

北米・中南米地域
中米地域 地震・津波観測能力に
関する情報収集・確認調査

ファイナル・レポート
要約

平成 27 年 3 月
(2015 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
一般財団法人 気象業務支援センター

中南
JR
15-011

**北米・中南米地域
中米地域 地震・津波観測能力に
関する情報収集・確認調査
ファイナル・レポート
要約**

平成 27 年 3 月
(2015 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
一般財団法人 気象業務支援センター

目 次

1. 調査概要	1
1.1. 調査の背景	1
1.2. 調査の目的	1
1.3. 調査対象機関.....	2
2. 中米6か国の防災体制及び地震・津波防災の現状	4
2.1. ニカラグア	4
2.1.1. 基礎情報	4
2.1.2. 防災政策、計画、組織体制	5
2.1.3. 地震観測と地震防災への取り組み.....	8
2.1.4. 津波観測と津波防災への取り組み.....	14
2.1.5. JICA と他ドナーの支援状況	19
2.1.6. 課題	21
2.2. エルサルバドル	23
2.2.1. 基礎情報	23
2.2.2. 防災政策、計画、組織体制	23
2.2.3. 地震観測と地震防災への取り組み.....	25
2.2.4. 津波観測と津波防災への取り組み.....	30
2.2.5. JICA と他ドナーの支援状況	35
2.2.6. 課題	36
2.3. グアテマラ	39
2.3.1. 基礎情報	39
2.3.2. 防災政策、計画、組織体制	39
2.3.3. 地震観測と地震防災への取り組み.....	41
2.3.4. 津波観測と津波防災への取り組み.....	44
2.3.5. JICA と他ドナーの支援状況	50
2.3.6. 課題	51
2.4. コスタリカ	54
2.4.1. 基礎情報	54
2.4.2. 防災政策、計画、組織体制	54
2.4.3. 地震観測と地震防災への取り組み.....	56
2.4.4. 津波観測と津波防災への取り組み.....	61
2.4.5. JICA と他ドナーの支援状況	67
2.4.6. 課題	68

2.5.	パナマ	70
2.5.1.	基礎情報	70
2.5.2.	防災政策、計画、組織体制	70
2.5.3.	地震観測と地震防災への取り組み	72
2.5.4.	津波観測と津波防災への取り組み	75
2.5.5.	JICA と他ドナーの支援状況	79
2.5.6.	課題	79
2.6.	ホンジュラス	82
2.6.1.	基礎情報	82
2.6.2.	防災政策、計画、組織体制	82
2.6.3.	地震観測と地震防災への取り組み	84
2.6.4.	津波観測と津波防災への取り組み	88
2.6.5.	JICA と他ドナーの支援状況	93
2.6.6.	課題	94
2.7.	中米地域の津波警報における CEPREDENAC の役割	96
3.	CATAC の設立状況と今後の課題	97
3.1.	CATAC に関する UNESCO/IOC – ICG/PTWS 等での検討経緯	97
3.2.	CATAC の想定業務概要、関係国との連携体制	98
3.3.	CATAC に対する INETER の運営方針、組織体制、津波警報発表基準の整備状況	100
3.4.	CATAC の運用における関係国への人材育成計画	100
3.5.	CATAC の運営、技術能力に想定される課題	100
3.5.1.	短期的な課題	100
3.5.2.	中長期的な課題	102
3.6.	CATAC 承認のプロセス	102
4.	中米 6 か国の防災体制上の課題	104
5.	今後の協力の方向性	105
5.1.	CATAC の地震・津波情報分析、警報発信能力強化に関する協力内容の提言	105
5.1.1.	CATAC 支援の方向性の検討	105
5.1.2.	CATAC 支援内容	106
5.2.	エルサルバドル地震・津波情報分析能力強化に関する協力内容の提言	107

図表目次

図 1.3.1	対象地位置図	3
図 2.1.1	中米地域周辺のテクトニクス	5
図 2.1.2	主要防災機関の組織体制（ニカラグア）	6
図 2.1.3	ニカラグアの地震計位置図	9
図 2.1.4	中米地域の地震計位置図	9
図 2.1.5	INETER の地震観測データ処理の流れ	11
図 2.1.6	潮位計の位置図	14
図 2.1.7	津波警報伝達体制図	18
図 2.1.8	CODE（左）、部門別委員会ミーティングルーム（右）	18
図 2.1.9	津波の浸水予想図	19
図 2.2.1	主要防災機関の組織体制（エルサルバドル）	24
図 2.2.2	エルサルバドルの地震計観測点位置図	27
図 2.2.3	DGOA が防災機関に地震情報を発信する基準	28
図 2.2.4	DGOA の地震観測データ収集、処理、配信の流れ	28
図 2.2.5	津波警報伝達体制図	34
図 2.2.6	DGPC 緊急オペレーションセンター 建屋全景（左）内部（右）	34
図 2.3.1	主要防災機関の組織体制（グアテマラ）	40
図 2.3.2	グアテマラにおけるアナログ地震計の配置図	43
図 2.3.3	グアテマラにおけるデジタル地震計の配置図	43
図 2.3.4	INSIVUMEH における地震観測データ処理の流れ	43
図 2.3.5	検潮所位置（黄色が検潮所。赤丸は県庁所在地。）	46
図 2.3.6	2014 年 10 月 13 日の地震で津波発生の解除を ALFA が防災機関に知らせる 情報	48
図 2.3.7	津波警報伝達体制図	49
図 2.3.8	緊急情報伝達センター（左）、緊急オペレーションセンター（右）	49
図 2.4.1	主要防災機関の組織体制（コスタリカ）	55
図 2.4.2	RSN の現状の地震計配置図	57
図 2.4.3	OVSICORI の地震計配置図	58
図 2.4.4	LIS の地震計配置置図	59
図 2.4.5	RSN、OVSICORI、LIS の地震観測とデータ処理、情報発信のまとめ	60
図 2.4.6	潮位計の位置図	63
図 2.4.7	津波警報判断・伝達体制図	66
図 2.4.8	CNE コミュニケーションセンター	66

図 2.5.1	主要防災機関の組織体制（パナマ）	71
図 2.5.2	パナマ広帯域地震計の配置図	74
図 2.5.3	パナマ短周期地震計の配置図	74
図 2.5.4	IGC の地震観測、データ処理、情報発信のまとめ	74
図 2.5.5	津波警報判断・伝達体制図	78
図 2.6.1	主要防災機関の組織体制（ホンジュラス）	83
図 2.6.2	地震計位置図	87
図 2.6.3	国家モニタリングセンター、上部のディスプレイが CISN Display の画面（常時表示）	88
図 2.6.4	津波観測点配置図	89
図 2.6.5	津波発生判断発表プロトコル（上図：作業の流れ。下図：警報基準）	90
図 2.6.6	津波警報伝達体制図	92
図 3.2.1	CATAC から出される情報の利用機関への流れ	100
表 1.3.1	各国の防災関連機関	2
表 2.1.1	ニカラグア基礎情報	4
表 2.1.2	ニカラグア防災に係る政策的枠組み	5
表 2.1.3	地震計とデータ収集方法	10
表 2.1.4	INETER の地震観測網の内訳	11
表 2.1.5	津波警報発表手順	16
表 2.1.6	ニカラグアの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況	20
表 2.1.7	ニカラグアの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況	20
表 2.2.1	エルサルバドル基礎情報	23
表 2.2.2	エルサルバドル防災に係る政策的枠組み	23
表 2.2.3	エルサルバドル地震計と通信手段	26
表 2.2.4	MARN の地震観測網の内訳	27
表 2.2.5	エルサルバドルでの津波観測に利用している観測データ	31
表 2.2.6	津波発生判断基準	32
表 2.2.7	エルサルバドルの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況	35
表 2.2.8	エルサルバドルの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況	36
表 2.3.1	グアテマラ基礎情報	39
表 2.3.2	グアテマラ防災に係る政策的枠組み	39
表 2.3.3	INSIVUMEH の地震観測網の内訳	42

表 2.3.4	グアテマラの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況	50
表 2.3.5	グアテマラの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況.....	51
表 2.4.1	コスタリカ基礎情報	54
表 2.4.2	コスタリカ防災に係る政策的枠組み.....	55
表 2.4.3	コスタリカの地震観測網の内訳	60
表 2.4.4	コスタリカ沿岸の潮位観測点.....	62
表 2.4.5	コスタリカの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況	67
表 2.4.6	コスタリカの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況.....	67
表 2.5.1	パナマ基礎情報	70
表 2.5.2	パナマ防災に係る政策的枠組み	70
表 2.5.3	IGC の地震観測網の内訳	73
表 2.5.4	パナマの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況	79
表 2.5.5	パナマの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況.....	79
表 2.6.1	ホンジュラス基礎情報	82
表 2.6.2	ホンジュラス防災に係る政策的枠組み	82
表 2.6.3	COPECO の地震観測網の内訳	85
表 2.6.4	地震警報の発信基準	86
表 2.6.5	ホンジュラスの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況.....	93
表 2.6.6	ホンジュラスの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況.....	93
表 3.1.1	中米及びその周辺国において地震観測網を運営している機関名及びそれらが運 用している地震計の概数一覧.....	98
表 5.1.1	支援の方向性の検討表	105

略語表

略語	正式名(英語またはスペイン語)	日本語表記
ニカラグア		
CODE	Centro de Operaciones de Desastres	災害オペレーションセンター
CODEPRED	Comités Departamental para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua	県防災委員会
COLOPRED	Comités Locales para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua	地区防災委員会
COMUPRED	Comités Municipales para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua	市防災委員会
CNC	Cámara Nicaragüense de la Construcción	ニカラグア建設業協会
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales	ニカラグア国土調査院
MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura	運輸インフラ省
Co-Direcciones de SINAPRED	Co-Direcciones de Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua	ニカラグア国家災害管理・防災システム事務局
SINAPRED	Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua	ニカラグア国家災害管理・防災システム
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública	公共投資資金管理
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua	ニカラグア国立自治大学
UNAN/CIGEO	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, -Centro de Investigaciones Geocientíficas	ニカラグア国立自治大学地球科学研究センター
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería	ニカラグア国立工科大学
エルサルバドル		
ACODES	Asociación de Consultores de El Salvador	エルサルバドル コンサルタント協会
CCPC	Comision Comunal de Proteccion Civil	地区市民防災委員会
CDPC	Comision Departamental de Proteccion Civil	県市民防災委員会
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa	レンパ川水力発電委員会
CMPC	Comision Munincipal de Proteccion Civil	市市民防災委員会
DACGER/MOP	Dirección de Adaptacion al Cambio Climatico y Gestión Estratégica del Riesgo, Ministerio de Obras Públicas, Transporte Vivienda y Desarrollo Urbano	公共事業省 気候変動・リスク管理戦略局
DGOA/MARN	Dirección General del Observatorio Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	環境天然資源省環境監視総局
DGPC	Dirección General de Protección Civil	総務省市民防災局
FUNDASAL	Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima	小住宅・開発に関するエルサルバドル財団
ISC	Instituto Salvadoreño de la Construcción	エルサルバドル建築家組織
ISDEM	Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal	地方自治開発庁
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	環境天然資源省
MOP	Ministerio de Obras Públicas, Transporte Vivienda y Desarrollo Urbano	公共事業省
SAV	Secretaría de Asuntos de la Vulnerabilidad	脆弱問題庁
UCA	Unversidad Centroamericana	中米大学
UES	Unversidad de El Salvador	エルサルバドル国立大学
MOPTVDU	Ministerio de Obras Publicas, Vice Ministeriode Vivienda y Desarrollo Urbano	公共事業運輸住宅都市開発省
グアテマラ		
CEDESYD	Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres	安全な開発と災害に関する研究センター
CESEM	Centro de Estudios Superiores en Energía y Minas	エネルギー・鉱山上級研究センター
CIG	Colegio Ingenieros de Guatemala	グアテマラエンジニア組合

CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica	電気エネルギー国家委員会
CODRED	Departmental de Coordinación Institucional para la Reducción de Desastres	県防災調整局
COLRED	Local de Coordinación Institucional para la Reducción de Desastres	地区防災調整局
COMRED	Municipal de Coordinación Institucional para la Reducción de Desastres	市防災調整局
CONAP	Consejo Nacional de Areas Pretegidas	保護区域のための全国協議会
CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres	国家防災調整局
CORRED	Regional de Coordinación Institucional para la Reducción de Desastres	地域防災調整局
ECORED	Equipamiento de la Comunidad para Reducción de Desastres	減災のためのコミュニティ施設・設備に関するプロジェクト
INAB	Instituto Nacional de Bosques	森林研究所
INFOM	Instituto de Fomento Municipal	市町村振興協会
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología	国家地震・火山・気象・水文庁
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación	農牧省
MEM	Ministerio de Energía y Minas	エネルギー・鉱山省
MICIVI	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda	通信・インフラ・住宅省
MICUDE	Ministerio de Cultura y Deportes	文化・スポーツ省
MINEDUC	Ministerio de Educación	文部省
MINGOB	Ministerio de Gobernación	内務省
MP	Ministerio Público	公共省
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	公衆衛生・社会福祉省
SCEP	Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia	大統領執行調整事務局（大統領府）
SE-CONRED	Secretaría Ejecutiva - Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres	国家防災調整局事務局
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación	経済企画庁
SESAN	Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional	食料栄養保障事務局
SOSEP	Secretaría de Obras Sociales de la Esposa del Presidente	社会事業事務局
UNIRIOS	Unidad de Manejo de Ríos y Canales, Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda	通信・インフラ・住宅省道路局河川部
USAC	Universidad de San Carlos	サンカルロス大学
コスタリカ		
CCE	Comités Comunales de Emergencia	コミュニティ緊急委員会
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos	エンジニア・建築家連合組合
CLE	Comité Local de Emergencia	地区緊急委員会
CME	Comité Mnicipal de Emergencia	市緊急委員会
CNE	Comisión Nacional de (Prevención de Riesgos y Atención de) Emergencias	コスタリカ国家災害対策緊急委員会
CONARE	Consejo Nacional de Rectores	国立大学学長委員会
CRE	Comités Regionales de Emergencia	地域緊急委員会
DINADECO	Dirección Nacional de Desarrollo de Comunidades	内務省国家コミュニティ開発部
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad	コスタリカ電気公社
IFAM	Instituto de Fomento y Asesoría Municipal	自治体開発研究機構
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo	住宅都市計画機構

ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica	コスタリカ工科大学
LIS	Laboratorio de Ingeniería Sísmica	コスタリカ大学地震工学研究所
MEP	Ministerio de Educación Pública	公共教育省
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica	国家計画・経済政策省
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía	環境エネルギー省
MIVAH	Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos	住宅・居住地省
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes	公共事業省
FNE	Fondo Nacional de Emergencia	国家緊急基金
OVSICORI(UNA)	Observatorio Volcanológico y Sísmológico de Costa Rica (Universidad Nacional de Costa Rica)	コスタリカ国立大学 火山・地震観測所
PREVENTEC	Programa de Información Científica y Tecnológica Satelital al Servicio de la Prevención y Mitigación de los Desastres, Universidad de Costa Rica	コスタリカ大学防災研究所
PRUGAM	Planificación Regional Urbana del Gran Área Metropolitana	大都市圏整備計画
RSN	Red Sísmológica Nacional	コスタリカ大学全国地震ネットワーク
SINAMOT(UNA)	Sala de Monitoreo de Tsunami	コスタリカ国立大学津波モニタリング室
SNGR	Sistema Nacional de Gestión de Riesgos	国家リスク管理システム
UCR	Universidad de Costa Rica	コスタリカ大学
UNA	Universidad Nacional de Costa Rica	コスタリカ国立大学
UNED	Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica	コスタリカ通信教育大学
UNGL	Unión Nacional de Gobiernos Locales	地方行政機関の国内連合
パナマ		
ACP	Autoridad del Canal de Panamá	パナマ運河庁
AMP	Autoridad Marítima de Panamá	パナマ海事庁
ANAM	Autoridad Nacional del Ambiente	パナマ環境省
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente	国家環境委員会
ETESA	Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.	パナマ送電事業会社
IGC-UPA	Universidad de Panamá, Instituto de Geociencias	パナマ大学 地球科学研究所
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil	パナマ国家市民保護システム
SE-SINAPROC	Secretaría Ejecutiva - Sistema Nacional de Protección Civil	パナマ国家市民保護システム事務局
SENACYT	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	パナマ科学技術革新局
SPIA	Sindicato Panameño de Ingenieros y Arquitectos	パナマ建築・技術者協会
UDELAS	Universidad Especializada de las Américas	アメリカ専門大学
UMIP	Universidad Marítima Internacional de Panamá	パナマ海洋大学
UNACHI	Universidad Autónoma de Chiriquí	チリキ自治大学
UP	Universidad de Panamá	パナマ大学
UTP	Universidad Tecnológica de Panamá	パナマ工科大学
ホンジュラス		
AMHON	Asociación de Municipios de Honduras	ホンジュラス市連合会
CICH	Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras	ホンジュラス土木エンジニア協会
CODEL	Comité de Emergencia Local	地区緊急対応委員会
CODEM	Comité de Emergencia Municipal	市緊急対応委員会
COPECO	Comisión Permanente de Contingencias	災害対策常設委員会
FHIS	Fondo Hondureño de Inversión Social	社会投資基金
FONAPRE	Fondo Nacional de Preparación y Respuesta a Emergencias	国家緊急準備対応基金
IGH	Instituto de Geociencia de Honduras	ホンジュラス地学協会
SEPLAN	Secretaría Técnica de Planificación y Cooperación Externa	国際技術協力企画庁
SERNA	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente	天然資源環境庁

SINAGER	Sistema Nacional de Gestión de Riesgo	災害管理に関する国家システム
SMN	Servicio Meteorológico Nacional	全国気象サービス
SOPTRAVI	Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda	公共事業運輸住宅省
UNAG	Universidad Nacional de Agricultura	国立農業大学
UNAH/IHCIT	Universidad Nacional Autónoma de Honduras / Instituto Hondureño de Ciencia de la Tierra	ホンジュラス国立自治大学 地球科学研究所
UPI	Universidad Politécnica de Ingeniería	ホンジュラス工科大学
UPNFM	Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazan	国立サンフランシスコモラサン教育大学
国際機関		
DIPECHO	Programa de Preparación antes los desastres de ECHO (El Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea)	欧州人道事務局災害準備計画
EC	European Commission	欧州共同体
ECHO	El Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea	欧州人道事務局
ECLAC(CEPAL)	Economic Commission for Latin America and the Caribbean (Comisión Económica para América Latina y el Caribe)	国連ラテンアメリカ・カリブ経済委員会
EU	European Union	欧州連合
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国際連合食糧農業機関
GFDRR	Global Facility for Disaster Reduction and Recovery	防災と復旧のためのグローバルファシリテイ
ICG/PTWS	Intergovernmental Coordination Group for the Pacific Tsunami Warning and Mitigation Sytem	太平洋津波警報・防災システムのための政府間調整グループ
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	アメリカ海洋大気庁
OAS	Organización de Estados Americanos / Organization of American States	米州機構
OCHA	United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs	国連人道問題調整事務所
PAHO	Pan American Health Organization	汎米保健機構
PASB	Pan American Sanitary Bureau	汎米衛生局
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国際連合教育科学文化機関
UNESCO/IOC	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture Commission océanographique intergouvernementale	国際連合教育科学文化機関政府間海洋学委員会
UN-HABITAT	United Nations Human Settlements Programme	国際連合人間居住計画
UNICEF	The United Nations Children's Fund	国連児童基金
UN-ISDR	United Nations - International Strategy for Disaster Reduction, Panama Municipality	国連国際防災戦略
WB	World Bank	世界銀行
WHO	World Health Organization	世界保健機関
中米・カリブ地域機関		
BCIE	Banco Centroamericano de Integración Económica	中米経済統合銀行
CCAD	Comisión Centroamericana de Amobiente y Desarrollo	中米環境開発委員会
CCJ	Corte Centroamericana de Justicia	中米裁判所
CCP	Centro Centroamericano de Población	中米人口センター
CNEPROMYPE	Convenio Constitutivo del Centro para la Formación de la Micro y Pequeña Empresa en Centroamérica	中米中小企業センター

CFR-SICA	Consejo Fiscalizador Regional	地域監査役会
CRRH	Comité Regional de Recursos Hidráulicos	中米水資源委員会
CCHAC	Comité de Cooperación de Hidrocarburos de América Central	中米石油協力委員会
CCVAH	Consejo Centroamericano de Vivienda y Asentamientos Humanos	中米住居・人間定住協議会
CDEMA	Agencia para el Manejo de Emergencias de Desastres en el Caribe	カリブ災害緊急管理庁
CEAC	Consejo de Electrificación de América Central	中米電力評議会
CECC	Central American Education and Cultural Coordination	中米教育文化調整事務局
CENTROESTAD	Comisión Centroamericana de Estadística del SICA	中米統計委員会
CEPRENAC	Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central	中米防災センター
CISSCAD	Consejo de Institutos de Seguridad Social de Centroamérica y República Dominicana	中米社会保障評議会
COCATRAM	Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo	中米海上輸送委員会
COCESNA	Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea	中米航空保安サービス公社
CODIADER	Consejo del Istmo Centroamericano de Deportes y Recreación	中米スポーツ・リクリエーション評議会
CONCADECO	Consejo Centroamericano de Protección al Consumidor	中米消費者保護評議会
COMISCA	Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica	中米保健大臣会合
COMTELCA	Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones de Centro América	中米電気通信委員会
COSEFIN	Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica	中米財務金融評議会
CRID	Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y El Caribe	中南米・カリブ地域防災情報機構
CRIE	Coordinadora Regional de Investigaciones Económicas y Sociales	社会経済研究調整局
CSUCA	Consejo Superior Universitario Centroamericano	中米大学上級協議会
CTCAP	Comisión para el Desarrollo Científico y Tecnológico de Centro América y Panamá	中米科学技術開発評議会
CTPT	Comisión Trinacional del Plan Trifinio	エルサルバドル・グアテマラ・ホンジュラス地域計画委員会
EOR	Ente Operador Regional	中米送電運営
FOCAR-APS	Fondo Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento	中米飲料水衛生基金
UCAP	Instituto Centroamericano de Administración Pública	中米行政公共機関研究所
INCAP	Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá	中米栄養研究所
OCAM	Comisión Centroamericana de Directores de Migración	中米入国管理局局長委員会
OSPESCA	Organización del Sector Pesquero y Acuicola del Istmo Centroamericano	中米漁業組合
PARLACEN	Parlamento Centroamericano	中米議会
SE-CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo	中米環境開発委員会
SE-CEPRENAC	Secretaría Ejecutiva del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central	中米防災センター事務局
SE-CMCA	Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano	中米通貨評議会事務局

SG-CECC	Secretaría General de la Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana	中米教育文化事務局
SG-SICA	Secretaría General del Sistema de la Integración Centroamericana	中米統合機構事務局
SICA	Sistema de la Integración Centroamericana	中米統合機構
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana	中米経済統合事務局
SISCA	Secretaría de la Integración Social Centroamericana	中米社会統合事務局
SITCA	Secretaría de Integración Turística Centroamericana	中米観光事務局
二国間ドナー機関		
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo	スペイン国際開発協力庁
AOS	Ayuda Obrera Suiza	スイス労働援助
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación	スイス開発協力庁
DANIDA	Danish International Development Agency	デンマーク国際開発機構
DFID	The Department for International Development	英国国際開発省
GIZ	Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
NORAD	Norwegian Aid Agency	ノルウェー開発協力庁
OFDA	Office of US Foreign Disaster Assistance	米国海外災害援助局
USAID	U.S. Agency for International Development	米国国際開発庁
国際地震津波観測機関		
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters	災害疫学研究センター
GEOFON	Global Seismological Broad-band Network	グローバル地震ネットワーク
GFDRR	Global Facility for Disaster Reduction and Recovery	世界銀行防災グローバルファシリティ
GFZ	German Research Centre for Geosciences	ドイツ地球科学研究所
IRIS	Incorporated Research Institutions for Seismology	米国地震学連合
NOAA/NGDC	National Oceanic and Atmospheric Administration National Geophysical Data Center	米国海洋大気庁 地球物理データセンター
NWPTAC	Northwest Pacific Tsunami Advisory Center	北西太平洋津波情報センター
PDC	Pacific Disaster Center	太平洋災害センター
PTWC	Pacific Tsunami Warning Center	太平洋津波警報センター
USGS	US Geological Survey	米国地質調査所

1. 調査概要

1.1. 調査の背景

中米地域（グアテマラ、エルサルバドル、ホンジュラス、ニカラグア、コスタリカ及びパナマ）は、カリブプレート西南端に位置し、太平洋側からココスプレートがカリブプレートの下に沈み込んでいることに加え、南米プレート北端が接していることもあり、地震が頻発する地域である。さらには太平洋岸ではプレート境界が沿岸部に近接していることから、近傍・隣接地域で津波が発生し、襲来することが危惧されている。近年では 1992 年ニカラグア近海でマグニチュード 7.0 の地震で津波が発生し、地震・津波で多数の死者・行方不明者、経済的損失を、また 2012 年 8 月にエルサルバドルでマグニチュード 6.9 の地震が発生し経済的損失をもたらしている。

このため、UNESCO（国際連合教育科学文化機関）政府間海洋学委員会（IOC）の下部組織である「太平洋津波警戒・防災システムのための政府間調整グループ(ICG/PTWS)」の中にある「中米地域ワーキンググループ」において、ニカラグアにより中米津波警報センター(CATAC)をニカラグアの国土調査院 (INETER) 内に設置する提案がなされ、実現に向けた調整がなされている。

このような中、ニカラグア政府は、INETER が CATAC として必要な機能が発揮できるよう日本政府に対して技術協力プロジェクトを要請した。

またエルサルバドル政府は、日本の無償資金協力「広域防災システム整備計画」によって環境・天然資源省 (MARN) 環境監視総局 (DGOA) が有する地震計、潮位計及び総務省市民防災局 (DGPC) が有する無線機器が拡充されたが、収集した地震・津波情報を分析する能力を強化する必要があることから、日本政府に対して MARN/DGOA 職員の能力強化を目的とした専門家派遣の要請がなされた。

上記 2 か国から要請のあった地震・津波情報の分析能力強化のためには、広域的なデータ収集が必要となることから、中米地域としてデータ共有化に向けた調整をする必要がある。また、本邦における地震・津波観測分野の人的リソースが限られていることから、上記要請案件を実施するにあたり、周辺国への裨益を基本理念とした効果的かつ効率的な協力内容とする必要がある。

以上により、本調査は協力要請のあったエルサルバドルとニカラグアを含む中米 6 か国を対象に、地震・津波観測の状況と課題、中米における CATAC の位置づけを踏まえて、2 か国向けの協力内容を検討するための情報収集・確認を行うものである。

1.2. 調査の目的

今後実施が予定されているニカラグアおよびエルサルバドルに対する技術協力案件を検討するために、中米 6 か国における地震・津波に係る情報収集及び観測に係る枠組、情報収集・分析・発信に係る現行体制と課題、他国との地震パラメーター（震源・マグニチュード）・津波（潮位観測）の情報交換における技術的な課題等、案件形成に必要な情報を収集・整理することを目的とする。また、今回の調査を通じて、中米地域における CATAC の期待を把握する。併せて UNESCO/IOC の枠組下で検討が行われている ICG/PTWS の中米ワーキンググループに対する各国の関わり及び考えについても情報収集を行うものとする。加えて、太平洋津波警報センター (PTWC) からの発表情報の 2014 年 10 月からの変更についての各国の対応や、2014 年 9 月末 INETER が中心となって、米国国際開発

庁 (USAID)や米国海洋大気庁地球物理データセンター(NOAA/NGDC)の支援で開催された ICG/PTWS 中米地域ワーキンググループ第3回ミーティングの内容の把握にも努める。

1.3. 調査対象機関

UNESCO/IOC では、中米における窓口機関 (Focal Point : 以下、FP) を定めており、CATAC はこれら関係機関と連携・調整のもとに機能することが求められている。一方、防災行政を担う中米各国のナショナルコンタクト (以下、NC) 、及びこれらの国で構成される中米防災センター (CEPREDENAC) は、中米統合機構 (SICA) の枠組みのもと整理されている。以上から、本調査では各国における調査の冒頭に FP に対して本調査の説明を行い、地震・津波観測、分析体制等の聞き取り調査を行った。また NC を対象に、防災分野全般及び津波警報発表の現状等について聞き取り調査を行った。そのほか適宜地震・津波観測点の設置環境の把握、地方防災機関による警報伝達の状況に関する現地調査を行った。

グアテマラシティに設置されている CEPREDENAC 事務局 (SE-CEPREDENAC) についても、6 か国間の調整を行っていることから、中米 6 か国内の津波警報にかかる情報交換、域内での調整・協力体制の状況などに関する聞き取りを行った。

表 1.3.1 各国の防災関連機関

対象国	防災関連機関
ニカラグア	FP:国土調査院(Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales : INETER) NC : ニカラグア国家災害管理・防災システム事務局 (Co-Direcciones de Sistema Nacional para la Prevención Mitigación y Atención de Desastres : Co-Direcciones de SINAPRED、2014年に名称が Secretaría Ejecutiva から Co-Direcciones に変わったが、機能面の大きな変更はないので、引き続き“事務局”とする)
エルサルバドル	FP : 環境・天然資源省 (MARN) 環境監視総局 (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Directora General del Observatorio Ambiental : MARN-DGOA) NC : 総務省 (Ministerio de Gobernación) 市民防災局 (Dirección General de Protección Civil y Prevención y Mitigación de Desastres : DGPC)
グアテマラ	FP : 国家地震・火山・気象・水文研究所 (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología : INSIVUMEH) NC : 国家災害調整事務局 (Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para La Reducción de Desastres : SE-CONRED)
コスタリカ	FP : 環境・エネルギー省 国家保護地域システム海洋プログラムコーディネーター(MINAE)、国立大学津波監視室 (Sala de Monitoreo de Tsunamis : SINAMOT) (関係機関 : 国立大学火山地震観測所(Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica : OVSICORI)、コスタリカ大学全国地震ネットワーク(Red Sismológica Nacional : RSN)、コスタリカ大学地震工学研究所(Laboratorio de Ingeniería Sísmica : LIS)) NC : 国家災害緊急対策委員会 (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias : CNE)
パナマ	FP : パナマ海事庁 (Autoridad Marítima de Panamá : AMP) 環境局 (Unidad Ambiental) パナマ大学地科学研究所(Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá) NC:国家市民保護システム事務局 (Secretaría Ejecutiva del Sistema Nacional de Protección Civil :SE-SINAPROC)
ホンジュラス	FP : 非常事態常設委員会(Comision Permanente de Contingencias : COPECO) NC : COPECO
中米広域	中米防災センター事務局 (Secretaría Ejecutiva del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central : SE-CEPREDENAC)



图 1.3.1 对象地理位置图

2. 中米6か国の防災体制及び地震・津波防災の現状

2.1. ニカラグア

2.1.1. 基礎情報

(1) 各国基礎情報

ニカラグアにおける基礎情報は以下の表の通りである。

表 2.1.1 ニカラグア基礎情報

項目	内容	出典
人口	608 万人	2013, World Bank
GDP	112 億 5,560 万 USD	2013, World Bank
面積	130,370 km ² (内、陸地面積 119,990 km ²) (内訳)耕作可能地 14.57%、農耕地 1.76%、他 83.66%	2011, CIA World Fact Book
行政区分	15 Departments , Autonomous Regions	CIA World Fact Book
地形・地質	太平洋側：火山で形成された平坦地 カリブ海側：熱帯雨林と松林による低地 中央部：高地（特に北部が高い）	Library of Congress Country Studies
気候・気象	高度によるが、基本的に高温多湿。太平洋側の低地はカリブ海側と比べると快適。 5月から10月が雨季で、特にカリブ海側では7月から10月に嵐やハリケーンが起こる。	Library of Congress Country Studies

(2) 自然災害基本情報

中米地域の6か国は、周辺にはカリブプレート(Caribbean Plate)、北米プレート(North America Plate)、南米プレート(South America Plate)、ココスプレート(Cocos Plate)、ナスカプレート(Nazca Plate)があり、ココスプレートがカリブプレートの下に沈み込み、カリブプレートと北米プレート、南米プレート、ナスカプレートの境界では持続的な相対変位が発生するため、特に沈み込み帯では地震活動度が高く、大きな地震が津波を引き起こす可能性がある。一方、プレートの運動により中米地域の太平洋沿岸に火山帯が形成され、近傍には断層が多数あり、地震が多発する。

ニカラグアは地震・津波、火山噴火のほか、洪水、地すべり、森林火災等の多様な自然災害に見舞われている。歴史上の主な地震をみると、1972年マナグア直下を震源とするマグニチュード6.2の地震はマナグアに大きな被害を与え、また1992年ニカラグア近海で発生したマグニチュード7.0地震は、ニカラグアの太平洋沿岸に高さ約10m、内陸に約1kmに遡上した津波を引き起こし、大きな被害をもたらした。

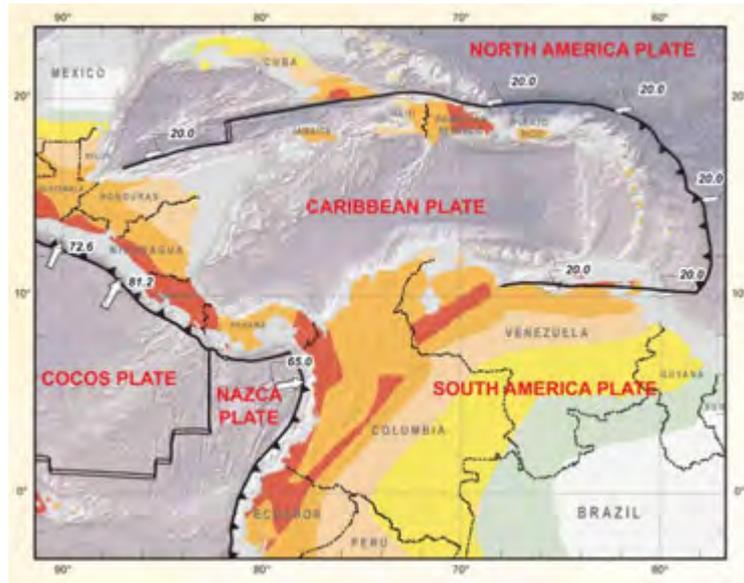


図 2.1.1 中米地域周辺のテクトニクス(出典: USGS)

2.1.2. 防災政策、計画、組織体制

(1) 防災行政（政策・組織）の現況

1) 防災に係る政策的枠組み

ニカラグアにおける防災に係る政策的枠組みは表 2.1.2 の通りである。

表 2.1.2 ニカラグア防災に係る政策的枠組み

種類	名称	関連する内容
政策	国家統合リスク管理政策	自然現象、人為、気候変動による災害により発生するリスクの削減を目標にリスク管理対策の指針を規定。
法	法令 337 国家災害管理・防災システム創設法	「ニカラグア国家災害管理・防災システム(SINAPRED)」を規定。災害の予防・減災・災害対応・復旧に対する行動について組織間の役割、関係性を示す。国家災害管理・防災システム事務局の調整役としての役割を示す。
	法令 311 ニカラグア国土調査院基本法	INETER の組織、業務内容を規定。大統領府のもと独自の資産を有し、技術、運営の面で自立しており、国土調査、評価、国土利用計画の策定、測地、地形図作成、地籍調査、気象、水文、地質、物理探査を行い、自然災害の発生に際し、大統領に警戒・緊急事態宣言の発出を提案することを責務としている。INETER の発表した情報はすべて国の公的情報となる。また気候変動枠組条約等の関連する国際条約・議定の実施を支援することも規定している。
防災計画	国家危機管理総合計画 (2010)	リスク分析・管理、防災対策、防災情報、国土管理、防災訓練・教育で構成され、リスク分析・管理に地震、津波を加え、関係組織間、県・市間の連携に関し見直し中。
	国家災害対応計画 (2008)	災害発生時の国、地方関係機関の責務、連携・対応方針を定めているが、災害種ごとの対応になっていないため、地震、津波を含む災害種ごとの対応計画として見直し中。

2) 防災に係る組織的な枠組み

【1】組織体制の枠組み

INETER は地震・津波の他、気象、火山の観測機関で、災害情報の発信、ハザードマップ作成、災害情報の収集も行っている。

国家レベルの防災対策、計画の立案、警報の発令は、法令 337 に基づき、国家災害管理・防災システム事務局 (Co-Direcciones de SINAPRED) が担い、災害情報の受発信、警報の伝達は市民防衛隊(Defensa Civil)の災害オペレーションセンター (CODE) が担っている。緊急応急対応は Defensa Civil が担う。地方の防災対策は、県レベルでは県防災委員会 (CODEPRED) が広域的な災害に対する対応調整を担い、市レベルでは市防災委員会(COMUPRED)がコミュニティ防災加活動の支援、警報の伝達等を担い、コミュニティレベルでは地区防災委員会 (COLOPRED) が住民ベースの防災活動を担っている。各委員会は担当するレベルに応じた対応を行う。例えば、災害の広がり又は被害の大きさによっては市レベルで対応が困難となり、国・県レベルでの対応が必要となる。

【2】地震・津波防災に係る役割分担

INETER は地震・津波の観測を行い、地震、津波ハザードマップの作成を行っている。警報については、大統領府は警報レベルの判断を行い、Co-Direcciones de SINAPRED は警報を災害オペレーションセンター (CODE: Defensa Civil 傘下) を通じて発令する。なお、警報に応じた避難等の対応は策定されている津波避難計画で地区毎に定められている。

耐震基準の制定は運輸インフラ省(MTI)の管轄である。

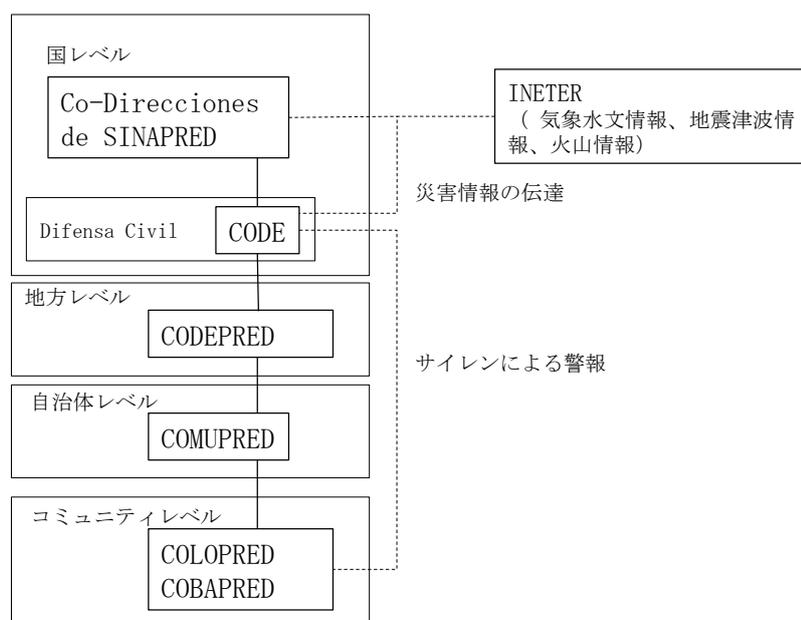


図 2.1.2 主要防災機関の組織体制(ニカラグア)

【3】CATAC への期待

INETER は、これまで 20 年余りの経験から、中米全体に関わる津波（地域津波）への対応の改善のため INETER の機能を CATAC の機能として拡充していく計画があり、ICG/PTWS の中米地域作業部会などを通じて中米各国とも連携を進めてきている。地震観測については、観測データ収集処理システムの統一化が既になされ(全ての国で SeisComp 利用)、データ形式も統一済み (SEED) であり、ネットワーク化に向けた技術環境は整っている。

INETER は中米 6 か国の地震観測・研究機関に「中米地域地震観測ネットワーク」の設立を打診中 (2015 年 2 月に初会合予定) で、このネットワークを CATAC で利用していくことを想定している。

また INETER は、北西太平洋津波情報センター(NWPTAC)で日本の気象庁が果たす役割と同様の役割を CATAC で果たすことを望んでいる。

(2) 国家レベルにおける地震・津波対策の優先度、関連法制度における位置づけ

地震・津波に関しては、近年インドネシア、日本、チリで大規模な地震・津波が短い期間で発生し、さらに 2012 年 8 月には近隣国のエルサルバドルでも津波の発生を見た。このため、津波発生に対する危機感も高く、現在危機管理計画の見直し中で、地震・津波を対象とした対応計画を策定中であることとサイレンの設置やコミュニティの意識啓発も重点的に進められている状況を踏まえると、地震・津波対策の優先度は高いと言える。

(3) 防災関連予算配賦状況

2014 年度でみると INETER の予算は約 2 億 4 千万コルドバ (約 9.0 百万 USD) で、内訳は約 92%が人件費、約 7%が施設・機材の維持管理、通信費、消耗費となっている。地震観測機器の保守にあてられる機器・保守点検費は約 1.1 百万コルドバ (約 4.3 万 USD) となっている。

(4) コミュニティレベルでの防災活動の内容

コミュニティレベルの防災活動は、COMPURED の支援のもとで、COLOPRED が担っている。また各国ドナーや NGO 他組織の支援、協力のもと、下記のような活動が行われてきている。

- ・ 津波災害対応能力強化プロジェクト (“中米広域防災能力向上プロジェクト” BOSAI” プロジェクトの一環): レオン (León) 市で、INETER、レオン市及び教育省の協働で、JICA からの支援を受け、2007-2012 年に実施した早期警戒による対応能力の強化に向けた取組み。
- ・ 津波災害危機管理プロジェクト: サン・ラファエル・デル・スール (San Rafael del Sur) 市マサチャパ (Masachapa) 地区及びポチョミル (Pochomil) 地区で、INETER、スイス開発協力庁及び赤十字の協働で、2008-2012 年に低コスト検潮所設置、津波警報伝達体制構築、ハザードマップ、避難計画の策定、避難経路標識の設置等による津波災害対応能力の強化に向けた取組み。
- ・ 地震等危機管理プロジェクト: オメテペ (Ometepe) 島で、INETER、オメテペ市、Co-Direcciones de SINAPRED 等の協働で、DIPECHO からの支援を受け、2008-2011 年に、コミュニティ及び自治体の早期警報、災害対応に関する意識向上による地震・火山災害等への対応能力の強化に向けた取組み。
- ・ 地震等に対する住民対応強化プロジェクト: マナグア (Managua) 市の第 II 区、IV 区の 4 地区で、INETER、赤十字、マナグア市、教育省等の協働で、DIPECHO からの支援を受け、地震災害に関する研修、救護・避難訓練等による地震災害等への住民の対応能力の強化に向けた取組み。

(5) 地震・津波災害に係る教育機関での防災教育状況

教育省(MINED)が中学校を対象に、数学や国語の授業で防災をテーマにした 30 時間のカリキュラムを規定しており、各学校ではドナー等の支援によるマニュアル、ガイドラインに基づき、津波を含む災害心理・早期警報などの防災教育が行われている。また、COMUPRED、COLOPRD のメンバーが直接学校で防災指導を行っている。

2.1.3. 地震観測と地震防災への取り組み

(1) 地震防災の管轄官庁・関係機関

ニカラグアの地震観測は INETER により行われ、地震警報発信は Co-Direcciones de SINAPRED が CODE を通じて行う。

(2) 地震防災の管轄官庁・関係機関

1) 地震観測体制

地震観測は、INETER の地質・地球物理部地震課により 1992 年から火山を含む 24 時間体制で監視している。地震課には 25 名のスタッフがおり、正規職員は顧問 2 人、地震専門家は 7 人、情報担当 2 人、電気担当 3 人の計 14 人、及びインターン 11 人で構成されている（図 2.1.6）地震監視及び分析は地震観測センター(属称: INETER 内の部屋)において 7 人の正規職員と 2 人のインターン（勤務時間外を除く）が担当しており、通常業務時間外では、INETER の技術職員 1 人、大統領府の職員 1 人の計 2 人が行う。なお、ニカラグアでは一定期間（例えば数か月）社会の実務に携わり単位を取得する学生をインターンと呼んでいる。

2) 地震観測網

ニカラグアの地震観測は、1972 年の地震被害を受け、米国地質調査所 (USGS) の支援により 1975 年に整備された地震計 14 台（図 2.1.8）で始まった。その後広帯域地震計 21 台、短周期地震計 45 台となり、2014 年に新たに強震計 24 台を設置し、2014 年 11 月現在計 90 台の地震観測網となった。それらの地震計は主に火山帯沿いに配置している（図 2.1.9）。

INETER は震源パラメーターの決定に当たり、ニカラグアの地震観測網に加えて中米地域の他 5 か国の地震計や、米国地震学連合(IRIS)、ドイツ地震科学研究所(GFZ)の地震観測データも利用している。現在、中米地域の地震計の総数は 347 台で(図 2.1.10)、短周期地震計、広帯域地震計及び強震計の 3 種類で構成される。

震源やマグニチュードの計算は、この 347 台のうち、ニカラグア国内の 90 台の地震計のうちリアルタイムに観測波形データを収集できる 79 台と、中米地域の広帯域地震計及び短周期地震計 71 台の計 150 台、加えて世界各地に設置されている広帯域地震計 172 台の計 322 台の観測波形データを使用している。中米 5 か国の地震観測機関との地震観測波形データの共有は 20 年以上続けられている。しかしデータ共有の協定等を結んでいるわけではない。

地震観測波形データの収集はニカラグア国内の地震計ではデジタル無線、インターネット回線及び国営配電会社が所有する光ファイバーによる。IRIS 及び中米 5 か国からのデータ収集はインターネットで実施される。インターネットは商用回線であり、専用回線ではない（表 2.1.6）。

地震計の設置例として、INETER オフィスビル内に広帯域地震計と加速度計を一台ずつ設置されている例を挙げる（図 2.1.11）。計器はサーバー室に設置され、基礎は建物の構造と隔離された深さ 2 メーター程度のコンクリートの台（測地基準点）である。

地震観測網の維持は負担が大きく、施設機材の維持管理の予算の多くが維持にだけ費やされ、改善などは容易でない。なお、定期点検は月 3 回であるが、障害が原因で保守に向

く頻度は月に5,6回であり、結果日数としては、電気技師は月の半分は障害対応で観測点に出向いている状況である。障害の原因と対応については以下の4点が上げられている。

- ・日照不足によるバックアップ蓄電池の消耗による電源喪失
- ・コネクタの接続障害
- ・インターネットが途絶えることによる伝送系の障害
- ・光ファイバー回線の干渉



図 2.1.3 ニカラグアの地震計位置図(出典:INETER)



図 2.1.4 中米地域の地震計位置図(出典:INETER)

表 2.1.3 地震計とデータ収集方法

地震計		総数	データ収集方法				
種類	記録形式		無線	光ファイバー	無線とファイバー	インターネット	現地収集
短周期	デジタル	40	10	2	12	14	2
	アナログ	5	5				
広帯域	デジタル	21	6	3	7	4	1
強震計	デジタル	24				24	
合計		90	21	5	19	42	3

3) 地震観測データ処理状況

INETER は 20 年前から、Seisan や Earthworm を使って地震観測データの処理を行ってきたが、2004 年に SeisComP を導入し、当時の 12 の地震計をネットワーク化すると同時に、IRIS、GFZ の地震観測データを使えるようにした。SeisComP はグローバル地震ネットワーク(GEOFON) プロジェクトで GFZ により開発された地震観測データの自動収集、処理、配信 ソフトウェアであり、開発から 10 年以上を過ごし、最新版は SeisComP 3 で、地震監視ソフトウェアとして、自動的に震源・マグニチュードが計算される。2012 年に中米 6 か国がすべて SeisComP を導入した。INETER も 2013 年に自動処理の主要システムを Seisan から SeisComP へと移行を開始した。その理由は、SeisComP が Seisan より処理速度が速く、かつデータ共有が簡便にできるからである。その結果 SeisComP のサーバー間で、それぞれの処理結果がリアルタイムに相互アクセスすることができるようになった。中米 6 か国で SeisComP を導入した機関は計 10 か所である。ニカラグア CODE にも SeisComP が導入されているが、INETER のモニターのミラー機能のみで、データ収集・処理は行われていない。

INETER は SeisComP に移行する以前、近地地震(ニカラグア国内地震)、地域地震(中米地域内地震)の検出は Earthworm を用い、発生場所、マグニチュードの解析は Seisan により行っていた。移行開始後は、近地地震、地域地震、遠地地震(中米地域外の世界中の地震)の検出、震源パラメーターの計算は SeisComP により自動的に行い、防災機関への情報発信も自動的にできることとなる。現在も移行中であり、メイン解析は SeisComP を用いるが、大地震の確認などについて、Seisan や Earthworm が補助的に使われている。大地震と判断される場合は、確認のためアメリカ地質調査所(USGS)、PTWC、GEOFON 等の結果もチェックしている。データ処理に使用しているサーバーは 2014 年段階で 2 台あり、処理速度などに支障がないと INETER では認識されている。なお、自動データ収集・データ処理・自動配信に関わるシステムの移行は、部外と直結していることから、移行作業の手違いは社会への影響もあることから、その作業は慎重に行われてきている。一方、移行による利点が多いことから、慎重に行いつつも速やかに行うことが必要である。

現在の INETER におけるデータ処理機能は地震の発生時刻、震源位置(緯度・経度)、マグニチュード、深さの計算で、解析は早い場合 2 分以内、その他の場合は 5 分以内で結果が得られる。解析では地域の地震波速度構造モデルの利用はあるが、その適否については評価がなされていない。また、初動データによる発震機構解析は行われている。なお CMT (セントロモーメントテンソル)解析は行っていない。

SeisComP の震源計算の基本処理機能は、研究機関や政府機関に対しては、ライセンスが無料で提供されている。なお、そのインストールは、ニカラグアとエルサルバドルは自ら

行ったが、それら以外の中米4か国は、正規ディストリビューターである民間会社 OSOP (パナマに本社をおく地球物理コンサルタント会社) により行われた。

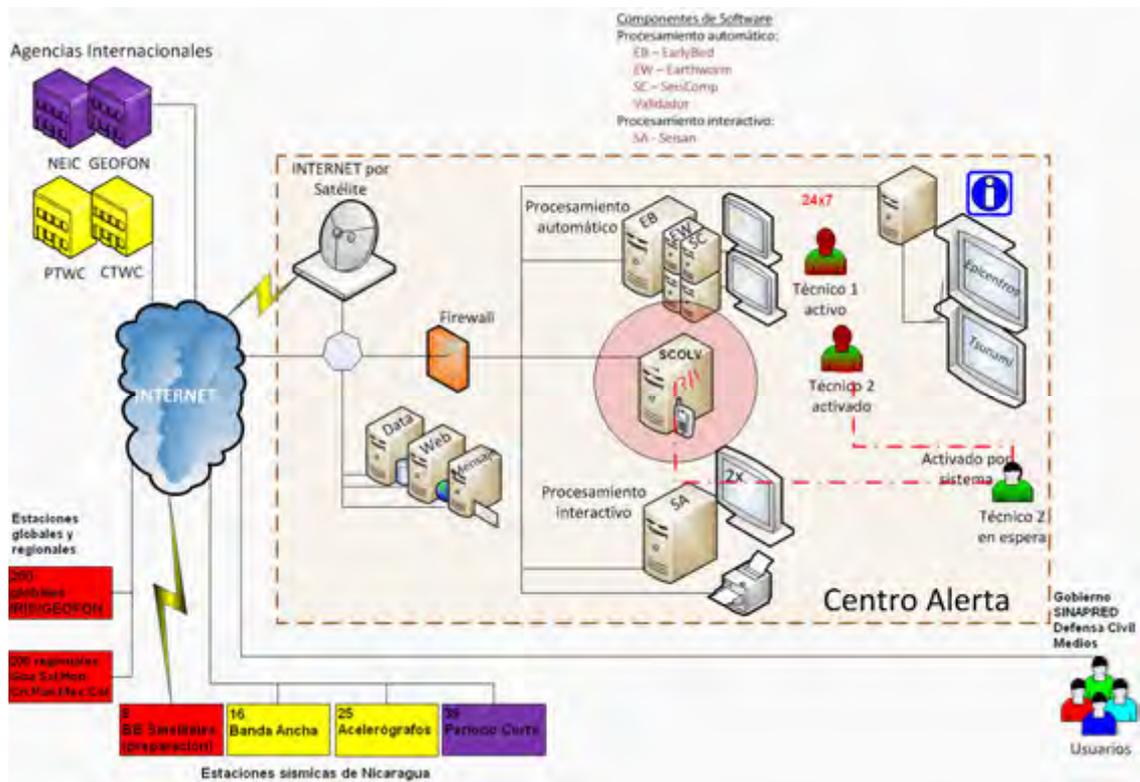


図 2.1.5 INETER の地震観測データ処理の流れ(出典:INETER)

INETER の地震観測網の詳細を下表に示す。

表 2.1.4 INETER の地震観測網の内訳

地震計種類	データ収集方法	合計台数	運用中台数	休止中台数	リアルタイム利用台数	CATAC で利用可能な台数
短周期地震計	リアルタイム伝送	43	37~43	0~6	43	43
	現地収録	2	2	0		
広帯域地震計	リアルタイム伝送	20	18~20	0~2	20	20
	現地収録	1	1	0		
強震計	リアルタイム伝送	24	24	0	24	24
	現地収録	0	0	0		
合計	リアルタイム伝送	87	79	8	87	87
	現地収録	3	3	0		

4) 地震情報発信

INETER の地震情報の発信基準は、近地地震マグニチュード 3.4 以上、地域地震マグニチュード 4.0 以上、遠地地震マグニチュード 6.0 以上であり、その基準を超える地震が観測されると、地震観測センターからただちに大統領府、SINAPRED、CODE に同時に VHF 無線ないしは電話により伝達が行なわれる。その後、SeisComP で計算された地震情報を Email で上記機関と大臣レベルの防災関係者に送信する。SeisComP の結果は地震発生後 5 分以内に得ることができ、更新情報はその都度技術情報として地震観測センターから関係機関に伝達される。

また、CODE にはインターネットを通じて、INETER と同じ情報を表示するモニターが設置され、INETER と常に最新の情報が共有されている。INETER が技術情報を発信し、津波警報、避難等の発令は大統領府、あるいは、Co-Direcciones de SINAPRED が行う。

地震警報勧告のための技術的な判断基準は以下のとおりである。

警報レベル	地震	情報伝達
緑	マナグア市内または近辺においてマグニチュード3.5未満の地震が12時間に満たない間に3回発生。(注:数分の間に急速に起こる可能性)	7日間24時間体制の当番専門家は、大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに緑警報勧告を直ちに送る。 SINAPREDのCODE/市民防衛隊は、SeisComP3の画面及びウェブページを通じて即時に情報を入手する。(注:達成状況を自動で知らせるプログラムがある)INETERの自然災害局長を通じ、大統領、SINAPRED、CODEに災害の進展を知らせる通知を出す。
	国内の他の地域でマグニチュード3.5未満の地震を1日に少なくとも10回記録。	
黄	マナグアとその周辺部: 1.マグニチュード3.5未満の地震が12時間に満たない間に10回発生。 2. マグニチュード4.9未満の地震が24時間に満たない間に3回発生。	7日間24時間体制の当番専門家は、直ちに大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに黄色警報勧告を送る。 SINAPREDのCODE/市民防衛隊は、SeisComP3の画面及びウェブページを通じて即時に情報を入手する。(注:達成状況を自動で知らせるプログラムがある) INETERの自然災害局長を通じて大統領、SINAPRED、CODEに災害の進展を知らせる通知を出す。
	国内のその他の地域:マグニチュード4.5未満の地震を1日に少なくとも5回記録。	
	国境を接するホンジュラス、エルサルバドル、コスタリカでのマグニチュード6を超える地震。	
赤	マナグアとその周辺部:マグニチュード4.5を超える地震が少なくとも1回発生。	7日間24時間体制の当番専門家は、直ちに大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに赤色警報勧告を送る。 SINAPREDのCODE/市民防衛隊は、SeisComP3の画面及びウェブページを通じて即時に情報を入手する。(注:達成状況を自動で知らせるプログラムがある) INETERの自然災害局長を通じて大統領、SINAPRED、CODEに災害の進展を知らせる通知を出す。
	市主要部におけるマグニチュード4.5を超える地震の発生。	
	国内の陸部におけるマグニチュード5.5を超える地震の発生。	
	国内における破壊的な震度の、予期しない地震の発生。	

(3) 地震リスク評価手法とその実態

2004-2005年にWBの支援で「マナグアの地震脆弱性調査」をSINAPREDとINETERの共同で実施した。アメリカのDRM社が実施し、結果はINETERのWebで公開されている(<http://Webserver2.ineter.gob.ni/geofisica/proyectos/vulsismana/index.html>)。リスク評価は確率論的な手法により行われた。地震シナリオは再現期間100年、500年の地震及び1972年と同程度の3つとし、建物の被害と被災者数を評価した。ただし、建物のインベントリーは完全に整備されておらず、構造物の脆弱性曲線もニカラグアの特有のものがなく、類似のものを適用したケースもあり、結果として不確実性が高いものとなっている。また、地震の詳細なデータがないため、断層の設定に至らなく、点震源を用いた地震動分布を計算となっている。

中米地域のリスク評価は、中米防災センター(CEPRENAC)が提案し、WB、UN/ISDR、IADBの協力及びスペイン中米カリブ基金、オーストラリア外務通商省、GFDRRの資金援助により、中米地域自然災害(地震、津波、地すべり、洪水、台風)リスク評価プログラム(Central American Probabilistic Risk Assessment: CAPRA)が2008-2009年で実施された。CAPRAでは、確率論的地震ハザード評価、脆弱性曲線評価、リスク評価をできるGISをベースにしたソフトウェアが開発された。ニカラグアは、コスタリカとともにこのプログラムのパイロット国として参加した。リスク評価ソフトウェアの適用にあたり、

2008 年にはニカラグアで地域ワークショップとニカラグア、コスタリカを対象とした技術ワークショップが開催された。しかし、地震リスクの評価には、地震ハザード、建物の構造形式、脆弱性曲線などが必要であり、ニカラグアではこのような情報が不足していることから、CAPRA を活用したリスク評価はなされていない。

(4) 地震に係るハザードマップの整備・活用状況

ニカラグアの地震ハザード評価は、国レベルと地域レベルで評価されており、地域的な地震ハザード評価については JICA の「ニカラグア国防災地図・情報基盤整備計画調査(2006)」のプロジェクトで、4 つのシナリオ地震に対して、確定論的な手法を用いることによってマナグアの地震ハザードが評価された。新結果であり、今後の活用が期待される。なお、1992 年ニカラグア地震をはじめとする大規模地震でハザード評価は行われていない。

(5) 耐震基準の整備状況・施行状況

ニカラグアの耐震基準は 1983 に制定され、現行基準(Reglamento Nacional de Construccion: RNC-07)は 2007 年に改訂されたものである。基準では、地震力の計算として、静的地震力方法(一次振動モードのみ考慮)と動的地震力方法(複数振動モード考慮)、等価静的地震力方法(応答スペクトル利用しない)がある。

耐震設計には地震動加速度分布、応答スペクトル形状を用いる。ニカラグアの地震危険度はカリブ側が太平洋側より相対的に低い。カリブ側の設計地震動加速度が 0.1g に対し、太平洋側の設計地震動加速度は 0.32g である。

耐震基準の施行については、住宅庁により耐震基準を地方の工務店にもわかるように解説したパンフレットを作り、市役所を通じて普及を行っている。すべての新築建物は市役所の建築安全室の審査により許可を受けることになっている。

学校、病院等重要構造物の耐震性能については、SINAPRED は 2007 年以降に建てられたものは、新耐震基準を満たしていると認識している。2007 年以前に建設されたものにおいては、個別プロジェクトとして、病院や 2 階建て以上の学校の脆弱性を評価し、補強を実施するケースがあるが、国としての耐震性能を向上するための推進政策は講じていない。病院の脆弱性評価は汎米保健機構 (PAHO) の資金援助を受けて実施した例がある。脆弱性評価手法等技術面については、大学や、SINAPRED の下部組織である構造委員会が支援している。一方交通、ライフラインの耐震性能向上を推進する政策はない、ただし公共事業の建設において、財務省の公共投資資金管理 (SNIP) では、事業者に対してリスク管理を要求している。

(6) 大学等の研究機関、NGO の地震防災への取組状況

ニカラグア国立工科大学 (UNI) の Innovation Center では防災に関する修士コースがあり、自然・人的ハザード、災害リスク管理土地利用計画等の内容で、4 つの専攻がある。SINAPRED や INETER 等の職員もこれらのコースを受講している。また、安全な建設地選定の手法に関する研究・開発が行われており、居住エリア計画のマニュアルを作成している。

ニカラグア国立自治大学地球科学研究センター(UNAN/CIGEO)には防災関連の修士コースがあり、地質、地球物理、地震等防災の調査研究を行っている。

2.1.4. 津波観測と津波防災への取り組み

(1) 津波防災の管轄官庁・関係機関

津波防災における津波発生の可能性の技術的判断は INETER がその責務を負っている。一方、住民避難等行政的な措置を伴う津波警報の発表は、INETER の判断を受けて、Co-Direcciones de SINAPRED が大統領府の指示の下、対応することになっており、CODE が警報等の発表実務を行う。CODE は INETER からの情報をモニタリングしており、遠地津波の場合は PTWC の情報を参照している。また、CODE はマグニチュード 6.8 を超えた場合 INETER の情報を入手後、PTWC 及び GEOFON 並びにエルサルバドル等他国の関係機関の発する情報で確認をとることにしている。なお、各国の津波観測又は津波防災行政を取り扱う機関は、当該国の外交ルートを通じて、IOC に申請し承認を得て、IOC との津波警報窓口機関 (TWFP 機関又は津波 FP 機関)ないしは津波防災調整機関 (TNC 機関又は津波 NC 機関)に指定されている。INETER はこの IOC の津波 FP 機関 及び津波 NC 機関 に指定されており、Co-Direcciones de SINAPRED は津波 NC 代理機関であり、また CODE を管理する Defensa Civil も津波 FP 代理機関となっている。

(2) 津波に係る観測体制

1) 津波観測体制

津波観測は、INETER 地質・地球物理部地震課での地震観測センターの担当スタッフ 2 名の 24 時間体制で実施されている。

2) 津波観測網

津波観測については、自国内の太平洋岸に計 4 箇所 (コリント (Corinto)、サン・ファン・デル・スール (San Juan del Sur)、マサチャパ (Masachapa)、サンディノ (Sandino)) に潮位計があるが (図 2.1.6)、この内サン・ファン・デル・スールとマサチャパでは故障しており、修理する部品がなく、そのままの状態である。中米各国からも収集しているが、収集システムは不安定な動作があり、改善が必要である。また、潮位観測データのサンプリング間隔は 10 分、またその収集が 1 時間に一回であり、津波観測に適した観測が行われているとは言えない。また、中米各国の潮位観測所からもデータを収集しているが、収集システムの信頼性は低い。近隣の潮位計で津波観測に利用しているものとしては、コスタリカ、メキシコ及びエクアドルのガラパゴスのものがある。



図 2.1.6 潮位計の位置図

3) 津波発生分析の状況

津波発生予想に必要な地震観測データ処理は、地震観測データ処理状況に述べたとおり **SeisComP** を導入し、中米各国とのデータ共有を行っており、2014年時点では津波判断のための迅速処理に支障はない。**SeisComP** は、観測データの自動収集、処理、配信の機能があり、津波発生判断に必要な地震の発生時刻、震源位置(緯度・経度・深さ)、マグニチュードが処理結果として得られるが、通常は5分以内、早い場合2分以内で結果が得られる。初動発震機構解析は行っているものの、津波発生判断への利用はなされていない。これらの機能のモジュールは、政府機関であることから、ライセンスが無料で提供されているが、**CMT** 解析モジュールについてはライセンスが有料であり、購入をしていないため同解析は行っていない。**INETER** は、マグニチュードが6.8以上の大地震と判断される場合は、**USGS**、**PTWC**、**GEOFON** 等の結果も参照する。

津波発生判断には、震源・マグニチュードの決定の精度が大きく関わっている。特に、マグニチュードについてはニカラグア沿岸の地震の特性及びマグニチュードの計算手法の両方の理由で過小評価となることがあり、改善が必要である。震源決定精度の改善には震源計算に用いる地震波速度構造モデルを地域に応じたものが必要であり、観測現場では地域特性を盛り込んだモデルが適用されているが、組織としてこのことを共有・活用されていない。なお、震源計算自動決定は国内を中心とした観測データの数が所定数収集できると計算が開始され、通常1~5分以内で結果が得られる。しかし、決定精度を上げるためには、より多くの観測点のデータも用いることが必要であり、そのため、カナダや南米の観測点も利用する場合もあり、現状では一定レベルの信頼できる計算結果を得るのに5分程度は必要である。

INETER からの情報の内容は、震源の緯経度及び深さ、並びにマグニチュードに加えて、震源が内陸の活断層型か沖合のプレート境界型かの情報も含まれる。なお、**INETER** から発表される情報は、中米各国のIOC津波FP機関は各国の**SeisComP** において閲覧することができる。また、手動処理によって震源・マグニチュードがさらに信頼できるものが得られるが、その場合、この処理結果は、電子メールで大統領府、**Co-Direcciones de SINAPRED**、**CODE**、マスメディア及び中米各国の**TWFP** に提供される。なお、**INETER** は**CODE** が発表する情報を参照することはない。

PTWC は、太平洋全域を対象として津波に係る情報を提供していることから、個々の地域から見た場合、その予想精度はより広域の平均的なものであり、粗い。このため、中米の地域地震による津波については精度が低い。しかし**INETER** は、津波の高さ予想や到達予想時間について独自の分析を行っておらず、津波警報の解除の判断基準がない。また、**PTWC** から出された震源・マグニチュードの誤差評価は行っておらず、観測点補正も行っていないが、標高補正は行っている。**INETER** では地域の地震波速度構造モデルの最適化に向けて、これまで行っていた地殻構造調査において、その調査目的に、津波に係る構造の開発を加え、今後継続する方向で検討している。一方、遠地津波については、**PTWC** の情報に依存している。

津波発生判断に利用する震源計算等のための計算機システムについては、そのバックアップ体制として、古い**SeisComP** が搭載されたワークステーション、**SeisComP3** が搭載されたサーバー2台(正副)及び**Earthworm** や**Earlybird** が搭載されているサーバー1台計3台がある。また、これらサーバーは全て相互にオンラインで結ばれている。

表 2.1.5 津波警報発表手順

手順	処理				成果の発表			所要時間	経過時間 発生～手 順終了 までの時 間
	作業内容	自動/ 会話	作業 要員	参照 情報	成果	発表先	手段	(分)	(分)
1	SeisComP による自 動処理	自動	<ul style="list-style-type: none"> 地震課現 業班員 1 名 (主に技 術担当) 大統領府 職員 1 名 (主に発 表担当) 	<ul style="list-style-type: none"> Earlybird 出力 Earthworm 出力 PTWC 情報 中米 5 カ国の津 波予報等情報 (SeisComP) USGS GEOFON 	震源（緯経 度、深さ）、 マグニ チュード	大統領府、 SINAPRED、 CODE（以下 防災 3 機関 と呼ぶ。）	<ul style="list-style-type: none"> 商用イ ンターネッ ト電子メー ル 携帯電話 無線通信 	目標 2～3	目標 2～3
2		手動							
3	Seisan に よる会話 処理	手動	<ul style="list-style-type: none"> 同上 応援職員 (有感地 震で自動 参集) 	<ul style="list-style-type: none"> 同上 SeisComP の最新 出力 	同上	防災 3 機 関、マスコ ミ、中米 5 カ国	<ul style="list-style-type: none"> 商用イ ンターネッ ト電子メー ル 	目安 5	目安 7～8
4	部内協議、 防災 3 機関 への勧告 (協議・勧 告)	手動							

津波発生判断のための観測体制については、そのための人材確保に関連して、政府の方針により、地震・火山・機械の職員の強化を図ろうとしている。そのために、地震津波現業者の技術能力レベルを揃える方法としてニカラグア国立自治大学 (UNAM) で始められた地震学コース研修に地震課地震・数学分野 9 名のうち 4 名（観測当番者）、インターン 11 名のうち 10 名がそれぞれ参加している。地震課では、同コースへの参加条件を満たすもののこれにまだ参加していない職員がいる。この研修では地震発生機構の分析、津波分析は扱っていない。

4) 津波情報発信

津波発生判断基準はマグニチュード 6.8 以上、震源深さ 60 km 以浅であり、その基準を超える情報を得ると、地震観測センターから直ちに大統領府、SINAPRED、CODE に同時に VHF 無線、電話・E メールにより発信する。CODE はインターネットを通じて、INETER にある画面と同じものを INETER 担当者と同時にモニターすることができる。INETER の津波情報発表手順は、「地震情報発信」の手順と同様である。なお、また手動処理でそれまでに得られた震源・マグニチュードが信頼できるものが得られた場合、その結果は電子メールで大統領府、SINAPRED、CODE 及びマスコミ、さらに中米各国の IOC 津波 FP 機関に提供される。

津波警報勧告のための技術基準は以下のとおりである。

警報のタイプ	津波	情報伝達
緑	太平洋、カリブ海域において、中米沿岸地域から離れた所でのマグニチュード7.0以上の地震の発生。 ハワイの津波警報センターによる津波発生可能性の発表。	7日間24時間体制の当番専門家は、直ちに大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに緑色警報勧告を送る。 SINAPREDのCODE/市民防衛隊は、SeisComP3の画面及びウェブページを通じて即時に情報を入手する。(注：達成状況を自動で知らせるプログラムがある。) 7日間24時間体制の当番専門家は、警報が解除されるまで、津波警報センターからの情報を定期的に受信・分析し、直ちに大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに知らせる。
黄	中米諸国沿岸地域への津波の到来実況。遠方に地震源のある地震により生じる可能性のある波の高さは30cmから1m。 太平洋またはカリブ海におけるマグニチュード6.8を超える中米地域地震の発生。 太平洋またはカリブ海における中米地域地震に関し、ハワイの津波警報センターが津波の可能性があると発表。	7日間24時間体制の当番専門家は、直ちに大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに黄色警報勧告を送る。 SINAPREDのCODE/市民防衛隊は、SeisComP3の画面及びウェブページを通じて即時に情報を入手する。(注：達成状況を自動で知らせるプログラムがある。) 7日間24時間体制の当番専門家は、警報が解除されるまで、津波警報センターや中米の類似機関からの情報を定期的に受信・分析し、直ちに大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに知らせる。
赤	中米諸国沿岸地域への津波の到来実況。中米または遠方に地震源のある地震により生じる可能性のある波の高さは1mを超える。 エルサルバドル、ホンジュラス、ニカラグア、コスタリカのサブダクションゾーンにおけるマグニチュード6.8超、深さ60Km未満の地震の発生。 カリブ海における、ニカラグア沿岸に近くでのマグニチュード6.8を超える地震の発生。 太平洋またはカリブ海の震源がニカラグアに近い地震に関し、ハワイの津波警報センターが津波の可能性があると発表。	7日間24時間体制の当番専門家は、直ちに大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに赤色警報勧告を送る。 SINAPREDのCODE/市民防衛隊は、SeisComP3の画面及びウェブページを通じて即時に情報を入手する。(注：達成状況を自動で知らせるプログラムがある。) 7日間24時間体制の当番専門家は、警報が解除されるまで、津波警報センターや中米の類似機関からの情報を定期的に受信・分析し、直ちに大統領、自然災害局長、SINAPRED、CODEに知らせる。

5) 津波発生分析・情報発信の具体例

2012年8月のエルサルバドル沖合を震源とする地震では、INETERはマグニチュードを最初5.7、次に6.6、最終的にUSGSの7.3(最初6.8としていた)を採用し、津波発生の可能性がある旨の情報をCODE等に伝達した。また、近隣の潮位計の記録の変化を精査し、それに津波の波形が見出せないことを踏まえ、解除の旨を伝達した。解除の発表は、安全サイドに立って、実況把握等を念入りに実施した後であり、この事例では、そのタイミングは津波警報発表から3時間後となっていた。

(3) 津波インフラ整備状況

太平洋沿岸は津波リスクが高く、Co-Direcciones de SINAPREDは沿岸住人約10万人を警報発表後45分以内に避難するとしており、警報伝達システムとしてサイレンを導入している。2013年までは市民防衛隊による18基(可聴範囲500m)、JICAによる2基の計20基であったが、2014年8月までにロシアからの支援により可聴範囲1kmないしは3kmのサイレンを60基導入し、計80基となった。これらのサイレンはCo-Direcciones de SINAPREDの指示で、津波による避難が必要と大統領府ないしはSINAPREDが判断した場合にCODEから一斉に遠隔操作で吹鳴させ、音声発出も可能である(但し、文言は決まっている)。各サイレンが吹鳴したかどうかはCODEのモニターで確認することができる。

津波防御施設としては、養浜目的の離岸堤がコリントにあるものの、防潮堤の整備実績はない。

避難路は国レベルでは未設定であるが、コミュニティで津波ハザードマップが作成され、津波避難計画も策定されている場合、避難路が設定されている。

(4) 津波警戒・避難体制

1) 警報伝達体制

DEFENSA CIVIL が管轄する CODE において 24 時間体制で津波情報の受発信を行っている。(図 2.1.7)

2) 警報伝達手順

INETER は、津波発生の技術的判断を、大統領府と Co-Direcciones de SINAPRED へ同時に伝達する。大統領が津波警報発表の決定をし、SINAPRED に発表の指示が出され(携帯電話ないし無線で伝達)、CODE を通じて各地に伝達される。「中米地域の太平洋岸に発生したマグニチュード 7.0 以上の地震」は、大統領の指示を待たずに Co-Direcciones de SINAPRED は独自の判断で津波警報を発表できる。これは、2014 年 10 月 13 日の地震の際、携帯電話が繋がりにくくなることがあり、大統領からその旨指示が出された(内部規程と同等のものとして認識され、扱われている)ことによる。避難が必要との判断が大統領府ないし Co-Direcciones de SINAPRED でなされた場合は、上述のサイレンが一斉に吹鳴される。一方でマスメディアからも赤警報が放送される。また無線でも CODE から市 CODE 及び COLOPRED に一斉に無線で伝達することになっており、さらに市 CODE からコミュニティリーダーに無線ないしは携帯で伝えられる。太平洋沿岸コミュニティの相当数が携帯無線を有している(数は不明)。津波警報の解除手順も同様の手順で伝達される。

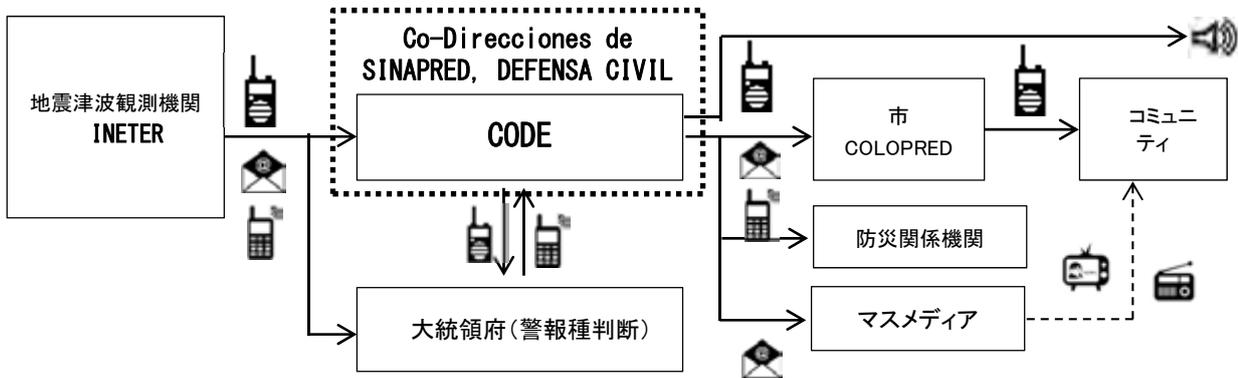


図 2.1.7 津波警報伝達体制図



図 2.1.8 CODE(左)、部門別委員会ミーティングルーム(右)

3) 津波避難体制

コミュニティレベルでの津波避難計画の策定は、現在沿岸のほとんどのコミュニティで策定が終了しており、各コミュニティで年2回ほど避難訓練が実施されている。

(5) 津波リスク評価手法とその実態

INETER 及び SINAPRED により、1/25 万で太平洋側をカバーする標高分布を示した浸水予想図があるものの、津波リスク評価については実施されていない。



図 2.1.9 津波の浸水予想図

(6) 津波に係るハザードマップの整備・活用状況

津波ハザードマップについては、JICA 支援により、太平洋岸4か所で実施された 1/5 万レベルのハザードマップがあるものの、その他の地域での策定はなされていない。

(7) 大学等の研究機関、NGO の津波防災への取組状況

ニカラグア国立自治大学 (UNAM) では INETER と共同でスイスの COSUDE の資金による地震学コース研修を近年実施し始めた。定員 30 名 (大卒のみ; インターンを含む)。参加者の条件として、大学で物理学、地質学及び数学を履修したものとされている。期間は1年で、週8時間の講習がある。講師陣はキューバやメキシコからの招聘者及び INETER 職員の中で JICA の研修履修者である。この研修では地震学の基礎などが扱われ、地震分析能力があがるものと期待されているが、地震・津波監視、分析に関する現業能力向上に関する事項はこの中では扱われていない。

NGO は Save the Children、Plan Nicaragua、グレースバプティスト教会 (GBC) が活動しており、子供たちを対象に防災に関わる活動として救命救急、火災防止等の活動を行っている。

2.1.5. JICA と他ドナーの支援状況

(1) 我が国の支援状況

我が国による地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.1.6 ニカラグアの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況

スキーム	プロジェクト名	期間
開発調査	ニカラグア国主要道路網の自然災害に対する脆弱性診断及び道路防災計画調査	2002-2003
開発調査	ニカラグア国防災地図・情報基盤整備計画調査	2003-2006
技術協力	中米広域防災能力向上プロジェクト「BOSAI」 レオン (León) 市のラス・ペニータス (Las peñitas)、サリナス・グランデ (Salinas Grandes)、ポネロバ (Poneloya) における津波災害対応能力強化 (早期警報) を目的とした、レオン市役所・教育省との協働プロジェクト。プロジェクト終了後も COLOPRED によるコミュニティ防災活動の継続がみられる一方、予算不足や成功事例の波及が課題として挙げられている。3 コミュニティによる共同 NGO「POPESAL」が設立され、自己資金を調達し、活動を実践する持続的な防災活動を展開。	2007-2012
技術協力	地震に強い住宅建設技術改善プロジェクト	2010-2013
国・課題別研修 (2010-2014)	コミュニティ防災 (2)	2014
	地震・耐震・防災政策 (1)	2010
	地震・耐震・防災復興政策 (6)	2012-2014
	中南米 建物耐震技術の向上・普及 (4)	2014
	中米防災対策 (16)	2010-2014
	津波防災 (1)	2014
	都市地震災害軽減のための総合戦略 (2)	2010
科学技術研究員 派遣	マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究 自然災害リスク軽減に貢献できる人的資源の能力強化のため地すべり危険性モデル作成、地震危険度評価手法、地盤応答推定手法に資する研究員を国立大学地球科学研究センターに対して派遣した。	2010-2012

※国・課題別研修の () 内は参加者数を示す。

(2) 他ドナーによる支援状況

他ドナーによる地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.1.7 ニカラグアの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況

ドナー名	プロジェクト名	サイト	実施機関	予算 (USD)	期間
	概要				
World Bank	Nicaragua Disaster Vulnerability Reduction Project	N/A	中央・地方政府	16.05 million	2001-2009
	災害マネジメント能力強化を目的に、SE-SINAPRED の機能強化のための施設機能の拡充、災害に対する意識啓発等の6つのプロジェクトコンポーネントが実施された。				
NORAD	Earthquake Risk Reduction in Guatemala, El Salvador and Nicaragua with regional cooperation to Honduras, Costa Rica and Panama	ニカラグア全土	INETER	2.4 million	2007-2010
	地震ハザードと脆弱性、リスクの評価が「learning by doing」という理念に基づき、ニカラグア全土の地震ハザードマップが作成された。				
DIPECO	Disaster Risk Management for volcanic and landslide hazards in Ometepe island	オメテペ島	INETER CARE Nicaragua	520,000	2008-2011
	コミュニティ及び自治体の早期警報、災害対応に関する意識向上による地震・火山災害等への対応能力の強化対策が、INETER, Co-Direcciones de SINAPRED 等を実施機関としスイス開発協力庁(COSUDE)、DIPECHO の支援で実施された。				
COSUDE	Disaster risk reduction program for Nicaragua	サン・ラファエル・デル・スール市マサチャパ地区、ポチョミル地区	N/A	2.2 million	2008-2012
	低コスト検潮所設置、津波警報伝達体制構築、ハザードマップ、避難計画の策定、地震観測点の設置等による津波災害対応能力の強化のための津波災害危機管理対策が、INETER を実施機関として、COSUDE、赤十字の協力により実施された。				

World Bank	Development of a Risk Assessment Platform for Nicaragua(CAPRA)	マナグア	INETER	350,000	2009-2010
	ソフトウェア適用のため、リスク確率評価等の技術ワークショップが実施された。				
DIPECHO	Technical assistance for vulnerability reduction and response in Nicaragua	マグアナ市 4地区	INETER、 赤十字、 教育省、 マナグ ア市	N/A	-
	地震災害に関する研修、救護・避難君等による地震災害等への住民の対応能力の強化が、マナグア市のⅡ区、Ⅳ区の4地区で、マナグア市を実施機関として、INETER、教育省、赤十字の協働により、DIPECHOの支援を受け実施された。				
IDB, UN,ISDR	Phase II in the development of a Risk Assessment Platform for Nicaragua	N/A	INETER	600,000	2009-2010
	災害リスク評価のため、データ収集、災害リスク管理、利用者コミュニティの形成を行うプラットフォームの体制強化が実施された。				

2.1.6. 課題

(1) 地震・津波観測、分析能力の向上

1) 震源計算の改善による地震分析力の向上

津波発生判断の信頼性向上には、まず震源・マグニチュードの決定精度の改善が必要である。そのためには、次の措置が必要である：①震源計算に用いる地震波速度構造モデルについて、INETERは地域モデルの利用はあるが、その適正の組織的な評価はなされていない。これまで行ってきた地殻構造調査を基として地震波速度構造を把握して、地域に応じたモデルとなっているかを評価し、評価結果に応じた震源計算への適用を進めること、②津波発生判断のための震源計算に用いる観測点選定について、その基準が必ずしも明確でないことから、これを明確にして最適化するための手法を習得することが求められる。

2) 発震機構解析手法の導入

津波発生判断の精度向上には、正・逆断層型、横ずれ型という発震機構を発生した地震についてリアルタイムで推定することが必要である。このため、現在のところ組織的に利用されていない初動データによる発震機構解析の導入が必要である。なお、この手法による発震機構の推定精度が大地震では高くないことから、次のステップとして、その精度が高いCMT解析の導入のため、この技術の習得が必要である。なお、この機能を持つモジュールはSeisComPにもあるもののその利用ライセンスが有料であり、このライセンス購入なしには利用できないことから、この技術習得のために、このライセンスを購入するか、公開されている無料ソフトを導入するかのどちらかが必要となる。どちらの場合にあっても、それらのアルゴリズムの習得が必要となる。なお、CMT解析ではモーメントマグニチュード(Mw)が高精度で得られる。

3) 津波発生判断技術の獲得

津波発生判断の精度向上には、発震機構解析の導入に加えて、マグニチュードの決定精度の向上が不可欠である。例えば、2012年8月の地震では、最初マグニチュード5.7、次にマグニチュード6.6、最終的にUSGSのマグニチュード7.3を採用（最初はマグニチュード6.8であった）とした。このため、自動計算に利用するSeisComPについて、①そのマグニチュード計算に用いる観測点の選別方式の見直し、②観測点補正の適正化の検討が必要である。また、次のステップとして、精度の高いモーメントマグニチュードを得るため上述のCMT解析の導入が必要である。

4) 津波の高さの予想及び到達時間の予想並びに解除基準の導入

PTWC は、太平洋全域を発表対象として津波に係る情報を提供していることから、個々の地域から見た場合、その予想精度はより広域の平均的なものであり、粗く中米地域という予想対象については精度が低い。INETER においては、津波の高さ予想や到達予想時間について独自の分析を行える能力を、順を追って習得する必要がある。即ち、到達予想時間については、①現在の推定水深を用いた概略の予想の能力、②水深調査の進捗を踏まえた予想改善の能力、高さの予想については、①発震機構を踏まえた津波発生時の分析能力、②現在の推定水深を用いた概略の予想の能力、③CMT 解析結果を踏まえた津波発生時の分析能力、④水深調査の進捗を踏まえた予想改善の能力、⑤沿岸地形を踏まえた予想改善の能力を習得する必要がある。また同時に津波警報の解除について、信頼性を確保しつつより早期に行える技術を習得する必要がある。

5) 潮位観測施設の新増設等

津波警報精度の向上のため、順を追って、潮位観測施設の改善を図る必要がある。①海岸部にある既存の潮位計の安定運用体制の整備、②海岸部にある既存の潮位計のデータ取得・伝送の適正化、③津波警報予想の信頼性の向上及び発表後のリアルタイム更新のための実況把握を念頭に置いた観測点配置の適正化・増強、④沖合の DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis) 式潮位計の増強が必要である。(DART 式潮位計は NOAA が開発したもので、ブイ式海底津波計を用いたリアルタイム津波観測システム)

(2) 近地津波に対応した津波情報伝達の改善

近年太平洋沿岸地域のコミュニティを対象に CODE のコントロールによるサイレンが整備され、津波警報の速報性は確保しつつある。Co-Direcciones de SINAPRED では、コミュニティへの警報伝達時間を 3～5 分としており、特に近地津波に備え、INETER ないしは CATAC から警報判断の簡素化、自動による警報の発信等のさらなる改善が必要となる。

(3) 地震・津波防災施策の推進

1) 地震リスク評価のためのデータの整備

CAPRA プロジェクトでリスク評価ツールが整備されているが、十分に活用されていない状況である。その原因には、建物やインフラの基本データが不足していることがあり、建物、インフラのデータ整備が求められる。

2) 地震リスク評価の実施

中米地域は地震リスクが高い。地震災害を軽減するためには、建物、インフラの耐震性能向上が不可欠である。地震防災対策を制定する過程で現状のリスクを評価することが重要である。

3) 耐震施策の推進

RESIS II プロジェクトの成果を生かし、耐震設計、耐震補強等住民防災意識の向上、コミュニティ防災活動へ応用していく必要がある。

4) 津波ハザードマップ整備

津波ハザードマップは一部の沿岸地域しか整備されていない。すべての地域をカバーする津波ハザードマップの整備が必要である。

2.2. エルサルバドル

2.2.1. 基礎情報

(1) エルサルバドル基礎情報

エルサルバドルにおける基礎情報は以下の表の通りである。

表 2.2.1 エルサルバドル基礎情報

項目	内容	出典
人口	634 万人	2013, World Bank
GDP	242 億 5,900.万 USD	2013, World Bank
面積	21,041 km ² (内、陸地面積 20,721 km ²) (内訳)耕作可能地 31.61%、農耕地 10.93%、他 57.46%	2011, CIA World Fact Book
行政区分	14 Departments	CIA World Fact Book
地形・地質	2つの東西に連続する山で山地と高原、太平洋側の低地の2つの地域に分けられる。	Library of Congress Country Studies
気候・気象	熱帯気候で5月から10月が雨季。低地は年中熱く、山地と高原は比較的穏やか。	Library of Congress Country Studies

(2) 自然災害基本情報

エルサルバドルは地震、津波のほか、火山噴火、ハリケーンに伴う暴風雨、地すべり、土石流等の多様な自然災害に見舞われている。歴史上の主な地震を見ると、過去約 100 年の間、犠牲者が 100 人以上の被害地震が 7 回(1902、1917、1936、1951、1965、1986、2001)発生した。1986 年の地震は、サンサルバドルに犠牲者約 1500 人にのぼり、20 万人以上が家を失った。2001 年の地震は、数多くの地すべりを誘発し、犠牲者も多数となった。津波は 2014 年 10 月にラ・ウニオン沖で発生した地震に伴って発生したが、警報が出されたものの被害は僅少であった。

2.2.2. 防災政策、計画、組織体制

(1) 防災行政（政策・組織）の現況

1) 防災に係る政策的枠組み

エルサルバドルにおける防災に係る政策的枠組みは以下の表の通りである。

表 2.2.2 エルサルバドル防災に係る政策的枠組み

種類	名称	関連する内容
政策	国家総合防災政策	緊急事態・災害における影響の削減
法	防災および減災に関する法令 777 号(2005)	国家防災体制、市民防災局の役割の規定、国家防災計画の内容決定、警報発令、法令違反への刑罰措置
計画	国家 5 年開発計画 2010-2014	国の開発ビジョン、戦略を示す最上位計画。計画目標の一つを「全国で市民保護、早期警報、防災、災害管理のシステムを展開する」としている。
	国家防災計画(2013)	災害リスクの削減、予測強化、リスク評価、教育・情報システムの強化、の観点から改訂中。リスク分析には地震・津波を含め、予防・減災対策を規定する予定。

2) 防災に係る組織的な枠組み

【1】組織体制の枠組み

環境天然資源省環境監視総局（MARN/DGOA）は、地震・津波の観測の他、気象、火山、大気汚染の観測機関で、災害情報の発信、ハザードマップの作成、リスク評価、災害情報の収集も行っている。国レベルの防災対策、計画の立案、警報の発令は、法令 777 号に基づき、総務省市民防災局（DGPC）が担う。地方の防災対策は、県レベルでは県市民防災委員会（CDPC）、市レベルでは市民防災委員会（CMPC）が担い、コミュニティレベルでは地区防災委員会（CCPC）が担っている。

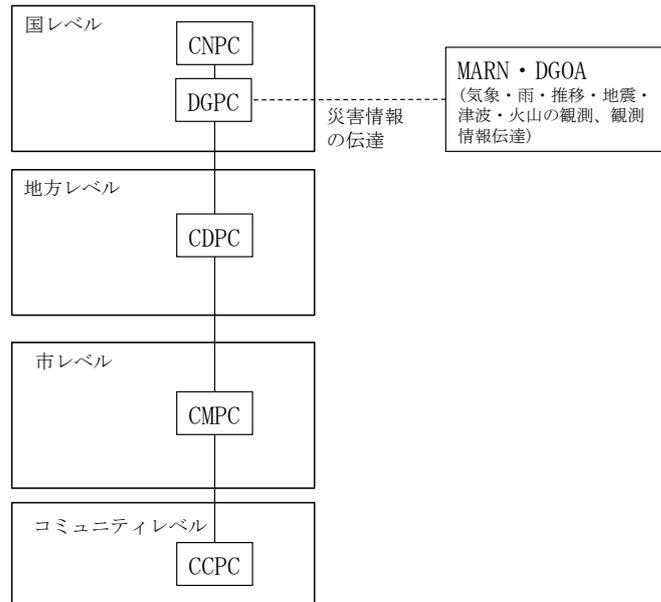


図 2.2.1 主要防災機関の組織体制(エルサルバドル)

【2】地震・津波防災に係る役割分担

MARN/DGOA は地震活動及び津波の監視を行い、地震・津波ハザードマップの作成、リスク評価を行っている。地震・津波の技術情報は DGPC 緊急オペレーションセンターに伝達され、DGPC 長官により警報レベルの判断が行われ、関係機関に伝達される。

【3】CATAC への期待

MARN/DGOA は津波に関する分析の実施能力を有しているものの、観測、警報発信に関しての経験が浅いため、特に地域地震による津波の警報に対する CATAC への期待は大きい。また、津波発生判断に用いる地震・津波観測システムのバックアップ機能としての CATAC への期待もある。

(2) 国家レベルにおける地震・津波対策の優先度、関連法制度における位置づけ

DGPC では、かつては水害、火山災害に対する対応が主であったが、近年地震の発生頻度が高く、1年間で無感も含むと 5千回を超える状況にあり、現在では大きな課題となっている。現在策定中の新国家防災計画では地震・津波のリスク分析、復興を追加し、予防と減災政策も見直している。

(3) 防災関連予算配賦状況

2014年度でみるとMARNの予算は約26百万USDとなっている。2011年の内訳は約38%が人件費、約24%が施設・機材の維持管理、通信費、約35%が消耗費となっている。また、国からの400万USDを初期資金とする防災・減災基金があり、緊急事態が発生した場合に緊急支援が必要となった場合、防災関係機関は自治省を通じ財務省に申請し、対策資金が割り当てられる。緊急事態が解除された時点で対策資金は清算される。

(4) コミュニティレベルでの防災活動の内容

コミュニティレベルではCMPCとの連携によりCCPCによって防災活動がなされており、各国ドナーやNGO他組織の支援、協力のもと、下記のようなコミュニティ防災活動が行われてきている。

- ・ 国家減災プログラム：首都サンサルバドルで災害の基礎・対応・準備について地方住民へ研修、地方の自然災害に対する脆弱性の解析等を、MARNが、米州開発銀行(IDB)及び中米経済統合銀行(BCIE)の支援を受け、2010～2012年実施。
- ・ 防災教育に係るプロジェクト：地方で、MARN、赤十字、スイス労働援助(AOS)、オックスフォード飢饉救済委員会(OXFAM)等は協働し、DIPECHOからの支援を受け、2004年から実施。MARNは観測情報の伝達をテーマとした場合に参画している。
- ・ コミュニティ防災プロジェクト：サンサルバドル、カバーニャス(Cabanas)、ラ・リベルタ(La Libertad)等5県で、「子供の権利保護及び復元力のあるコミュニティに生きる」の活動を、Plan International、MARN、教育省、DGPC等は協働し、DIPECHO等からの支援を受け、2011年から実施。実施にあたって学校の安全確保、子供たちが情報を得られること、防災の考えが減災に繋がることを目標とした。

(5) 地震・津波災害に係る教育機関での防災教育状況

教育省(MINED)が約5,000校中1,500校あまりの国公立学校において、教員及び児童・生徒、家庭への防災教育が行われているが、対象とする災害は主に土砂災害・火山噴火・地すべりとなっており、発生頻度が低い地震・津波災害に係る防災教育は十分に行われていない状況である。

2.2.3. 地震観測と地震防災への取り組み

(1) 地震防災の管轄官庁・関係機関

エルサルバドルの地震観測はMARN/DGOAによって行われ、地震警報発信、緊急対応はDGPCが担う。耐震基準の制定、発行は公共事業省(MOP)である。

(2) 地震観測能力

1) 地震観測体制

地震観測は、MARN/DGOA モニタリングセンター(作業を行う部屋の名称)においてDGOA地質課の5人が交代する勤務体制で1人当番により24時間体制で行われている。

2) 地震観測網

地震観測網は、アナログ短周期地震計 18 台、デジタル短周期地震計 25 台、広帯域地震計 11 台及び強震計 42 台の合計 96 台で構成されている（表 2.2.4、図 2.2.2）。地震計は主に火山帯沿い及びサンサルバドルの首都圏に配置されている。

震源・マグニチュードの計算は、これらのうち波形データがテレメータでリアルタイムに収集できる全ての短周期地震計及び広帯域地震計、半数の強震計、計 75 台を使用して行われている。なおテレメータされている 21 台の強震計については、震度計算ソフト SHAKEMAP を用いた震度(改正メルカリ震度階級 (Modified Mercalli intensity scale : MMI) の震度の計算にも使われ、結果は発震後数分で算出される。

また、中米大学(UCA)は、1990 年代に EU のプロジェクトで、強震計を 10 台設置し、現在も観測を続けている。また、エルサルバドル国立大学(UES)は、工学建築部の 3 階建ての建物の 1 階と 3 階とに強震計を 1 台ずつ設置している。しかしこれら大学の地震計はテレメータの機能がない。さらに、レンパ川水力発電委員会 (CEL) は、ダムの管理のために、地震観測施設を有している。いずれの地震計もそれぞれの目的を持って設置されたものであり、その観測データは DGOA へリアルタイムの提供はなされていない。

DGOA は、INETER やグアテマラの国家地震・火山・気象・水文庁(INSIVUMEH)と地震観測データをリアルタイムに相互に共有し、共有されたデータもそれぞれの期間の震源・マグニチュード計算に用いられている。このデータ共有により、特に国境付近で発生した地震の震源・マグニチュードの決定精度を高めている。また、DGOA は、IRIS を通じて中米以外の地震観測データも利用している。

表 2.2.3 エルサルバドル地震計と通信手段

地震計		総数	データ収集方法							
種類	記録形式		アナログ無線	デジタル無線	マイクロウェブ無線	インターネット	無線インターネット	衛星インターネット	公衆回線網	現地収集
短周期	アナログ	18	18							
	デジタル	25		6	3	14	2			
広帯域	デジタル	11		5	1	2	1	2		
強震計	デジタル	42				20	1		9	12
合計		96	18	11	4	36	4	2	9	12

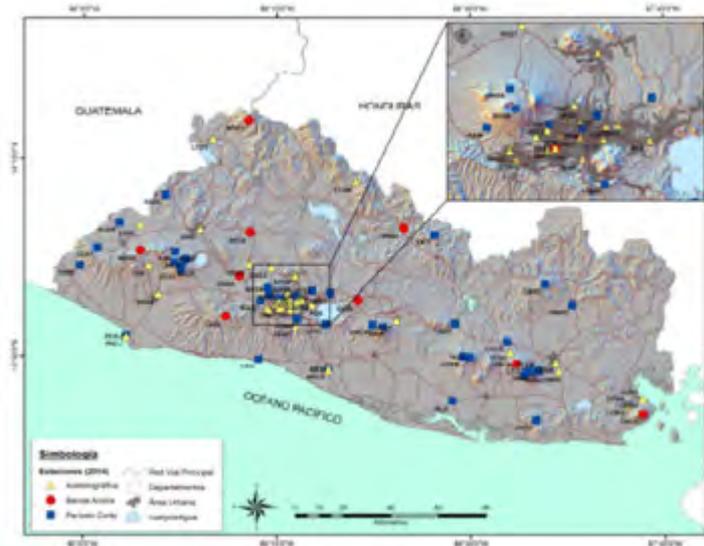


図 2.2.2 エルサルバドルの地震計観測点位置図(出典:MARN)

MARN/DGOA の地震観測網の詳細を下表に示す。

表 2.2.4 MARN の地震観測網の内訳

地震計種類	データ収集方法	合計台数	運用中台数	休止中台数	リアルタイム利用台数	CATAC で利用可能な台数
短周期地震計	リアルタイム伝送	43	43	0	43	43
	現地収録	0	0	0		
広帯域地震計	リアルタイム伝送	11	11	0	11	11
	現地収録	0	0	0		
強震計	リアルタイム伝送	30	30	0	30	30
	現地収録	12	12	0		
合計	リアルタイム伝送	84	84	0	84	84
	現地収録	12	12	0		

3) 地震観測データ処理

地震観測データ処理は SeisComP により自動的に震源解析が行われ、発震時刻、震源位置(緯度・経度)、震源深さ、マグニチュード等の結果が得られる。震源計算では、地域の地震波速度モデルを利用している。地震を検知してから、震源・マグニチュードが計算されるまでの自動処理の所要時間は約 2 分である。その後、手動による自動処理結果の点検などを含め、正式な結果は約 15 分後に得られ、即時公表される。

4) 地震情報発信

DGOA 地震情報を発信する基準(図 2.2.3)を超える地震が検出された場合、DGPC に伝達するとともに、地震発生後 5~15 分程度で DGOA ホームページにも掲載される。大きい地震の場合、震度(改正メルカリ震度階級、MMI)情報もホームページで提供する。DGOA のデータ収集、処理、情報発信の流れを図 2.2.4 に示す。

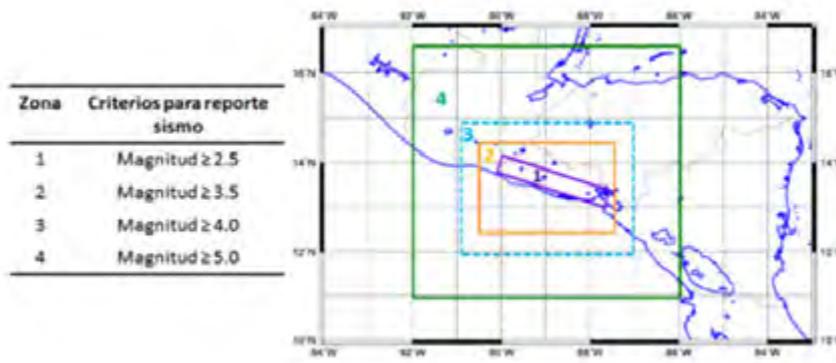


図 2.2.3 DGOA が防災機関に地震情報を発信する基準 (出典:MARN)

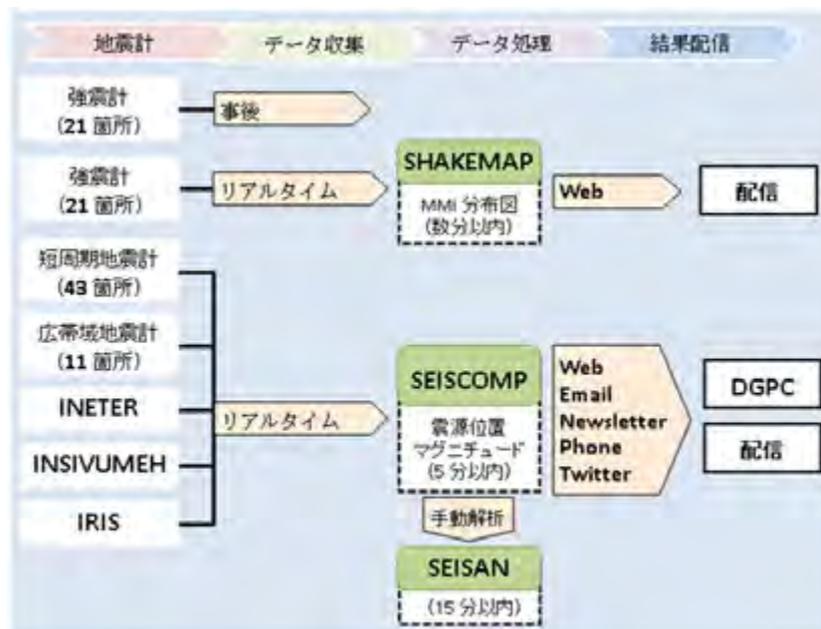


図 2.2.4 DGOA の地震観測データ収集、処理、配信の流れ

(3) 地震リスク評価手法とその実態

エルサルバドルでは 2012 年に WB の CAPRA プラットフォームを用いてサンサルバドル首都圏にある病院、学校及び政府の建物を対象に地震リスク評価を実施し、1,550 の建物のリスク評価のための調査を実施した。構造形式タイプごとの耐震性能を評価し、それぞれの fragility 曲線を評価した。リスク評価は確率論的な手法により行われ、年期待損失率を評価している。リスク評価結果により、被害の大きい建物が特定され、優先的に耐震対策を実施する重要構造物を明らかにした。リスク評価結果の例として、エルサルバドルに大きな被害をもたらした 1986 年の地震と同程度の地震が発生した場合の被害想定があるが、一般住宅を対象にしていないこと、他地域への適用が今後の課題としている。

エルサルバドル国立大学 (UES) は、UNESCO のパイロットプロジェクト Safe School を実施し、5,200 ある公立学校の内 100 校を対象に地震リスク評価を行い、最終段階にある (2014 年 12 月時点)。リスク評価に当たり地震ハザードは MARN の結果を用い、UES は建物の脆弱性を評価した。構造物の構造形式は、アドベ、コンクリートブロック、補強レンガ、RC などである。リスク評価は地震、津波、地すべり、火山等マルチハザード

に対応し、リスク評価結果に基づき耐震化対策に必要な費用を算出することができるソフトウェア（VISIS）が使用された。

また、現在実施中であるが、UES は WB の資金によりサンサルバドル大都市圏、サンタテグラ市を対象に地震リスク評価を実施している。脆弱性評価のため、市内 2,600 軒の住居を対象に構造形式や欠陥等を詳細に調査し、材料(アドベ、レンガ等)と構造形式(補強の有無等)の組み合わせで、41 タイプの構造形態を抽出した。これらの構造形態の脆弱曲線は、材料の特性、建設方法(現行基準(1997 年以降)、旧基準(1966 年以降)、基準に従っていない)等の影響を考慮し、FEM による数値解析により脆弱性曲線が評価された。この脆弱性曲線の特徴は材料特性や構造形態が考慮されていることである。地震ハザードは MARN の結果を用いる。サンサルバドルの表層地盤は火山灰の柔らかい層であり、地震動が増幅されることが考えられるが、地盤データがないため地盤条件の影響は考慮されていない。リスクの評価結果として建物の被害程度(倒壊、大壊、中壊)が評価され、この結果は防災計画等に活用されることが期待される。

(4) 地震に係るハザードマップの整備・活用状況

エルサルバドルの地震ハザード評価は、上記リスク評価プロジェクト対象地域で実施したものと「中米地震リスク軽減プロジェクト RESIS II」においてエルサルバドル全土の地震ハザードを評価したものがある。評価対象は、地盤最大加速度(PGA)、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 秒の応答スペクトルであり、地震の再現期間は 500、1000、2500 年とする。大きな地震が発生した場合、MARN が USGS の SHSKEMAP ソフトウェアを利用して震度分布を推定し、WEB にて公開している。

(5) 耐震基準の整備状況・施行状況

エルサルバドルは地震多発国であり、耐震設計基準は 1966 年に制定され、その後 1989、1994 年に改訂され、現行耐震基準(NTDS)は 1997 年に改訂されたものである。この耐震基準はアメリカの 1977 の耐震基準(Uniform Building Code, UBC-97)を参考にした。基準では、地震力の計算として、静的地震力方法(一次振動モードのみ考慮)と動的地震力方法(複数振動モード考慮)があり、形状規則の 70m 以下及び形状不規則の 20m 以下の建築物は静的地震力方法が適用され、それ以外の建築物は動的地震力方法が適用される

現行耐震基準は 1997 年に大統領令に基づき作成されたが、国会の承認が得られておらず、発効されていないため、実際には機能していない。耐震基準は、1997 に作られたもので、見直しが必要との認識が専門家の中にあり、公共事業省住宅都市開発庁に見直しの提案がなされている。耐震基準では大統領令により構造安全委員会が規定されているが、委員会は 2001 年に設置されたものの、その後の活動実績はない。耐震基準見直しに向け、委員会を活性化し、耐震基準の見直しに着手することが求められている。公共事業省住宅都市開発局には専門家がいないものに対応できる人材が不足している。

建築許可は、複数のケースがある。サンサルバドル首都圏においては、サンサルバドル首都圏計画事務局(OPAMSS)が許認可業務を担当している。公共事業省は許可の指針を作り、OPAMSS は計算書、図面を審査する。建築物を建設するためには、まず都市計画の面から審査を受け、その後構造設計の審査を受ける必要がある。その他の地域では、公共事業省住宅都市開発局ないしは複数の市による合同機関、あるいは 1 つの市が単独で許可するケースがある。耐震設計の許可は、地震荷重については 1997 年の基準に基づき、RC の構造設計(配筋など)はアメリカの基準、レンガ造の構造設計はメキシコの基準を参考にしている。

2001年の地震では住宅の被害が顕著であり、古い建物の補強が必要とされているが推進策のようなものはまだない。国際機関の援助で病院(RC造)の補強が行った個別ケースがあるが、重要構造物、一般住宅を含めた建物の耐震性能向上においては、政府、専門家団体などが一体となって推進する必要があるとされている。

JICAはエルサルバドルで2003～2008年に「耐震普及住宅の建築普及技術改善プロジェクト(通称:TAISHINプロジェクト)」、2009～2012年に後継プロジェクトである「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」を実施し、低所得者層が入手しやすい安価な素材を使った耐震住宅の工法を確立するとともに、その普及と人材の育成に取り組んできた。このTAISHINプロジェクトの成果として、1階建て、50㎡以下のアドベ造建物とレンガ造建物の二つの耐震基準が作成された。この基準の普及には、市役所の建築許可担当職員の理解が重要である。現在、公共事業省の資金で2階建ての建物の耐震基準を検討している。

道路、橋梁の管轄も公共事業省で、橋梁については今まで地震被害例がない。橋梁の設計については、アメリカの基準AASHTOを参考にしている。道路、橋梁等のインフラ施設、電気、水道等ライフライン施設のリスク評価、耐震性能向上策は実施されていない。

(6) 大学等の研究機関、NGOの地震防災への取組状況

エルサルバドル国立大学(UES)の工学・建築学部土木工学科は、前述のJICAが支援した「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(2009-2012)」のカウンターパートの一つである。また前述したUNESCOのパイロットプロジェクトSafe School、WBの資金によりサンサルバドル首都圏、サンタテクラ市を対象にした地震リスク評価プロジェクトに参加した。

また、NORADの援助で、中米地域を対象にRESIS IとRESIS IIプロジェクトが実施された。RESIS Iでは地震ハザードを評価し、RESIS IIでは、学校、病院を対象に、地震リスク評価、リスク軽減がなされた。RESIS IIは2012年で終了した。このプロジェクトで評価した地震ハザードは、中米最新のハザード分析である。一方、地盤調査を行っていないため、マイクロゾーニングが行われていない。サンサルバドルの表層地盤は火山灰の柔らかい層があり、地震動が増幅されることが考えられる。このリスク評価ではアメリカFEMAが開発したHAZUSが用いられている。現在は、CEPREDENACを通じて、WBの資金によりサンサルバドル首都圏、サンタテクラ市を対象に地震リスク評価が実施されている。

中米大学(UCA)はUESと同様に「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(2009-2012)」のカウンターパートの一つとなった私立大学である。耐震構造の専門家がおおり、耐震工学の修士課程を2013年に開設している等、耐震技術の普及に貢献している。

2.2.4. 津波観測と津波防災への取り組み

(1) 津波防災の管轄官庁・関係機関

津波防災における津波の技術的判断はMARNがその責務を負っている。一方MARNの判断を受けての住民避難等行政的な措置を伴う津波警報、避難等の発令は、DGPCがその責務を負っている。なお、MARNはIOCの津波FP(TWFP)機関及び津波NC(TNC)機関に指定されている。

(2) 津波に係る観測体制

1) 津波観測体制

津波監視は地震同様モニタリングセンターにおいて DGOA 地質課の 5 人体制で当番者 1 人により 24 時間対応で行われている。MARN には地震津波とともに洪水や気象の担当者が 24 時間体制で配置されており、伝達プロトコルの改善で、津波警報作業時や強震動時に他の分野（気象、洪水）の現業当番者の応援を受けることが検討されている。また、津波判定プロトコルの評価のための訓練方法の開発を行っている。しかし津波発生の判断には、担当者に一定の地震津波に関する基礎知識が要求されるが、それを満たす職員が不足している。なお津波発生判断のための長期的な人材確保対策として、インターン制度を 2014 年に 4 名で開始された。

2) 津波観測網

検潮所はアカフトラ (Acajutla)、ラ・リベルタ (La Libertad)、ラ・ウニオン (La Unión) の 3 か所にあり、アカフトラとラ・リベルタには検潮所を望む監視カメラがある (表 2.2.5)。

表 2.2.5 エルサルバドルでの津波観測に利用している観測データ (出典:MARN)

観測機器の種類	観測点名(観測点コード)	位置 緯度、経度	測定間隔/ 送信間隔	データ収集 方式	電源	設置機関 管理機関	現地保守 点検間隔	観測期間
潮位計 (レーダー式(主)及び圧力式)	Acajutla (acaj)	N 13.573836° 89.838221° W	1秒サンプリング 1分平均/5分毎送信	衛星通信	太陽光発電	MARN/DGOA	3 Months	1971-2001 及び August/2010~
潮位計(超音波式)	La Libertad	N 13.485180° 89.319016° W	1秒サンプリング 1分平均/5分毎送信	衛星通信	太陽光発電	MARN/DGOA	3 Months	August/2014~
潮位計(圧力式)	La Union (laun)	N 13.332908° 87.818101° W	1秒サンプリング 1分平均/5分毎送信	衛星通信	太陽光発電	MARN/DGOA	3 Months	1956-1986 及び October/2010~
流速計	Acajutla	N 13.578520° 89.852328° W	適用外	無線で現地PC収録後、TEAMVIWERソフトを利用しインターネットで収集	太陽光発電	MARN/DGOA	3 Months	September/2012~
流速計	La Union	N 13.314559° 89.775779° W	適用外	無線で現地PC収録後、TEAMVIWERソフトを利用しインターネットで収集	太陽光発電	MARN/DGOA	3 Months	September/2012~
監視カメラ	Acajutla	N 13.575152° 89.833700° W	適用外	インターネット	太陽光発電	MARN/DGOA	3 Months	August/2014~
監視カメラ	La Libertad	N 13.487091° 89.319328° W	適用外	インターネット	太陽光発電	MARN/DGOA	3 Months	August/2014~

3) 津波発生分析の状況

MARN/DGOA は、津波発生分析は、SeisComP の自動震源計算の結果、CISN (The California Integrated Seismic Network)の結果及び PTWC からの情報で行っている。PTWC からは、Email, SMS 及びファックスで津波情報を入手している。なお、津波シミュレーションはリアルタイムではツールがないため実施できないが、事後の作業検証では導入している。

MARN/DGOA は、津波発生の有無の検討は①マグニチュードが 6.5 以上、②PTWC からの津波の予想高さ及び津波の到達予想時間を受信した場合に開始する。また、津波発生の判断は表 2.2.6 の基準で行う。ただし明確な津波予警報解除基準を有していない。なお、住民へ津波警報の周知状況の確認は行っていない。

津波発生の判断に用いる震源計算では、計算に利用する観測点の選択を行うが、ニカラグアとエルサルバドルとでこのやり方が異なる。

MARN/DGOA は、中米各国が発表する津波警報関連情報を利用していない。一方エルサルバドルで観測された地震波形データ及び MARN が発表する津波警報関連情報は、Web で一般向けに公開していることから、中米各国は自国の津波警報発表業務に利用可能である。ホンジュラスには MARN から津波警報関連情報を Email で送っている。

MARN/DGOA は、外国の地震津波データを利用してきているが、津波発生の判断の信頼性向上には、入手する観測点の増強が必要である。

中米各国との地震波形処理業務の協力実績としては、2001 年のエルサルバドルとホンジュラスの国境付近に発生した地震について、検測作業を協力して実施したことが上げられる。また、かつてグアテマラの観測処理システムの電源を 3, 4 日落とす必要があった際、同国に地震津波関連情報の提供を行って津波予報判断を支援したことがある。

表 2.2.6 津波発生判断基準

津波の型	地震の基準となるパラメーター	エルサルバドル沿岸到達までの予想時間	津波情報の種類	地域の管理者への情報
近地	マグニチュード ≥ 7.0	1 時間未満	津波警報	直ちに海岸から離れ、帰宅に関しては PC の勧告を待つよう勧告する。
地域	$7.0 \leq$ マグニチュード ≤ 7.9	3~4 時間	津波注意報	海岸から整然と離れ、帰宅に関しては PC の勧告を待つよう勧告する。
	マグニチュード ≥ 8.0		津波警報	
遠地	$8.0 \leq$ マグニチュード ≤ 9.0	8 時間以上	津波注意報	PC の勧告に従うように住民に勧告する。
	マグニチュード > 9.0		津波警報	

4) 津波情報発信

MARN/DGOA は、震源・マグニチュード計算結果を自動処理し、その結果を発表する。結果はおよそ 2 分が出るが、DGPC への伝達には信頼できる結果を得るため 5 分待つて得

られた結果を発表に利用する。最終的なものとしては15分後に得られたものを利用する。この最終版はVHF無線、FAX、一般携帯電話及びEmailでDGPCの24時間体制の緊急オペレーションセンターに伝える。自動処理結果の震源はWebに公表されるが、これは通常手動で精査した情報より早い時点でなされる。

DGPC緊急オペレーションセンターは40人のスタッフがおり、モニタリング室は24時間の2人当番で運営されており、MARN/DGOAの一般向けWebサイトをモニターしている。

DGPCは、MARN/DGOAの情報に基づきプロトコルにしたがって津波警報の発表内容を局長が判断する。

MARN/DGOAは、自国及び近隣国の沿岸の地震については、プロトコルに従って、マグニチュードが6.5以上であると津波発生判断作業を開始し、得られた結果をDGPCへ報告する。一方、地震情報をツイッターで発信するとともに、PTWCの情報で津波の高さの予想や到達予想時間に係る情報を点検する。津波の発生が確認できない場合、第一波の到達予想時刻の数時間後を目途に、津波発生の判断を解除する。

5) 津波発生分析・情報発信の具体例

2014年10月13日09:51PM（エルサルバドル時間、以下本節内同様）のマグニチュード7.3の地震では、サンサルバドルで揺れが約45秒間続いた。MARNは、10:08PMに、津波警報の可能性のある旨をツイッターで公表するとともに、無線でDGPCにこの旨を伝えた。また、MARNは、津波発生の判断をして、10:40PMに「予防措置として津波への警戒を翌朝6時まで継続する」旨を、DGPCを通じて発表し、翌14日06:00AMに警戒解除を発表した。

一方、PTWCは10:08に全加盟機関に向けて、この地震の発震時刻、震源及びマグニチュードを津波情報として電子メールで通知し、MARNはこれを10:27PMに受領した。また、PTWCは、エルサルバドル津波FP（MARN）に向けた津波情報を送信し、10:13PMにMARNはこれを受領した。その内容は「震央から300km以内の沿岸に危険な津波が襲来する可能性がある」と及び「アカフトラへの津波到達予想時刻が11:09PMである」であった。さらに、PTWCは、MARNに向けて、「津波の危険」終了を伝える津波情報を送信し、MARNは10:40PMにこれを受領した。しかし、MARNはPTWCが解除したにもかかわらず、明朝6時まで警戒継続の発表を維持した。その理由は、津波発生判断（2012年の地震以来2回目）の経験不足から、後続の津波の襲来の有無が見通せず、安全サイドに立ち、警戒解除に踏み切れなかったからである。

沿岸地域での津波被害は報告されなかったが、この地震でエルサルバドルでは死者1名、建物損壊などの被害があった（国営ラジオエルサルバドルによる：気象庁資料）。

DGPCでは同地震発生の際局長への連絡がつかなかったが、計画ユニットの判断により津波警報を発表、関係市を通じてコミュニティに伝達し、地震発生から避難準備終了まで1時間を要しなかった。

(3) 津波インフラ整備状況

防潮堤等の津波防御施設は整備されていない。ラ・ウニオンの漁港改修に合わせて900mにわたる護岸堤整備の構想がある。

避難路については、沿岸コミュニティの津波避難計画で津波避難路が設定されている。

(4) 津波警戒・避難体制

1) 警報伝達体制

津波情報の受信、警報の発信は DGPC オペレーションセンターモニタリング室で、40 人の職員が常時 2 人体制で 24 時間勤務シフトを組んで対応している。

2) 警報伝達手順

地震が発生すると、10~15 分程度で MARN/DGOA から震源パラメーター情報が DGPC 緊急オペレーションセンターに無線、FAX、携帯、メールで伝えられ、同時に WEB で一般に公開する。DGPC がその情報に基づき警報するかどうかはプロトコルを用いて DGPC 局長が判断する。警報を出す場合は、DGPC が県(同時に市)に無線で連絡する。その後、県から市に、市からコミュニティに連絡する。警報情報は DGPC の指示により、マスコミ(テレビ、ラジオ)により放送される。現状では、市までは通信手段が確保されるが、市からコミュニティへの通信手段は確立されていない。JICA の「エルサルバドル国広域防災システム整備計画」で 5 のリピーター、43 の固定無線、500 の移動無線機が援助され、沿岸の 8 県(全県数 14)、29 市(全市数 262)、143 のコミュニティの通信状況が改善された。一方でサイレンによる吹鳴システムは一部で整備されているものの、住民への確実な警報伝達は確保されていない。

DGPC は、サンサルバドルの緊急オペレーションセンター以外に、3 つの地域オペレーションセンターを有し、警報も各センターに伝達される。

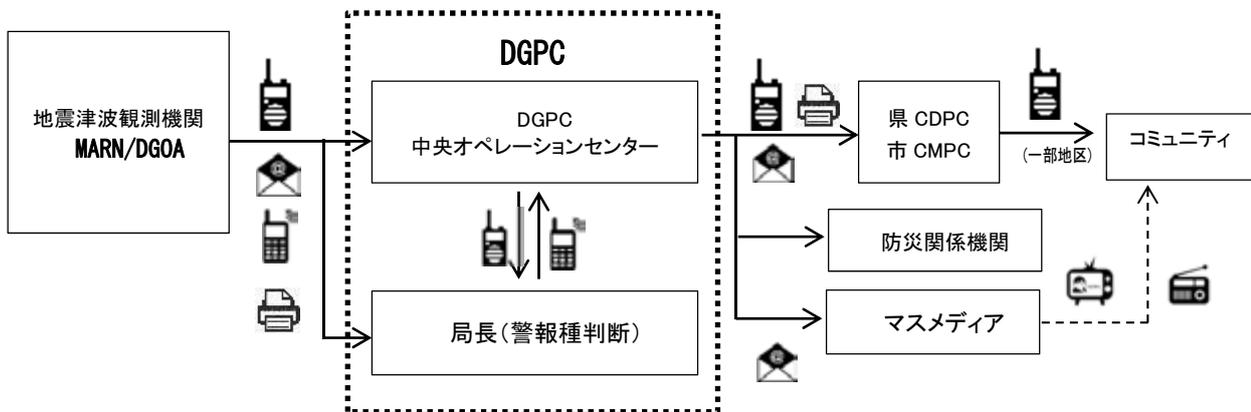


図 2.25 津波警報伝達体制図



図 2.26 DGPC 緊急オペレーションセンター 建屋全景(左) 内部(右)

3) 避難体制

津波避難に関しては、すべての沿岸コミュニティで津波避難計画が策定され、訓練も実施されている。

(5) 津波リスク評価手法とその実態

MARN/DGOA はカンタブリア環境水理研究所(IH Cantabria)との協力により、2012年12月にエルサルバドル沿岸域の津波に関するハザード、脆弱性及びリスクの一連のマップ・カタログを作成した。このカタログは、エルサルバドル沿岸に影響を与えた津波を引き起こした地震のグローバルデータベースを構築し、海底地形や浅水伝播モデルなどを設定することで作成された。

(6) 津波に係るハザードマップの整備・活用状況

MARN によって津波ハザードマップが地域レベル及び全国レベルで作成された。このハザードマップを利用して、人口密度等の指標により脆弱性を考慮して、コミュニティ単位で避難ルートの検討等に用いられた。

(7) 大学等の研究機関、NGO の津波防災への取組状況

NGO の活動として、特に津波防災に特化しているわけではないが、全国を対象にしている活動団体としては OXFAM (ベルギー) が小学校児童、若者を対象にした防災活動をサンサルバドル県、ラ・リベルタ県の農村地域を主対象とし、地震、洪水、地すべりが発生したときの対応を中心に実施している。また Save the Children、Plan International も同様にコミュニティ、学校を対象とした防災活動の支援を行っている。以上の団体は、対象コミュニティが沿岸部の場合、津波を対象とすることになる。

なお市を通じてコミュニティからの依頼を受け、計画の策定、訓練の支援を行っている団体としては SEPRODE、Comand de Salvamento、FUSAKPRDESE がある。

2.2.5. JICA と他ドナーの支援状況

(1) 我が国の支援状況

我が国による地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.2.7 エルサルバドルの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況

スキーム	プロジェクト名	期間
無償資金協力	震災復興計画	1996
技術協力	耐震普及住宅の建築普及技術改善プロジェクト	2003-2008
	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	2009-2012
	中米広域防災能力向上プロジェクト"BOSAI" ラ・リベルタ(La Libertad)県ヌエボ・クスカトラン(Nuevo Cuscatlan)市、ザラゴザ(Zaragoza)市、サン・ホセ・ビラヌエバ(San Jose Villanueva)市、ラ・パス(La Paz)県サン・ルイスタルパ(San Luis Talpa)市、サン・ペドロ・マサファト(San Pedro Masahuat)市等をパイロットに防災能力強化が行われた。プロジェクト終了後も DGPC によるコミュニティ防災活動の継続がみられる一方、活動が停滞している地域も見られる。また雨量計の設置が他地区で普及され、熱帯低気圧 12E の到来時に事前避難が十分に行われた。	2007-2012
無償資金協力	広域防災システム整備計画 広帯域地震観測システム 5 箇所、地震計(強震計)システム 8 箇所、GPS システム 3 箇所、潮位計測システム 1 箇所及び津波監視カメラ 2 箇所が増強され、きめ細かい地震・津波観測を行うことが可能となった。また、リピーター、固定無線機及び移動無線機が整備され、沿岸の県、市、及びコミュニティの間の通信状況が改善された。	2012-2014

国・課題別研修 (2010-2014)	インフラ（河川・道路・港湾）における災害対策	(2)	2014
	インフラ施設（河川・道路・港湾）の自然災害に対する抑止・軽減対策及び復旧対策	(2)	2012-2013
	コミュニティ防災	(4)	2010-2013
	橋梁強化及び防災管理	(6)	2012
	建築防災（地震、津波、火災等に対して）	(5)	2013-2014
	総合防災行政	(1)	2013
	地震・耐震・防災政策	(4)	2010-2011
	地震・耐震・防災復興政策	(4)	2012-2014
	地盤災害管理	(6)	2012
	中南米 建物耐震技術の向上・普及	(6)	2014
	中米防災対策	(15)	2010-2014
	東日本大震災復興プロセス	(3)	2013

※国・課題別研修の（）内は参加者数を示す。

(2) 他ドナーによる支援状況

他ドナーによる地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.2.8 エルサルバドルの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況

ドナー名	プロジェクト名 概要	サイト	実施機関	予算 (USD)	期間
EU	Information System, Monitoring and Early Warning for Southern Ahuachapan	アウアチャパン県	Defensa Civil	N/A	2008
	水位モニタリング、早期警報システムの構築、市民保護計画策定の研修の実施。				
NORAD	Earthquake Risk Reduction in Guatemala, El Salvador and Nicaragua with regional cooperation to Honduras, Costa Rica and Panama	エルサルバドル全土	MARN/DG OA	2.4 million	2007-2010
	地震ハザードと脆弱性、リスクの評価が「learning by doing」という理念に基づき、エルサルバドル全土の地震ハザードマップが作成された。				
IDB	Central American Probabilistic Risk Assessment (CAPRA)	サンサルバドル首都圏	MARN/DG OA	2.4 million	2007-2010
	耐震性能評価が実施された。				
AECID	Institutional Strengthening for Watershed Management, Protected Area management, and Natural Disaster Risk Management in El Salvador Phase2	29か所の沿岸市町村とアカフトラ、ラ・リベルタ、ヒキリスコ湾	N/A	480,000	2011-2012
	脆弱性評価とリスクマップ作成がなされた。				
WB	Seismic Risks in San Salvador Metropolitan Area	サンサルバドル首都圏	MARN/DG OA	N/A	2012
	病院、学校、重要建築物の地震リスク評価が実施された。				

2.2.6. 課題

(1) 地震・津波観測、分析能力の向上

1) 震源計算の改善による津波発生分析力の向上

津波の発生判断の信頼性向上には、震源・マグニチュードの決定精度の向上が必要である。このため、震源については、計算に用いる観測点選定・観測点補正及びP相S相の読み取り手法について、その基準を明確にし、その上でこれを最適化することが必要である。また、マグニチュードについては、将来の導入を目指して、大地震について精度の高いモーメントマグニチュードを得るためCMT解析をリアルタイム作業として導入することが必要である。

また、津波発生判断の精度向上には、発生した地震について、正・逆断層型、横ずれ型という発震機構をリアルタイムで推定することが必要である。このため、初動データによる発震機構分析（初動分析）をリアルタイム作業として導入することが必要である。但し、

初動分析は大地震について精度が落ちる。このため、次のステップとして、大地震についても CMT 解析をリアルタイム作業として導入することが必要である。

さらに、震源・マグニチュードについては、時間とともにこの信頼性や精度向上に関わる情報が増加してくることから、これら後からはいつてくる情報をリアルタイムで震源・マグニチュードの更新に活用する手法の構築が必要である。

2) 津波の高さの予想及び到達時間の予想並びに解除基準の導入

PTWC は、太平洋全域を発表対象として津波に係る情報を提供していることから、個々の国から見た場合、その予想精度はより広域の平均的なもので粗い。このため、MARN においては、津波の高さ予想や到達予想時間について独自の分析を行える能力を、順を追って習得する必要がある。即ち、到達予想時間については、現在の推定水深を用いた予想の能力の習得、高さの予想については、①発震機構を踏まえた津波発生の分析能力、②CMT 解析結果を踏まえた津波発生の分析能力、③沿岸地形を踏まえた予想改善の能力、それぞれの習得が必要である。また同時に津波警報の解除について、信頼性を確保しつつより早期に行える技術の開発手法の習得が必要である。

また、遠地津波の際の津波発生判断の精度向上には、エルサルバドル沿岸についての津波伝播シミュレーションツールのリアルタイム利用の導入も有効であり、これへの対応も必要である。また、将来における地震津波防災技術の改善の一環として、GPS 地殻変動観測網の早期警報システムへの取り込み、津波に係るマスコミ発表の自動化も念頭におくことが必要となる。

3) 津波発生判断技術の獲得

津波の発生の迅速かつ適切な判断には、基本的な地震津波についての基礎知識・技術に加えて、「実例に基づく業務改善の積み重ね」を担当者が習得し、かつこの経験をマニュアル化することが必要である。MARN が津波発生判断をリアルタイムで行う体制ができてから日が浅く、実際の経験が少ないため、業務改善に結び付ける段階に至っていない。

このため、津波発生判断を担当する職員について、①その基礎知識・技術の継続的な最新化、②国外における経験の習得が必要である。また、PTWC とのさらなる協力も必要である。

(2) 津波警報判断・伝達の改善

1) 警報発令体制の改善

近年発生が危惧されている近地津波を想定する場合、現行の警報発表プロセスを短縮し、沿岸住民への警報伝達の速報性を確保する必要がある。そのため、警報判断プロセスに自動発令を導入するなどの改善を図る必要がある。

2) 住民への警報伝達ルートの確保

警報伝達ルートは DGPC 緊急オペレーションセンターから縣市へは直接伝達できる体制は構築されているものの、市からコミュニティレベルへの伝達ルートは確立されていないことから、特に太平洋沿岸部の津波の危険性の高いコミュニティへの確実な伝達手段を確立する必要がある。

(3) 地震・津波防災施策の推進

1) 地震リスク評価のためのデータの整備

地震リスク評価のための建物構造形式等に関する建物インベントリデータ、脆弱性曲線などの基本データの整備が必要である。

2) 耐震施策の推進

CAPRA リスク評価の成果及び RESIS II プロジェクトの経験を生かし、地域の地震リスク評価の実施、合わせて耐震設計、耐震補強等住民防災意識の向上、コミュニティ防災活動を推進する必要がある。

3) コミュニティレベルの津波ハザードマップの整備

コミュニティ防災の組織化はほぼ完了しているが、津波に対するハザードについては全国レベルのものはほとんど整備されていない。コミュニティの津波ハザードエリアの把握により避難計画の検討がなされ、効果的な避難を実現するためにコミュニティ単位のハザード状況を把握する必要がある。

2.3. グアテマラ

2.3.1. 基礎情報

(1) グアテマラ基礎情報

グアテマラにおける基礎情報は以下の表の通りである。

表 2.3.1 グアテマラ基礎情報

項目	内容	出典
人口	1,508 万人	2013, World Bank
GDP	537 億 8,000.万 USD	2013, World Bank
面積	108,889 km ² (内、陸地面積 107,159 km ²) (内訳)耕作可能地 13.78%、農耕地 8.68%、他 77.55%	2011, CIA World Fact Book
行政区分	22 Departments	CIA World Fact Book
地形・地質	大半が山地で、細い海岸線の平地と石灰岩を主体とする台地が広がる。	CIA World Fact Book
気候・気象	熱帯気候。低地は高温多湿、高地は比較的穏やか。	CIA World Fact Book

(2) 自然災害基本情報

グアテマラは北アメリカプレート、カリブプレート、ココプレートの3つのプレートの境界に位置していることから、これらプレートの相対運動によりグアテマラは地震、火山の活動度が高い。歴史上の被害地震をみると、1976年2月4日に発生したグアテマラ地震が最大の被害をもたらし、首都グアテマラ市北部からモタグア(Motagua)川流域にかけての広い範囲で壊滅的な被害を受け、犠牲者が約23,000人にのぼった。

2.3.2. 防災政策、計画、組織体制

(1) 防災行政（政策・組織）の現況

1) 防災に係る政策的枠組み

グアテマラにおける防災に係る政策的枠組みは表 2.3.3 の通りである。

表 2.3.2 グアテマラ防災に係る政策的枠組み

種類	名称	関連する内容
政策	国家防災管理政策	災害の観測と早期警報・リスク特定・評価能力の向上、防災教育、潜在的リスクの軽減、減災対策の指針を示す。
法	法 109-96 (通称 CONRED 法)	災害等緊急事態の事前、発生前、中、後の対応を政府レベルからローカルレベルまでの防災関係機関の役割・連携を規定。SE-CONRED が調整役。
計画	国家災害対応計画	災害発生時の国の応急対応体制、地域、県、防災関係機関の役割、連携に関し対応機能ごとに示す。地震、津波に特定した対応は明記していない。

2) 防災に係る組織的な枠組み

【1】組織体制の枠組み

INSIVUMEH は地震・気象・水文等の観測を行うと同時に、災害技術情報の発信を担い、また災害発生時には災害状況調査を行い、関係機関に対する災害対策に関する技術的な情報の提供を行っている。

国レベルの防災対策、計画の立案、警報の発令は、法 109-96 に基づき、国家災害調整事務局 (SE-CONRED) が担う。地方の防災対策は、地域レベルでは地域防災調整局

(CORRED)、県レベルでは県防災調整局 (CODRED)、市レベルでは市防災調整局 (COMRED) が防災対策を担い、コミュニティレベルでは地区防災調整局 (COLRED) が担っている。

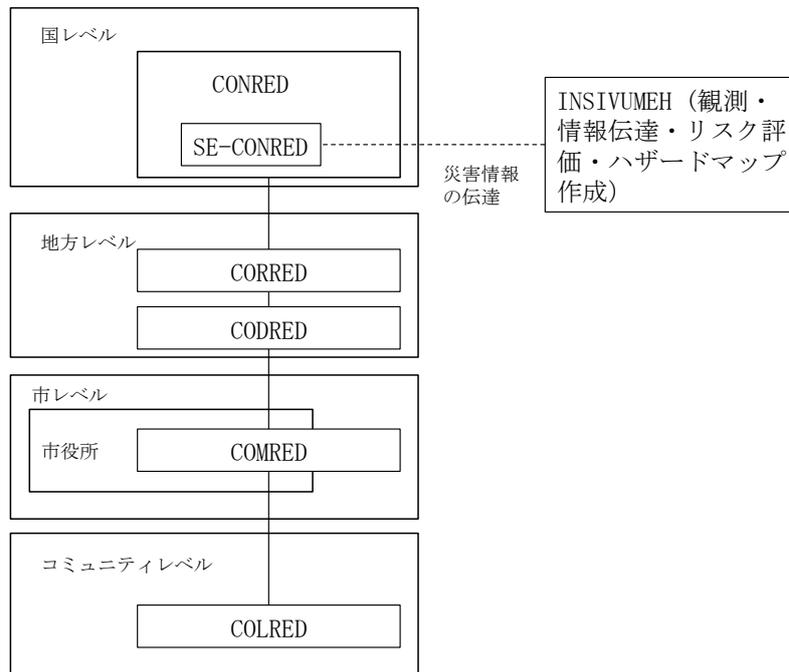


図 2.3.1 主要防災機関の組織体制(グアテマラ)

【2】地震・津波防災に係る役割分担

INSIVUMEH は地震活動及び津波の監視を行い、技術情報を、情報発信部署 ALFA を通じて SE-CONRED 緊急情報伝達センターに伝達され、警報レベルの判断が行われ、防災関係機関に伝達される。

【3】CATAC への期待

INSIVUMEH は、地震観測データの分析は自動計算に頼っており、また津波発生判断に関しては PTWC の情報に多く依存していることから、地域地震について CATAC からの情報発表に期待している。また、CATAC での研修に関しても地震津波の分析手法等に期待を寄せている。

(2) 国家レベルにおける地震・津波対策の優先度、関連法制度における位置づけ

SE-CONRED では、活発な活動を継続する火山の噴火、それに伴うラハール、近年頻度が高い豪雨に伴う土砂災害の発生が喫緊の課題となっており、津波については比較的優先度は低い。しかし SE-CONRED 対応部では、津波が発生すれば沿岸部の被害が甚大となる恐れがあり、津波発生に関する情報は重要であると認識している。

(3) 防災関連予算配賦状況

SE-CONRED の 2014 年予算執行額は約 75 百万ケツエラ (約 9.8 百万 USD) で、そのうちの約 13%が外国資金となっている。

(4) コミュニティレベルでの防災活動の内容

コミュニティレベルの防災活動は COMRED の支援を受け、またドナーや NGO の協力のもとに COLRED の組織化に合わせ、以下の活動が行われてきている。

- ・ 地方防災機関の能力改善に係るプロジェクト：エスキントラ (Escuintla)、イザバル (Izabal) 等で、SE-CONRED、赤十字、OXFAM 等が協働し、DIPECHO の支援を受け 2012 年まで、早期警戒システム構築やコミュニティ防災力強化の推進。
- ・ BOSAI プロジェクト：フエゴ火山で、コミュニティ防災教育を SE-CONRED と JICA が協働して、2012 年まで、火山活動に伴う災害に対する脆弱コミュニティの防災能力強化の推進。
- ・ コミュニティ施設・設備に関するプロジェクト (ECORED)：Santa Rosa 等 8 県の 104 コミュニティで、コミュニティ防災教育を、SE-CONRED とイタリアの NGO が協働して、2012 年まで実施。

(5) 地震・津波災害に係る教育機関での防災教育状況

教育省と SE-CONRED の連携による防災教育が推進されており、学校カリキュラムとして実施されている。

2.3.3. 地震観測と地震防災への取り組み

(1) 地震防災の管轄官庁・関係機関

グアテマラの地震観測及び解析は INSIVUMEH が行い、地震警報発令、緊急対応は SE-CONRED である。耐震基準は地震工学協会(AGIES)により制定される。

(2) 地震観測能力

1) 地震観測体制

地震観測及び解析は INSIVUMEH の地球物理調査・サービス部により 5 人体制の週日勤務時間対応で行われている。

2) 地震観測網

グアテマラの地震観測は 1925 年設置された機械式地震計、1904 年製造、1975 年まで観測)により始まった。1970 年代には、火山活動をモニタリングするため USGS のプロジェクトの一環として 6 台の電磁式地震計が設置された。1976 年の大地震を受け、グアテマラ政府は INSIVUMEH を設立し、国家地震観測網の整備を推進した。現在の地震観測網はアナログ地震計による観測網と新しい整備されつつあるデジタル地震計によって観測網が構成されている。

地震観測網は、アナログ地震計 8 台 (図 2.3.2)、広帯域デジタル地震計 10 台 (図 2.3.3) で構成されている。これらの地震計には、火山活動を観測する目的として設置された観測点も含まれる。

震源・マグニチュードの計算は、アナログ地震計の波形データの場合は UHF により INSIVUMEH のデータ処理センターにリアルタイムで伝送・デジタル化され Earthworm に取り込まれた後に Seisan を用いて行われ、また広帯域デジタル地震計の波形データは

デジタル衛星通信あるいはインターネット(両方のケースもある)によりリアルタイムで伝送され、SeisComPで行われる。

デジタル地震計は2014年より整備が開始され、上記広帯域地震計のほか短周期地震計12台で構成されている(図2.3.3)が、2014年12月現在では、短周期地震計の転送設備(インターネット)がINSIVUMEHにより設置中であり、まだ使われていない。広帯域地震計の1台はすでに故障しており、稼働は9台である。以上の他に5台の強震計が広帯域地震計と同じ場所に設置されている。広帯域地震計、強震計の観測データはデータ処理センターに収集されている。

3) 地震観測データ処理

デジタル地震計の観測データはINSIVUMEHのデータ処理センターで収集され、Seedlinkサーバーに保存される。SeisComPにより自動処理され、震源・マグニチュードが計算される。これらの決定には、INSIVUMEHの観測データ以外に、IRISに参加している中米地域を含む世界中の広帯域地震計のデータも使われている。また、マグニチュード3.5以上の地震では、その自動処理結果はINSIVUMEHの地震専門家がSeisanを用いて手動で精度点検を行うことになっている。解析に係る地震専門家は5人で、週日勤務時間対応であるが、当番制で自宅でも対応できる環境が整備されている。データ処理の作業の流れを図2.3.4に示す。当番者はSeisComPから自動処理結果がメールで送信され、通常勤務時間外の場合は自宅のSeisComPが装備されたPCにより、点検作業を行う。

INSIVUMEHの地震観測網の詳細を下表に示す。

表 2.3.3 INSIVUMEHの地震観測網の内訳

地震計種類	データ収集方法	合計台数	運用中台数	休止中台数	リアルタイム利用台数	CATACで利用可能な台数
短周期地震計	リアルタイム伝送	8	8	0	8	8
	現地収録	0	0	0		
広帯域地震計	リアルタイム伝送	10	9	1	10	10
	現地収録	0	0	0		
強震計	リアルタイム伝送	5	5	0	0	0
	現地収録	0	0	0		
合計	リアルタイム伝送	23	22	1	18	18
	現地収録	0	0	0		

4) 地震情報発信

INSIVUMEHには地震、津波、洪水等自然災害を総合的に情報収集、発信する部署ALFA室があり、24時間対応で当番者1人が詰めている。地震発生後の自動処理結果は、通常1~2分で、地震情報の第一報としてALFAにより、ファックス及び電子メールでSE-CONREDや一般向けWebに公表されるが、それには地震専門家が検証していない旨を明示されている。その後地震専門家が自動処理の結果を分析し、検証された結果は再びALFAによりCONRED、マスコミ、国民に等に正式な地震情報として発表される。正式な地震情報は一般的に第一報発表から約20~30分後に発表される。



図 2.3.2 グアテマラにおけるアナログ地震計の配置図(出典:INSIVUMEH)

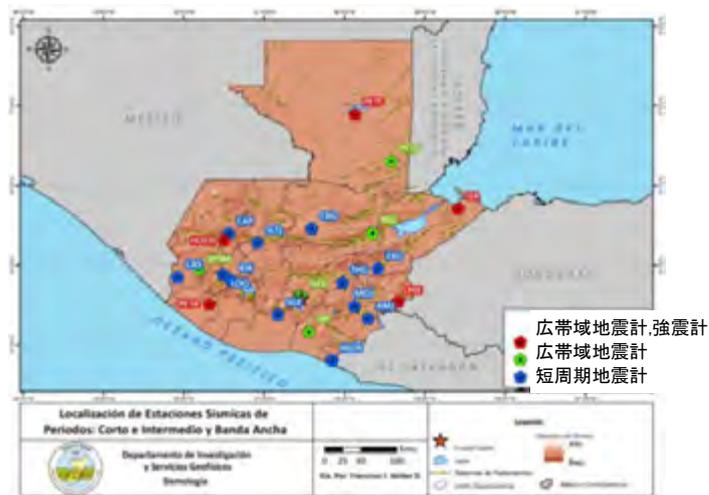


図 2.3.3 グアテマラにおけるデジタル地震計の配置図(出典:INSIVUMEH)

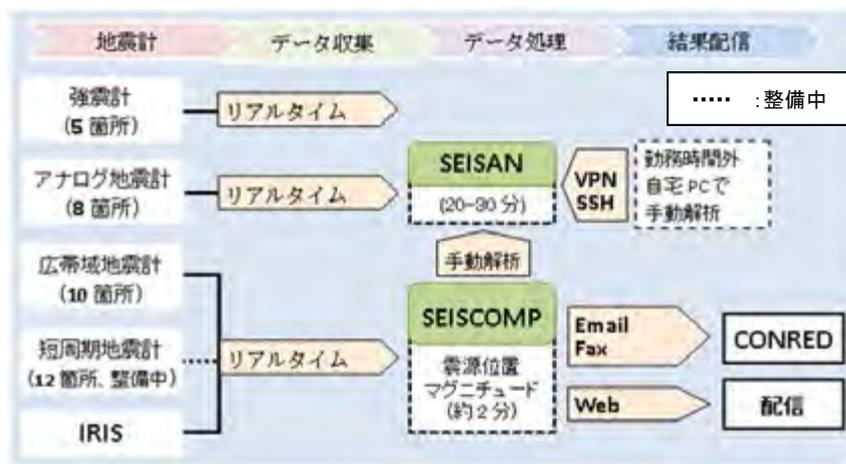


図 2.3.4 INSIVUMEH における地震観測データ処理の流れ

(3) 地震リスク評価手法とその実態

中米地域のリスク評価を目的として、CAPRA プロジェクトにより地震リスク評価ソフトウェアが開発された。しかし地震リスクの評価には、地震ハザード、建物の構造形式、それぞれ形式の脆弱性曲線などが必要で、このような情報が不足していることからグアテマ

ラでは CAPRA を利用した地震リスク評価は行われていない。このリスク評価ツールの活用には、基本データの整備が必要である。

(4) 地震に係るハザードマップの整備・活用状況

JICA のプロジェクト「GIS 基盤地理情報整備及びハザードマップ作成計画調査(2001-2003)」により、地震ハザード(5都市)、火山ハザード(4火山)、地すべりハザード(3都市、2地域)、洪水ハザード(4河川流域)が作成された。これらのハザードマップは避難場所や避難経路の設定等のコミュニティ防災に活用されている。また RESIS II プロジェクトにより、グアテマラ全国範囲の地震ハザードが評価された。評価対象は、地盤最大加速度(PGA)と 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 秒の応答スペクトルであり、地震の再現期間は 500、1000、2500 年である。グアテマラの再現期間 500 年の最大加速度の分布を図 2.3.9 に示す。これらは最新の結果であり、今後の活用が期待される。地震ハザード評価の人材、技術の不足により、地震発生後のハザードマップ評価はなされていない。

(5) 耐震基準の整備状況・施行状況

グアテマラの耐震基準(NR-1)は 1996 年に制定された。2002 年に改訂され、現行基準(AGIES NSE 2-10)は 2010 年施行されたものである。この基準は米国等で使われている国際建築規格 UBC-97 と IBC-2009 を参考にして作成された。新耐震基準では設計用地震動レベルは構造物の重要度と地震危険度区分の組み合わせにより決められる。構造物は「非常に重要」「重要」「一般」等に分類され、非常に重要と重要に分類される構造物の設計地震動は 50 年超過確率 5%の地震動とし、一般の構造物の設計地震動は 50 年超過確率 10%の地震動である。耐震基準の地震危険度区分を図 2.3.11 に示す。耐震基準が制定されたものの、グアテマラシティの高層建物は耐震基準により設計されているが、一般住宅やグアテマラシティ以外の地域ではほとんど耐震基準に従っていないと言われている。また、重要構造物、インフラ、ライフラインを対象とした耐震化対策は講じられていない。

(6) 大学等の研究機関、NGO の地震防災への取組状況

サンカルロス大学の「安全な開発と災害に関する研究センター」(USAC/CEDESYD)は災害に対する安全性向上を目的に 2008 年に設立された。学外の活動としては、卒業演習のテーマの一つにコミュニティ防災があり、このテーマを選択した学生(毎年 100 名程度)が、防災管理マニュアルを用いてコミュニティの中で防災活動を行っている。

サンカルロス大学 エネルギー・鉱山上級研究センター(USAC/CESEM)は、防災教育や防災技術情報の共有と発信、技術者と研究者の交流ネットワークとしての役割を担う。大学関係者以外に、INSIVUMEH,SE-CONRED 等の政府関係者や民間企業の社員もメンバーとなっている。

NGO としてはサン・マルコス地震を契機に発足した Tricaire があり、Mariano Galvez 大学の技術的支援のもとにコミュニティを対象に建物構造評価、コミュニティ防災活動の強化に関する支援を行っている。

2.3.4. 津波観測と津波防災への取り組み

(1) 津波防災の管轄官庁・関係機関

INSIVUMEH は IOC の津波 FP (TWFP) 機関及び津波 NC (TNC) に指定されている。

津波防災における津波の技術的判断は INSIVUMEH がその責務を負う。一方、住民避難等行政的な措置を伴う津波警報の発表は、INSIVUMEH の判断を受けて、CONRED が対応することになっており、緊急オペレーションセンター（COE）が警報、避難等の発令を行う。COE では INSIVUMEH からの情報をモニタリングしている。地震、火山活動、洪水、水文現象及び気象に係る防災情報発表・伝達プロトコルが定められており、地震津波関連では、INSIVUMEH から CONRED へ技術情報を提供することが定められている。

(2) 津波に係る観測体制

1) 津波観測体制

津波の技術事項への対応は、地震同様 INSIVUMEH が担当しており、地震専門職員グループ及び伝達・広報センターである ALFA が津波情報を発信する。地震専門職員グループは、地震同様、週日勤務時間の対応であるが、勤務時間外は当番者が自宅に対応する体制となっている。

津波情報発信を担当する(INSIVUMEH)の ALFA は、水文部門の職員が 24 時間 7 日 1 人当番制で常時勤務となっている。

なお、INSIVUMEH には津波の伝播の理解に必要な海洋学の専門家はかつて所属していたが、2014 年時点ではない。

2) 津波観測網

潮位計は、カリブ海側と太平洋側にそれぞれ一箇所ずつある（図 2.3.12）。太平洋側はプエルト・クェンツァル（Puerto Quetzal）にあり、2010 年に INSIVUMEH が自己資金でバイサラ社製 MAUS301 を整備したもので、レーダー式である。1 分間サンプリングで 5 分平均し、5 分毎に送信する。電源は、バッテリー経由で商用電源である。データは、DCP（GOES 経由）で PTWC に送り、IOC の Web 上で利用してきた。年に 2、3 回点検を行ってきっていたが、現在レーダセンサー本体に不具合があり、欠測状態となっている。本体が古く部品が製造停止であるとともに修理予算がなく、復旧の目途はたっていないが、2016 年中の修理を予定している。なお、水位ゲージが設置してあり、港湾の管理人が潮位を読み取って記録している。また、風向風速、降雨、及び日射も観測している。

カリブ海側はプエルト・バリオス（Puerto Barrios）にあり、NOAA 及び IOC の支援で、2013 年 12 月にデータ収集を始めたレーダー式と圧力式の 2 種類がある。1 分間サンプリングで 5 分平均し、5 分毎に送信している。電源は太陽電池であり、海軍の基地内に設置され、海軍が保守を実施している。なお、設置場所は当初岸壁であったが、現在は埠頭の先端である。データは、DCP（GOES 経由）で PTWC に送られており、INSIVUMEH は IOC の Web 経由で利用している。

INSIVUMEH は、津波データを収集・分析し、モニターする機材を所有しておらず、津波観測は、上述のように NOAA が収集している潮位データを Web で利用している。一般向けの海洋情報としては、NOAA のグローバルモデルで解析し、その結果である流速及び水温並びに波浪について、INSIVUMEH の Web で公表している。



図 2.3.5 検潮所位置(黄色が検潮所。赤丸は県庁所在地。出典:INSIVUMEH)

3) 津波発生分析の状況

地震専門家グループは、津波発生分析で重要な要素となる震源計算については、SeisComPの自動処理結果を主に利用している。その計算精度を向上させるための問題点は次のとおりである：①地域に相応しい速度構造は、まだ得られていないので、標準のものを利用せざるを得ない状況である、②観測点補正は、高さ補正のみが行われている、③深さ精度の検証は、震源の断面図が作られておらず評価されていない。但し USGS の震源の断面図は参照・利用されている。

津波発生判断は、遠地地震の場合は、①PTWC の情報及び②グアテマラの沖合約 320kmにある DART ブイの記録で実施している。必要に応じて、③メキシコ津波警報センターの情報も参照する。近地地震の場合は、DART ブイも参照しつつ、自前の地震観測情報で実施する。但し、震源と最も近い DART ブイであっても、当該地震の震源からの距離は、震源からの最寄りの海岸までの距離より遠いことから、必要な津波予報発表タイミングには間に合わない。①と②を見るきっかけは、有感であった場合と、地震分析当番者へ SeisComP から自動送信されてくるメール情報でマグニチュード 5.0 以上になった場合である。①②がなくとも PTWC/NOAA の津波アラート発表基準マグニチュード 7.8 以上では震源がグアテマラ沿岸であった場合「津波アラート」と PTWC の情報の表現をそのまま使って発表伝達する。マグニチュードは、SeisComP では ML (ローカルマグニチュード)、Mb (実体波マグニチュード)、及び Ms (表面波マグニチュード。通常マグニチュードは Ms に近いものが採用されている。) が出力されるが、発表には近地地震では ML を、遠地地震では Mb 又は Ms を、それぞれ発表する。震源やマグニチュードについては、遠地地震以外は原則として自前のものを発表する。また、INSIVUMEH が発表するマグニチュードについて、その種類など INSIVUMEH として周知を図ってきているが、CONRED など外部の機関はそれを区別することなく、リヒターマグニチュードと呼び、防災知識として重要なマグニチュードの種類への理解は浸透していない。

地震専門職員グループは自宅で津波発生判断に利用する PTWC の情報等を受領し、分析できる環境にあり、その結果は ALFA に伝えられるが、ALFA が発信するまでに要する時間は 10 分が見込まれている。

なお、津波の到達予想時間や津波の高さの予想を所要の精度を保って実施する場合、水深情報は重要であるが、隣国のエルサルバドル沿岸は水深測量が行われたが、グアテマラではない。このため、将来の津波警報の精度向上を考える際、このことへの配慮が必要と思われる。

4) 津波情報発信

津波発生判断は、PTWCの基準に準拠したもので対応がなされている。津波情報発表手順は、標準手順書として詳細は定められていないものの、国家対応計画で、地質及び気象現象に関してはINSIVUMEHが現象監視すること、警報レベルの判断にあたってはINSIVUMEHからの情報を利用すること、INSIVUMEHはCONREDへ無線で報告することなど警報発信作業手順が定められている。

地震専門職員グループの当番者は、①PTWCから自動送信されるメール情報及びSeisComPの自動処理結果に示された震源・マグニチュードについて、SeisComPを用いて、それらの精度の検証を行い、②必要に応じて、地震波のP相・S相の再読取りや震源計算をして、震源・マグニチュードを修正し、③点検等を経た震源・マグニチュードを、ALFA、長官及び長官秘書にファックスとEmailで伝達する。一方、地震専門職員グループは、津波発生判断の解除については、PTWCの解除情報を参照して行う。PTWCからの情報は10MB/sの速度のインターネット回線で入手するが、TWFPであるINSIVUMEHへは携帯電話のSMSでも配信される。

PTWCからは、震源図を含むメール情報が、中米6か国のTWFPに送られ、通常、その到達には地震発生から10～15分を要する。但し、これは一般市民が閲覧できるものではない。

ALFAは、地震発生後、地震情報の第一報として自動処理結果を、ファックス、固定電話、及び電子メール並びにツイッターで、通常1～2分でCONREDに伝達するとともに、マスコミ及び一般国民向けにWebで公表する。但し、ファックスを最優先で利用し、送達確認を無線で行う。その地震情報には地震専門家が点検していない旨を明示する。ALFAは、地震専門家グループとやりとりの後、同グループからの情報を用いて地震速報を作成し、第一報発表から20～30分後に地震関係機関等に第二報を伝達する。伝達内容の表現としては「津波があるかもしれない」が用いられる。また、ALFAには、有感地震では一般から直接の問い合わせがあり、これにも対応する。

5) 津波発生分析・情報発信の具体例

2012年11月7日にグアテマラ沿岸(沖合160m)を震源とするサン・マルコス(San Marcos)地震マグニチュード7.2(USGS; 図2.3.13)では、PTWCから津波情報が届く前に、DARTブイの記録(10cm程度)でグアテマラへの影響無と判断し、所要の情報を発表した。

2014年10月13日09:51PM(現地時間)のマグニチュード7.3のエルサルバドル沖合の地震では、津波発生判断を伝達したが、地震発生から約1時間後の11:00PMに「これを解除する」情報をINSIVUMEHはALFAから発表した(図2.3.14)。



BOLETIN
CANCELACION DE ALERTA DE TSUNAMI
23:06hrs. 13 de octubre
INSIVUMEH INFORMA QUE EL PACIFIC TSUNAMI
WARNING CENTER HA CANCELADO LA ALERTA DE
TSUNAMI PARA LAS COSTAS DEL PACIFICO
GUATEMALTECO, SE RECOMIENDA PRECAUCION.
GUARDAR LA CALMA Y ESTAR PENDIENTE DE
LA INFORMACION OFICIAL.

津波警報解除速報
10月13日23時
INSIVUMEHは、PTWCがグアタマラの太平洋沿岸に出していた津波警報を解除したことをお知らせする。また、警戒し、落ち着いて行動し、公式情報に注意するよう勧告する。

図 2.3.6 2014年10月13日の地震で津波発生解除をALFAが防災機関に知らせる情報(出典:INSIVUMEH)

(3) 津波インフラ整備状況

津波警報伝達に活用できるサイレン等の警報伝達システムに関する情報はない。津波防御施設は、設置実績の情報はない。避難路については、国レベル、コミュニティレベルでも設定の情報はない。

(4) 津波警戒・避難体制

1) 警戒情報伝達体制

津波情報の受発信は CONRED の COE 緊急情報伝達センターが担い7人24時間体制で、3グループの当番制で、2~3人が24時間勤務48時間休みというシフトで対応している。また、通常業務は8人が対応している。COEは、研修を受けた職員を緊急情報伝達センターに配置している。

地震発生時は、COEは、USGS及びINSIVUMEHのWebを監視する。INSIVUMEHからの第二報に含まれる「津波があるかもしれない」については、判断を加え、その判断の結果を、必要に応じて大統領の判断を経て、発表する。SE-CONREDが判断に迷う場合、その下に設置してある科学委員会を開催して判断する。同委員会の委員長はINSIVUMEH長官であり、SE-CONREDが発表する情報について技術的な検討をする。なお、訓練では、INSIVUMEHから最初の情報が出てから委員会開催まで10分程度であった。

SE-CONREDは、遠地地震についての津波警報に関しては、国際機関に依存しているが、グアテマラ沿岸を震源とする地震については、独自の基準である「マグニチュード6.0以上」を観測した場合津波警報を発する。

また、INSIVUMEH (ALFA)は、津波に関わらない地震現象では結果だけをSE-CONREDに連絡するとともに国民に発表する。COEはLotus noteを用いた緊急災害情報管理システムを構築している。なお、現在COEは一か所であるが、移動型COEの役割を果たす車両を有している。また、災害対策の迅速化のため、現在のものと同じ機能を持つCOEを2か所計画中である。

2) 警戒情報伝達手順

INSIVUMEH・ALFAの情報や災害情報は、COE緊急情報伝達センターで受信し、国家災害対応計画に基づき黄色、オレンジ、赤の3種類の警報判断がCONRED対応責任者によってなされ、結果は市レベルのCOMREDへVHF固定無線、メール、携帯電話を使って、またマスコミにはメールで伝達される。カリブ海側は一部HFアマチュア無線家がボ

ランティアで警報等の伝達を支援している。市からコミュニティへは、洪水、火山の危険性の高い地域で一部早期警報伝達手段として無線が導入されている。

一方、COE では災害監視を行っており、火山の監視カメラのほか、Web で NOAA の気象情報、PTWC もモニターしている。しかし、津波に関しては警報発令の手順があるわけではなく、ALFA からの津波発生の可能性から判断し、伝えることとなる。将来的にはマグニチュード 6.0 が発生した場合に津波警報を自動発信できるような体制を整えることを構想している。津波警報の伝達については、沿岸地域での市からコミュニティへの伝達体制が携帯電話ないしは直接伝達に限られており、マスコミによるテレビ、ラジオが重要な伝達手段となっている。2011 年日本の津波の際には、警報が発せられたときに召集される災害減災国家諮問委員会によって津波到達が検討され、高い場合でも 10cm との PTWC の予想であったため、危険性無しと判断された。

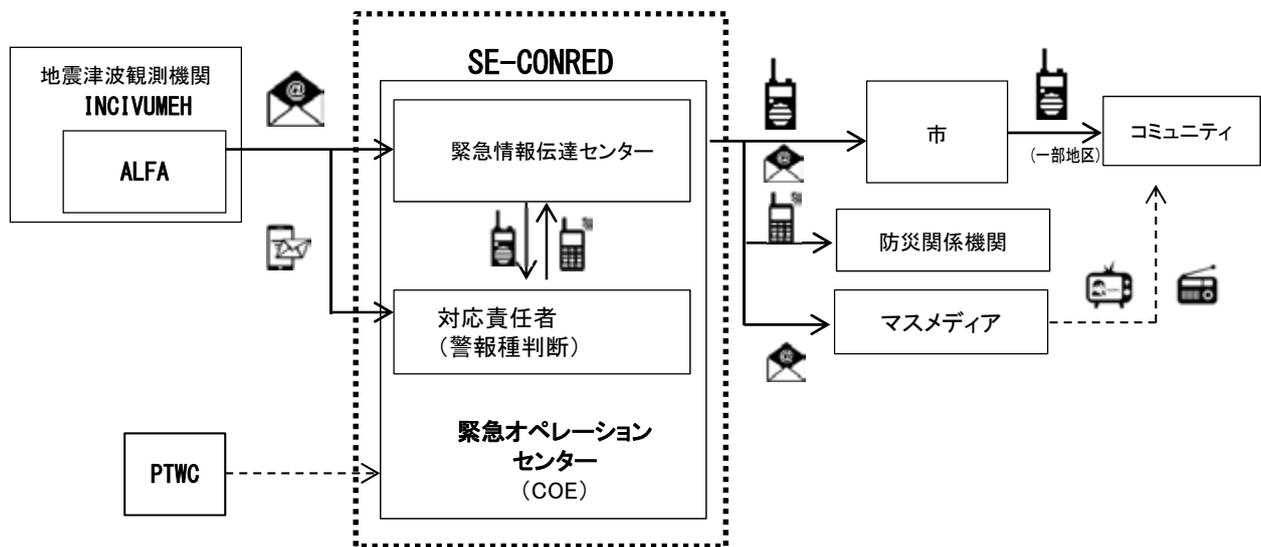


図 2.3.7 津波警報伝達体制図

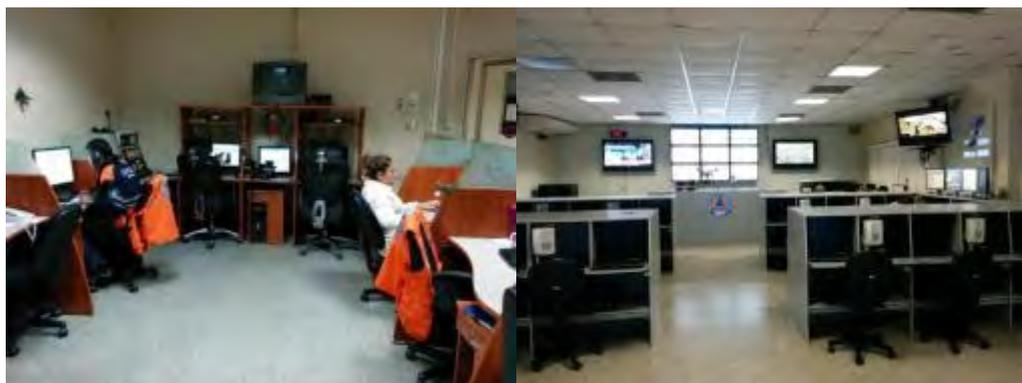


図 2.3.8 緊急情報伝達センター(左)、緊急オペレーションセンター(右)

3) 避難体制

避難については、洪水発生、火山噴火の危険性の高いコミュニティでは避難計画が作成され訓練も行われているが、津波対応した避難計画、訓練は組織的になされていない。

(5) 津波リスク評価手法とその実態

グアテマラの津波リスクに関連して、エルサルバドルに記録に残っている中米に到達した37の津波の内、影響があった11の津波を用いた津波ハザードマップによると、グアテマラには最大で7.9m、エルサルバドルには最大で8.1m、メキシコには最大8.2mの津波が予想されている。

(6) 津波に係るハザードマップの整備・活用状況

INSIVUMEHには、GISをベースにした災害データ管理システムがある。システムには、地震、火山、地すべり、洪水、波浪等のハザードマップが入っており、実被害の情報も入っているが、津波はない。

(7) 大学等の研究機関、NGOの津波防災への取組状況

取り上げるべき大学等の関係機関はない。NGO活動としてはPlan Internationalは2014年までで138の小学校で災害時対応計画の策定の支援を行っている。Save the Childrenは災害発生から3日間の生活必需品の提供を行う体制を整備している。両団体とも対象に沿岸部コミュニティを含む。

2.3.5. JICAと他ドナーの支援状況

(1) 我が国の支援状況

我が国による地震・津波災害への支援状況は表2.3.4の通りである。

表 2.3.4 グアテマラの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況

スキーム	プロジェクト名	期間
開発調査	GIS基盤地理情報整備及びハザードマップ作成計画	2000-2003
無償資金協力	グアテマラ国 防災・災害復興支援無償（災害復興支援 プログラム型）概略設計調査	2006
技術協力	中米広域防災能力向上プロジェクト「BOSAI」 サン・ペドロ・イエポカパ(San Pedro Yepocapa)市サングレ・デ・クリスト(Sangre de Cristo), エル・プロベニル(El Provenir), サンタ・ソフィア(Santa Sofia), ユカレス(Yucales), モレリア(Morelia), パニマチェ (Panimache)1,2, サン・ファン・アロテナンゴ(San Juan Alotenango)市エル・プロヴェニル・シクイナラ(El Provenir Siquinala)市ラス・パルマス(Las Palmas), ルセルナス・エスクイントラ(Lucernas Escuintla)市等をパイロット地区として防災能力強化が行われた。それらの地区や周辺で、プロジェクト終了後もCONREDが支援しながら独自の防災活動の継続が見られている。 全国の学校、コミュニティに対してカエルキャラバンが展開されている。	2007-2012
国・課題別研修 (2010-2014)	グローバル地震観測	(2) 2010-2011
	コミュニティ防災	(15) 2010-2014
	中米防災対策	(28) 2010-2014

※国・課題別研修の（ ）内は参加者数を示す。

(2) 他ドナーによる支援状況

他ドナーによる地震・津波災害への支援状況は表2.3.5の通りである。

表 2.3.5 グアテマラの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況

ドナー名	プロジェクト名	サイト	実施機関	予算 (USD)	期間
	概要				
NORAD	Earthquake Risk Reduction in Guatemala, El Salvador and Nicaragua with regional cooperation to Honduras, Costa Rica and Panama	グアテマラ 全土	INSIVUMEH	2.4 million	2007- 2010
	地震ハザードと脆弱性、リスクの評価が「learning by doing」という理念に基づき、グアテマラ全土の地震ハザードマップが作成された。				
IDB	Development and application of a Risk Assessment Platform for Guatemala (CAPRA)	N/A	INSIVUMEH	350,000	2009- 2010
	災害リスク評価のためのプラットフォームの体制強化が実施された。				
UNDP	Institutional support to technical groups related with risk reduction	グアテマラ 全土	システム科学審議会 (コーディネーター： INSIVUMEH)	90,000	2009
	自然災害ハザードに対するリスクゾーンの抽出が実施された。				

2.3.6. 課題

(1) 地震・津波観測、分析能力の向上

1) 震源計算の改善による地震分析能力の向上

津波発生判断の信頼性向上には、震源の決定精度の改善が必要である。そのためには、次の措置が必要である：①自動・手動震源計算に用いる地震波速度構造モデルについて、暫定的に地域に応じたモデルを得て、これを震源計算に適用すること（但し、暫定モデルの改善を推進し、その進捗結果を速やかに逐次取り入れること）、②津波発生判断のための震源計算に用いる観測点選定基準を明確にし、かつ最適化手法を習得し、これを実施すること、③適用済みの高さ補正以外の観測点補正を検討し、かつ適宜適用すること、④震源分布の断面図を作るなどによって震源の深さ精度の検証を行い、その結果を用いて改善策を施すこと。また、マグニチュードについて、将来の適用に向けてモーメントマグニチュードの導入の準備を行うこと。

2) 発震機構解析手法の導入

津波発生判断の精度向上には、正・逆断層型、横ずれ型という発震機構を発生した地震についてリアルタイムで推定することが必要である。このため、まず、現在のところ利用されていない初動データによる発震機構分析の導入が必要である。また、この手法による発震機構の推定精度が大地震では高くないことから、次のステップとして、その精度が高い CMT 解析の導入の準備としてもこの技術の習得が必要である。またこの技術のソフトを導入する場合、そのアルゴリズムの習得が必要である。なお、CMT 解析からはモーメントマグニチュードが精度高く求められる。

3) 津波発生判断技術の獲得

津波発生判断の精度向上には、発震機構解析の導入に加えて、マグニチュードの決定精度の向上が不可欠である。このため、自動・手動計算について、①そのマグニチュード計算に用いる観測点の選別方式の見直し、②観測点補正の適正化の検討が必要である。また、次のステップとして、精度の高いモーメントマグニチュードを得るため上述の CMT 解析の導入が必要である。

「津波発生判断」の解除について、より速やかにかつ信頼性高く実施するため、PTWC や津波警報実施国の解除基準を把握又は習得し、自国の基準を設定すること、また、この基準の最適化を図ることが必要である。

なお、技術的な津波発生判断は、地震専門家グループに委ねられているが、このグループが勤務時間外には職場外対応となっていることから、判断が時間に依らず着実に行われるという体制になっておらず、改善が必要である。

4) 津波の高さの予想及び到達時間の予想

PTWC は、太平洋全域を発表対象として津波に係る情報を提供していることから、個々の地域から見た場合、その予想精度はより広域の平均的なものであり、粗く中米地域という予想対象については精度が低い。このため、津波の高さ予想や到達予想時間について独自の分析を行える能力を、順を追って習得する必要がある。即ち、到達予想時間については、①現在の推定水深を用いた概略の予想の能力、②水深調査の進捗を踏まえた予想改善の能力の習得、高さの予想については、①発震機構を踏まえた津波発生時の分析能力、②現在の推定水深を用いた概略の予想の能力、③CMT 解析結果を踏まえた津波発生時の分析能力、④水深調査の進捗を踏まえた予想改善の能力、⑤沿岸地形を踏まえた予想改善の能力の習得である。

また、これらの能力の基礎の一つとして、津波の伝播に関する理解が必要であるが、この海洋学の分野については現在経験だけに頼って業務を行ってきており、この分野の技術習得等の改善が必要である。

5) 潮位観測施設の新増設等

津波発生判断の精度向上のため、順を追って、次のような潮位観測に係る改善を図る必要がある：①海岸部にある既存の潮位計の安定運用体制の整備、②津波警報の信頼性の向上及び発表後のリアルタイム更新のための実況把握（モニタリング）機能の改善、③同じく観測点配置の適正化。

(2) 津波警報判断・伝達の改善

1) 警報発令体制の改善

近年発生が危惧されている近地津波を想定する場合、現行の警報発表プロセスを短縮し、沿岸住民への警報伝達の速報性を確保する必要がある。そのため警報判断プロセスに自動発令を導入するなどの改善を図る必要がある。

2) 住民への警報伝達ルートの確保

警報伝達ルートはSE-CONRED緊急情報伝達センターから市のVHF無線による一斉伝達で伝達ルートは確立されている。しかし市からコミュニティレベルへの伝達ルートは、洪水や火山噴火が危惧されるコミュニティの一部にVHF無線機が導入されているのみである。特に太平洋沿岸部の津波の危険性の高いコミュニティへは、確実な伝達手段を確立する必要がある。

(3) 地震・津波防災施策の推進

1) 地震リスク評価のためのデータの整備

地震リスク評価のための建物構造形式等に関する建物インベントリデータ、脆弱性曲線などの基本データの整備が必要である。

2) 耐震施策の推進

CAPRA リスク評価の成果及び RESIS II プロジェクトの経験を生かし、地域の地震リスク評価の実施、合わせて耐震設計、耐震補強等住民防災意識の向上、コミュニティ防災活動を推進する必要がある。

3) コミュニティレベルの津波ハザードマップの整備

コミュニティ防災の組織化は、洪水、火山噴火による火砕流、降灰、ラハール等の災害の危険性が高い地域では進められているが、太平洋、カリブ海の沿岸部での津波ハザードの検討はなされていない。近年のエルサルバドル、コスタリカ沖での地震が観測され、中米地域での地震・津波の発生が危惧されることから、沿岸コミュニティの津波避難対策に資する津波ハザードエリアを把握する必要がある。

2.4. コスタリカ

2.4.1. 基礎情報

(1) 各国基礎情報

コスタリカにおける基礎情報は以下の表の通りである。

表 2.4.1 コスタリカ基礎情報

項目	内容	出典
人口	487 万人	2013, World Bank
GDP	490 億 6,200.万 USD	2013, World Bank
面積	51,100 km ² (内、陸地面積 51,060 km ²) (内訳)耕作可能地 4.89%、農耕地 6.46%、他 88.65%	2011, CIA World Fact Book
行政区分	7 Province	CIA World Fact Book
地形・地質	海岸線の低地が 100 を超える火山で構成される岩山により二分化されている。	CIA World Fact Book
気候・気象	熱帯気候と亜熱帯気候で構成される。高地は比較的穏やか。5月から10月が雨季。	CIA World Fact Book

(2) 自然災害基本情報

コスタリカは地震・津波のほか、ハリケーン、洪水、地すべりの被害に見舞われている。歴史上の主な地震をみると（表 2.4.2）、1991 年のマグニチュード 7.6、2009 年のマグニチュード 6.1 の地震は大きな被害をもたらし、最近では 2012 年 9 月のマグニチュード 7.6 の地震がニコヤ半島沿岸で発生した。津波警報を伴う地震も発生している。

2.4.2. 防災政策、計画、組織体制

(1) 防災行政（政策・組織）の現況

1) 防災に係る政策的枠組み

コスタリカにおける防災に係る政策的枠組みは以下の表の通りである。

表 2.4.2 コスタリカ防災に係る政策的枠組み

種類	名称	関連する内容
政策	未策定	
法	法令 8488 (2006)	CNE とその地方委員会を含む災害管理システム、役割と責任、総合緊急対応計画、緊急事態対応プロセス、財源 (税収の 3%を国家金融対応基金に移譲) を規定。
	法令 7914	政府、民間、自治組織等の緊急時の責任・役割とリスク軽減活動への参加を規定。
計画	新国家リスク管理計画(2010-2015)	リスク管理政策推進のため、リスク概要、官民連携による防災・減災の計画・活動等の戦略的枠組みを示す。地震、津波を含む災害ごとの緊急対応の追加等の見直しを行っている。

2) 防災に係る組織的な枠組み

【1】組織体制の枠組み

国レベルの防災対策、計画の立案、警報の発令は、法令 8488 に基づき、国家災害対策緊急委員会(CNE)が担っている。地方の防災対策は、地域レベルでは地域緊急委員会(CRE)、市レベルでは市緊急委員会(CME)が担うこととされ、コミュニティレベルでは地区緊急委員会(CCE)が担うこととなっているものの、市、コミュニティレベルの委員会の組織率は低い。

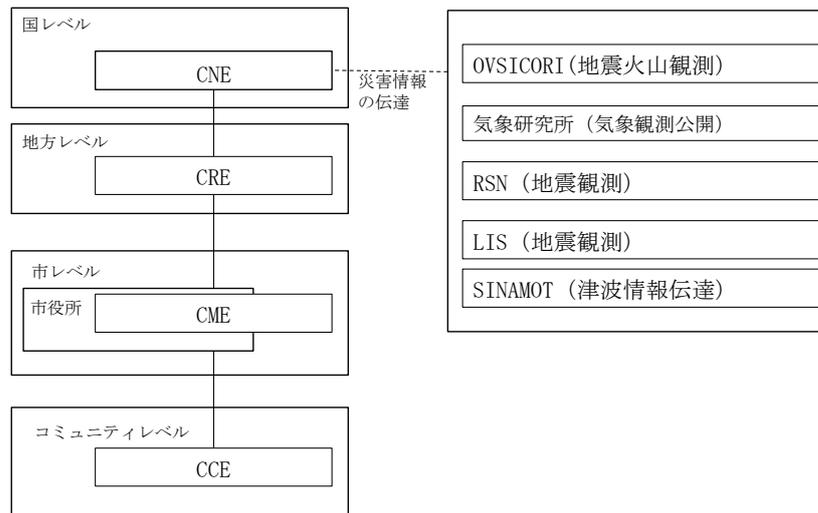


図 2.4.1 主要防災機関の組織体制(コスタリカ)

【2】地震・津波防災に係る役割分担

地震観測機関としてコスタリカ大学 (UCR) 全国地震ネットワーク(RSN。UCR 及びコスタリカ電力公社 ICE が共同で設置)、UCR 地震工学研究所(LIS)、コスタリカ国立大学 (UNA) 火山地震観測所(OVSICORI)の 3 機関がそれぞれ地震観測網を有し、地震情報の発信を行っている。津波情報機関として津波監視所 (SINAMOT。UNA 及び UCR が共同で設置) が地震観測 3 機関からの情報、PTWC の情報を踏まえて津波技術情報を国家防災機関である CNE に伝達、CNE は警報判断を行って関係機関に伝達することとなっている。

【3】CATAC への期待

地震情報については、いずれの観測機関も自動処理結果に依存しており、また津波発生 of 技術的判断については、SINAMOT が PTWC 等の国際観測機関からの情報等に依存している。このため、津波発生 of 判断の実務担当である SINAMOT としては、地域地震について CATAC からの情報発表に期待している。

また、CATAC での研修には CATAC の役割、期待できる提供情報及びその限界についての講習を期待している。

(2) 国家レベルにおける地震・津波対策の優先度、関連法制度における位置づけ

CNE では、活発な活動を続ける火山や土砂災害に加えて、最近ニコヤ半島近海で発生する地震による近地津波、エルサルバドル沖の地域地震による津波、さらにはコロンビア、エクアドル沖を震源域とする津波も危惧されていることから津波対策は喫緊の課題となっている。現在改訂中の国家リスク管理計画にも津波の緊急対応を含める予定である。

(3) 防災関連予算配賦状況

地震・津波観測 4 機関での観測に係る予算については、いずれの機関も大学（UNA 及び URA）が担当しており、教育・研究費の中に位置づけられている。各機関とも観測に特化した予算は配賦されていないが、OVSICORI については、観測経費を抽出すると 2013 年度及び 2014 年度では 10 万 USD との推定がなされている。また、地震データ自動計算のソフト Antelope のライセンス使用料は 5 年で 10 万 USD である。

(4) コミュニティレベルでの防災活動の内容

コミュニティレベルの主要防災組織として、法令 8488 に基づき、CME、CCE が規定されているが、実際には CME の組織化が進んでおらず、CCE の組織化も一部となっている。地震とそれに伴う津波の発生が危惧されているニコヤ半島では CNE や日本の BOSAI プロジェクトにより沿岸部の一部のコミュニティにおける防災活動の支援がなされている。また、PREVENTEC はコミュニティにおける津波防災教育を 2012 年からプンタレナス市等で展開している。

(5) 地震・津波災害に係る教育機関での防災教育状況

公共教育省（MEP）が国家リスク管理計画(2010-2015)に基づき、初等教育から大学教育までの全てのカリキュラムにおいて防災教育を取り組むことを規定し、責任を有している。

2.4.3. 地震観測と地震防災への取り組み

(1) 地震防災の管轄官庁・関係機関

コスタリカの地震観測は、RSN、OVSICORI 及び LIS によりそれぞれ独自に行われているが、地震観測成果の発表の法的な機関には 3 機関とも指定されていない。地震情報の発表、津波警報及び緊急対応は CNE が担っている。耐震基準は、コスタリカエンジニア・建築家連合組合(CFIA)により制定される。

(2) 地震観測能力

1) 地震観測体制

地震観測を行っている 3 つの観測機関とも 24 時間対応体制はとっていない。RSN と OVSICORI は主に地震学の観点から震源特性を特定することを目的として、主に広帯域地震計及び短周期地震計による観測を行っている。一方、LIS は主に地震工学の観点から地震動の距離減衰、地盤増幅特性の評価を目的として、強震計による観測を行っている。震源パラメーター(震源位置、マグニチュード)の計算は、通常、主に短周期地震計や広帯域地震計の記録を用いて行うが、LIS は強震計記録のみにより震源パラメーターを計算している。それぞれの機関が各自の処理結果を防災関連機関に伝え、同時に公表している。

2) 地震観測網、データ処理及び情報発信

3つの地震観測機関が、以下で述べる独自の観測網を展開しているが、全体的にみると国境地帯は、観測点が少ないことから、その震源の決定精度が低い状況にある。

【1】コスタリカ大学全国地震ネットワーク (RSN)

RSNは1973年から地震、火山の観測を行っている。現在UCRは地震計21台及びコスタリカ電力公社(ICE)の14個所の観測データをリアルタイムで収集している(図2.4.4:この図には現在リアルタイム収集されていない観測点が記載されている)。コスタリカ太平洋岸の海岸から約500kmに沖合にあるココ島には広帯域地震計が1台設置されている。本土側とココ島の間には津波を発生させる地震発生域があり、ココ島での観測によって震源決定精度の改善が図られている。震源解析に用いる地震観測点は、IRISを通じてニカラグア、パナマを含む海外の観測点も利用されており、全部で86箇所である。ICEの地震計のデータは光ファイバー、その他はインターネットを通じてリアルタイムに収集される。RSNは、今後90台の短周期地震計(強震計及び測地用GPSを共に設置)を増設する予定で、地震観測網が強化される。新たに設置する地震計は、既に調達済みであり、2015年には完成する見込みである。完成後の地震計の配置を図2.4.5に示す。

震源計算は、リアルタイム収集された波形データを用いてSeisComPにより自動的に行われている。コスタリカ国内で発生した比較的大きな地震については、自動処理の結果を参照しながら、Earthwormで手動処理を行う。震源計算ではコスタリカの地震波速度構造モデルを利用している。自動震源計算は5地点以上の観測データを利用する。自動処理の結果は携帯電話メールで担当者に自動送信され、担当者が地震の規模や発生場所を考慮して、ただちに手動処理するかどうかを判断する。手動で初動データによる発震機構解析を実施するが、速報では提供していない。また、CMT解析は実施していない。自動計算では約1~3分で結果が出る。手動で確認する場合の結果は最速7分程度を必要とする。

手動処理結果を速報としてCNE、全ての市、マスメディアにメールで提供する。震源位置図のリンクアドレスも提供する。RSNのFacebookは15万6千人、ツイッターは5万人が登録されている。

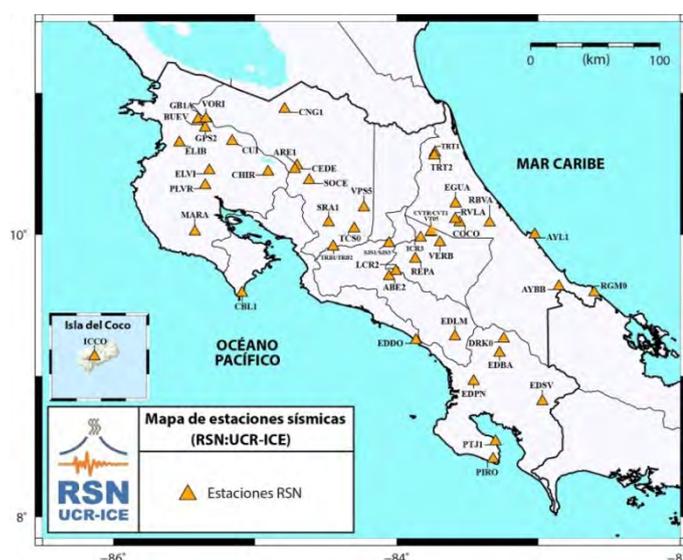


図 2.4.2 RSNの現状の地震計配置図(出典:RSN)

【2】コスタリカ国立大学火山・地震観測所 (OVSICORI)

OVSICORI は 1973 年に火山の調査機関として設立され、1983 年のコスタリカ中部に発生した地震をきっかけにカリフォルニア大学の支援で地震観測が開始した。現在の地震観測点は約 80 箇所であり、図 2.4.6 に示す配置となっている。地震観測点は、広帯域地震計、強震計及び測地用 GPS がある観測点、広帯域地震計のみの観測点並びに短周期地震計の観測点の 3 種類がある。80 箇所のうち約 50 箇所の観測データがリアルタイムに収集され、震源計算に用いられる。残りの観測点については約 1 回/2 か月の頻度で現地に出向いて収集する。

観測体制は次のとおり：作業部門・プロジェクトのグループの中に地震・火山・構造地質 3 つの分野がある。職員配置は、総務部 4 名、地震分野 8 名及び火山分野 10 名（構造地質分野はこれらの職員でカバーしている模様）並びに技術・電子担当 4 名であり、地震発生への対応は、3 名の 6 グループを構成し、当番制で実施している。当番には総務部 3 名、地震分野 5 名、火山分野 6 名及び技術・電子担当 4 名が就いている。また、地震観測網の保守は、OVSICORI 所属の技師が担当する。また、ニコヤ半島の地震に係るプロジェクトのような特定のプロジェクトの観測点の保守は、前述の技師の協力を得つつ、プロジェクト担当者が実施する。

OVSICORI の地震観測のデータの自動・手動による収集・処理及び情報発信は、主に Antelope で行っているが、2015 年からは SeisComP を通常の処理ソフトとして使う予定である。コスタリカ以外を震源とする地震については、原則として手動処理はしない。震源計算ではコスタリカの地震波速度構造モデルを使用している。大地震のみ初動データによる発震機構分析をするが、CMT 解析はしていない。解析用サーバーは 2 台あり、1 台はバックアップ用である。LIS と協力関係があるが、RSN とは協力関係なく、RSN のデータは利用していない。



図 2.4.3 OVSICORI の地震計配置図(出典: OVSICORI)

【3】 コスタリカ大学地震工学研究所 (LIS)

LIS の地震観測は 1982 年に USAID の支援で 40 台の強震計が設置されたことにより開始された。その後数回増設し、2010 年からは強震計 100 台、設置場所は 93 箇所となった。そのうち、約 70 台の強震計は自由地盤に設置され、残りは建物に設置されている。強震計の設置場所を図 2.4.7 に示す。地震観測データは 2010 年よりインターネットを通じてリアルタイムに収集されている。

LIS は強震観測データを用いて、震源位置、マグニチュード等の震源パラメーターを計算している。それに加え、震度分布、応答スペクトル等も評価している。計算結果はすべて WEB、Facebook、Twitter を通じて公開されている。震源パラメーターの計算では、自由地盤のデータのみを利用し、LIS が持っている地震観測以外のデータは利用していない。震源計算では、RSN と OVSICORI が共同で発表したコスタリカの地震波速度構造モデルを使っている。自動計算はオープンソースの Sisloc8 を利用している。地震発生後、観測データを自動的に処理し、約 3 分で震源パラメーターが決定され、その後、手動で確認する。LIS の地震観測網の主要目的は震源パラメーターの決定ではないため、24 時間リアルタイムに情報提供する体制は取っていない。手動確認作業は重要な地震は発生後直ちに行うが、通常は勤務時間内で作業する。LIS には 3 人の技術者(そのうち 1 人は土木専門、1 人は地震専門)と 2 - 3 名の調査補助者がいる。

LIS は震源パラメーターを CNE に提供している。その情報は、WEB に一般公開する情報と同じである。マグニチュード計算には、加速度記録のフーリエスペクトルの結果を用いている。強震計は、小さい地震の捕捉率が低く、また地震波の長周期成分を捕捉できない。このため、LIS が正確に評価できるマグニチュードの範囲はマグニチュード 3.0 - マグニチュード 6.7 と見込んでいる。

LIS は委託を受け他者の強震計のデータ収集、処理業務も行っている。例えば、29 階建てビル (サンホセで一番高いビル) の 5 箇所の高さに強震計が設置され、その管理が委託されている。地震があった場合、地震記録や分析結果を委託者に報告する。LIS は地震リスク評価を行う意向があるが、人材不足のため、実施できない現状である。現在スペインに留学中(博士課程)のスタッフ候補者が建物の脆弱性を研究しており、大学に戻り次第リスク評価を開始する予定である。

RSN、OVSICORI 及び LIS の地震観測とデータ処理、情報発信の流れを図 2.4.8 に示す。



図 2.4.4 LIS の地震計配置図(出典:LIS データ)

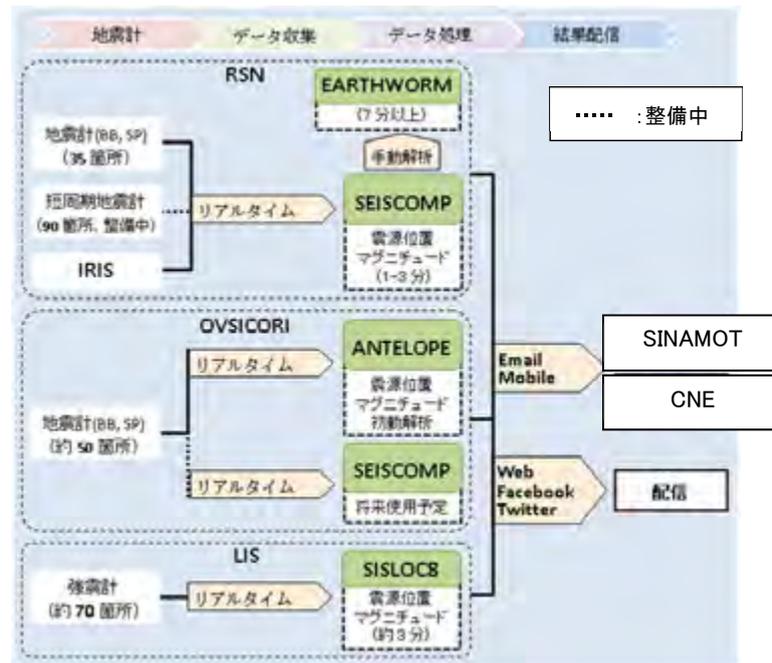


図 2.4.5 RSN、OVSICORI、LIS の地震観測とデータ処理、情報発信のまとめ

コスタリカの地震観測網の詳細を下表に示す。

表 2.4.3 コスタリカの地震観測網の内訳

地震計種類	データ収集方法	合計台数	運用中台数	休止中台数	リアルタイム利用台数	CATAC で利用可能な台数
短周期地震計	リアルタイム伝送	55~79	55~79	0	55~79	55~79
	現地収録	20~30	20~30	0		
広帯域地震計	リアルタイム伝送	6~30	6~30	0	6~30	6~30
	現地収録	0~10	0~10	0		
強震計	リアルタイム伝送	70	70	0	0	0
	現地収録	0	0	0		
合計	リアルタイム伝送	155	155	0	85	85
	現地収録	0	0	0		

(3) 地震リスク評価手法とその実態

コスタリカでは、CAPRA プロジェクトのパイロット地域として、2014年にサンホセの5つの区(district)の地震リスク評価を実施した。評価対象は、住宅、学校、病院であるが、住宅については、全データが整備されていないため、既存のデータのみ用いられた。リスク評価は、サンホセ直下に発生するマグニチュード 6.34 の地震、沿岸部に発生するマグニチュード 7.38 の地震など複数のシナリオの地震に対して行われた。地震リスクの評価には、個々の建物の情報、例えば、構造形式、材料、建設年代、高さ等が必要であるが、これらの情報が不足していることが中米共通の課題となっている。今後、CAPRA を活用するためには、建物インベントリの整備が必要となる。

(4) 地震に係るハザードマップの整備・活用状況

コスタリカは RESIS II プロジェクトに参加し、全国範囲の地震ハザードを評価した。評価対象は、最大加速度(PGA)と 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 秒の応答スペクトルであり、地震の再現期間は 500、1000、2500 年である。これは最新の結果であり、今後の活用が期待される。また、地震発生後、LIS は震度分布を推定し、WEB 上に公開しているが、ハザードマップ評価はしていない。

(5) 耐震基準の整備状況・施行状況

コスタリカの耐震基準は、1974 年に制定、1986 年、2002 年、2010 年に改訂され、最新版は 2010 年版である。設計地震動は地盤条件(分類)及び地震動強度地域区分により与えられる(表 2.4.5)。コスタリカでは、建物の耐震基準以外に橋梁の耐震基準も制定されている。

耐震基準はエンジニア・建築家連合組合(CFIA)により制定される。CFIA 災害脆弱性の調査や、政府機関への建築・建設品質に関するチェック、アドバイスを行っている。重要施設の脆弱性評価や補強工事に関しては担当省庁の責任となっている。電気、上下水等のライフラインは、耐震基準に基づき耐震設計されている。

(6) 大学等の研究機関、NGO の地震防災への取組状況

UCR 防災研究所(PREVENTEC)は 2007 年に災害対応衛星画像の管理を目的として設立され、UCR 内の多様な専門分野の学者・研究者が防災に関する研究を行うプログラムとして機能してきている。その中で衛星画像を災害時に活用する研究があり、大きな被害をもたらした 2009 年 1 月の地震では PREVENTEC の被害状況解析結果が CNE に伝達された。近年は小学校を対象に学校防災計画の策定や防災教育の支援活動を行っている。

また、赤十字は CNE 理事会のメンバーで、土砂災害等に対するコミュニティベースでの災害対策に取り組んでいる。2009 年 1 月の地震の際には、心理社会サポートチームからボランティアを送り、被災者への支援を行った。

2.4.4. 津波観測と津波防災への取り組み

(1) 津波防災の管轄官庁・関係機関

CNE は IOC の津波 FP(TWFP)機関に指定されている。一方、環境エネルギー省(MINAE)は、IOC の津波 NC (TNC) に指定されているが、津波警報に関わってはいない。但し、MINAE の副大臣は、災害時には CNE のメンバーであり、職員の一人は CNE の海洋技術委員会のメンバーとなっている。

SINAMOT は、RONMAC (Water Level Observation Network for Latin America) プロジェクトの一部で、UNA と UCR との共同組織であり、津波のみを扱い、地震は扱わず、LIS、RSN 及び OVSICORI から提供される地震情報を用いて、津波の技術的な分析を行い、その結果を CNE に伝達する実務を担っている。但し、勤務時間外は、地震観測 3 機関と同様に自宅での対応となっている。一方、CNE は津波警報を発表する責務を負う。また、CNE は、法律では、津波警報発表に際して、SINAMOT だけでなく他の機関にも照会できるとされている。CNE は、災害情報受発信機関として 24 時間対応の常時コミュニケーションセンター(コ・センター)を設置しており、24 時間勤務 48 時間休みのシフトで、2 人又は 3 人が当番として配置している。当番は 9 人が順番について、当番につく担当者はセキュリティ専門のほかコミュニケーション専門を配置している。

コ・センターは、サーチ&レスキューなど緊急対応機関である消防（救急車）、警察、赤十字（救急車）などを調整する役割も担っている。

(2) 津波に係る観測体制

1) 津波観測体制

津波警報の発表体制は、CNE がコンピュータ・ソフト整備など資金を出し、SINAMOT が人材を出すという分担としている。なお、GIS 情報等の作業で生産される資料は CNE も利用する。SINAMOT は、通常、最初に LIS から、次に RSN（震源図付）、最後に OVSICORI（発生域のテクトニクスを示す表現を含む）より、順次提供される情報を津波発生分析に利用する。なお、津波監視はソフト CISN で効率的に行えることから、CNE は導入したいと考えている。なお、CISN のインストールは容易であり、また通常各国の津波 FP と学術関係者には利用が許可される。

2) 津波観測網

潮位計は、2014 年 12 月 10 日現在太平洋側で稼働しているものはロス・スエニョス（Los Suenos）のみ（表 2.4.4 及び図 2.4.6 参照）であった。その後、図 2.4.13 にはないが、2014 年 12 月に太平洋側のパパガヨに再設置した。また、太平洋側のケボスのものは、ハワイ大学（University of Hawaii Sea Level Center : UHSLC）が設置し、運用していたが、港改修のため、いったん撤去している。2015 年 4 月に再設置の見込み（2015 年 2 月 14 日時点）である。さらに、太平洋側のココ島にも設置の可能性がある（スペインの支援で 2015 年に設置される見込みである。万が一できなかった場合でも PTWC が設置に興味を示している）。ココ島で津波が観測された場合、同島から本土の沿岸まで津波の伝播に 1 時間半要することを踏まえると、ココ島での観測は有用である。コスタリカの潮位記録はリアルタイムで PTWC へ DCP(GOES 経由)でを通じて送信している。PTWC は、コスタリカの過去の潮位データを用いて推算潮位を計算している。但し、観測点によっては、過去データが十分でなく、推算潮位が計算できていないところもある。SINAMOT も、推算潮位を観測潮位から差し引くことで、津波観測精度の向上を図っている。推算潮位の計算には Tide Tool (Client V.2.7.3) という PTWC のソフトを利用している。このソフトは津波警報関係機関に無償で提供され、容易にインストールできるものである。SINAMOT では、さらに Google Earth で IOC のデータを効率的に監視できるようにしている。

表 2.4.4 コスタリカ沿岸の潮位観測点(出典:SINAMOT)

観測機器の種類	観測点名	場所、位置(緯度・経度)	測定間隔 送信間隔	データ収集方式 (テレメータ/現地回収/等)	電源 (商用電源/太陽光発電/等)	設置・管理機関	観測開始年月 保守頻度
圧力式及び電波式	Limón (limn, limon)	10°N, 83.033°W	1分 5分	衛星通信	太陽光発電	UHSLC が設置。 UHSLC 及び RONMAC が管理。	2009年10月 運用中 年3回
圧力式及び電波式	Quepos (quepo)	9.4°N, 84.167°W	1分 5分	衛星通信	太陽光発電	UHSLC が設置。 UHSLC 及び RONMAC が管理。	2009年10月 休止中 年3回
気泡式及び圧力式	Los Suenos (losu)	9.6499°N, 84.6663611°W	1分 5分	衛星通信	太陽光発電	民間会社 Campbell Scientific が設置。 RONMAC が管理。 CNE が資金援助。	2013年5月 運用中 年3回
気泡式及び圧力式	Papagayo Marina (papa)	10.6420278°N 85.656°W 北部 の太平洋岸	1分 5分	衛星通信	太陽光発電	民間会社 Campbell Scientific が設置。 RONMAC が管理。 CNE が資金援助。	2014年12月 運用中 年3回



図 2.4.6 潮位計の位置図(出典: SINAMOT)

3) 津波発生分析の状況

SINAMOT は後述する「マグニチュード、震源及びメカニズムについて予め設定した条件」を全て満たした地震についてのみ津波発生分析を行うこととしている。このため、入手情報をその都度確認することで対応してきているが、常に見逃しの懸念がある。このため、SINAMOTO は、地震情報を発表するマグニチュード 6.1 以上で画面に注意喚起するようなソフトを整備する意向にあるがその見通しはたっていない。

「予め設定したマグニチュードの条件」は「モーメントマグニチュードが 6.5 以上」である。この基準は PTWC に依存している。但し、大西洋は別の基準である。なお、モーメントマグニチュード 8.0 以上では担当者 4 名全員で対応することとしている。

「予め設定した震源の条件」は「コスタリカ沿岸」又は「ニカラグア及びパナマで発生した地震であっても、震源がコスタリカから 300km 以内」である。なお PTWC は、海岸に設定した Section 毎に高さの予想を提供しているが、コスタリカの海岸全体が一つの Section に属している。

「予め設定した『地震のメカニズム』の条件」は、OVSICORI の情報で示される「発生域のテクトニクスを示す表現」においてサブダクションゾーン地震及びアウターライズ地震のメカニズムを持つとされている。

SINAMOT は、近地地震では専ら PTWC からの情報を利用して津波発生分析を行う。PTWC は、津波の高さの予想をテキスト形式の電子メールで、その津波の影響を受ける可能性が高い国の津波 FP・津波 NC へ個別に提供するが、所属全機関へも同様にこれを提供する。この提供は通常地震発生後 30 分である。

また、津波の到達時間の予想についても PTWC に依存しており、近地に震源を持つ地震では津波到達前の発表に間に合わないという懸念がある。なお、推算潮位の計算に用いている Tide Tool で、到達時間の概略の予想が可能である。

CNE が発表する津波警報では、警報レベルの選択判断基準に、到達予想時間が含まれている。例えば太平洋側については、津波警報発表時点から予想到達時間までの時間が、6 時間では黄色レベル警報、また 3 時間では赤色レベル警報となる。このため、速やかに信頼性の高い予想を行うことが要請されている。なお、コスタリカに影響を及ぼすような津波の発生が懸念されているコロンビア・エクアドルの地震の場合、コスタリカに津波が到

達するのに 30 分を要する。また、ココ島付近の地震では、本土に津波が襲来する前に津波警報発表を行いうる可能性が高いと見られている。

津波の高さの予想については、現在 PTWC に依存しているが、NOAA が IOC の津波 FP にだけに提供するソフト Twave で行うことができるため、SINAMOT はこれを既に入手し、2014 年 12 月現在利用申請中である。なお、Twave 及び上で述べた Tide Tool の利用には 48 時間のデータが必要である。また、Tide Tool と Twave は UCR も所有している。

4) 津波情報発信

津波発生判断基準は、前述のように詳細が定められている。津波情報発表手順についても、SINAMOT は分析結果を CNE に提供すると同時にその一部はマスコミや一般向けにも配信するなどを規定したプロトコル（部内用作業手順書）を定めている。それに基づき、有感地震等に際しては、CNE から SINAMOT の指定連絡先へ電話照会することになっている。4 人の担当専門家が対応するが、担当者名簿の記載順に照会することとなっている。名簿の順位は次のとおりである：①UNA 津波専門家、②UCR 波浪専門家 1、③UNA 教員及び④UCR 波浪専門家 2。この 4 名の中で津波を本格的に学んだのは①の UNA 教員のみであるが、他の 3 名も津波の研修を受けており、①の人に代わって対応することは可能である。但し、①が海外出張等の際には、連絡先を関係者に周知しておくことになっている。

5) 津波発生分析・情報発信の具体例

2014 年 12 月 8 日午前 3 時頃サンホセで有感となった地震では、SINAMOT には、地震観測 3 機関から Email 到着後、PTWC から情報を得た。CNE のコ・センターは SINAMOT の名簿トップの職員にメールを送るとともに問合せの電話照会を行い、LIS はマグニチュード 6.1、RSN はマグニチュード 6.4、OVSICORI はマグニチュード 6.8、USGS はマグニチュード 6.7 とし、PTWC は「津波なし」とであると告げられた。この地震の震源は、ココスプレートとナスカプレートの境界付近であったことから、プレート境界の横滑り地震と SINAMOT は判断するとともに、津波を起こさないと判断された。なお、この震源の最寄りの海岸には集落はなかった。

2014 年 10 月 13 日 09 時 51 分 PM（現地時間）のモーメントマグニチュード 7.3 の地震は、その震源がエルサルバドル付近であったが、コスタリカにおけるマグニチュード決定の難しさを示す事例であった。即ち、この地震では、地震が 1 時間ほどおいて 2 つ発生した。最初の地震は 08 時 50 分 PM のマグニチュード 4 程度のものであり、その後の 09 時 51 分 PM のものについては、PTWC の情報は マグニチュード 7.4 であり、LIS の情報はマグニチュード 6.1 であった。この事例では、最初の地震の自動処理結果の情報と後の地震の自動処理結果の情報とが一時的に重複し、わかりにくい状況があった。なお、後者の地震について、PTWC は、津波アラートを発表したが、5 分後に解除した。

2012 年 10 月 24 日のモーメントマグニチュード 6.5（USGS）のコスタリカ沖合を震源とする地震では、海岸から 500 km 離れたココ島で強い震動があり、また同島に小さかったが、津波が到達した。

2012 年 9 月 5 日（現地時間）のマグニチュード 7.6 のコスタリカ沖合を震源とするニコヤ地震では太平洋岸北部に 2~5m の津波が地震発生後 5~8 分で到達した。

(3) 津波インフラ整備状況

最も津波の到達の危険性が高く、インパクトも大きいとされる沿岸地域の一つであるプンタレナスに CNE の 2014 年度予算でサイレンを配備する予定である。

津波防御施設については、プンタレナスに養浜のための突堤及び付随した護岸はあるが、防潮堤等の構造物はない。避難路の設定の情報もない。

(4) 津波警戒・避難体制

1) 警報伝達体制

CNE のコミュニケーションセンターが津波情報の受信、警報の発信を担う。コミュニケーションセンターは 9 人体制で、2~3 人が 24 時間勤務 48 時間休みというシフトで対応している。

CNE は、SINAMOT と同様に LIS、RSN 及び OVSICORI の 3 つの地震観測機関から地震情報を受ける。気がかりな地震については、地震発生後 10 分くらいで SINAMOT 名簿トップに電話で照会する。なお、CNE の当番にはいる職員は、使用している 911 システムの研修を受けてから配属される。

2) 警報伝達手順

CNE は、津波の技術ソースは、遠地津波では PTWC である。近地津波では、さらに、USGS 及びコスタリカ国内の LIS、RSN 及び OVSICORI (通常この順序でメールが携帯及び PC に入る) である。地震発生から自動震源決定結果のメールの着信までに要する時間は、今では観測網密度が高まり 1~5 分である (かつては 20 分)。LIS は 1 分後、OVSICORI はサブダクションゾーンなどの発震機構を示唆する場所の情報も含めて 5 分後くらいにそれぞれ提供される。RSN のマグニチュードは全てモーメントマグニチュードである。CNE は、国内の地震についてはモーメントマグニチュード 6.1 以上を感知した場合、地震情報を発信する。通常その後 SINAMOT から津波の到達情報のメールが CNE の携帯電話及び PC に入る。津波情報については、遠地の場合 SINAMOT からの津波情報が CNE コミュニケーションセンター及び緊急対応責任者のもとに、携帯メール及び PC メールで入る。緊急対応責任者は、海洋専門家グループの海洋・地震専門家の判断を受け、避難指示の判断をし、コミュニケーションセンターを通じてメール及び VHF 無線で全国の市役所ほかマスコミ、関係機関に一斉配信するほか Twitter、Facebook でも情報を流し、マスメディアはこれらのツールを通じて情報を得る。SMS はまだ利用されていない。CME がほとんど設置されていないことから、津波情報は CNE から各市役所に伝達されることになるが、市レベルからコミュニティへの伝達手段は定められておらず、任意に携帯あるいは直接伝達する状況にある。近地の場合は、通常揺れを直接感じることから、それを踏まえてコミュニティは、市役所へ問い合わせるかマスコミからの情報を受け、自ら判断し、行動しなければならない状況にある。なお、ICE はデジタルテレビ放送の導入を試みており (すでに日本方式採用決定済み)、実現すればシステム 911 を通じてテキストか音声情報を配信できる可能性がある。また EUVR COM (民間キャリア) が電話を通じたメッセージ付ボイステキストのサービスを開始する可能性がある。

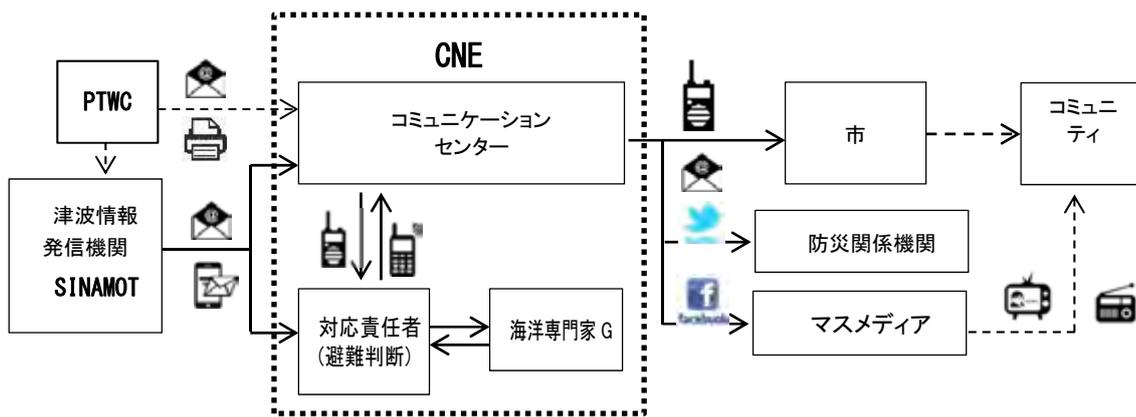


図 2.4.7 津波警報判断・伝達体制図



図 2.4.8 CNE コミュニケーションセンター

3) 避難体制

ニコヤ半島では、近地地震津波の発生が危惧されており、JICA「BOSAI」及び PREVENTEC の学校・コミュニティ防災活動によって、津波の危険性の把握、避難場所の設定、避難行動への啓発、避難訓練などの活動がなされている。

CME は未設置の市が多いため、CCE は上記コミュニティ防災プロジェクトのパイロット地区としていくつかのコミュニティで組織化されているのみという状況にあることもあって、ほとんどのコミュニティの避難体制は確立されていない。

(5) 津波リスク評価手法とその実態

津波リスクに関する検討はなされていない。しかし太平洋岸について津波リスク評価が必要と考えられる地域として以下が挙げられる：①ニコヤ半島（理由：津波の影響を最も受けやすい）、②ココ島（理由：津波の影響を受けやすく、国立公園があり観光地）、③コスタリカ南部地域（津波の影響を受けやすく、また 40 年周期で大地震が発生してきており、近い将来その発生が懸念されている）、④1906 年マグニチュード 8.8 のようなコロンビア・エクアドル沖合を震源とする地震による津波（コスタリカ全域に影響）、⑤トンガの地震による津波（コスタリカ全域に影響）。

(6) 津波に係るハザードマップの整備・活用状況

地震ハザードは RSN と OVSICORI が研究しており、地震ハザードマップを今後 GIS に載せて Web で公開する予定となっているが、津波ハザードマップの作成も CNE に期待されている。

(7) 大学等の研究機関、NGO の津波防災への取組状況

PREVENTEC は教育省と連携した国家レベルでの津波防災教育の普及に向けた取り組みを、太平洋沿岸部の小学校の津波防災計画策定、津波防災活動を通して実践している。また、科学技術省と連携した河川の警報システムを開発している。

2.4.5. JICA と他ドナーの支援状況

(1) 我が国の支援状況

我が国による地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.4.5 コスタリカの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況

スキーム	プロジェクト名	期間
技術協力	中米広域防災能力向上プロジェクト"BOSAI" カニヤス(Cañas)市ニコヤ(Nicoya)市,サンタ・クルス(Santa Cruz)市,カリロ(Carrillo)市,コバノ(Consejo de Distrito de Cobano)市等をパイロット地区として防災能力強化が行われた。コバノ市では、防災学校と称し小学校の先生・生徒・親に対してゲーム形式の防災教育が行われた。プロジェクト終了後もCMEを中心に10校(プロジェクト時には7校)の小学校で防災学校教育を行うなどの波及がみられている。	2007-2012
国・課題別研修 (2010-2014)	総合防災行政 (2)	2014
	地震津波火山観測システムの運用・管理 (3)	2011-2013
	中米防災対策 (20)	2010-2014

※国・課題別研修の()内は参加者数を示す。

(2) 他ドナーによる支援状況

他ドナーによる地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.4.6 コスタリカの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況

ドナー名	プロジェクト名	サイト	実施機関	予算 (USD)	期間
	概要				
NORAD	Earthquake Risk Reduction in Guatemala, El Salvador and Nicaragua with regional cooperation to Honduras, Costa Rica and Panama	コスタリカ 全土	UCR、ICE	2.4 million	2007- 2010
	地震ハザードと脆弱性、リスクの評価が「learning by doing」という理念に基づき、コスタリカ全土の地震ハザードマップが作成された。				
World Bank	Probabilistic Risk Measurement for Central America(CAPRA)	サンホセ 5地区	CNE	360,000	2008- 2011
	サンホセ直下に発生するマグニチュード6.34の地震、沿岸部に発生するマグニチュード7.38の地震など複数のシナリオの地震に対して地震リスク評価がなされた。				
World Bank	Integration of Disaster Risk Information in Costa Rica planning System	サンホセ	CNE	450,000	2009- 2012
	防災関連計画を策定する際の災害情報活用の効率化を目的に実施された。CNEやCOEにアドバイスをを行うDRMの技術顧問委員会の再生やCAPRAのの活用促進などコスタリカ政府の災害リスクに対する能力強化が図られた。				

2.4.6. 課題

(1) 地震・津波観測、分析能力の向上

1) 津波発生判断技術の獲得

津波発生判断の信頼性向上には、地震観測機関が提供する震源・マグニチュードについて、その特性に関する一定の理解が必要である。このため、その基準を設定・適正化し、判断に関わる職員がこれを習得する仕組みの構築が必要である。

技術的な津波発生判断は、SINAMOT に委ねられているが、勤務時間外は職場外対応となっている。また、SINAMOT が判断に利用する国内地震観測網の手動処理も勤務時間外は職場外対応となっている。このため、判断が発生タイミングに依らず着実に行われるという体制にはなっていない。この改善のために、適宜次の対応の検討を行うことが必要である：①24 時間体制である CNE の津波観測機能を向上させ、その成果を SINAMOT にフィードバックする仕組みの構築。具体的にはソフト CISN を CNE に導入して津波観測の効率化を図る。②SINAMOT にはいつてくる地震情報についてマグニチュード 6.1 以上という条件を満たすものについて、SINAMOT の当番者にその旨の報知をする機能の導入。

「津波発生判断」の解除について、より速やかにかつ信頼性高く実施するため、PTWC や津波警報実施国の解除基準を把握又は習得し、自国の基準を設定すること、また、この基準の最適化を図ることが必要である。

2) 発震機構解析手法の導入

津波発生判断の精度向上には、正・逆断層型、横ずれ型という発震機構を発生した地震についてリアルタイムで推定することが必要である。このため、まず現在のところリアルタイムでの提供がなされていない初動データによる発震機構リアルタイム分析の導入が RSN 又は OVSICORI に必要である。また、この手法による発震機構の推定精度が大地震では高くないことから、次のステップとして、その精度が高い CMT 解析のリアルタイム導入の準備が必要である。

3) 津波の高さの予想及び到達時間の予想

PTWC は、太平洋全域を発表対象として津波に係る情報を提供していることから、個々の地域から見た場合、その予想精度はより広域の平均的なものであり、粗く中米地域という予想対象については精度が低い。このため、津波の高さ予想や到達予想時間について独自の分析を可能にする Tide Tool や Twave などの利用を着実に進めることが望まれる。また、SINAMOT において初動データによる発震機構分析や CMT 解析結果を踏まえた津波発生分析能力の習得が必要である。

4) 潮位観測施設の安定運用化

津波発生判断の精度向上のため、海岸部にある既存の潮位計の安定運用体制整備する必要がある。なお、潮位観測点の適正配置の検討も必要であると考えられる。

(2) 津波警報判断・伝達の改善

1) 警報発令体制の改善

近年発生が危惧されている近地津波を想定する場合、現行の警報発表プロセスを短縮し、沿岸住民への警報伝達の速報性を確保する必要がある。そのため警報判断プロセスの自動発令を導入するなどの改善を図る必要がある。

2) 住民への警報伝達ルートの確保

警報伝達ルートは CNE コミュニケーションセンターから市へ VHF 無線による一斉発信で伝達ルートは確立されている。しかし市からコミュニティレベルへの伝達ルートは整備されておらず、手順が定められていない。特に太平洋沿岸部の津波の危険性の高いコミュニティへの確実な伝達手段を確立する必要がある。

(3) 地震・津波防災施策の推進

1) 地震リスク評価のためのデータの整備

地震リスク評価のための建物構造形式等に関する建物インベントリデータ、フラジリティ曲線などの基本データの整備が必要である。

2) 耐震施策の推進

CAPRA リスク評価の成果及び RESIS II プロジェクトの経験を生かし、地域の地震リスク評価の実施、合わせて耐震設計、耐震補強等住民防災意識の向上、コミュニティ防災活動を推進する必要がある。

3) コミュニティレベルの津波防災体制の確立

2012年9月5日（現地時間）のニコヤ半島でのマグニチュード7.6の地震・津波の発生により、近地津波及び中米地域での地震・津波の発生が危惧されるが、現行では中央からコミュニティへの警報伝達手段が主としてマスコミ情報に頼らざるを得ない状況にあるため、沿岸コミュニティの津波避難対策に資する津波ハザードマップの公表、それらを活用した避難計画の立案が求められている。

2.5. パナマ

2.5.1. 基礎情報

(1) 各国基礎情報

パナマにおける基礎情報は以下の表の通りである。

表 2.5.1 パナマ基礎情報

項目	内容	出典
人口	386 万人	2013, World Bank
GDP	426 億 5,000.万 USD	2013, World Bank
面積	75,420 km ² (内、陸地面積 74,340 km ²) (内訳)耕作可能地 7.16%、農耕地 2.51%、他 90.33%	2011, CIA World Fact Book
行政区分	10 Province と 3 Indigenous Territories	CIA World Fact Book
地形・地質	パナマ地峡を挟んで東西の山脈と台地が大部分を占め、人口の多くは海岸部の特にパナマシティより南西部の太平洋側に集中している。	CIA World Fact Book Library of Congress Country Studies
気候・気象	海洋性熱帯気候で年を通じて高温多湿。5月から12月と雨季が長く続く。	CIA World Fact Book Library of Congress Country Studies

(2) 自然災害基本情報

パナマは地震・津波のほか、豪雨・長雨による洪水、強風、森林火災等の多様な自然災害に見舞われている。歴史上の主な地震をみると、詳細な被害データは少ないが、1882年9月7日にカリブ海で発生したマグニチュード7.9の地震は、パナマ San Blas 沿岸に約3mの津波を引き起こし、犠牲者約100人となっている。

2.5.2. 防災政策、計画、組織体制

(1) 防災行政（政策・組織）の現況

1) 防災に係る政策的枠組み

パナマにおける防災に係る政策的枠組みは以下の表の通りである。

表 2.5.2 パナマ防災に係る政策的枠組み

種類	名称	関連する内容
政策	国家統合防災政策 (2010)	脆弱性の軽減、災害の防止、緩和のための総合的リスク管理を実施する上での方針、義務、短中期行動指針を示す。
法	法令7号	SINAPROCの組織、役割を規定。行政と市民の義務、災害予防活動、リスク調査・管理、防災教育、災害人活動内容等。
計画	国家災害管理計画 2011-2015	災害リスク分析、リスク軽減のための活動内容、担当組織の責務を示す。現在災害リスク総合管理計画として、新たに津波対応を含む国家緊急対応計画を包含する構成に改訂中。

2) 防災に係る組織的な枠組み

【1】組織体制の枠組み

国レベルの防災対策、計画の立案、警報の発令は、法令7号に基づき、国家市民保護システム事務局（SE-SINAPROC）が担っている。地方の防災対策は、地域レベルではSE-SINAPROCの5つの州事務所が担っているが、市レベル、コミュニティレベルでの防災対策の実施体制はほとんど築かれていない。SE-SINAPROCでは1,500人ほどのボラン

ティアが緊急対応や平時の防災活動を担い、さらに防災アカデミーによる防災訓練・教育に力を入れている。

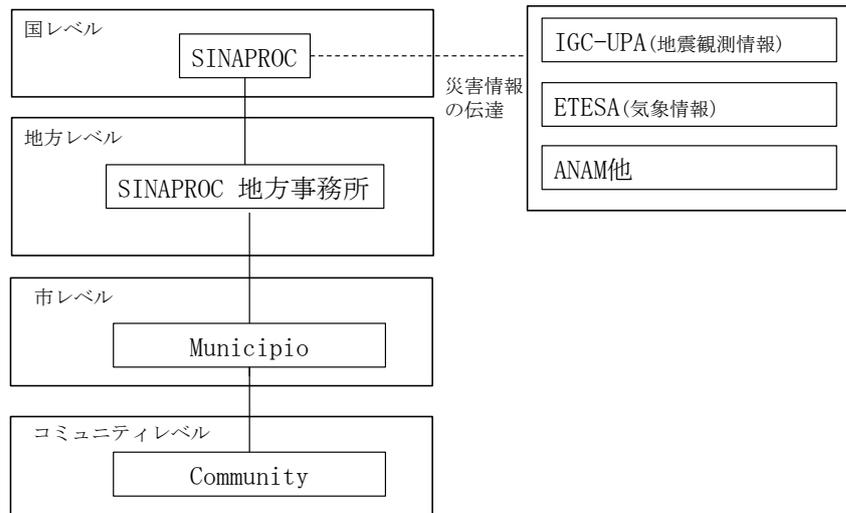


図 2.5.1 主要防災機関の組織体制(パナマ)

【2】地震・津波防災に係る役割分担

地震観測はパナマ大学地球科学研究所（IGC-UPA）が観測点データの自動処理を行い、PTWC の情報を踏まえ、SE-SINAPROC に技術情報を発信する。SE-SINAPROC は警報レベルの判断を行い、その結果を関係機関に伝達する。パナマ海事庁（AMP）は船舶の航行の安全確保の観点から津波に関する情報の受発信を担っている。

【3】CATAC への期待

IGC-UPA としては、ニカラグアは長く地震・津波観測を行ってきた経験があり、CATAC を INETER に置くことに同意している。また、CATAC の設立に関連した研修があるのであれば、合わせて日本の「津波予報における信頼性向上」や「発表時間の短縮化」の経験の内容に関する研修を期待している。なお、IGC-UPA の観測スタッフは PTWC で潮位を監視するソフト操作、警報伝達、現業対応などの研修を受けている。

一方、津波警報を発表する責務がある SE-SINAPROC としては、現在の津波警報発表体制における短所である「津波発生 of 技術的判断を行う IGC-UPA が 24 時間体制でなく、Web 情報に依存していること」を踏まえ、CATAC の運用開始で 24 時間体制の津波警報の判断ができるようになることを期待している。また、CATAC での研修については津波警報に係る基本知識、Web 情報の見方及び CATAC から提供される情報の読み方を IGC-UPA とともに受講することを期待している。

(2) 国家レベルにおける地震・津波対策の優先度、関連法制度における位置づけ

SE-SINAPROC では、近年降雨量が増加傾向にあり、日常的に洪水、土砂災害の発生が危惧されており、地震・津波への危機感は高くはない。しかし 2014 年のチリ地震の際は、夜間に発生した際に SE-SINAPROC が IGC-UPA との連絡がとれなかった経験から津波予警報に対する危機感が高まっている。策定中の国家緊急対応計画において、地震、津波に関する予警報システム整備の優先度を含む議論がなされている。

(3) 防災関連予算配賦状況

地震・津波観測機関である IGC-UPA は、観測に係る予算については教育・研究費の中で位置づけられているが、地震観測施設の保守・点検は OSOP に委託しており、予算は約 3 万 USD である。

(4) コミュニティレベルでの防災活動の内容

災害対応は、被災地に国が直接介入することが多く、市やコミュニティレベルの防災対策の育成が課題となっている。

(5) 地震・津波災害に係る教育機関での防災教育状況

教育省(MEDUCA)が防災教育の責任機関となっているが、カリキュラムへの規定はなく、教育内容は各学校に一任されている。

2.5.3. 地震観測と地震防災への取り組み

(1) 地震防災の管轄官庁・関係機関

パナマの地震観測は IGC-UPA により行われているが、IGC-UPA は大学の研究機関であることから、地震観測成果の発表の法的な機関には指定されていない。地震情報の発表、津波警報及び緊急対応は SE-SINAPROC が担っている。

(2) 地震観測能力

1) 地震観測体制

地震観測は、IGC-UPA の地震監視を担当する職員 5 人体制 1 人当番で、週日勤務時間(06:30-17:00) 対応となっている。自動処理結果が電子メールで担当者全員に届くことになっており、時間外に大地震等手動でデータ処理が必要な場合は、担当職員が大学に出向いて行う。現状では、インターネットセキュリティのため、自宅からのリモート処理はできない。いずれ部外からアクセスできるようにする必要がある。

当番者が感じない地震であっても、自動処理結果が電子メールで届く地震は、担当者が対応を行う。今後 IGC-UPA の監視室にはモニターが新たに 5 台整備される予定であり、SEISAN や Earthworm を見ることができる。国外の地震については、防災機関からの要請があるなど特別なことが無い限り情報発表はしない。5 名の専門は 2 人が地震、1 人が地質、2 人が地理である。

2) 地震観測網

地震観測網は 1999 年以前ではアメリカが管理していた。1999 年パナマ運河がパナマに返還された際にパナマ国内に設置してあった地震観測網がパナマに移譲され、パナマ大学地球科学研究所がその運営を引き継いだ。地震観測網は、広帯域地震計が 10 台(図 2.5.3)、短周期地震計が 66 台(図 2.5.4)、計 76 台で構成されている。それ以外に 15 台の強震計がある。

震源・マグニチュードの計算は、これらの波形データを商用衛星通信、商用インターネット、あるいは大学専用インターネットを通じてリアルタイムに収集され、行われる。震源決定精度を確保する上で、現状では、国の西側では問題ないが、東側が地震計の数が少ない。地震観測は 2000 年まで無線と電話回線でテレメータされていたが、2010 年までに順

次アナログ伝送からデジタル伝送に変えられた。現在、観測データは地震観測網の機材保守は OSOP と年間契約を結んで、外注となっており、通常年 3 回の点検がなされている。

運河庁は短周期地震計と強震計の 6 台を所有しており、データは地球科学研究所にリアルタイムで送られ、処理されている。また、近隣国からは、コロンビアから 5 地点の広帯域地震計、コスタリカから 6 地点の広帯域地震計のデータを、インターネットを通じて提供を受けている。それらデータの使用は協定によるものである。コロンビアからのデータは Earthworm で、それ以外は SeisComP にそれぞれ取り込まれる。グローバルなデータは IRIS を通じて利用している。

パナマ工科大学では建物を対象に強震観測を行っている。パナマシティにて約 200 台の強震計を設置している。データ収集はほぼ全て現地収録方式である。目的は建物の地震時挙動の把握と地震応答の研究であり、震源パラメーターの計算はしていない。

3) 地震観測データ処理

地震観測データの処理は SeiComP により自動的に行われている。マグニチュードは原則モーメントマグニチュードを使うが、モーメントマグニチュードの精度が悪い小さい地震では Mc(コーダ波マグニチュード。地震動が一定振幅以上の部分の継続時間を用いたもので、観測点が少なく通常マグニチュードが決定しにくい火山性地震で用いられることが多い)を利用する。初動データによる発震機構の分析はなされていない。地震発生から 5 分以内に自動処理の結果が出る。手動でデータを処理する場合は、Seisan を用いて解析し、地震発生から 10 分以内に結果を出す。自動震源計算で鍵となる重要観測点を予め選定している。地震波速度構造はパナマモデルを利用している。外国で発生した地震はデータ処理していない。解析用サーバーは米国とヨーロッパに 1 箇所ずつバックアップを置いている。

IGC-UPA の地震観測網の詳細を下表に示す。

表 2.5.3 IGC の地震観測網の内訳

地震計種類	データ収集方法	合計台数	運用中台数	休止中台数	リアルタイム利用台数	CATAC で利用可能な台数
短周期地震計	リアルタイム伝送	69~72	69~72	0	69~72	69~72
	現地収録	0	0	0		
広帯域地震計	リアルタイム伝送	10	10	0	10	10
	現地収録	0	0	0		
強震計	リアルタイム伝送	15~18	15~18	0	0~3	0~3
	現地収録	0	0	0		
合計	リアルタイム伝送	97	97	0	82	82
	現地収録	0	0	0		

4) 地震情報発信

自動処理で得られた結果は SMS 及び Email により、地震観測に係る職員、SE-SINAPROC に自動発信される。その後の手動処理結果で変更があれば新しい情報を発表するが、変わることがなければ新たな発表はしない。国外の地震には防災機関からの要請があるなど特別なことが無い限り情報発表はしない。IGC-UPA の地震観測、データ処理、情報発信のまとめを図 2.5.5 に示す。



図 2.5.2 パナマ広帯域地震計の配置図(出典:IGC)



図 2.5.3 パナマ短周期地震計の配置図(出典:IGC)

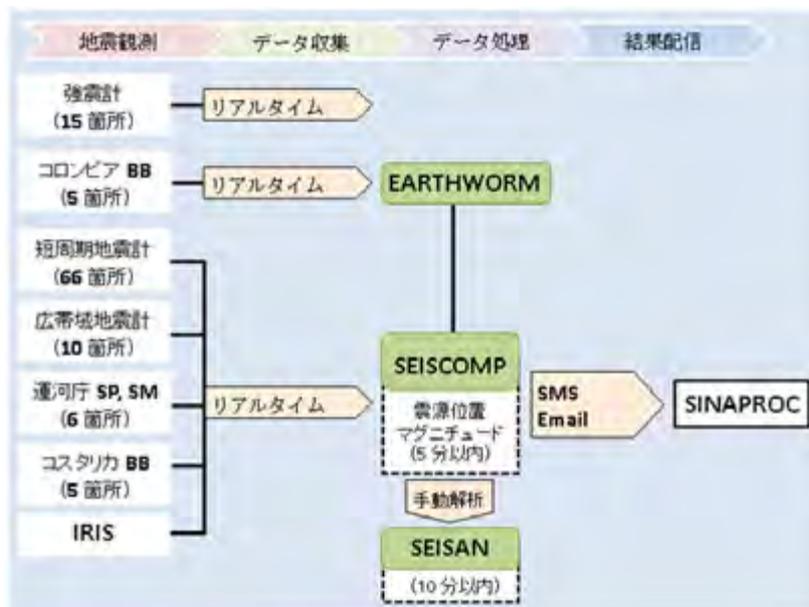


図 2.5.4 IGC の地震観測、データ処理、情報発信のまとめ

(3) 地震リスク評価手法とその実態

パナマでは、CAPRA プロジェクトのパイロット地域として、2012年に太平洋側に位置するデビド市の地震リスク評価を実施した。デビド市はパナマ第3の都市で、西部の金融・商業の中心である。実施主体は住宅土地管理省、リスク評価はIGCが担当し、住宅土地管理省、教育省、保健省等と協力して、住宅、学校、病院の建物を調査した。リスク評価では、複数のシナリオ地震を設定して行った。今後は、パナマ市のリスクを評価する予定で

ある。ただし、パナマ市は家屋数が多く、調査には時間がかかるため、まず学校、病院のリスクを先に評価する予定である。リスクを評価するためのパナマ市の地盤マイクロゾーニングは終え、建物データは準備中である。

(4) 地震に係るハザードマップの整備・活用状況

RESIS II プロジェクトによりパナマ全国範囲の地震ハザードが評価された。評価対象は、最大加速度(PGA)と 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 秒の応答スペクトルであり、地震の再現期間は 500、1000、2500 年である。最新のハザード評価結果は、パナマの耐震基準改定に参考されている。

(5) 耐震基準の整備状況・施行状況

パナマの最初の耐震基準は 1984 年に制定、1994 年(REP-1994)及び 2004 年(REP-2004)に改訂された。耐震基準は 10 年ごとに見直しすることが規定されており、2014 年版の耐震基準は技術面での改定作業は終了し、審議、承認手続を経て発効される。

新基準は公開されていないため、内容は把握できない。ただし、2004 年基準より設計地震動が大きくなるとの情報がある。例えば、パナマ市の設計地震動 A_v は 2004 年基準で 0.2g であることを新基準では 0.29g になる。設計地震動の変更により、既存の建物において不適格のものが出てくると予想される。高層ビルや防災上重要構造物、インフラ、ライフラインの耐震強化対策が必要になる。

(6) 大学等の研究機関、NGO の地震防災への取組状況

パナマ工科大学(UTP)土木工学科は、過去にハザードマップ作成、地震の脆弱性評価、土質調査に関する研究を行っているが、学内に防災に関するコースがなく、活動もほとんど行われていない。

また、赤十字は SINAPROC のメンバーの一員となっており、主に洪水・森林火災を対象に防災の啓発や能力強化に取り組んでいる。

NGO としては、国内で活動している FUNDAVISP が世銀グローバルファシリティ(GFDRR)のプロジェクトパートナーの一つとして、地震・洪水リスクアセスメントのプロジェクトに取り組んでいる。

2.5.4. 津波観測と津波防災への取り組み

(1) 津波防災の管轄官庁・関係機関

現在 IGC-UPA が IOC の津波 FP(TWFP)機関に、SINAPROC が IOC の津波 FP(TWFP)代理機関及び津波 NC(TNC)に、また AMP が TNC 代理機関にそれぞれ指定されている。

IGC-UPA の設置目的は、地震・火山・地すべりを研究対象としたハザード等の調査研究であるが、パナマでは IGC-UPA のみが地震監視網を有していることから、根拠がないものの、津波警報業務をボランティア的な活動として実質担当している。その設立は、SINAPROC 設立より前の 1979 年である。

(2) 津波に係る観測体制

1) 津波観測体制

IGC-UPA は、職員 5 人の週日勤務時間体制で、時間外は自動処理結果をうけて大学に向向いて処理を行うこととなっている。今後 IOC の津波 FP としての役割を果たすため 24 時間体制整備に向け、津波警報業務で増員要請しており、内務省と折衝中である

観測当番者全員が順番に PTWC の研修を受講しており、1 週間で潮位を監視するソフト、警報伝達、監視当番業務などの内容を受講した。受講時期によっては Tide Tool や Twave のソフトも受講した場合もある。

IGC-UPA の津波発生分析のための処理システムのバックアップ電源（発動機付発電機）が未整備であることから、津波発生判断の安定的な実施体制を確保するため、米国とヨーロッパに 1 箇所ずつミラーサイトを置いてデータのバックアップを行っている。

なお、IGC-UPA の監視画面は、地震観測点保守を委託している OSOP でも保守のために見ることができるようになっている。また、運河庁(ACP)でも IGC-UPA の監視画面を同様に見ることができるが、運河庁ではデータ処理はしていない。

2) 津波観測網

潮位計は、カリブ海側のポールベニール 1 箇所のみである。IGC-UPA は、このデータを、地震発生時など必要な場合に参照する。この観測点は、IOC の支援で整備したものであり、DCP (GOES 経由) で IOC にも送っている。IGC-UPA は、津波観測結果の高度な利用のために、Tide Tool 及び津波の高さの予想のための Twave を利用している。なお、スミソニアン研究所が気候変動監視の目的で設置して同研究所が管理している潮位計がカリブ海側のコロン (Colon) 島にあるが、これも DCP (GOES 経由) で IOC に送っており、IOC の Web で見ることができる。カリブ海側のガレータ島にもあったが今はない。これらは電波式で、太陽電池を利用しており、サンプリングが 5 秒で、60 秒平均し、5 分毎又は 15 分毎に送信している。推算潮位も計算している。しかし、最近設置したばかりであり、リアルタイム収集にはなっていない。なお、ハワイ大学がサンブラス島に設置した潮位計があるが、SE-SINAPROC のオペレーション職員はそのデータをモニター出来ない。

3) 津波発生分析の状況

IGC-UPA は、地震データ自動処理、SeisComP で行い、マグニチュードは通常モーメントマグニチュードを利用する。モーメントマグニチュードの決定精度が悪くなる小さい地震については M_c を利用する。初動データによる発震機構分析は、そのためのモジュールを整備しておらず、この解析は行わない。自動震源・マグニチュード計算結果は、地震発生から 5 分以内に得られる。震源・マグニチュード計算で鍵となる重要観測点が予め選んであり、それらが自動処理で使われているかが計算結果の精度を高く保つ上で重要である。なお、重要観測点としては、現在全ての広帯域地震計が選択してある。震源計算に用いる地震波速度構造はパナマモデルを利用している。

IGC-UAP は、自動処理結果を部内向けに SMS 及び Email で発信する。また、その精度の検証は Seisan を用いて手動で実施され、発表する震源・マグニチュードの信頼性を向上させる。この検証等は、通常、地震発生から 10 分以内に終了する。但し、国外で発生した地震は手動によるデータ処理は行わない。

PTWC は、新しい情報発表を各国 TFP 向けに開始しており、津波の高さを地図で示すようになった。

4) 津波情報発信

津波発生判断基準は、明確なものの設定はなされていないが、津波情報発表手順は、後述するように洪水に対するものを準用することとなっている。

地震自動処理の検証で適切と判断できた場合には、自動処理の結果の伝達・発表のみを行い、手動処理の結果の伝達・発表は行わない。検証や手動処理の結果によっては、発表するマグニチュードが変更されることがある。手動処理結果は、自動処理結果と同様の手段での伝達に加えて、地上無線及び Web で伝達・発表する。SE-SINAPROC への伝達は必要に応じて衛星無線も利用する。なお、SINAPROC から要請があれば情報等の解説も実施する。

5) 津波発生分析・情報発信の具体例

2014 年 12 月 8 日 4 時頃（パナマ時間）に発生したマグニチュード 6.4~6.8 のチリキの地震（隣国コスタリカのサンホセでも有感）については、TWFP の IGC-UPA が勤務時間外での対応となり、PTWC からの連絡が TNC の AMP を経由することになり、その受領に遅れが出た。

2012 年 9 月 5 日（現地時間）にコスタリカ沖合を震源とするマグニチュード 7.6 のニコヤ地震では、PTWC はパナマにも津波警報を発表した。

(3) 津波インフラ整備状況

パナマでは、1882 年にカリブ海側での津波災害以外に伝承されている津波災害がない。このため、防潮堤、サイレン、避難路等の津波インフラは整備されていない。しかし日本の東日本大震災の想定外の津波災害を踏まえ、パナマ運河の管理の観点から津波インフラへの関心は高い。

(4) 津波警戒・避難体制

1) 警戒情報伝達体制

SE-SINAPROC での津波情報はオペレーション職員室で、8 時間 3 交代 1 人当番で担当し、IGC-UPA からの津波情報を受ける。3 人一組のチームが 2 組の 6 人体制で、各チームが 1 週間交代で勤務にあたっている。また情報発信はコミュニケーションセンターで行っており、常時 2 人当番で 8 時間 3 交代による 24 時間体制で対応している。

2) 警戒情報伝達手順

IGC-UPA からの情報はオペレーション職員室に Email で入る。オペレーション職員室の当番はそれ以外のもも含む入手情報を踏まえて、SE-SINAPROC 長官と応急対応責任者に携帯電話ないしは VHF 無線で震度（職員の判断で MMI）、マグニチュード、震源（Web ないしは IGC-UPA からの情報）を伝える。洪水の際の警報は緑、黄色、赤の 3 種類で、その判断は長官、長官と連絡がとれない場合は応急対応責任者が判断する。洪水の場合、人道支援を行うかどうかの判断は応急対応責任者が行い、その結果を長官に伝えるとともにオペレーション職員室に伝える。津波に関しては洪水の手順を準用することとなっている。オペレーション職員室担当者はその判断結果をコミュニケーションセンターに伝え、コミュニケーションセンターから SINAPROC 地方事務所に携帯、固定電話、無線を使っ

て伝える。またマスメディアにもメールで配信する。SINAPROC 地方事務所にはサイレンがあるが、市へは携帯、固定電話、メールで伝えられる。州から市への無線配信はない。市からコミュニティへの連絡手段は、一部で無線機の利用があるものの、定まったものはない。オペレーション職員室では、USGS の Web サイトを監視しており、PTWC からは津波 FP と津波 NC の 4 機関に情報が配信される。それらの情報を踏まえて、SE-SINAPROC は IGC-UPA からの情報が無い場合でも状況に応じて自ら判断する。SINAPROC は労働、運輸など公的機関、電話会社など民間機関など津波関係機関の 25 人～30 人構成される津波委員会を有し、毎月 IGC-UPA の報告を受け、必要に応じ既存システムの改善等の協議を行っている。

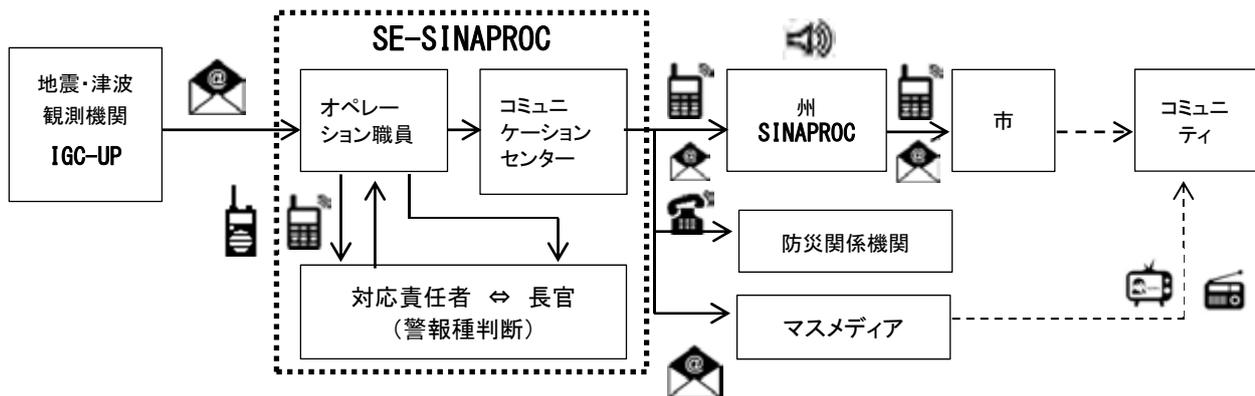


図 2.5.5 津波警報判断・伝達体制図

3) 避難体制

津波に対応した避難計画等の情報は得られていない。

(5) 津波リスク評価手法とその実態

地震津波シナリオに基づく調査は実施されているが、津波浸水マップ作成、リスク評価には至っていない。また、太平洋岸について津波リスク評価が必要と考えられる事象として、コロンビア・エクアドル付近の大地震による津波がある。なお、カリブ海側についても、1882 年にカリブ海で発生した地震の再来による津波が危惧されており、当時 100 人以上が犠牲になったことを踏まえた津波対応訓練を、カリブ海の沿岸部で 2015 年 3 月に実施予定である。なお、リスク評価対象に関連して、次のことがある：1934 年 7 月 17 日にダビッド付近でマグニチュード 7.6 の地震が発生したが、この付近では 1945 年、1979 年及び 2003 年と約 30 年おきに被害を発生させる地震が発生してきている。

(6) 津波に係るハザードマップの整備・活用状況

津波ハザードマップはまだ作成されてはいない。今後 IOC のツールで津波浸水マップを作る計画があるが、その場合 SINAPROC ではなく統計局が担当する。

(7) 大学等の研究機関、NGO の津波防災への取組状況

IGC/UPA は、今後は津波観測についても観測機能の拡充を図る方向で人員の確保等の検討がなされている。

2.5.5. JICA と他ドナーの支援状況

(1) 我が国の支援状況

我が国による地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.5.4 パナマの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況

スキーム	プロジェクト名	期間
技術協力	中米広域防災能力向上プロジェクト"BOSAI" バル(Baru)市アルメンドロ(Almendro)、アクエドゥクト(Acueducto)、バコ・マリ アト(Baco Mariato)市カスカヒロソ(Cascajilloso)、バラデロ・カピラ(Varadero Capira)市トレス・ヘルマナス(Tres Hermanas)、ロス・フェルダレス(Los Faldares) 等をパイロット地区として防災能力強化が行われた。プロジェクト終了後 もトレス・ヘルマナスのように住民の自助努力で活動が継続された場所も あるが、活動が定着していない箇所も見られる。全国でカエルキャラバン が展開されている。	2007-2012
国・課題別研修 (2010-2014)	中米防災対策	(10) 2010-2014

※国・課題別研修の () 内は参加者数を示す。

(2) 他ドナーによる支援状況

他ドナーによる地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.5.5 パナマの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況

ドナー名	プロジェクト名	サイト	実施機 関	予算 (USD)	期間
	概要				
NORAD	Earthquake Risk Reduction in Guatemala, El Salvador and Nicaragua with regional cooperation to Honduras, Costa Rica and Panama	パナマ 全土	IGC-UPA	2.4 million	2007- 2010
	地震ハザードと脆弱性、リスクの評価が「learning by doing」という理念に基づき、パナマ全土の地震ハザード マップが作成された。				
Universities, Ministry of France	Support for the development of a Risk Assessment platform(CAPRA) for Panama	デビド市	IGC-UPA	500,000	2009- 2011
	複数の地震シナリオを想定した地震リスク評価が実施 された。				

2.5.6. 課題

(1) 地震・津波観測、分析能力の向上

1) 地震観測網の強化

東西国境付近の地震観測密度が薄く、速やかな震源特定の障害となることから、観測網の見直しを行い、適切な観測点の配置を行う必要がある。

2) 震源計算の改善による地震分析力の向上

津波発生判断の信頼性向上には、震源の決定精度の改善が必要である。そのためには、津波発生判断のための震源計算に用いる観測点選定基準を明確にし、かつ最適化手法を習得することが必要である。また、マグニチュードについて、将来の適用に向けてモーメントマグニチュードの導入の準備を行うことが必要である。

3) 発震機構解析手法の導入

津波発生判断の精度向上には、正・逆断層型、横ずれ型という発震機構を発生した地震についてリアルタイムで推定することが必要である。このため、まず、現在のところ利用されていない初動データによる発震機構分析の導入が必要である。また、この手法による発震機構の推定精度が大地震では高くないことから、次のステップとして、その精度が高い CMT 解析の導入の準備として、この技術の習得が必要である。またこの技術のソフトを導入する場合、そのアルゴリズムの習得が必要である。なお、CMT 解析からはモーメントマグニチュードが精度高く求められる。

4) 津波発生判断技術の獲得

津波発生判断の精度向上には、発震機構解析の導入に加えて、マグニチュードの決定精度の向上が不可欠である。このため、自動・手動計算について、①そのマグニチュード計算に用いる観測点の選別方式の見直し、②観測点補正の適正化の検討が必要である。また、次のステップとして、精度の高いモーメントマグニチュードを得るため上述の CMT 解析の導入が必要である。

「津波発生判断」の解除について、より速やかにかつ信頼性高く実施するため、PTWC や津波警報実施国の解除基準を把握又は習得し、自国の基準を設定すること、また、この基準の最適化を図ることが必要である。

なお、技術的な津波発生判断は、IGC-UPA が行うが勤務時間外は職場外対応となっていることから、判断が時間に依らず着実に行われるという体制になっていない。これの改善が必要である。また、外国で発生した地震について、震源が近隣であった場合を念頭において、これへの対応方策の検討が必要である。

5) 津波の高さの予想及び到達時間の予想

PTWC は、太平洋全域を発表対象として津波に係る情報を提供していることから、個々の地域から見た場合、その予想精度はより広域の平均的なものであり、粗く中米地域という予想対象については精度が低い。このため、津波の高さ予想や到達予想時間について独自の分析を行える能力を、順を追って習得する必要がある。即ち、到達予想時間については、①現在の推定水深を用いた概略の予想の能力、②水深調査の進捗を踏まえた予想改善の能力の習得、高さの予想については、①発震機構を踏まえた津波発生時の分析能力、②現在の推定水深を用いた概略の予想の能力、③CMT 解析結果を踏まえた津波発生時の分析能力、④水深調査の進捗を踏まえた予想改善の能力、⑤沿岸地形を踏まえた予想改善の能力の習得である。

6) 潮位観測施設の新増設等

津波発生判断の精度向上のため、順を追って、次のような潮位観測に係る改善を図る必要がある：①海岸部にある既存の潮位計のデータ利用体制整備の推進、②津波警報予想の信頼性の向上及び発表後のリアルタイム更新のための実況把握（モニタリング）機能整備の推進、③同じく潮位観測点配置の適正化・増強。

(2) 津波警報判断・伝達の改善

1) 警報発令体制の改善

近年発生が危惧されている近地津波を想定する場合、現行の警報発表プロセスを短縮し、沿岸住民への警報伝達の速報性を確保する必要がある。そのため警報判断プロセスの自動発令を導入するなどの改善を図る必要がある。

地震津波観測機関が 24 時間体制でないことを踏まえ、タイミングに依存せず着実に津波警報を発表するため、機会を捉えて、SINAPROC の担当職員に、津波警報に係る基本知識や Web のある情報の見方の習得の機会創出することが必要である。

2) 住民への警報伝達ルートの確保

警報伝達は SINAPROC コミュニケーションセンターから州 SINAPROC へ VHF 無線による一斉発信、メールで等でも配信され、州から市へは携帯及びメールで伝達される。しかし市からコミュニティレベルへの伝達ルートは整備されておらず、手順も定められていない。太平洋沿岸部、カリブ海ともに津波の危険性が高いとされており、コミュニティへの確実な伝達手段を確立する必要がある。

(3) 地震・津波防災施策の推進

1) 地震リスク評価のためのデータの整備

地震リスク評価のための建物構造形式等に関する建物インベントリデータ、フラジリティ曲線などの基本データの整備が必要である。

2) 耐震施策の推進

CAPRA リスク評価の成果及び RESIS II プロジェクトの経験を生かし、地域の地震リスク評価の実施、合わせて耐震設計、耐震補強等住民防災意識の向上、コミュニティ防災活動を推進する必要がある。

3) コミュニティレベルの津波防災体制の確立

2012 年 9 月 5 日 (現地時間) のニコヤ半島 (コスタリカ) でのマグニチュード 7.6 の地震・津波の発生により、近地津波及び中米地域での地震・津波の発生が危惧されることから、沿岸コミュニティの津波避難対策に資する津波ハザードマップの公表、それらを活用した避難計画の立案が求められている。

2.6. ホンジュラス

2.6.1. 基礎情報

(1) 各国基礎情報

ホンジュラスにおける基礎情報は以下の表の通りである。

表 2.6.1 ホンジュラス基礎情報

項目	内容	出典
人口	809 万人	2013, World Bank
GDP	185 億 5,000.万 USD	2013, World Bank
面積	112,090 km ² (内、陸地面積 111,890 km ²) (内訳)耕作可能地 9.07%、農耕地 3.91%、他 87.02%	2011, CIA World Fact Book
行政区分	18 Department	CIA World Fact Book
地形・地質	国土の 80% が山地で、平地は海岸線に長く細く続いている。	CIA World Fact Book Library of Congress Country Studies
気候・気象	低地は亜熱帯、山地は温暖気候。カリブ海側の低地は他の地域と比べて高温多湿。5月から9月が雨季。	CIA World Fact Book Library of Congress Country Studies

(2) 自然災害基本情報

ホンジュラスは、ハリケーンや熱帯低気圧が引き起こす洪水、地すべり、土石流の被害が深刻である。歴史上の主な地震を見ると、ニカラグア、グアテマラ等周辺国に比べ記録に残る地震被害は相対的に少ない。近年で被害を受けた地震は 2009 年 5 月 28 日に大西洋海域の北米プレートとカリブプレートの境界で発生したマグニチュード 7.1 の地震である。この地震は約 1,000 棟以上の建物に被害をもたらし、それに、橋梁の被害、液状化にも引き起こした。

2.6.2. 防災政策、計画、組織体制

(1) 防災行政（政策・組織）の現況

1) 防災に係る政策的枠組み

ホンジュラスにおける防災に係る政策的枠組みは以下の表の通りである。

表 2.6.2 ホンジュラス防災に係る政策的枠組み

種類	名称	関連する内容
政策	国家防災政策(2013)	災害に対する強靱性向上のため、リスク低減、予防、対応、啓発・訓練に関する戦略指針を示す。
法	SINAGER 法(法律 151-2009)	国家システム調整役として COPECO を規定。災害リスク管理のための予防、応急対応、復旧・復興の計画的実施、予算措置、補償を規定している。
計画	未策定	

2) 防災に係る組織的な枠組み

【1】組織体制の枠組み

国レベルの防災対策、計画の立案、警報の発令は、SINAGER 法に基づき、国家災対策常設委員会 (COPECO) が担っているが、地震・津波、気象観測も担っている。地方の防災対策は、地域レベルでは Regional COPECO (地域 COPECO)、市レベルでは市緊急対

応委員会（CODEM）が担い、コミュニティレベルでは地区緊急対応委員会（CODEL）が担っている。

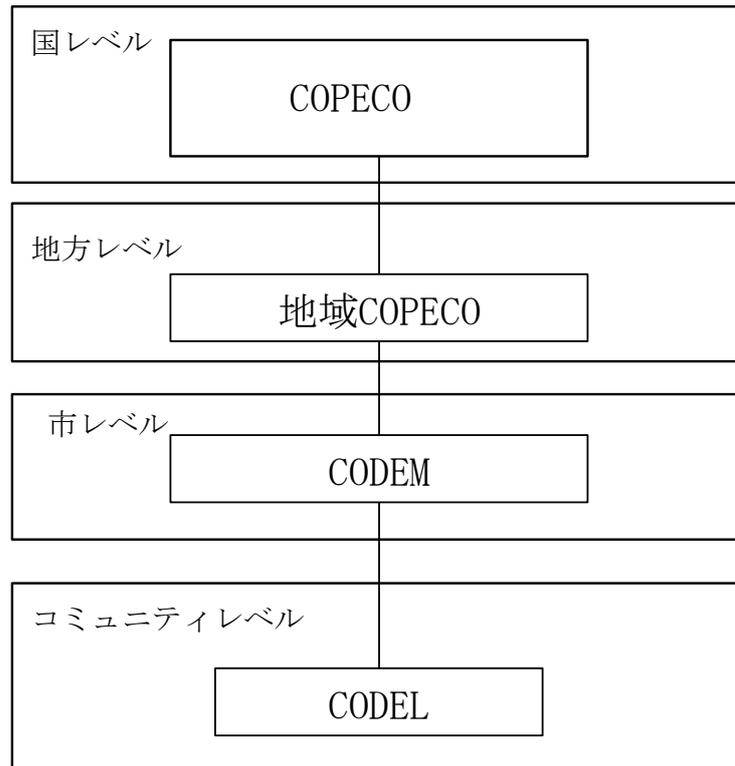


図 2.6.1 主要防災機関の組織体制(ホンジュラス)

【2】地震・津波防災に係る役割分担

COPECO は地震活動及び津波の監視を行うとともに、防災機関として警報レベルの判断、関係機関への伝達を行う。

【3】CATAC への期待

COPECO は、地域地震、近地地震については PTWC への依存から脱却したいと考えており、CATAC から津波発生判断に関わる地震・津波情報を速やかに入手できるのではないかと期待は大きい。CATAC の研修については、地震パラメータの算出方法、観測所のメンテナンス、地震・潮位データ収集方法、CATAC からの情報の入手、活用に関するテーマを期待している。地震データはすでに SeisComP を通じて INETER と共有している。

(2) 国家レベルにおける地震・津波対策の優先度、関連法制度における位置づけ

COPECO では、今までは地すべり、洪水対策に主眼をおいていたが、津波は発生すると特に太平洋側では、チリ地震、また 2011 年の日本の地震に見られるように巨大地震であることが希ではなく、被害が大きい事例が見られてきていることから、早期警報発表の対象災害に地震、津波を加えた（以前は地すべり、洪水が対象）。今後は津波発生判断に関わる地震・津波情報を速やかに入手したいとしており、CATAC への期待は大きい。CATAC の研修については、地震パラメータの算出方法、観測所のメンテナンス、地震・潮位データ収集方法、CATAC からの情報の入手、活用に関するテーマを期待している。

(3) 防災関連予算配賦状況

2015年度でみると COPECO の予算は約 81 百万レンピラ (約 3.8 百万 USD) で、内訳は約 48%が人件費、約 48%が施設・機材の維持管理、通信費、約 4%が消耗品費となっている。地震・津波観測機器の保守にあてられる機器・保守点検費は COPECO 全体で約 5 万レンピラ (約 2,300USD) となっている。

(4) コミュニティレベルでの防災活動の内容

コミュニティレベルの主要防災組織として、SINAGER 法で定められる地域非常事態委員会 (CODEL) がある。各国ドナーや NGO 他組織の支援、協力のもと、下記のようなコミュニティ防災対策が行われてきている。

- ・ 地すべり・洪水の危険地区を有するテグシガルパ市 CODEM は JICA による 2001 年・2002 年の調査結果を踏まえ、JICA プロジェクトで断層地すべり対策を 2 地区で実施。また、住民教育の一環としてリスクマップを作成。
- ・ 災害時の子供の保護活動に取り組む Plan International は活動拠点の一つをホンジュラスにおいてコミュニティ支援にも配慮した活動 (各 CODEM と連携)

(5) 地震・津波災害に係る教育機関での防災教育状況

教育省が社会・科学の授業に防災教育を含めるカリキュラムを 2008 年に制定しているが、教師への研修は約 30%に留まっている。

2.6.3. 地震観測と地震防災への取り組み

(1) 地震防災の管轄官庁・関係機関

ホンジュラスの地震観測、地震警報発信は COPECO が行う。COPECO は自然災害、人為災害を 24 時間監視、発信するとともに、災害発生時の緊急対応、政府各部門間の調整も行っている。耐震基準はホンジュラス土木エンジニア協会 (CICH) により制定される。

(2) 地震観測能力

1) 地震観測体制

地震観測は、COPECO 監視部の国家モニタリングセンターにおいて 9 人体制で、3 交代 (9 時—17 時、17 時—21 時、21 時—翌日 9 時)2 人当番により 24 時間体制で行われている。COPECO は自前の地震観測システムが不安定であることから、安定した自前の震源情報がないため、ニカラグア INETER、エルサルバドル MARN の Web にある情報や、CISN の地震警報システムを用いて USGS の地震情報を監視している。

2) 地震観測網

ホンジュラスの地震観測は USGS の支援で 2000 年に広帯域地震計 1 台を設置したことにより始まった。その後、DIPECHO の支援で 2002-2005 年に 6 台の短周期地震計が設置された。2012 年にはスペイン国際開発協力庁 (AECID) の 20 百万ユーロの借款で短周期地震計 10 台を設置し、データ収集・震源計算・情報発信ソフトウェア SeisComP を導入した。その際、地震計の設置工事は OSOP に委託して実施され、地震計と SeisComP の 2 年間の保守契約もなされた。保守契約金額が年 2 千 USD、その中に研修年 2 回、全観測点の保守点検年 2 回が含まれていた。しかし、その保守契約期間が 2013 年で終了、技術、予算不足により、観測機材は保守されず、機能していない地震計や、設置場所の問題でイ

インターネットに接続できない地震計がある。また、地震観測点 3 箇所が荒らされ、1 箇所が近隣火災の影響で焼失し、機能しなくなっている。

現在の地震観測網は、10 台の短周期地震計と USGS が整備した広帯域地震計 1 台計 11 台で構成されている（図 2.6.2）。

震源・マグニチュードの計算は、これらの地震計の波形データをリアルタイムにインターネットを通じて収集し行われる。

WB のプロジェクトとして、新たに地震計 10 台の設置が計画されている。COPECO は短周期地震計 8 台、広帯域地震計 2 台を希望しているが、予算の関係で広域地震計の導入についてはまだ決まっていない。なお、国家モニタリングセンターでは国外の地震波形もインターネットを通じて参照できる環境にある。

3) 観測データの処理

観測データの処理は SeisComP により行う。現状では、保守期間が切れ、SeisComP が正常に機能しないことがある。SeisComP は稼働しているものの、震源計算等の観測データ自動処理が行われていないことがあるため、保守契約予算の確保、あるいは地震計の保守維持能力、SeisComP の運用技術の取得は COPECO の喫緊の課題である。

COPECO の地震観測網の詳細を下表に示す。

表 2.6.3 COPECO の地震観測網の内訳

地震計種類	データ収集方法	合計台数	運用中台数	休止中台数	リアルタイム利用台数	CATAC で利用可能な台数
短周期地震計	リアルタイム伝送	10	10	0	10	10
	現地収録	0	0	0		
広帯域地震計	リアルタイム伝送	1	1	0	1	1
	現地収録	0	0	0		
強震計	リアルタイム伝送	0	0	0	0	0
	現地収録	0	0	0		
合計	リアルタイム伝送	11	11	0	11	11
	現地収録	0	0	0		

4) 地震情報発信

COPECO は、上述のとおり、国内地震観測データ処理システムの不具合でマグニチュード計算ができない状況が発生するため、CISN の地震情報監視ソフトを用いて USGS の地震発生情報を常に監視するとともに、USGS の地震情報自動配信サービスにも登録している。また、INETER 及び MARN の Web サイトなども監視に利用している。国家モニタリングセンターは、ホンジュラスに被害を生じさせる可能性を有する地震について、震源の位置やマグニチュードとともに、震源に近い集落の名前と震源からの距離の情報を、電話及び電子メールで COPECO の早期警報担当部署(SAT)に送付する。SAT はその地震情報を、ホンジュラス国立自治大学地球科学研究所 (UNAH-IHCT) の地震専門家に送り評価を受ける。その結果を踏まえ、必要な場合は警報委員会を招集し、地震警報の発表について判断する。

なお、COPECOには地震専門家がない。またSATはチーフ1人体制であり、そのバックアップ体制構築に向けて、国家モニタリングセンターの職員のうちの1人に対しSATチーフの代理が務まるように実務経験を積ませている。一方、ホンジュラス国立自治大学は地震観測網がなく、リアルタイムに震源計算はしていないため、報告された震源・マグニチュードの信頼性の評価は、震源と既存断層の位置、歴史地震の震源分布等との比較、可能な場合は公表されている地震波形における相の読み取りやすさなどの特徴分析によって行われている模様である。場合によっては、発生した地震が将来のより大きな地震に結びつく懸念や余震活動の見通しについても評価される。

COPECOは地震発生の状況に応じて、表2.6.4に示すとおり、地震警報を発信する基準が整備されている。即ち、赤警報になる可能性がある地震については、COPECO警報委員会を準備対応部長が招集し、そこで警報レベルの判断を行う。警報委員会のメンバーは、準備対応部長、防災部長、オペレーションセンターチーフ、SATチーフ、法務事務局長の5人から構成される。同委員会委員長である準備対応部長は、COPECO長官に同委員会の判断結果を報告し、その判断に基づく警報発表については長官が判断する。地震警報が発表される場合、同委員長及び広報担当は、国家モニタリングセンター当番者の支援も受けつつ、COPECO地方事務所、マスコミ等へ地震警報を送る。

表 2.6.4 地震警報の発信基準(出典:COPECO)

緑警報 	<ul style="list-style-type: none"> - 一日以上の期間で太平洋地域にマグニチュード 3.5 以上の地震を 10 回以上発生。 - ホンジュラスの市、あるいは県から 300 km 以内に震源があるマグニチュード 7.5 以上の地震が発生。
黄警報 	<ul style="list-style-type: none"> - ホンジュラスの大都市から 10 km 半径内に 1 時間内でマグニチュード 3.5 以上の地震 5 回以上発生。 - コスタリカ、ニカラグア、エルサルバドルとの国境地域にマグニチュード 7.0 以上の地震発生。
赤警報 	<ul style="list-style-type: none"> - ホンジュラスの太平洋海域にマグニチュード 7.0 以上の地震発生。 - ホンジュラス国土内マグニチュード 6.0 以上の地震発生。 - ホンジュラス太平洋側の県にマグニチュード 5.0 以上の地震発生。 - ホンジュラスの市の半径 10 km 以内に震源があるマグニチュード 4.5 以上の地震が発生。 - 県庁所在地で 0.1g 以上の加速度を記録。



図 2.6.2 地震計位置図(出典:COPECO)

(3) 地震リスク評価手法とその実態

ホンジュラスは中米地域のリスク評価プロジェクト CAPRA に参加しているが、建物、インフラ、ライフライン等のデータが整備されていないことや予算の関係で CAPRA を利用した地震リスク評価は実施されていない。今後、WB の支援でテグシガルパの上下水道の地震リスクを評価する計画があるが、具体化されていない。

(4) 地震に係るハザードマップの整備・活用状況

ホンジュラスは RESIS II プロジェクトに参加し、全国範囲の地震ハザードを評価した。その結果、再現期間 500、1000、2500 年の地盤最大加速度(PGA)と 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 秒の加速度応答スペクトルが得られた。再現期間 500 年の最大加速度分布を図 2.6.5 に示す。このハザード評価結果は 2014 年の耐震基準の地震動地域区分の見直しに利用された。また UNAH-IHCT では、USAID の資金でオコテペケ (Ocotepeque 県) ベレン・グバルチョ (Belen Gualcho) 市の地震マイクロゾーニングプロジェクトを実施しているが、結果は公表されていない。

(5) 耐震基準の整備状況・施行状況

ホンジュラスの耐震基準は 2000 年に初めて制定されたが、国会の承認が得られないまま 2008 年に改訂し、2010 年に国会承認が得られた。2008 年の基準ではホンジュラスの地震危険度を 6 つのゾーンに分けられた。カリブ海側の地震危険度が低く、設計地震動は 0.1g、太平洋沿岸の設計地震動は 0.35g である。この地震危険度ゾーニングは、RESIS II のハザード評価結果を受け、2014 年 3 月に更新された。更新後の地震動ゾーニングマップを図 2.6.6 に示す。ホンジュラスでは耐震基準ができたものの、現在では、テグシガルパとサン・ペドロ・スラの 2 つ大きな市のみ適用され、他の市は耐震設計に関する技術力がないため、適用されていない。建築物の建設許可は市役所が行う。大規模な開発は建築許可とともに天然資源省による環境許可も必要である。

空港、港湾等のインフラ及び電気、水道などのライフラインの耐震対策は行っていない。一方、耐震基準により、太平洋側地域の 50 年超過確率 10% の最大加速度は 0.5g にもなり、地震危険度は低くない。今後は、耐震基準に基づき、重要建築物、空港、港湾、橋梁及び電気、水道などライフラインの耐震診断、補強を含めた耐震化推進策が必要と考えられる。

(6) 大学等の研究機関、NGO の地震防災への取組状況

UNAH-IIHCT は防災文化の形成や災害メカニズムや予知といった研究と同時に、国内 7 カ所の地震観測点で地震の観測、災害記録の整理、ハザードマップの作成も行っている。また、大学のカリキュラムとして、防災の修士コースを開講しており、コミュニティ防災活動への参加も行われている。

2.6.4. 津波観測と津波防災への取り組み

(1) 津波防災の管轄官庁・関係機関

UNAH-IIHCT は IOC の津波 FP (TWFP) 及び津波 NC (TNC) に指定されており、COPECO は TFP 代理機関及び TNC 代理機関に指定されている。このうち、UNAH は、TWFP や TNC に、機関名でなく個人名を登録している。なお、責任体制の明確化や、津波対応の適正化の観点から、COPECO は TWFP への変更及び UNAH の機関登録への変更を望んでいる。

(2) 津波に係る観測体制

1) 津波観測体制

津波観測は地震観測と同様に COPECO 国家モニタリングセンターでの 24 時間体制が確保されている。しかし、地震観測システムは前述のように安定稼働が確保できておらず、結果として津波観測体制は実務的に不安定なものとなっている。

国家モニタリングセンターでの 24 時間地震津波監視は PTWC、USGS (CISN Display 地震情報監視ソフトを用いて USGS の地震発生情報を常時表示・監視)、ニカラグア (INETER)、エルサルバドル (MARN) 及び OSOP の Web 並びに地震観測所 11 箇所及び検潮所 10 箇所 (太平洋岸は 3 箇所) を監視している。加えて UNAH から科学技術的な評価を受け、これも利用している。

なお、SAT チーフ及び準備対応部長はハワイで、また国家モニタリングセンターチーフはメキシコ (2014 年 4 月 1 日~5 日; 遠地地震及び近地地震における行動プロトコルの作成について) 及びエクアドル (同年 6 月 2 日~4 日) で、それぞれ PTWC の研修を受けた (交通費は PTWC 提供)。国家モニタリングセンターチーフは、その研修結果に基づき、津波判定判断発表プロトコルを改訂したが、文書処理は作業途中である。

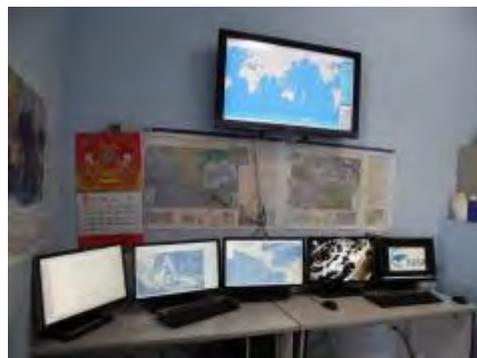


図 2.6.3 国家モニタリングセンター、上部のディスプレイが CISN Display の画面 (常時表示)

2) 津波観測網

現在稼働中の検潮所は 10 箇所あり、内 3 箇所（サン・ロレンソ（San Lorenzo）港のエネカン埠頭 1 箇所及びティゲ島（Isla del Tigre）の 2 箇所。図ではティゲ島の 2 箇所は重なって表示されている。）が太平洋岸、7 箇所がカリブ海側にある（図 2.6.9）。データサンプリングは、太平洋側は 1 分毎、カリブ側は 3 分毎である。観測方式は気泡式である。潮位データは、検潮所からインターネットで国家モニタリングセンターへ伝送するとともに、GTSL（全地球通信システム（GTS）のリンク）を用い、プエルトリコ経由で NOAA の気象海洋研究所に送られる。なお、San Lorenzo 近隣海岸では津波の経験はないが、2014 年 2 月に浸水高 7~9feet（2.5m 前後）の高潮があり、マルコビア市では海岸から 300m 内陸まで浸水した。なお高潮予報については、全国気象サービス（Servicio Meteorológico Nacional :SMN、現在は COPECO の傘下）が行っている。UNAH-IHCT では、カリブ海側 La Ceiba の潮位計（稼働中 10 箇所の一つ）で津波観測を行っている。

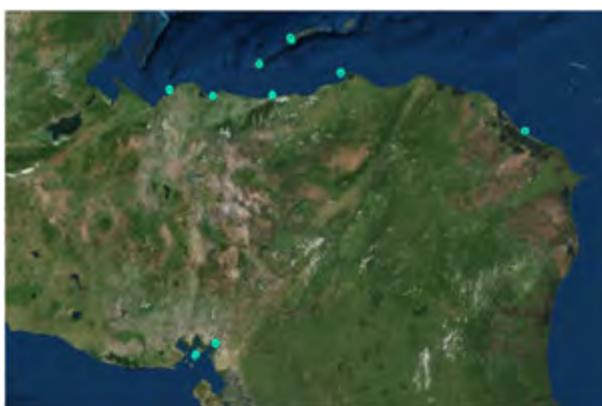


図 2.6.4 津波観測点配置図（薄緑色の地点。太平洋側の Isla del Tigre 島内の 2 箇所は重なって表示されている。）（出典：COPECO）

また、PTWC からは、COPECO は TWFP 代理機関と位置付けられていることから、津波情報が国家モニタリングセンターの共通アドレスに送付されてくる。また、UNAH は TWFP であることから、同様に PTWC から津波情報が送付されてくるものの、TWFP としての登録が前述のとおり個人名となっていることから、特定の個人のアドレスにのみ送付される。

3) 津波発生分析の状況

国家モニタリングセンターでは、近地地震及び地域地震については、津波発生分析をマグニチュード 6.0 以上で行っており、PTWC から提供される津波情報及び津波観測体制の節で述べた国外の機関の情報をを用いる。NASA のハリケーンセンターの Servinet も見ることもある。

これらを基に、SAT を通じて、UNAH-IHCT の技術的支援を受けつつ分析する。なお、UNAH は地震情報発信の節で述べたような評価分析を行っており、津波発生分析も含まれている。

一方、国外の機関の分析結果である震源・マグニチュードについては、USGS のものを最優先で利用する。それは、USGS が震源計算等に利用している中米地域での広帯域地震計の分布は他の機関に比べて充実しており、その処理結果がもっとも信頼できると判断しているためである。

時間的猶予がない近地津波については、自前の SeisComP による自動処理が利用される必要があるが、前述のように同システムの稼働状態が不安定であるとともに、現在マグニチュードについては自動計算されず、震源（緯度経度、深さ）のみが得られる状況にある。このため、遠地津波だけでなく、前述のように近地津波及び地域津波も専ら PTWC、INETER、MARN、USGS など国外の地震処理結果を津波発生判断に利用している。但し、沿岸部で強震が観測され、近地津波の発生の恐れがあり沿岸地域の住民の早急な対応が必要と見込まれる場合、PTWC の情報を待たずに警報を発表する。即ち、後述する警報委員会は、招集から開催まで 10 分を目途とするとともに、その結果である津波赤警報を速やかに発表する。この手順は、メキシコ、エクアドルで行われた PTWC の研修結果を踏まえて改良された津波発生判断発表プロトコル（図 2.6.12）に示されている。

一方、津波発生分析結果のリアルタイム更新・解除は、津波観測データを分析して行うことが必要であるが、それを行うプラットフォーム的な津波観測システムがない。このため、津波観測成果を津波発生予想のリアルタイム評価に取り込むことが難しい状況にある。

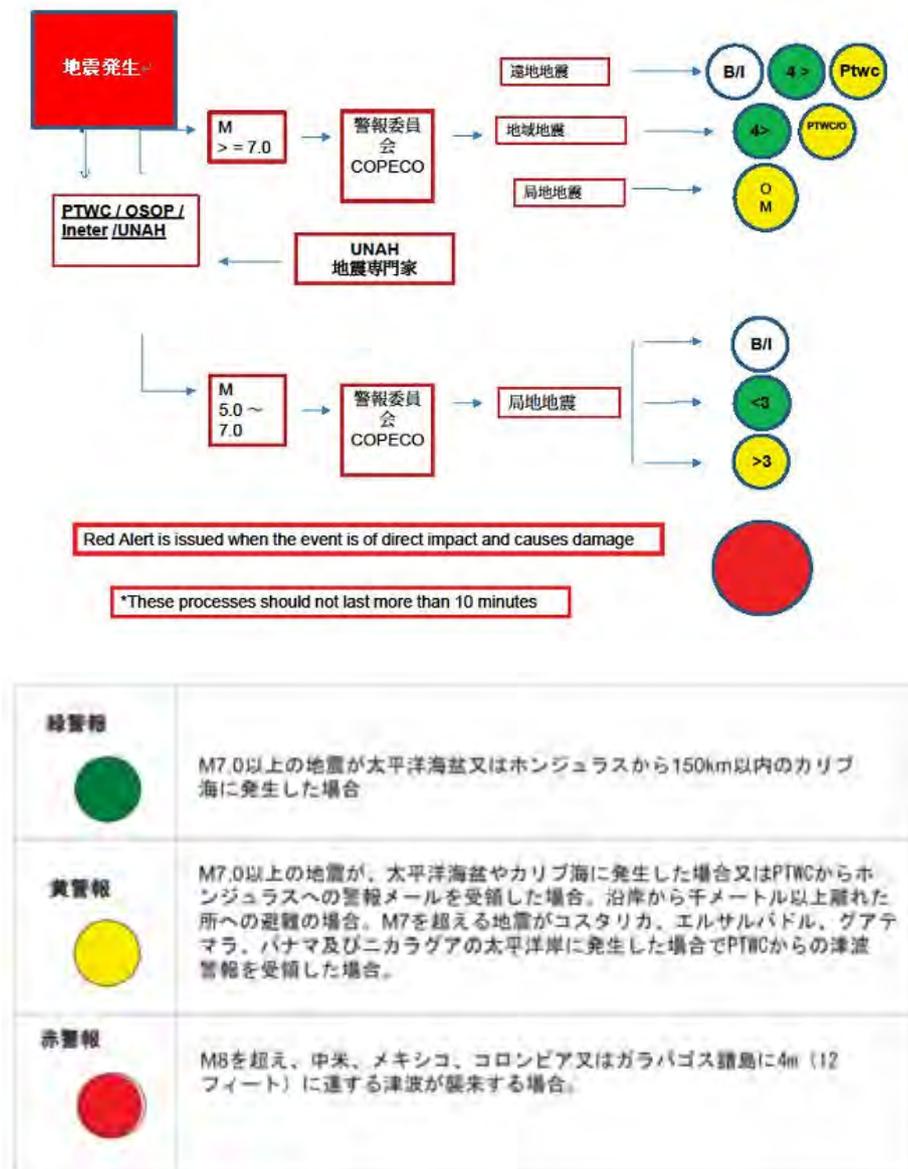


図 2.6.5 津波発生判断発表プロトコル(上図:作業の流れ。下図:警報基準)

4) 津波情報発信

津波情報は、地震情報の伝達経路と同様に、収集した地震情報に基づき、地震情報発信の手続きと同様の流れで実施される。

国家モニタリングセンターは、収集した情報を SAT チーフへ携帯電話又は無線で伝える。

SAT チーフは、UNAH-IHCT に、受信した情報を携帯電話及びメールで送付するとともに助言を仰ぐ。また、地震情報発信の節で述べたように、実務的に利用されているプロトコル（現在、対応計画を更新してこれを取り込む作業が行われている。）に従って、赤警報レベルの可能性がある場合については、準備対応部長が警報委員会を招集する。但し、近地津波や地域津波については、時間的な余裕がないことから、SAT チーフの判断で、警報委員会の検討結果を待たずに赤警報がレベルの警報発表が行われることもある。その際、同警報発表の適否に係る責任は警報委員会が負う。

なお、UNAH-IHCT は、Earthworm、SeisComP 等 3つのシステムで波形データを処理している。速度構造モデルは既設のもので、地域のモデルではない。津波襲来の経験がないので発生判断の基準はない。震源分布は USGS の情報で作成している。遠地地震は対象外である。発震機構解析、津波シミュレーションも行うが、ハザードマップ用である。技術的な判断は地震学の教員 3名が担当し、常時連絡がとれる体制となっているが、教育機関であり、行政的な責任は有しない。

5) 津波発生分析・情報発信の具体例

COPECO では、現在の体制での津波発生判断の経験はない。

図 2.6.13 は、2014 年 9 月 8 日 13 時 45 分（ホンジュラス時間）にホンジュラス国内の深さ 10 k m で発生したマグニチュード 4.8 の地震の例で、発生後約 1 時間経過して国家モニタリングセンターから SAT 等へ同日 15 時 05 分（ホンジュラス時間）に Email により送信された地震情報である。記載には「地域 I の副長官によると、サン・フアン・プエブロ（San Juan Pueblo；ホンジュラス北西部）では有感となったが、かすかな揺れが 3 秒続いた程度であった。これまでのところ被害は報告されていない。COPECO と INETER の地震観測網も示す」とあり、COPECO による自動震源計算結果及びニカラグア INETER が発表した震源情報に加え、震央が示された地図も添付されている。

(3) 津波インフラ整備状況

防潮堤は整備されていない。

避難路に関しては、各コミュニティでは脆弱性評価調査の中で避難所として指定（コミュニティセンター、ホテル、教会など）された建物への避難路が設定され、また緊急対応計画において避難体制が規定されている。

サイレンは、太平洋側のマルコビア市に 1 か所、カリブ海側のサンタフェ市に 1 か所、計 2 か所に設置されている。

(4) 津波警戒・避難体制

1) 警報伝達体制

COPECO の国家モニタリングセンターにおいて 24 時間体制で観測された地震・津波情報は SAT に送られ、警報レベルの決定後広報を通じて地域 COPECO に送られ、各市に伝えられる。

2) 警報伝達手順

SAT は前述の手順を経て決定された警報を広報へ伝達する。広報はメール、フェイスブック、ツイッターを通じて 7 か所の地域 COPECO、防災関係機関、マスメディアに伝達する。地域 COPECO は速やかに警報をメール、携帯電話、無線 (UHF。すべての市に配備されているわけではない) で CODEM の SAT に伝達する。各市は市長の承認を経て、CODEM・SAT からコミュニティ CODEL 委員長へ携帯ないしは無線 (VHF。一部配備) で伝達される。それを受けて CODEL メンバーは各地区へメガホン等で伝えることが主流となっている。一方、津波については、SAT の要請により、各コミュニティから海水位情報等の黙示観測情報を COPECO 中央に伝える体制が、訓練を通じて整えつつある。

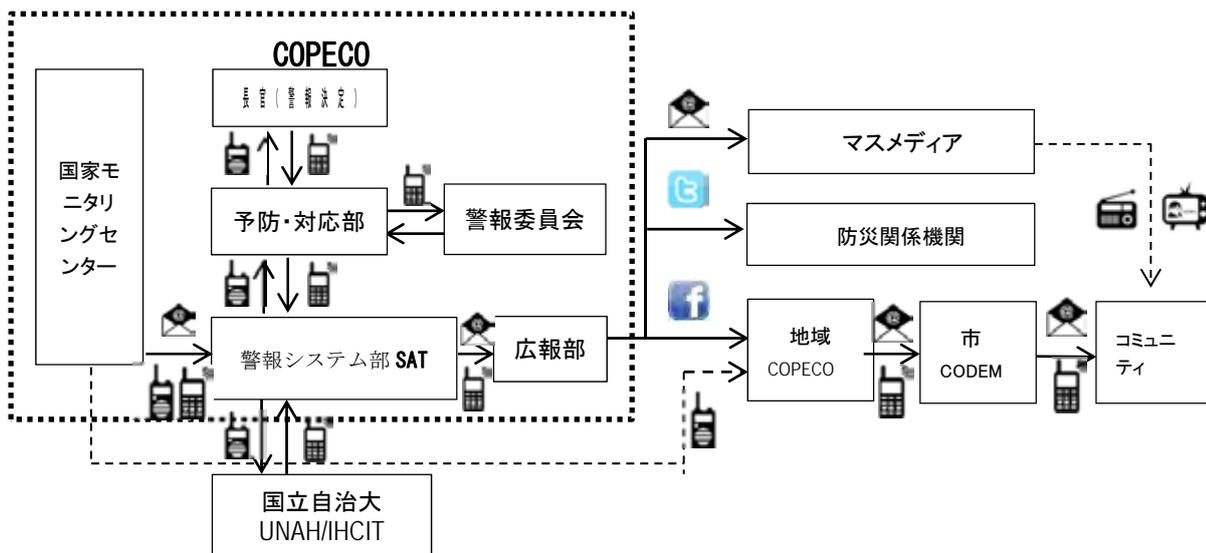


図 2.6.6 津波警報伝達体制図

3) 津波避難体制

近年、太平洋沿岸部のほとんどのコミュニティで、市 CODEM の支援により地域の脆弱性調査、緊急対応計画の策定が進められており、その中で避難場所の指定、警報の伝達、避難体制が規定されている。また津波避難計画の策定も沿岸のほとんどのコミュニティで終了しており、概ね年 1 回の避難訓練が実施されている。

(5) 津波リスク評価手法とその実態

COPECO では津波リスク評価はなされていない。なお COPECO は自治体、県、民間機関を問わず要請によって脆弱性調査を行うことになっており、今まで洪水、地すべり、地震を対象に実施してきたが、津波の要請は過去受けていない。

(6) 津波に係るハザードマップの整備・活用状況

COPECO では津波ハザードマップの作成は行っていない。なお CODEL での脆弱性調査を実施する際に、沿海部の低地を脆弱な地域として位置付けている。

(7) 大学等の研究機関、NGO の津波防災への取組状況

UNA-IHCT では、津波分析の技術的助言のほか、カリブ海側の Ceiba の 1 か所に設置した潮位計で津波観測を行っている。

2.6.5. JICA と他ドナーの支援状況

(1) 我が国の支援状況

我が国による地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.6.5 ホンジュラスの地震・津波災害対策に対する我が国の支援状況

スキーム	プロジェクト名	期間
技術協力	中米広域防災能力向上プロジェクト"BOSAI" Choluteca(Choluteca)市エル・オチョティヨ・ナマシグエ(El Ocotillo Namasigue)市サン・ラファエル・セントロ(San Rafael Centro),サンラ・イザベル・エル・トリヌホ(Sanra Isabel El Trinifo)市マタパロ・アリバ(Matapalo Arriba), サンタ・テレサ・マルコビア(Santa Teresa Marcovia)市ロス・ラニトス(Los Llanitos),グアピノル(Guapino),テグシガルバ(Tegucigalpa)市等をパイロット地区として防災能力強化が行われた。プロジェクト終了後も引き続き活動がみられる地区もあるが、単発に留まっており、他地区への波及が課題となっている。 テグシガルバでは 150 以上のサイレンの設置が計画されている。	2007-2012
国・課題別研修 (2010-2014)	コミュニティ防災	(6) 2011-2014
	中米防災対策	(20) 2010-2014
	防災意識の啓発	(7) 2012-2014

※国・課題別研修の () 内は参加者数を示す。

(2) 他ドナーによる支援状況

他ドナーによる地震・津波災害への支援状況は下表の通りである。

表 2.6.6 ホンジュラスの地震・津波災害対策に対する各ドナーの支援状況

ドナー名	プロジェクト名	サイト	実施機関	予算 (USD)	期間
	概要				
World Bank	Natural Disaster Mitigation – Additional Scale-Up Financing	61 自治体 が参加	COPECO	9 million	2007 -ongoing
	洪水、地すべり、干ばつ等を対象に、・洪水予測、早期警報システムの強化、・国レベル緊急対応、市レベルの応急対応機材、・脆弱性、リスク分析及び対策手法の研究の 3 つのコンポーネントが実施され、その過程で 61 の自治体でリスク分析及び減災計画が策定されている。				
NORAD	Earthquake Risk Reduction in Guatemala, El Salvador and Nicaragua with regional cooperation to Honduras, Costa Rica and Panama	ホンジュラス 全土	COPECO	2.4 million	2007 -2010
	地震ハザードと脆弱性、リスクの評価が「learning by doing」という理念に基づきホンジュラス全土の地震ハザードマップが作成された。				

2.6.6. 課題

(1) 地震・津波観測、分析能力の向上

1) 地震発生・津波発生判断技術の獲得

COPECO には地震、津波に関連した専門を有するスタッフがおらず、津波発生判断については、国内地震観測網を用いた自動計算結果、及び UNAH-IHCT の地震専門家の評価、並びに PTWC、ニカラグア、及びエルサルバドルの情報に実質依存している。このため、科学技術情報の内容に責任を有する国家モニタリングセンターに配置する職員について、地震、津波の基礎知識から発震機構、津波発生に至る技術を獲得する人材育成の体制の確保が喫緊の課題であり、また合わせて地震観測システムに関する専門技能を有するスタッフの確保を推進する必要もある。

2) 地震、津波情報把握・分析技術の獲得

現行では PTWC、USGS 等の情報のモニタリングは、経験に基づく基本情報を把握しているにとどまっている。今後は基本理論、観測技術の習得と合わせ、次の段階として、津波発生判断の信頼性（実用性）の安定性確保のため、発震機構分析の技術の習得、津波の実況分析のための潮位観測データの分析システムの整備が必要である。

3) 観測・分析機器の保守・維持の適正化

現在保守費用の不足から稼働していない地震計があり、今後も点検保守がなされなければ稼働台数は減少することになる。また SeisComP の保守契約が切れたことによる観測分析ができない状況も発生している。このため、機材・システムの維持保守を実施する職員の人材育成・確保又は予算措置によりこれら機材・システムの保守・維持の適正化を早急に図る必要がある。

4) 津波観測網の強化

津波発生判断の精度向上のため、近隣国の潮位計データのリアルタイム分析のための近隣国との協力体制の確保、及び自国の潮位計の安定運用体制の確保が必要である。

(2) 津波警報判断・伝達の改善

1) 警報発令体制の改善

近年発生が危惧されている近地津波を想定する場合、現行の警報発表プロセスを短縮し、沿岸住民への警報伝達の速報性を確保する必要がある。そのため警報判断プロセスに関し SAT の独自判断による警報発表等の改善策を講じる必要がある。

2) 住民への警報伝達ルートの確保

警報伝達ルートは COPECO 中央 SAT から COPECO 地域 SAT を経由して市 CODEM 市への伝達ルートは概ね確立しているものの、レピータの不都合で無線による通信が途絶えることがある。また市からコミュニティレベルへの伝達ルートは携帯と無線が基本となっているが、沿岸部で十分に確保されているわけではない。コミュニティへの確実な伝達手段を確立する必要がある。

(3) 地震・津波防災施策の推進

1) 地震リスク評価のためのデータの整備

RESIS の地震ハザード評価結果により、太平洋沿岸に近い地域の地震危険度が高いことが明らかになった。この地震ハザードに基づき、特に防災に関連する官公庁舎、病院、学校等の重要構造物、また、港湾、橋梁、電気、水道などのインフラ、ライフライン施設の地震リスク評価が重要であり、そのためのデータ整備が必要である。

2) 耐震施策の推進

ホンジュラスでは、2010 年に初めて耐震基準が制定された。その以前に建設された建築物、土木構造物はその基準に満たさないものが多く存在すると考えられる。地震災害を軽減するためには、優先順位をつけ、耐震施策の推進が必要である。

3) コミュニティレベルの津波防災体制の向上・維持

沿岸部コミュニティでは、脆弱性調査、緊急対応計画の策定が概ねなされ、津波の発生の警報に合わせた避難行動を規定している。しかし、CODEL から沿岸地域住民への伝達についてはコミュニティの事情に合わせた伝達手法がとられている。今後は、COPECO 中央からコミュニティ・住民へ迅速かつ確実に警報が伝達されるよう既存の伝達システムを改善し、訓練を着実に実施していく必要がある。

2.7. 中米地域の津波警報における CEPREDENAC の役割

津波警報関連において CEPREDENAC は次の役割を果たしている。

- ・中米各国の津波を含む災害対応計画策定の推進

津波に関する対応計画は、地震、津波、火山、ハリケーンなど他の対象災害と一緒に扱われてきていることから、津波に特化した対応計画を推進している。

- ・中米各国の津波警報発表体制の整備の推進

中米では、水文、気象、火山、地震の専門家が一定数いるのに比し、津波は少ないため、津波専門家同士の交流機会を設けるなど専門技能の向上のための支援を行っている。水文気象の専門家は地域水資源委員会を組織しているが、地震津波はそのような専門家組織を持っていないことから、組織力の向上を推進することが望ましいと考えている。

また、CEPREDENAC は、津波警報関連で、過去に以下のような対応をしてきた。

- ・2013年11月、CEPREDENAC は、津波モニタリング及び早期警報をテーマとして、代表者諮問委員会をニカラグアのコリントで開催した。会議の結果、津波警報発信システムの運用は、各国個別に行うより、地域としてシステムをまとめた方がよい(効率的、経済的)との結論を導き出した。これは CATAC 設立の方向性にあつたものである。なお、この会合では、コリント港の早期警報システムの見学会も実施した。
- ・2014年6月、SICA (CEPREDENAC の上部組織) は、国元首及び政府定例会議を、ドミニカで開催し、ニカラグア大統領の提案に沿って地震観測に関する地域協力に合意した。また、2015年2月に開催予定の CEPREDENAC の代表者諮問委員会で、CEPREDENAC の「CATAC 構築への関与」などについて話し合う予定となった。

なお、CEREDENAC は、中米6か国(グアテマラ、エルサルバドル、ホンジュラス、ニカラグア、コスタリカ、パナマ)の共同体として運営されており、それら6か国の防災機関の長からなる代表者諮問委員会を設置している。CEPREDENAC はその事務局として、同委員会の決定事項を実施することになっている。同委員会は年4回定例会議があり、各国持ち回りで開催される。CEPREDENAC の主な活動は、(1)中米総合防災政策(PCGIR)の実施と、(2)防災文化の推進、普及である。防災文化の推進・普及では、防災に関するキャンペーンやコミュニケーションによる情報の共有等を行っている。

CATAC に対する国際支援機関からの支援がある場合、内容によっては CEPREDENAC の調整を経て実施されることが想定される。

3. CATAAC の設立状況と今後の課題

3.1. CATAAC に関する UNESCO/IOC－ICG/PTWS 等での検討経緯

UNESCO/IOC では、CATAAC の設立については、2011 年の IOC 会議で本格的な議論が開始された。2014 年 9 月の IOC 中米津波会議では、CATAAC の津波警報発信機能発揮に必要とされる「米全域をカバーする地震観測ネットワーク」の強化に向けた「中米地域地震観測ネットワーク」の設置が了承された。この進展を踏まえ、IOC はニカラグアへの CATAAC 設置を支援することになっている。但し、関わり方は IOC パリ本部の決定に委ねられている。なお、2011 年の IOC 会議においてニカラグアから提出されたプロポーザルには、JICA からの技術・資金面の支援についての要請が含まれていた。

CEPREDENAC は、ニカラグアについて、中米の他国に比べ津波警報に関し、技術的に先行していると認識している。また、CATAAC をニカラグアに設立するという点については、2009 年の代表者諮問委員会で話題となったが、政治的な側面で各国の調整不足があり、CEPREDENAC でのその承認に時間を要している。また、6 か国の TWFP・TNC 間で合意はあったが、6 か国の技術機関（主に TWFP）の協力内容については未定となっている。

一方、INETER は、CATAAC が津波警報発信機能を着実に発揮するために、中米全域をカバーする地震観測ネットワークの強化が必要と認識している。このため、中米 6 か国の地震観測網の利用を推進するため、「中米地域地震観測ネットワーク」の設置を、2014 年 4 月にニカラグア大統領に提案し、大統領の承認を受けた。2.7 で述べたように、2014 年 6 月にドミニカ共和国で開催された SICA 定例会議（SICA 国元首及び政府定例会議）で、ニカラグア大統領がその設置を提案し、地震観測に関する地域協力について合意された。その後、上述のとおり、IOC 了承及び CEPREDENAC 合意となっている。また、2015 年 2 月に「中米地域地震観測ネットワーク」を検討する技術委員会を中米 6 か国の地震・津波専門家により設立・開催することとなっているが、設置場所はまだ決まっていない。なお、「中米地域地震観測ネットワーク」としての地震観測網は中米の地震観測網に加え、中米に隣接するメキシコ、コロンビアの地震観測網を加える予定となっている。またメキシコのデータ利用は一部合意が得られ、コロンビアのデータ利用については今後協議する予定である。「中米地域地震観測ネットワーク」が利用する予定の地震計とそれを所有する機関の一覧を表 3.1.1 に示す。なお、将来的にはこれらが CATAAC で利用されることが想定されている。

表 3.1.1 中米及びその周辺国において地震観測網を運営している機関名及びそれらが運用している地震計の概数一覧(出典:INETER)

COUNTRY	Institution	Quantity
		TOTAL APPROXIMATE
Guatemala	1 INSVUMEH Http://www.insivumeh.gob.gt/estaciones_sismologicas.html	20
	2 UMG (Universidad Mariano Galvez) http://in3.umg.edu.gt/	20
El Salvador	3 MARN Http://www.snet.gob.sv/ver/seismology	95
	4 COPECO	20
Nicaragua	5 INETER Http://webserver2.ineter.gob.ni/geophysics/sis/monitor.html	75
	6 OVSICORI Http://www.ovsicori.una.ac.cr/systems/SAES_MAPA/pages/map.php	40
Costa Rica	7 RSN (UCR-ICE) http://www.rsn.ucr.ac.cr/index.php/seismology/network-seismic	55
	8 LIS (UCR) Http://www.lis.ucr.ac.cr/clase_index/tv/googlemaps/estaciones_activas_v2.php	90
Panama	9 IGC-UPA Http://www.panamaigc-up.com/ http://www.osop.com.pa/wp-content/uploads/2013/09/congreso_geo_2013.pdf	60
	10 Panama Canal http://micanaldePanama.com/	10
NETWORKS OUTSIDE OF CENTRAL AMERICA		
Colombia	Geological Service Colombian http://seisan.sgc.gov.co/R_CNS/index.php/network-of-stations/map-of-the-stations	70
	OSSO-Universidad del Valle http://osso.univalle.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=106	15
Mexico	National Seismological Service http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/red_sismologica.jsp	54
	SASMEX Http://www.cires.org.mx/sasmex_es.php	
	University of Sciences and Arts Chiapas http://www.cmvs.chiapas.gob.mx/seismology	

3.2. CATAC の想定業務概要、関係国との連携体制

エルサルバドルの CATAC への期待：MARN/DGOA は、津波に関する分析の実施能力を有しているものの、観測、警報発信に関しての経験が浅いため、特に地域地震による津波についての警報発表に対する CATAC への期待は大きい。また、津波発生判断に用いる地震・津波観測システムのバックアップ機能としての CATAC への期待もある。

グアテマラの CATAC への期待：津波警報を発表する 24 時間体制の防災機関は、地震情報については自動計算によるものに頼っており、また津波発生判断に関しては PTWC の情報に多く依存していることから、地域地震について CATAC からの情報発表に期待している。但し、CATAC への経費的な協力には制約がある。また、CATAC で研修がある場合、①津波発生論、例えば、津波のモデル化理論、②津波被害を受けやすい地域の作成やそのモデル化をそのテーマとして期待している。これを通じて、地震学及び海洋学の技官の養成がなされることを期待している。

コスタリカの CATAC への期待：津波警報を発表する 24 時間体制の防災機関は、地震情報については、自動処理結果に依存しており、また、津波発生判断については、PTWC からの情報や 24 時間体制ではない SINAMOT との電話でのやりとりに依存している。このため、津波発生判断の実務担当である SINAMOT としては、地域地震について CATAC からの情報発表に期待している。また、CATAC で研修がある場合は、SINAMOT としては、CATAC の役割、CATAC 機能発揮から期待できる内容及び同機能の限界について講習してもらうことを期待している。

パナマの CATAC への期待：IGC-UPA としては、ニカラグアは経験があり、CATAC をニカラグアに置くことは賛成である。また、CATAC の設立に関連した研修があるのであれば、日本の「津波予報における信頼性向上」や「発表時間の短縮化」の経験の内容を期待している。なお、PTWC での研修は 1 週間であり、内容は潮位を監視するソフト、警報伝達、現業対応などであった。

一方、津波警報を発表する責務がある SINAPROC としては、現在の津波警報発表体制における短所である「津波発生 of 技術的判断を行う IGC-UPA が 24 時間体制でなく、Web 情報に依存していること」を踏まえ、CATAC が設立され、その運用が開始されることで 24 時間体制の津波の判断ができるようになることを期待している。また、津波警報に係る基本知識、Web 情報の見方、及び CATAC から提供される情報の読み方を IGC-UPA とともに受講することを期待している。

ホンジュラスの CATAC への期待 : PTWC に依存せず、中米地域で分析された津波情報を使いたいと願っており、CATAC への期待は大きい。研修については、技術的な内容についての対象者としては地震・潮位観測点の運用職員、並びに TWFP 及び TNC の職員とする。そのテーマについては「地震の解釈の仕方」、「地震パラメーターの算出方法」など基礎的な理論から「観測所のメンテナンス方法」、「地震潮位データの収集方法」、「CATAC の発する情報の受け方」など実務的な内容まで要望している。

各国の課題、上記 CATAC への期待を踏まえると、CATAC の有すべき役割・機能として以下のものが想定される。なお、その機能発揮を確かなものにするための CATAC から発する情報の伝達先について、図 3.2.1 に、その利用機関を想定して整理した。

- ・遠地津波に関し、CATAC においては PTWC の情報を参照しつつも、中米地域における到達時刻、高さの予測のための補正情報の発信。
- ・中米地域で発生した地域地震について、それによる地域津波の発生、到達、高さの予警報の発表。
- ・各国の近海で発生した地震による津波は警報が間に合わないことが想定されることから、正確な震源情報の分析、結果の速やかな伝達。
- ・2014 年 9 月の ICG/PTWS 第 3 回ミーティングでは、INETER から CATAC の想定されるタスクが「24 時間体制でリアルタイムモニタリングし、最短の時間内で地震パラメーターを自動的に決定する。潮位計、DART の海面変動のデータを収集、津波の到着時間と沿岸の津波高さを計算し、地震発生後 5 分以内に津波警報を発信する」と提案された。

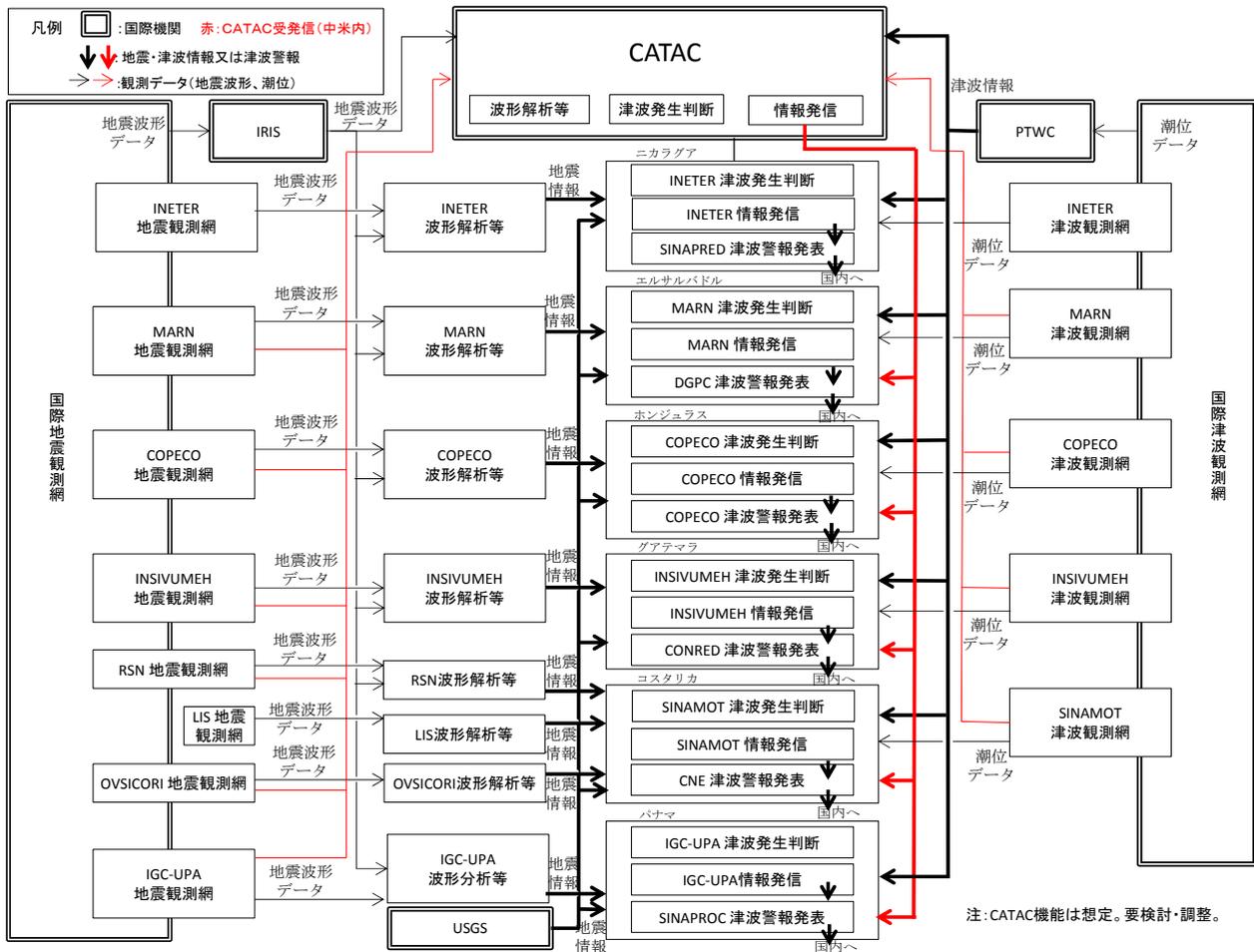


図 3.2.1 CATAAC から出される情報の利用機関への流れ

3.3. CATAAC に対する INETER の運営方針、組織体制、津波警報発表基準の整備状況

2014 年 9 月末の IOC 中米津波会議に、基本的な目的、能力、職務、生産物その他の地域の地域津波警報センターで行われてきている内容を踏まえた INETER の運営方針を示している。しかし、現状では、まだ具体的な計画は立てられていない。

3.4. CATAAC の運用における関係国への人材育成計画

現状では具体的な計画は立てられていない。

3.5. CATAAC の運営、技術能力に想定される課題

CATAAC 機能を発揮するためには、INETER における課題のうち、設立から 2～3 年の当面の対応策に関する短期的課題、おおむね 3 年以上先の中長期的な課題を以下に記載する。なお、INETER に所属する職員の中には、既に所要技術を取得している者もあり、研修での講師役への活用等も考慮していくことが必要である。

3.5.1. 短期的な課題

(1) 震源計算の改善による地震分析力の向上

地震波構造モデルを地域に応じたものにすることによって、中米の地震の震源決定精度の改善を図ることが必要である。また、津波発生判断のための震源計算に用いる観測点選定の基準を対象領域に応じて最適化することによって、中米の地震の震源決定精度の改善を

図ることが必要である。さらに、震源・マグニチュードの誤差評価を実施することで、これらの信頼性向上や精度の改善の方向性を把握することが必要である。

なお、既に国内で実施されてきている地殻構造調査について、その実施目的に地域の地震波構造モデル構築を加える方向となるよう、これを支援することで、その調査結果を地震波構造モデルの信頼性向上に活用できるようにすることが望まれる。

(2) 発震機構解析手法の導入

初動データによる発震機構のリアルタイム分析を導入することによって、中米における津波発生判断の精度を向上させることが必要である。また、この手法による発震機構の推定精度が大地震では高くないことから、次のステップとして、その精度が高い CMT 解析の導入が必要である。

(3) 津波発生判断技術の獲得

中米を対象とした自動計算に利用する SeisComP について、マグニチュード計算に用いる観測点の選別及び観測点補正についてこれを適正化することで、津波発生判断の精度向上のための「マグニチュードの決定精度の向上」を図ることが必要である。また、次のステップとして、精度の高いモーメントマグニチュードを得るため前述の CMT 解析の導入が必要である。

(4) 津波の高さの予想及び到達時間の予想

中米地域に関わる津波では、PTWC の「予想」は粗く、地域の状況に応じた精度を有する「予想」が必要となっている。一方、この精度向上には、中米太平洋岸全域の詳細な海底地形の情報が必要であるが、これは未整備の状況である。このため、最良の水深情報を中米各国で持ち寄り、これを「予想」に取り込むことで、当面の「予想」（津波伝播計算）の精度向上を図ることが必要である。また、発震機構や CMT 解析結果を踏まえた津波発生分析（震源過程の把握）能力向上、並びに沿岸地形の分析によって、中米の津波の高さの予想精度の改善が必要である。さらに、津波観測成果を「予想」の更新に活用する観点から、震源過程把握能力や津波伝播計算技術の改善を図った上で、津波シミュレーションの準リアルタイム作業への導入を図ることが望まれる。

なお、これらの改善を通じて、津波警報の解除について、信頼性を確保しつつより早期に行える技術を取得することが望まれる。

(5) 既存潮位観測施設の改善

中米太平洋岸の既存の潮位計について、津波観測という側面から見ると、その運用が不安定であったり、データの質が不適切であったりしている。このため、その観測成果が津波の予報の精度向上に寄与しにくい現状がある。このことから、当面は、既存潮位計の安定運用体制の整備、そのデータ取得・伝送の適正化を進めることが必要である。

(6) 中米地震・津波観測ネットワークの適正化

中米各国の地震・津波観測点の配置及びデータ交換に関し、次の2つの観点から最適化を図る必要がある： a 観測網が通常通り機能する状態において大地震の震源・マグニチュードの計算結果が所要の精度で得られること、 b 地震・津波発生による観測網の障害がある状態において余震等の震源・マグニチュードが所要の精度で得られること。これらのごとに関し、日本等の先行事例を踏まえた技術の習得が望まれる。

(7) 津波発生判断技術の改善

津波発生・伝播の技術（物理）の習得（理解）に合わせ、中米太平洋沿岸を震源とする地域地震を対象として、作業の優先順位や作業手順を明確にした上で、津波発生の判断に活用する津波データベースの構築を進め、発生判断が効果的に行えるようにする必要がある。なお、優先順位づけに関しては、津波発生可能性の多寡、津波襲来による影響の多寡等に応じた、震源域や津波襲来地域に関しての優先順位づけが想定される。また、作業手順に関しては、データベース作成資源（計算環境、実施人材等）の確保、計算に必要な想定震源の地震学的特徴の分析の進展、中米沿岸域の所要水深データの確保などの準備作業のスケジュール作成が想定される。

(8) 地震津波情報の中米6か国への提供体制の適正化

CATAC 及び北西太平洋津波情報センター（NWPTAC）での地震・津波観測の分析経過で得られた知見について、これを中米6か国で共有するシステムの構築が必要である。その過程で先行して経験を積んでいる NWPTAC 等の知見をより早期に共有し、CATAC 機能強化の進展に合わせ各国のプロトコルの改善に至ることが望まれる。また情報の提供が適正になされ、改訂されたプロトコルが適切かどうかの検証を目的とした6か国の合同訓練を行い、適正化の評価を行っていく。

(9) 6か国の課題への対応

CATAC における地震・津波観測の経験、知見の蓄積を、その機能発揮時点以降生かすため、その蓄積や日本をはじめとする先行機関の経験を、前項で構築したシステムを用い、中米各国の実情を反映した課題に応じて、各国の地震津波分析能力の向上を図ることが望まれる。

3.5.2. 中長期的な課題

(1) 地震・潮位観測施設の新増設等

中米における地震・津波観測の精度向上のため、地震観測点配置の適正化の検討、またその結果に応じた対応が望まれる。特に津波観測については、中米における津波警報発表後のリアルタイム更新に利用する観点からの観測点配置の適正化の検討、またその結果に応じた対応が望まれる。

(2) 海底地形の詳細の把握

中米地域に関わる津波の高さや到達予想時間の精度向上をより確かなものにするため、中米太平洋岸全域の詳細な海底地形が必要であり、沿岸海底地形調査とその整理を推進することが望まれる。

3.6. CATAC 承認のプロセス

(1) 現状

2014年9月にマナグアで ICG/PTWS の中米地域ワーキンググループ第3回の会合が開催され、その報告書では「The Working Group decided to support the efforts and progress made by Nicaragua for the creation of CATAC in the support of the ICG-PTWS and ICG-CARIBBE（原文はスペイン語）」との表現にとどまっている。

(2) 承認プロセス

現状では、あくまで作業部会レベルでの 6 か国合意であり、今後国レベル（実際には ICG/PTWS における各国の代表（TNC（Tsunami National Contact）：ニカラグアの場合 INETER の Director）間で合意し、①ICG/PTWS 総会で承認（approve）、② UNESCO/IOC 総会で endorse してはじめて、CATAC の発出する情報が公式のものとなる。

(3) 承認に向け必要とされる今後の活動

再度作業部会を開催し、CATAC の設立を決議（decide）、ICG/PTWS にこれを勧告（recommend）する旨報告書に記載、②この報告書を、2015 年 4 月の ICG/PTWS 総会（ハワイ）にて承認、③ICG/PTWS 総会の報告書を、2015 年 7 月の IOC 総会にて endorse というプロセスを踏むのが理想である。

作業部会の報告書に代えて、6 か国の TNC、もしくは津波警報発出に関わる機関（ニカラグアの場合、INETER と Co-Direcciones de SINAPRED）の責任者が署名した合意文書を添えて、作業部会名で ICG/PTWS へ上記勧告を行うこともオプションとして考えられる。

一方で、2015 年 2 月の CEPREDENAC 会合にて 2014 年 9 月の ICG/PTWS の中米地域ワーキンググループ第 3 回の会合の決定の批准をうけ、ニカラグア外務大臣より各国外務大臣に対して 2015 年 6 月の IOC/UNESCO 総会での決議に係る支援を要請していることから、この動向を踏まえ、整合を図りつつ、承認に向けた手順を選択・実施する必要がある。

4. 中米 6 か国の防災体制上の課題

中米地域の地震・津波防災体制に共通する課題としては、以下のものが上げられる。

(1) 津波警報体制のバックアップ体制の確保

中米各国は、津波発生判断に用いる地震・津波観測システムについて、次のような「障害」による運用停止の懸念を常に抱えている。計画的なシステム保守によるシステム停止、計画的な電源保守によるシステム停止、所在地直下の地震によるシステム障害、伝送システム障害によるデータ入手機能の障害。津波警報を着実に安定的に実施するためには、バックアップ機能が必要である。この観点から CATAC への期待も寄せられている。

(2) 津波警報に係る人材の確保・育成

中米各国は、津波発生判断に係る職員の確保が必ずしも容易ではなく、既存の国際的な研修制度の活用、国内での研修制度の構築、インターン制度の活用などで必要な能力を有する職員の育成を図り、確保してきている。この観点から CATAC 構築を通じて、中米全体を対象とした「津波警報関連の研修」実施への期待も寄せられている。

(3) 津波警報に係る機関のうち 24 時間体制でない機関の機能の支援

中米では、津波警報を発表する責務を有する機関は全て 24 時間体制となっているが、技術的な津波発生判断やそれに必要な地震情報を提供する機関が 24 時間体制でない国が多い。このため、そのような国からは、勤務時間外における CATAC 機能に期待が寄せられている。

5. 今後の協力の方向性

5.1. CATAC の地震・津波情報分析、警報発信能力強化に関する協力内容の提言

5.1.1. CATAC 支援の方向性の検討

上記課題（3.5 及び 4）の解決に向けて、CATAC が地域地震へ対応していくように支援していくことが求められるが、支援にあたってはニカラグア INETER の現条件下で早急に短期的に進めることと、その後を想定する中長期とにわけて設定する。

(1) 短期的課題に対する緊急的な対応

中米地域で発生する地震、各国近海で発生する地震による津波対策は、津波発生懸念が高い太平洋岸に面する中米においては、生命に係る喫緊の課題であり、現在の「資源」を有効に使った技術支援によって、短期的な課題解決に早急に取り組むことが必要である。

(2) 中長期的課題に対する事前対応

中長期的課題に中米各国が自ら検討することを支援する観点から、事前の準備の一環として、地震・潮位観測点の配置の適正化に関する検討の支援（経験の伝授）も行うことが必要である。

また、技術協力支援にあたっては、リアルタイム分析、警報発信等の実務技術だけでなくそれを確実に実施する上で不可欠な基礎的能力の不足も懸念されていることから、大学等 JMA 以外の機関による基礎的能力向上への支援も含めることが必要である。観測や分析の実務者による支援と大学等 JMA 以外の機関による支援に分け、効率的かつ効果的な技術移転を目指すことが必要である。

上記の観点から協力内容を以下に整理する。

表 5.1.1 支援の方向性の検討表

課題内容		協力内容の方向性		
		支援テーマ	支援事項	
			基礎的理論	実務技術
CATAC の課題				
短期的課題	震源計算の改善による地震分析能力の向上	<ul style="list-style-type: none"> 震源計算に地域の速度構造を利用 観測点の選択 誤差評価 	<ul style="list-style-type: none"> 速度構造モデル構築手法 モデル適用結果の評価・利用方法 	<ul style="list-style-type: none"> モデル適用結果のオペレーションでの評価 震源計算のオペレーションにおける改善経験
	発震機構解析手法の導入	<ul style="list-style-type: none"> 震源計算で観測点選択の考え方 初動発震機構の導入 CMT 解析の導入 	<ul style="list-style-type: none"> 初動発震機構解析の基礎 	<ul style="list-style-type: none"> オペレーションにおける初動発震機構解析の作業手順 初動発震機構解析のオペレーションにおける改善経験
	津波発生判断技術の獲得	<ul style="list-style-type: none"> 観測点の選択 CMT 解析の導入 	<ul style="list-style-type: none"> 震源計算の基礎 CMT 解析の基礎 	<ul style="list-style-type: none"> オペレーションにおける震源計算の作業手順 オペレーションにおける震源計算での観測点選択の考え方 観測点選択のオペレーションにおける改善経験 オペレーションにおける CMT 解析の作業手順
	津波の高さの予想及び到達時間の予想並びに解除基準の導入	<ul style="list-style-type: none"> 既存の水深情報の活用 震源過程把握 津波伝播計算技術 	<ul style="list-style-type: none"> 津波発生シミュレーション技術の基礎 震源過程把握の基礎 津波伝播計算技術の基礎 	<ul style="list-style-type: none"> オペレーションにおける津波シミュレーション技術の利用手順

	既存潮位観測施設の改善	<ul style="list-style-type: none"> 安定運用体制の整備 データ取得や伝送の適正化 	<ul style="list-style-type: none"> 地震津波観測ネットワークの適正化の基礎 適正化実施支援 	<ul style="list-style-type: none"> オペレーションにおける地震津波観測ネットワークの適正化の考え方 適正化実施支援
	中米地震・津波観測ネットワークの適正化	地震・潮位観測点配置の適正化の検討及び地震・潮位波形データの交換体制の適正化	地震津波観測ネットワークの適正化	オペレーションにおける中米地震津波観測ネットワークの適正化の考え方
	津波発生判断技術の改善	津波予想データベース(DB)の設計	津波予想 DB 技術の基礎	オペレーションにおける津波予想 DB 技術の設計
	地震津波情報の中米6か国への提供体制の適正化	地震津波観測の結果並びにそれらの分析経過及び結果に関する中米6か国での共有化システムの検討。検討結果の既存システムへの反映(適正化)	(該当しない)	北西太平洋津波情報センター(NWPTAC)における経験の伝授
		PTWC 及び NWPTAC との技術的及び経済的な連携の検討	(該当しない)	NWPTAC における経験の伝授
	6か国の課題への対応	6か国の課題を念頭においた中米各国、日本の経験の伝授	(該当しない)	CATAC 候補機関への、これら3つの課題を念頭においた中米各国、日本の経験の伝授 (・国際津波研修制度の活用)
研修の実施		研修、ワークショップ開催支援	研修、ワークショップへの助言・支援	
中長期的課題	地震・潮位観測施設の新增設等	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測点配置の適正化の検討 潮位観測点配置の適正化の検討 	地震津波観測ネットワークの適正化の基礎	オペレーションにおける地震津波観測ネットワークの適正化の考え方
	海底地形の詳細の把握	沿岸海底地形調査とその整理の推進	津波伝播計算技術の基礎	オペレーションにおける津波シミュレーション技術の利用手順
6か国の課題				
	津波警報体制のバックアップ体制の確保	バックアップとしての機能のあり方	(該当しない)	CATAC 候補機関への、これら3つの課題を念頭においた中米各国、日本の経験の伝授
	津波警報に係る人材の確保・育成	人材育成支援		
	津波警報に係る機関のうち24時間体制でない機関の機能の支援	勤務時間外における機能のあり方		

5.1.2. CATAC 支援内容

CATAC 機能発揮のための CATAC 担当予定機関について、その「地震・津波情報分析、警報発信」能力の強化に向けた我が国の協力内容として、より効果的な技術移転の観点から上記支援事項を次の3段階を経て実施することが考えられる。支援内容を基礎的理論と実務技術ごとに支援の具体内容について検討する。

a 基礎的理論：「大学ないし研究機関による理論の習得に関する支援（例：震源計算の基本、大学が開発した津波シミュレーション手法）」

b 実務技術：「気象庁の実務の経験・ノウハウが不可欠な支援（例：オペレーションにおける経験及び技術改善の経過）」

支援内容の方向性	
基礎的理論	実務技術
Step1：研修として、次のテーマで実施。①②③の技術を獲得した職員をCATAC内で実施される6か国対象のセミナー等の講師として活用し、研修効果の向上を図る。	
① 震源計算に地域の地震波速度構造モデルを利用する方法	
a.モデル構築手法 a.モデル適用結果の評価及び利用方法	b.モデル適用結果のオペレーションでの評価
② 震源計算で観測点の選択の考え方	
a 震源計算の基礎	b オペレーションにおける震源計算の作業手順 b オペレーションにおける震源計算での観測点選択の考え方
③ 初動発震機構の導入	
a 初動発震機構解析の基礎	b オペレーションにおける初動発震機構解析の作業手順
④上記の改善経験	
	b オペレーションにおける改善経験
①②③の技術を獲得した職員をCATAC内で実施される6か国対象のセミナー等の講師として活用し、研修効果の向上を図る。	
Step2：研修として、第1項実施又は実施見通しが立った後、次のテーマで実施	
④ CMT技術及びその改善経験	
a CMT解析の基礎 a 津波発生力学の基礎	b オペレーションにおけるCMT解析の作業手順 b 津波発生判断基準の改善経緯
Step3：地震・潮位観測点配置の適正化の検討及び地震・潮位波形データの交換体制の適正化	
① 地震・潮位観測点配置の適正化の検討及び地震・潮位波形データの交換体制の適正化	
a 地震津波観測ネットワークの適正化の基礎	b オペレーションにおける中米地震津波観測ネットワークの適正化の考え方
⑦既存水深情報の活用、震源過程把握、及び津波伝播計算技術	
a 津波発生シミュレーション技術の基礎、震源過程把握の基礎、及び津波伝播計算技術の基礎、並びに津波ハザードマップ作成支援	b オペレーションにおける津波シミュレーション技術（例：気象庁開発ソフト TSUNAMI de EXCEL）及びその利用手順
⑧中米地震・津波観測ネットワークの適正化	
a 地震津波観測ネットワークの適正化の基礎、及び適正化実施支援	b オペレーションにおける中米地震津波観測ネットワークの適正化の考え方、並びに適正化実施支援
⑨津波予想データベース（DB）の設計	
a 津波予想DB技術の基礎	b オペレーションにおける津波予想DB技術の設計
⑩地震津波観測の結果、並びにそれらの分析経過及び結果に関する中米6か国での共有化システムの検討。検討結果の既存システムへの反映（適正化）	
⑪PTWC及びNWPTACとの技術的な連携の検討	
	b 北西太平洋津波情報センター（NWPTAC）における経験の伝授
⑫6か国の課題への対応	b 北西太平洋津波情報センター（NWPTAC）における経験の伝授
	b CATAC候補機関への、6か国の課題（表5.1.1参照）を念頭に置いた中米各国、日本の経験の伝授

5.2. エルサルバドル地震・津波情報分析能力強化に関する協力内容の提言

現状の地震・津波観測、分析における課題から、協力内容としては次のことが考えられる。

具体的な実施において、a、b（上述）に内容を分類する。

支援内容の方向性	
基礎的理論	実務技術
① 地震パラメーターの情報分析と計算の改善	
a 震源決定で深さの精度を上げるための基本、開発支援	b オペレーションにおける震源決定で深さの精度を上げるためのノウハウ
震源決定で深さの精度を上げるためのソフトの開発支援（開発者1人について1週間研修）	
② 広帯域観測所情報の分析改善	
a CMT解析に係るソフトの提供と講習	b CMT解析オペレーションにおけるノウハウ
CMT解析に係るソフトの提供と講習（担当者全員に1週間研修）	
③ 津波警報・予防のための情報の分析改善	
(同上)	(同上)
④ GPS観測による地殻の歪分析	
a GPS基地局からの地殻応力情報の分析方法及びその減災への利用に係る講義	b GPS基地局からの地殻応力情報の分析方法及びその減災への利用に係る講義
⑤ JMAの地震・津波警報センターの組織・機能の把握と、エルサルバドルへの可能な範囲でのこれらの機能の適用	
a テーマ候補4 日本周辺の地震テクトニクスへの特徴と地震観測への影響	JMAの技術改善の経験の提供 b テーマ候補1 津波警報発表時間短縮の経過、及び津波発生判断基準設定の経緯 b テーマ候補2 津波警報解除設定基準の考え方 b テーマ候補3 「津波地震」及び巨大地震対策の考え方
JMAの技術改善の経験の提供（講習：全員を対象に、テーマを3～4に絞って、各テーマ1週間研修）	