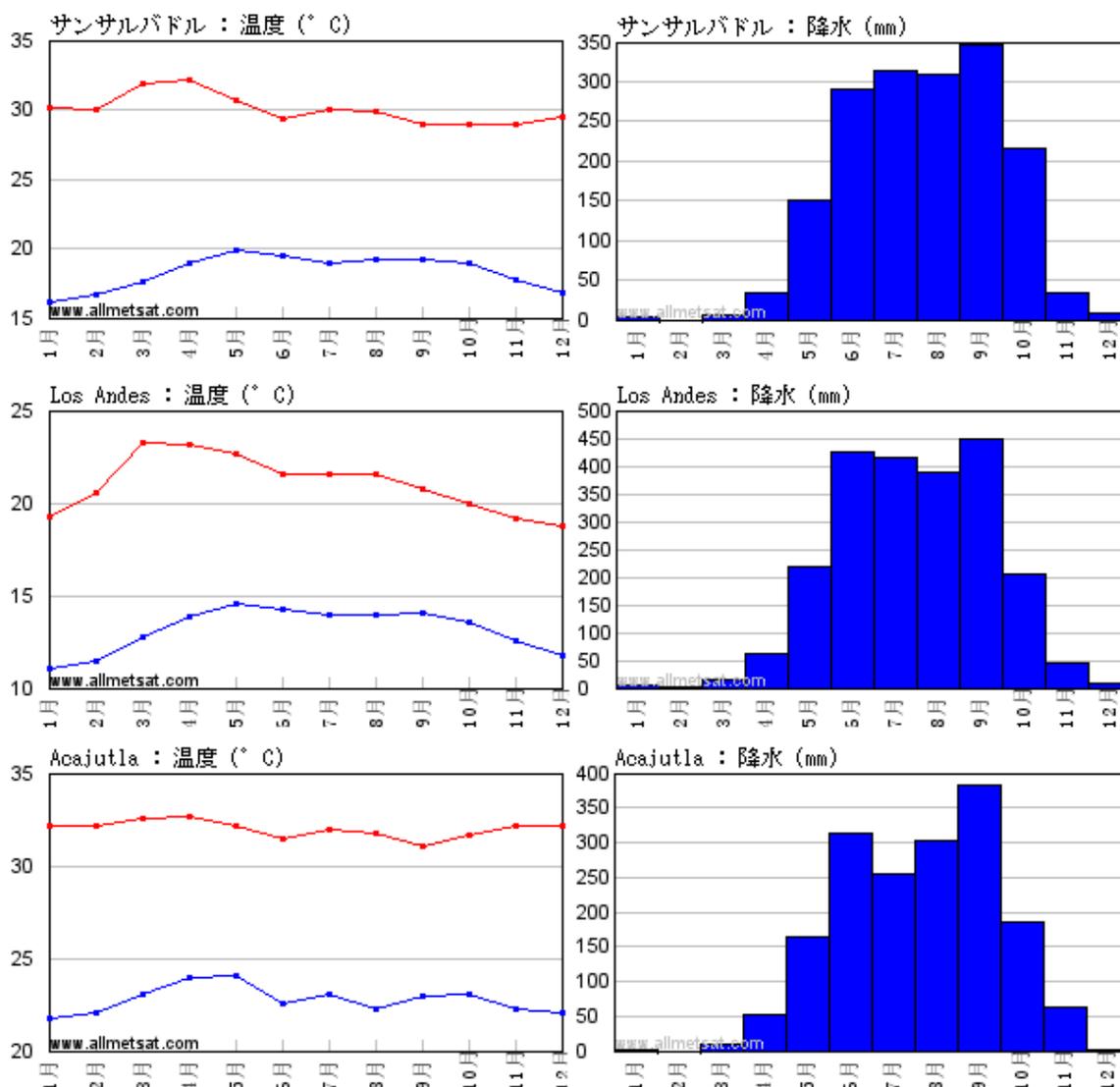
#### (1) 地勢

「エ」国は中央アメリカ中部に位置しており、国土の面積は 21040km<sup>2</sup> で四国よりやや大きい面

積である。国土は東西に2列の山脈が走っており、この山脈により「エ」国は2つの山脈に挟まれた大地と太平洋側の狭い海岸平野に分割されている。山脈には20以上の火山があり、代表的な火山はイサルコ火山(1910m)及び2005年に噴火が発生し数千人が避難したサンタアナ火山(2286m)である。

## (2) 気象条件

海岸地帯は熱帯、高原地帯は亜熱帯気候に属する。首都サンサルバドルが存在する標高約650～900メートルの高原では年平均気温は摂氏23度、海岸低地の同気温は28度前後である。海岸地帯は高温多湿であるが、高原では暑気と湿気が比較的少なく過ごし易い。全国の年間平均降雨量は1,400～2,200mmである。1年は概ね5月～10月の雨期と11月～4月の乾期に分かれる。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。サンサルバドル(首都)、ロスアンデス(高原地帯)及びアカフトラ(海岸地帯)の年間温度及び降水量は以下のとおりである。



(出典: allmetsat.com)

### (3) 地震

#### 1) 「エ」国内の地震

表 2-2-1 に「エ」国国内に震源を持つ過去の地震の一覧を示す。

表 2-2-1 エルサルバドル国内に震源を持つ地震一覧

年	月	日	震源		規模	被害等
			緯度	経度		
1915	9	7	13.900	-89.600	Ms 7.7	死者 5 人
1917	6	6	13.770	-89.500	Ms 6.6	死者 1050 人
1919	4	28	13.690	-89.190	Ms 6.0	死者 100 人
1936	12	20	13.720	-89.930	Ms 6.1	死者 200 人
1951	6	6	13.520	-89.400	Ms 6.2	死者 400 人
1965	5	3	13.700	-89.170	Ms 6.0	死者 125 人
1982	6	19	13.300	-89.400	Ms 7.3	死者 8 人
1986	10	10	13.670	-89.180	Mw 5.7	死者 1500 人
2001	1	13	13.049	-89.660	Mw 7.7	死者 944 人
2001	2	13	13.621	-89.856	Mw 6.6	死者 315 人

(出典：MARN)

#### 2) 「エ」国内の被害津波

表 2-2-2 に「エ」国内で発生した被害津波の一覧を示す。同表には「エ」国以外で発生した地震に伴う津波（遠地津波）を含んでいる。

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

年	月	日	震源	地震規模	津波観測地点	津波高
1902	2	26	グアテマラ	M 8.3	Acajutla	不明
					Barra de Santiago	不明
					La Paz	不明
1950	10	5	コスタリカ	M 7.7	La Libertad	不明
					La Union	不明
1950	10	23	グアテマラ	M 7.1	La Union	不明
1952	11	4	ソビエト	M 9.0	La Libertad	0.58 m
1957	3	9	アメリカ アリューシャン地震	M 8.1	Acajutla	0.30 m
					La Union	0.20 m
1960	5	22	チリ	M 9.5	La Union	0.50 m
1964	3	28	アメリカ アラスカ地震	M 9.2	Acajutla	0.20 m
					La Union	0.10 m
1985	9	19	チリ	M 8.0	Acajutla	0.29 m
2001	1	13	エルサルバドル	M 7.6	Acajutla	0.50 m
2004	12	26	インドネシア	M 9.0	Acajutla	0.16 m
2011	3	11	日本	M 8.9	Acajutla	0.60 m

(出典：MARN)

#### 3) 周辺国地震

「エ」国近隣諸国で発生した地震の一覧を表 2-2-3 に示す。

表 2-2-3 エルサルバドル近隣国で発生した地震一覧

年	月	日	震源	規模	被害等
1441			ペルー沖	M 8.0	
1513			ペルー沖	Mw 8.6 - 8.8	
1543			チリ沖	M 8.0	
1562	10	28	チリ、サンチアゴ沖	M 8.0	
1570	2	8	チリ、コンセプション沖	Mw 8.8(M 8.3)	
1575	12	16	チリ、バルディビア沖	M 8.5	死者 1,300 人、津波堆積物調査から 1960 年と同規模とも推定される
1582	1	22	ペルー、アレキパ沖	M 8.2	
1586	7	10	ペルー、リマ沖	Mw 8.9	死者数不明、津波の高さはリマで 26m、内陸 10km まで浸入。三陸の陸前海岸でも津波を観測
1600	2	19	ペルー沖	M 8.0	
1600	2	28	ペルー沖	M 8.2	
1604	11	24	ペルー、アレキパ沖	Mw 8.4 - 8.6	
1619	2	14	ペルー、トルヒーヨ沖	Mw 8.7 (M 7.7)	死者 200 人
1647	5	13	チリ、サンチアゴ沖	M 8.5	
1650	3	31	ペルー沖	M 8.3	
1655	11	13	ペルー沖	Mw 8.0 - 9.0	
1657	3	15	チリ、コンセプション沖	M 8.0	
1664	5	12	ペルー	M 7.3	死者 400 人
1687	10	20	ペルー、カヤオ沖	Mw 8.2 - 8.5	死者 5,000 人、津波が日本に届く
1716	2	6	ペルー	Mw 9.0	死者 2,000 人
1716	2	10	ペルー	Mw 8.6	上記の最大余震
1725	1	6	ペルー、トルヒーヨ・アンカシュ	Mw 7.8(Ms 7.4)	死者 1,500 人
1730	7	8	チリ、バルパライソ沖	Mw 8.7	死者 35 人
1746	10	28	ペルー、カヤオ沖	Mw 8.6(Mt 9.2)	死者 4,000 - 1 万 8,000 人
1751	5	25	チリ、コンセプション沖	Mw 8.7	死者 80 人
1757	2	22	エクアドル中部	M 7	死者 1,000 人
1784	5	13	ペルー、アレキパ沖	M 8.0	死者 400 人
1787	3	28	メキシコ西岸	Mw 8.5(M 8.2)	死者 11 人
1797	2	4	エクアドル沖	M 8.3	死者 4 万人
1805	6	16	コロンビア、トリマ県	M 6	死者 200 人
1806	3	25	メキシコ中南部	M 7.5	死者 2,000 人
1806	12	8	カリフォルニア州南部	M 7.5	死者 50 人
1819	4	11	チリ、コピアポ沖	Mw 8.6(M 8.3)	
1821	7	10	ペルー沖	M 8.2	死者 160 人
1821	8	13	チリ北部沖、アリカ地震	Mw 8.9 - 9.1	津波による死者 2 万。日本・三陸に遠地津波の記録あり
1822	11	19	チリ、バルパライソ沖	Mw 8.6	死者 2,000 人
1835	2	20	チリ、コンセプション沖	M 8.4	死者 500 人
1837	11	7	チリ、バルディビア沖	Mw 8.5 (Ms 8.0, Mt 9)	死者 65 人
1857	1	10	カリフォルニア州南部	M 8.3	死者 3 人
1859	3	22	エクアドル	M 6.3	死者 5,000 人
1859	10	5	チリ沖	M 8.0	
1861	3	20	アルゼンチン	M 6.8	死者 1 万 8,000 人
1868	4	2	ハワイ諸島	M 8.0	死者 77 人
1868	8	16	エクアドル・コロンビア地震	M 7.7	死者 5 万 5,000 人
1877	5	9	チリ北部沖	Mw 8.6 - Mw 9.0(Mt 9.0)	死者 2,000 人(?), 最大波高 24m、日本・三陸に遠地津波の記録、房総半島で死者を含む被害の記録
1886	8	31	チャールストン地震	M 7.5	死者約 60 人
1899	9	10	アラスカ州	Mw 8.3(M 8.0)	
1899	10	9	アラスカ州	Mw 8.0(Ms 7.7)	

年	月	日	震源	規模	被害等
1904	4	18	グアテマラ	M 7.4	死者 2,000 人
1904	8	27	アラスカ州	M 8.3	
1906	1	31	エクアドル沖	Mw 8.8(Ms 8.6)	死者 2,000 人
1906	4	18	サンフランシスコ地震	Mw 7.9(Ms 8.3)	死者 3,000 人
1906	8	17	チリ、バルパライソ沖	Mw 8.2(Ms 8.4)	死者 3,800 人
1922	11	11	チリ、アタカマ沖	Mw 8.5	死者 1,000 人
1928	6	17	メキシコ	Mw 8.0	
1928	12	1	チリ	Mw 7.7(Ms 8.0)	死者 224 人
1931	1	15	メキシコ	M 7.7	死者 110 人
1931	3	31	ニカラグア	M 6.0	死者 1,000 人
1932	6	3	メキシコ、グアダラハラ	Mw 8.1	死者 44 人
1938	11	10	アラスカ州	Mw 8.0(Ms 8.6)	
1939	1	25	チリ中部	M 8.3	死者 2 万 8,000 人
1940	5	24	ペルー沖	Mw 8.2	死者 250 人
1942	5	14	エクアドル沖	M 7.9	死者 200 人
1942	8	24	ペルー	Mw 8.2	死者 20 人
1943	4	6	チリ、コキンボ沖	Mw 8.2	死者 30 人
1946	4	1	アリューシャン地震	Mw 8.1 (M 7.8, Mt 9.3)	ハワイ諸島を始めとする太平洋各地に津波、死者・行方不明者 165 人、被害総額 2,600 万ドル
1946	11	10	ペルー	M 7.3	死者 1,400 人
1949	8	5	エクアドル	M 6.8	死者 6,000 人
1957	3	9	アリューシャン地震	Mw 8.6 - 9.1	(Ms 8 1/4, Mt 9.0)
1960	5	21	チリ沖	M 8.1	チリ地震の前震
1960	5	22	チリバルディビア沖 (チリ地震)	Mw 9.5 (Ms8.5, Mt9.4)	観測史上最大規模の地震、5,700 人が死亡。 津波による日本の死者は 142 人
1964	3	28	アラスカ地震	Mw 9.2 (Ms8.4, Mt9.1)	死者 131 人
1965	2	4	アリューシャン地震	Mw 8.7(Ms 8.2)	
1965	3	28	チリ	M 7.7	死者 400 人
1966	10	17	ペルー沖	Mw 8.1	死者 125 人
1970	5	31	ペルー、アンカシュ地震	M 7.7	ユンガイ等で死者 6 万 7,000 人
1972	12	23	ニカラグア、マナグア	M 6.2	死者 5,000 人
1973	1	30	メキシコ	M 7.4 (Ms 7.5)	死者 60 人
1974	10	3	ペルー沖	Mw 8.1	死者 78 人
1976	2	4	グアテマラ	Mw 7.5	死者 2 万 3,000 人
1979	12	12	エクアドル	Ms 7.7 (M 7.9)	死者 600 人
1985	3	3	チリ	Ms 7.8 (M 7.6)	死者 179 人
1985	9	19	メキシコ	Mw 8.0 (M 8.1)	メキシコシティを中心に 5,900 人以上が死亡
1987	3	6	エクアドル・コロンビア	M 6.9 (Ms 7.0)	死者 5,000 人
1988	3	6	アリューシャン諸島	Mw 7.7 (M 7.8)	
1991	4	22	コスタリカ	Mw 7.6 (M 7.7)	死者 76 人、津波あり
1992	9	2	ニカラグア	Mw 7.6 (M 7.2)	地震・津波で死者約 170 人
1994	6	6	コロンビア	Mw 6.8 (M 6.6)	死者 800 人
1995	7	30	チリ、アントファガスタ州	Mw 8.0	死者 3 人
1995	10	9	メキシコ	Mw 8.0	死者 50 人
1996	6	10	アリューシャン諸島	Mw 7.9 (M 7.6)	
1999	1	25	コロンビア	Mw6.1(ML6.2)	
2001	6	23	ペルー沖	Mw 8.4	死者 138 人
2003	1	21	メキシコ南部	Mw 7.5	死者 25 人
2007	8	15	ペルー	Mw 8.0	死者 540 人以上
2010	2	27	チリ地震	Mw 8.8	死者 452 人、日本等太平洋沿岸各地に津波

(出典：地震年表)

なお、表中の地震の規模をあらわすマグニチュードに数種類の記述があるが、各年代や調査機関によってマグニチュードの定義が異なるためであり、概要は次のとおりである。

- リヒターマグニチュード  $M_L$  : アンダーソン型地震計の最大振幅を震央からの距離 100km のところの値に換算したものの常用対数をマグニチュードとする。
- 表面波マグニチュード  $M_s$  : 表面波水平成分の最大振幅、震央距離（角度）から定義する。
- モーメントマグニチュード  $M_w$  : 地震を起こす断層運動のモーメント ( $M_0$ ) から定義される。
- 津波マグニチュード  $M_t$  : 津波の最大振幅と電波距離からあらわす。
- 気象庁マグニチュード  $M_j$  : 日本での地震情報として使用されており、モーメントマグニチュードともよく一致している。日本では気象庁マグニチュード ( $M_j$ ) を単に「 $M$ 」と表記することが多い。

## 第 3 章 プロジェクトの内容



## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### (1) 上位目標とプロジェクトの目標

「エ」国は中米に位置しており、その地理的な条件からハリケーン、熱帯低気圧、地震、火山等の自然災害の影響を受けやすい。これらの災害の中で最も大きな災害は地震によるものであり、近年では2001年に約1000人の死者を出す地震が発生している。本プロジェクトは「地震・津波防災能力の向上」を上位目標とし、地震・津波に関連した観測装置を配置し、観測拠点までを無線等のネットワークでオンライン化する。予警報等の災害対策機材の整備を行うことにより、地震・津波等の情報がいち早く住民に伝わることで人的被害の軽減を図ることをプロジェクト目標とするものである。

#### (2) プロジェクトの概要

本プロジェクトは、全国を対象として地震計システム、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で高速で観測拠点にオンラインで接続する伝送システムの増設を行う。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。なお、原則として日本調達または現地調達とし、「東日本大震災からの復興の基本方針」に沿って検討を行い、調達条件を設定する方針とする。表3-1-1に協力の範囲を示す。

表 3-1-1 協力の範囲

No.	項目	数量
1	地震計システム	8 箇所
2	ブロードバンド 観測システム	5 箇所
3	GPS 観測システム	3 箇所
4	潮位計測システム	1 箇所
5	津波監視カメラシステム	2 箇所
6	無線システム	
6.1	無線中継装置	8 組
6.2	VHF 携帯無線機	498 組
6.3	VHF 固定無線機	44 組

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。表3-1-2及び表3-1-3にMARN及びDGPC向け機材のそれぞれの計画対象サイトの選定内訳を示す。

表 3-1-2 計画対象サイトの選定内訳 (MARN 向け機材)

項目	設置場所	選定基準				
		技術的妥当性		相手国 優先順位	裨益効果	
		設置 環境	土地収用 証明取得		裨益人口 (千人)*1	被災地 産品
(1) 地震計システム (8箇所)	K1 大統領公邸	可	済	6	約 6,230 (「エ」国 国民)	有り
	K2 サンホセ デ ラ モンタナ	可	済	7		
	K3 統計センサ局社会統計部	可	済	8		
	K4 中米技術学院サンタテクラ	可	済	4		
	K5 パンチマルコ市庁舎	可	済	3		
	K6 ケサルテペケ市庁舎	可	済	5		
	K7 サンミゲル国家登記局	可	未	2		
	K8 ロマ デ アラルコン	可	済	1		
(2) ブロードバンド観測 システム(5箇所)	B1 ハヤケ	可	済	3		無し
	B2 タカチコ	可	済	2		
	B3 サンアンドレス	可	済	5		
	B4 ラスパバス	可	済	1		
	B5 ラスヌベス	可	済	4		
(3) GPS 観測システム (3箇所)	G1 ロマ デ アラルコン	可	済	1		無し
	G2 サンビセンテ第5歩兵旅団	可	済	3		
	G3 ラスヌベス	可	済	2		
(4) 潮位計測システム (1箇所)	T1 ラリベルタ港	可	済	1		有り
(5) 津波監視カメラシス テム(2箇所)	W1 アカフトラ港	可	済	2		有り
	W2 ラリベルタ港	可	済	1		

\*1: 世界銀行(2011年)

表 3-1-3 計画対象サイトの選定内訳 (DGPC 向け機材)

設置場所	(1) 無線 中継装置	技術的妥当性		(2) VHF 無線機*1		裨益効果	
		設置環境	土地収用 証明取得	固定型	携帯型	裨益人口 (千人)*2	被災地 産品
R1 アワチャパン	1	可 (既設無 線中継局 内)	不要 (既設無線 中継局内)	3組	33組	67	無し
R2 ソンソナテ	1			4組	35組	134	
R3 ラリベルタ	1			6組	80組	79	
R4 ラパス	1			6組	114組	173	
R5 サンビセンテ	1			2組	22組	24	
R6 ウスルタン	1			7組	114組	168	
R7 サンミゲル	1			2組	14組	20	
R8 ラウニオン	1			7組	86組	115	
R9 サンサルバドル	—			—	—	7組	
合計	8箇所			44組	498組	約780	

\*1: VHF 固定無線機及び VHF 携帯無線機は、無線中継装置が設置される県内の CDPC、CMPC 及び CCPC へ配備される。配備先は概略設計概要説明調査時の MD に記載されている。内容については巻末の添付資料 8 に示す。

\*2: 2011 年、「エ」国 Census 調べ。各県の沿岸部対象地域の人口を示す。サンサルバドルについては、無線中継装置へ接続する VHF 固定無線機のみ調達するため、裨益人口の対象外とした。

上記 MARN 向け機材の計画対象サイト選定結果において、地震計システムの 1 サイト (K7. CNR San Miguel) の土地収用証明は未取得の状況である。「エ」国側によると、既に同サイトの土地所有者 (CNR) から口頭での承諾を得ており、書面の発行を待つ状況である。このため、本プロジェクトの機材調達に係る入札公示前に全サイトの土地収用証明が揃う見通しであること、並びに DGPC 向け機材の無線中継装置設置場所の妥当性には問題無いことから、全サイトを計画対象とした。

## 3-2 協力対象事業の概略設計

### 3-2-1 設計方針

#### (1) 基本方針

DGPC の役割の一つは、CDPC、CMPC 及び CCPC に対して災害警報の発動と防災の実施計画の策定を行うものである。「エ」国は海岸線から首都であるサンサルバドルの間 2000m 級の山脈が位置しており、このため無線機等の通信ネットワークが繋がりにくい状況であったが、最近自助努力により、山頂付近に中継所の建設を進めた結果、DGPC 本部とコミュニティ間の通信網が改善しつつある。しかしながら、加入者数の増加（市民防災市委員会及び市民防災コミュニティ委員会）に対して、利用チャンネルには制限がある等、改善すべき内容に対して本プロジェクトで対応するものである。

一方、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。しかしながら、測定器の数は十分ではなく、限られた観測データの中から国民に対して情報を提供することを余儀なくされている。

このため、本プロジェクトでは、「エ」国全国を対象として MARN に強震計システム、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て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。また、DGPC の防災拠点から各自治体への無線通信システムのネットワークのための中継装置を設置すると共に沿岸部の CDPC、CMPC 及び CCPC に無線機を配備し安定した情報伝達を図る。

#### (2) 実施体制に対する方針

「エ」国の防災体制は、国家防災体制に示された図 3-2-1 のような DGPC を中心とした防災システム運営体制であり、MARN が収集した潮位及び地震情報を DGPC が分析し、無線ネットワークによりコミュニティに配信している。また、災害情報については、各コミュニティより各市、各県を通じて状況が市民防災局に届けられる。

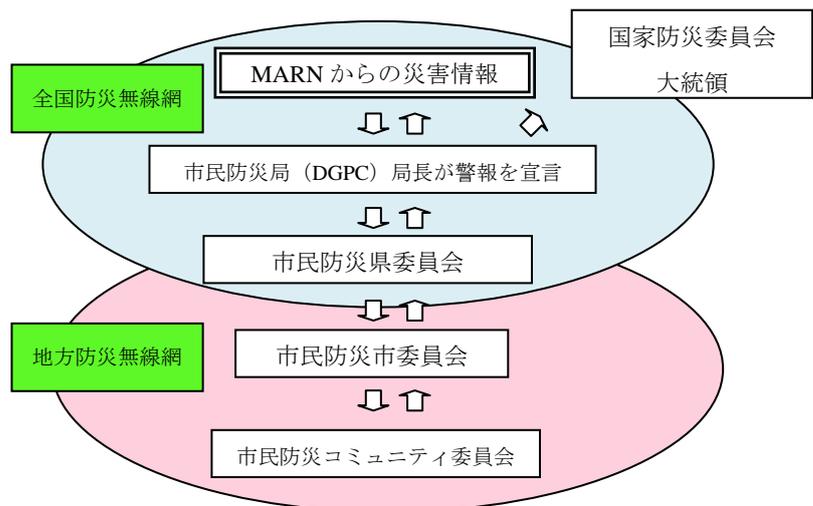


図 3-2-1 DGPC を中心とした運営体制

### (3) 機材仕様に対する方針

#### 1) 潮位計の計測方式に係る方針

潮位計については目的に応じて様々な種類があるが、一般的なものとして、海上より超音波の信号を海面に発射し、反射信号の時間から海面の位置を観測する超音波式の他、フロート式、ブイ式及び水圧式がある。本プロジェクトでは、可能な限り低コストで潮位の自動観測、自動送信システムを実現することを主眼として、「エ」国側の維持管理の容易性を含め、既存の栈橋に据え付ける超音波式を採用することとした。

#### 2) 電源に係る方針

本プロジェクトにおいて、地震計等の測定器は一般的に震度や騒音等の影響を受けやすいことから道路や家屋から離れた位置に設置されており、また、潮位計測システムは、既存の栈橋上に設置するため電源が確保されていない。電源を確保する手段としては、商用電源の引き込みまたは設置場所での独立電源による方法が考えられる。前者の商用電源を引き込む場合、栈橋近隣の配電線からケーブルを分岐し、栈橋に沿って設置場所まで数百メートル敷設するため、電圧降下を考慮した設備が必要となる。後者の独立電源による場合、発電機または太陽光発電システムによる方法が考えられるが、発電機のような振動・騒音を発生する動力機器は潮位観測を行う場所では不適であり、かつ燃料代や消耗品等の運転費用がかかる。このため、本プロジェクトでは、消費電力が比較的小さいことから、初期投資及び維持管理費用が安価である太陽光発電システムによる電源を確保することとする。

#### 3) 測定データの伝送方式に係る方針

潮位計及び地震計等の観測データについては、最近ではコンピュータ技術の進展から測定値や波形等を容易に電子化することが可能となったことから、符号化し信号に変換することでデータ伝送することが実現した。伝送方式については、伝送容量が大きいものから順番に衛星回線、無線伝送網及びインターネット回線等が利用されている。一般に潮位計は一定間隔を置いて測定するのに対し、地震計は常時測定するため、伝送容量は潮位計よりも比較的大きなものとなる。また、潮位計の一般的なサンプリングレートは1分間隔であるが、防災等の観点から間隔を短く設定した場合、伝送するデータの容量は大きくなる傾向にある。このため本プロジェクトでは、インターネット網が安定している「エ」国の通信状況を考慮し、地震計等のデータに加えて潮位計のデータについても主としてインターネット回線を利用する計画とした。また、インターネット回線が確保されていない地域においては、衛星回線（DCP）や無線伝送（5.8GHz SHF 無線）等、それぞれの場所において代替案を検討した。表 3-2-1 にコンポーネントのデータ転送方式を示す。

表 3-2-1 コンポーネントのデータ転送方式

項目	設置場所	データ転送方式
(1) 地震計システム (8 箇所)	K1 大統領公邸	インターネット
	K2 サンホセ デ ラ モンタナ	インターネット
	K3 統計センサス局社会統計部	インターネット
	K4 中米技術学院サンタテクラ	インターネット
	K5 パンチマルコ市庁舎	インターネット
	K6 ケサルテペケ市庁舎	インターネット
	K7 サンミゲル国家登記局	インターネット
	K8 ロマ デ アラルコン	5.8GHz SHF 無線
(2) ブロードバンド観測 システム(5 箇所)	B1 ハヤケ	5.8GHz SHF 無線
	B2 タカチコ	5.8GHz SHF 無線
	B3 サンアンドレス	5.8GHz SHF 無線
	B4 ラスパパス	5.8GHz SHF 無線
	B5 ラスマベス	5.8GHz SHF 無線
(3) GPS 観測システム (3 箇所)	G1 ロマ デ アラルコン	5.8GHz SHF 無線
	G2 サンビセンテ第5歩兵旅団	インターネット
	G3 ラスマベス	5.8GHz SHF 無線
(4) 潮位計測システム (1 箇所)	T1 ラリベルタ港	衛星回線(DCP)
(5) 津波監視カメラシ ステム(2 箇所)	W1 アカフトラ港	インターネット
	W2 ラリベルタ港	インターネット

#### 4) データのオンライン化、共有化に係る方式

従来、地震観測データは、現地の地震計に設置したデータロガーと呼ばれる記録装置に記録し、職員を現地に派遣して観測データを回収し、持ち帰りコンピュータに保存する方法であった。本プロジェクトでは、無線伝送装置（送信機及びアンテナ）を導入することにより、地震情報等を迅速に DGPC 等の防災機関へ伝達することが可能となり、住民の安全な場所への避難誘導等の情報提供がスムーズに行われることを促進するものである。

また、本プロジェクトでは観測装置から MARN システムへの伝送として衛星伝送が利用されるが、衛星伝送回線については、気象衛星を利用した場合、送られたデータは GTS（世界気象通信回線）に取り込まれ、国際的な気象観測体制で共有され、我が国の気象局と情報の共有を行うことが可能となる。気象衛星を経由しないデータについても、監視システムのネットワークを利用してインターネットで情報配信する等共有化を図る計画とした。

#### (4) コンポーネント及びサイト選定に対する方針

##### 1) コンポーネントの選定方針

要請機材について防災の観点から検討した結果、地震の発生をいち早く測定し住民への通報を可能とする「地震計システム」及び津波等の異常潮位の状況を把握し避難誘導等に効果的な「潮位計測システム・津波監視カメラシステム」を最優先の機材とし、さらに、地震のメカニズム解析のための「ブロードバンド観測システム」と長期的な地盤の観測が可能な「GPS 観測システム」を組み合わせることで、バランスが取れた効果的な防災システムを構築できるようにコンポーネントの選定を行う。

## 2) サイト選定の条件・基準

### ① MARN 向け機材

MARN の要請内容は数種類の地震計関連機材の他、潮位計及びコンピュータ等多品種の機材で構成されている。優先順位の条件は、機材ごとに投資効果、観測精度、相手国負担の観点から評価した。「エ」国は地震計設置に係る基準が無く、これまで米国の大学等が火山調査・研究用に設置してきた地震計の設置例等から、独自に配置方法を設定している。我が国の地震計の設置基準に合わせて検討した結果、地震計等の機材を設置する本プロジェクト対象候補地の一部に観測精度に負の影響を及ぼす不適切な場所があることが判明したため、地震計を設置した場合の「観測精度」が十分見込まれる箇所を優先した。評価基準を表 3-2-2 に示す。

表 3-2-2 機材設置の優先・評価基準

共通条件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 機材設置場所の使用可否（設置場所の概要、用地所有者による承諾要）</li> <li>2. 機材設置場所のセキュリティー</li> <li>3. 既設通信設備への接続の可否</li> <li>4. 既設電源設備への接続の可否</li> </ol>
A. 地震計システム	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 機材据付用建屋の使用可否</li> <li>2. 床の状況（固定金具に耐えうるコンクリート基礎を有すること。地階が望ましく、フリーアクセス床は不適）</li> <li>3. 土地の状況（埋立地、傾斜地、ダム堤防等不適）</li> <li>4. 周辺状況・障害物の有無（崖、鉄塔、電柱、花壇、駐車場等の付近は不適）</li> <li>5. 地下埋設物の有無（埋設管、地下タンク、地中ケーブル等の地上部は不適）</li> </ol>
B. ブロードバンド観測システム	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 上記地震計システムのすべての条件を満足すること。</li> <li>2. 立坑の設置可否（断熱材によりセンサー周辺温度を一定保持するため）</li> <li>3. 上記2が不可の場合、コンクリート基礎設置の可否</li> <li>4. 上記3が可能な場合、空調設備設置の可否</li> </ol>
C. GPS 観測システム	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設置場所の適性（強震計近隣が望ましい）</li> <li>2. 床の状況（屋根の上は不適。強震計を設置した建屋の屋上望ましい。）</li> </ol>
D. 潮位計測システム	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 船舶が接近しないこと</li> <li>2. 高波の影響が無いこと</li> <li>3. センサー直下の海底が露出しないこと</li> <li>4. センサー直下に障害物が無いこと</li> <li>5. 床の状況（固定金具に耐えうるコンクリート基礎を有すること。）</li> <li>6. 潮位計センサー部と送信機部を同じ場所に設置できること（2m x 2m）</li> <li>7. 上記6が不可の場合、栈橋近くに送信機を設置する場所を確保できること</li> </ol>
E. 津波監視カメラシステム	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 潮位計近隣であること（推奨）</li> <li>2. データ伝送方法（Wi-Fi、ケーブル、指向性 Wi-Fi）が確保できること</li> </ol>

表 3-2-2 を基にした調査結果を巻末の添付資料-5 のサイト候補地調査結果に示す。

### ② DGPC 向け機材

- 無線中継装置設置のための条件

本プロジェクトで無線中継装置を設置する対象地域の選定については、次の条件を設定した。

- 沿岸部の DGPC 関連機関に無線電波を送出することができる場所に位置していること。
- 無線中継装置を設置するための中継局舎、中継用アンテナを設置する鉄塔及び AC 電源の提供が可能であること。
- 無線中継装置に対する維持管理体制を有していること。

● VHF 携帯無線機及び VHF 固定無線機設置のための条件

DGPC は、これまでの津波や高潮等の被害を受けた地域を中心として、海拔が 10m 以下の災害に脆弱な地域の地図を作成している。VHF 携帯無線機及び VHF 固定無線機の配置については、同地図上の CDPC、CMPC、CCPC を対象とし、特に無線ネットワーク網の整備が遅れているコミュニティレベルの CCPC に対して重点的に配置する方針とし、以下の条件により選定した。

- 沿岸部地域に面した DGPC 関連機関であること。
- 各県に設置された中継局からの無線電波を受信できること。
- 津波警報の発令等、事前に災害警報を伝達することが可能な地域であること。
- 防災体制が整備された地域であること。
- 地震、津波の他、洪水等の災害に対する脆弱性が高いこと。

今回の対象サイトはいずれも上記の基準を満たしていることが確認された。

### 3) コンポーネントの配置方針

表 3-2-3 にコンポーネントの配置方針を示す。

表 3-2-3 コンポーネントの配置方針

コンポーネント	選定方針
① 地震計システム・ブロードバンド観測システム	<p>地震計を設置する場合、地震観測データから何を解析するかという目的を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 震源要素の決定：地震の発生場所（緯度経度、震度）や規模（マグニチュード）を決定するために、高感度地震計が用いられ、地震発生から数分で、震源要素の速報が発表される。我が国の気象庁では、地震検知網として全国に 200 箇所（2012 年 1 月現在、およそ 43km 四方に 1 台）に配置している。弱い地震も観測するためには、密度の高い配置が望まれるが、観測データの増大や解析の負担増を伴うため、通信技術・処理ハード・処理ソフト等と連動する必要がある。なお、地震の規模が大きい場合、次に述べる強震計のデータを用いてマグニチュードの再確認を行っている。</li> <li>・ 震度観測：強震計は加速度型地震計とも呼ばれ、強い揺れを観測するとともに、震度の計測に用いられる。日本では兵庫県南部地震以降、地震の震度から被害率を推定する試みが行われ、大地震発生時の地域別被害推定や初動体制の資料にもなっている。我が国の気象庁及び各自治体の庁舎を中心に、全国で約 4,000 箇所（2012 年 1 月現在、およそ 10km 四方に 1 台）に配置され、地震発生時の震度速報・震度情報に利用されている。</li> <li>・ 広帯域地震計：ブロードバンド地震計とも呼ばれ、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。広帯域地震計で得られる地震波形を用いて、発震機構等の解析が行われる。我が国の気象庁では全国に約 20 箇所（2012 年 1 月現在、およそ 140km 四方に 1 台）に設置している。この地震観測は比較的大規模な地震に適応されるため、上記のような配置となっている。</li> </ul>

以上、我が国の気象庁の設置例を示したが、この観測網で十分であるということではなく、現在も新規地点の設置や観測地点の見直しが行われている。

本プロジェクトの場合、「エ」国の地震観測機関である MARN が、長期計画（Ministry of the Environment and National Resources Strategic Plan 2010-2014）に基づいて地震計の展開を行っており、本プロジェクトはその一部を補完するものである。地震観測所の配置密度が高いことが望まれるが、前述部のように、各国での通信インフラの整備やデータ処理技術（ハード・ソフト）の充実が伴わなければならない。MARN は、強震計を多く設置して震度決定を行っているが、今後、地震のメカニズムの解析等を通してより高度に観測データを利用することを目指しており、そのために、強震計をサンサルバドルを中心に設置することとした。特に、K-1、K-2、K-3 のサイトについては、地表部と深さ 15~19m の立坑底部の 2 層に設置し、地表部と岩盤に近い地下での観測を比較することで、揺れの特性を把握し、民家やオフィスビルでの地震動対策に有用な情報が解析を行うこととした。併せて、ブロードバンド地震計を取り入れ、既設と合せて全国的に配備することで、全国的な観測体制を整備する。

② 潮位計測システム・津波監視カメラシステム

潮位計は、従来、標高や港湾工事用の基準面を決定するための観測と、台風による高潮の監視、潮汐変動や異常潮位現象の観測を目的に設置されてきた。そのため、主要港湾や主要漁港、大河川の河口部に設置されることが多かった。近年、地震観測機材が進歩し、海底地震の発生と津波発生メカニズムが解明されるようになり、潮位計は津波の監視の重要な役割を担うようになった。津波監視を目的とする潮位観測では潮位計の配置に関する基準は無いが、国際的には IOC（政府間海洋委員会）が中心となり、世界的な津波監視網の構築を進めている。

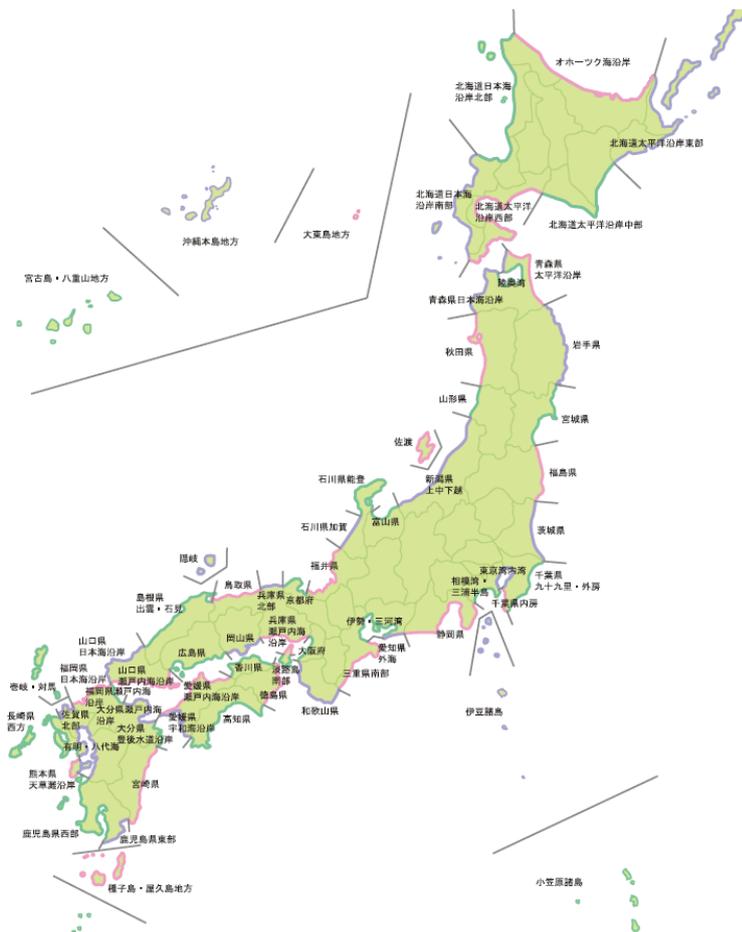


図 3-2-2 我が国の津波予報区

	<p>我が国においては、津波予警報の発表・解除や津波監視を目的として気象庁が全国に潮位計を展開している。潮位計設置の基準として、気象庁では1つの津波予報区に最低1箇所としている。津波予報区とは、津波に関する予報・警報を発表する最小単位で、都道府県を基本的な区分単位とするが、北海道のように海岸線が長い場合、東京湾や伊勢湾のように1つの都県で様相の違う海岸が混在する場合には、予報区を分割している。図3-2-2に日本の予報区を示す。</p> <p>我が国の太平洋沿岸の場合、北海道から九州までの海岸延長約2,500kmが24の予報区に区分されており、平均的に約100kmに1箇所の観測所が設置されていることになる。なお、気象庁以外の省庁や研究機関、自治体等の設置した潮位計もあるため、実際にはさらに高い密度で観測されている。</p> <p>米国ではNOAAがハワイ州、アラスカ州や離島部を含め250箇所で潮位観測を行っており、ハリケーンの常襲地帯であるメキシコ湾岸ではおよそ25kmに1箇所の潮位観測所（高潮監視が主目的）が設置され、太平洋岸や大西洋岸では約50kmに1箇所の潮位観測所が設置されている。</p> <p>一方、沿岸に到達する前に津波を観測するため、海底津波計や津波観測ブイによる観測が実施されつつあるが、沿岸での津波観測の観測・解析技術が整うことで、これらの沖合での観測を有効に活用することになる。</p> <p>「エ」国には我が国の予報区分に相当する概念が無いため、同様の判断を下すことはできない。しかし、既存の潮位計と新規の潮位計を合わせて、ほぼ100kmに1箇所の配置となるようにし、また極端な偏りが無いように設置すると共に、太平洋に面する県については各行政区毎に潮位情報を得ることを目標とする。</p> <p>潮位計システム（T-1）及び津波監視カメラシステム（W-2）の両システムのサイトであるラリベルタ港は、既設の潮位計の間に位置しラリベルタ県には潮位観測所が設置されていないことから選定した。海象観測が映像と潮データの両面から観測できることに加え、ラリベルタ港はサンサルバドルから近く休日に多くの住民が集まり、津波発生時には甚大な被害が予想されるため、津波監視カメラを導入することで避難誘導がより有効に行えると判断した。</p>
③ 無線システム	<p>住民が多く居住している沿岸部地域は、首都サンサルバドルより30km以上の位置にあり、途中で標高1,600m～2,000mの山脈があるため通信手段が限られている。本プロジェクトではサンサルバドルと沿岸部の間に位置する山脈部に無線を中継する中継装置を、県・市・コミュニティに無線機を設置することにより、沿岸部の広域な地域に点在する住民に災害情報を伝達することが可能となるようコンポーネントを選定する。</p> <p>巻末の添付資料-8に『本プロジェクトの無線中継装置カバレッジ（想定）及びVHF携帯無線機及びVHF固定無線機の配布先』に示すとおり、本プロジェクトで配布されるVHF携帯無線機及びVHF固定無線機は、無線中継装置カバレッジ内の沿岸部地域を対象としていることが確認された。</p> <p>なお、VHF携帯無線機の配布先であるCCPCにおいては、上記の災害リスクがより高いCCPCに対し配布台数を増やす計画とした。配布先を表3-2-4のVHF携帯無線機及びVHF固定無線機設置場所と計画台数に示す。</p>

図3-2-3に既存機材と本プロジェクト調達機材の設置位置を示す。

図 3-2-3 「エ」国機材設置位置図

