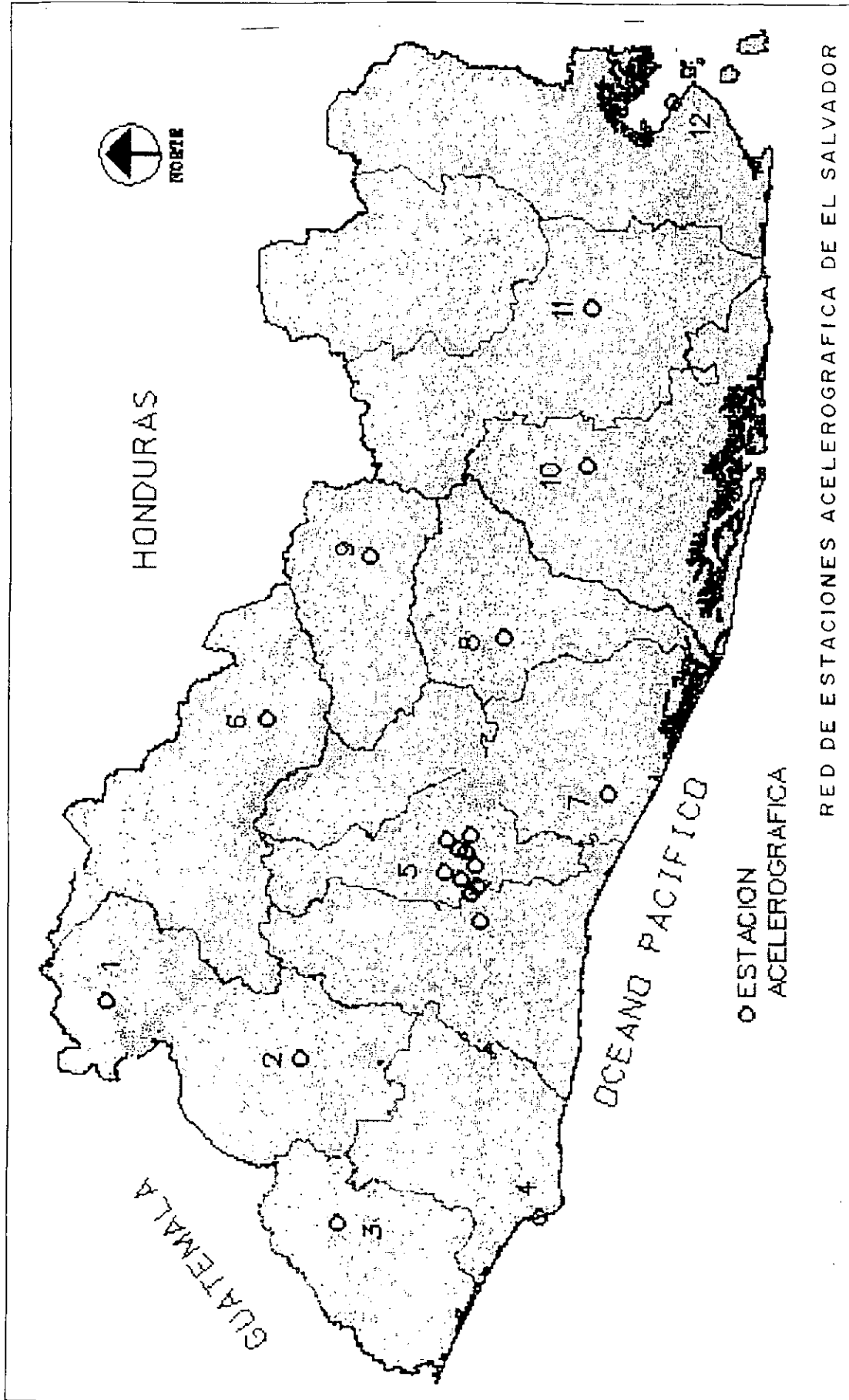


出展: CIG

図 4-9-8 公共事業者の地震計モニタリング施設位置図

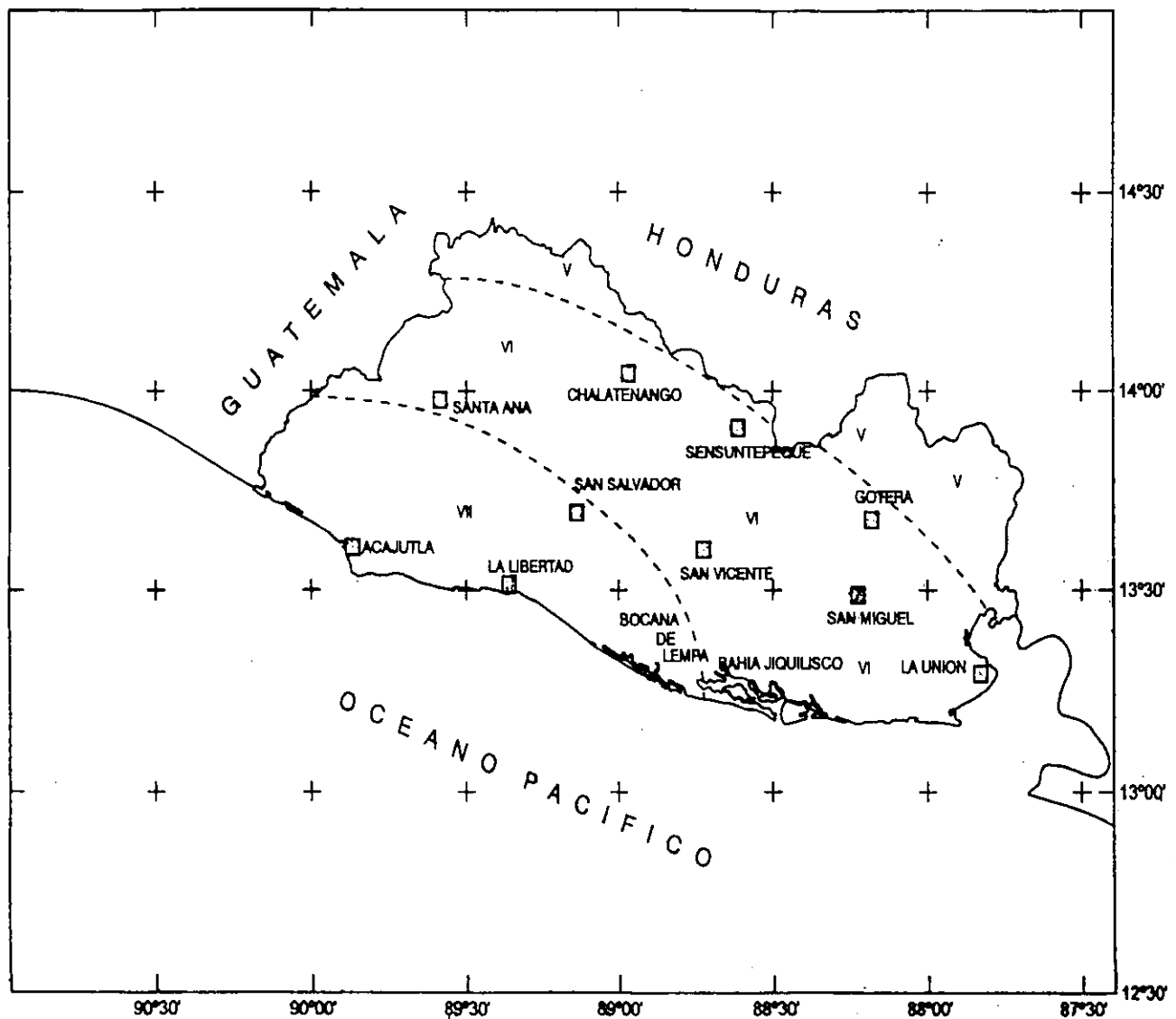


RED DE ESTACIONES ACELEROGRAFICA DE EL SALVADOR

出展: CIG

図 4-9-9 公共事業者の重力加速度計モニタリング施設位置図

Mapa de isosistas del sismo 19 de junio de 1982



Las intensidades pertenecen a la escala Modificada de Mercalli (MM)

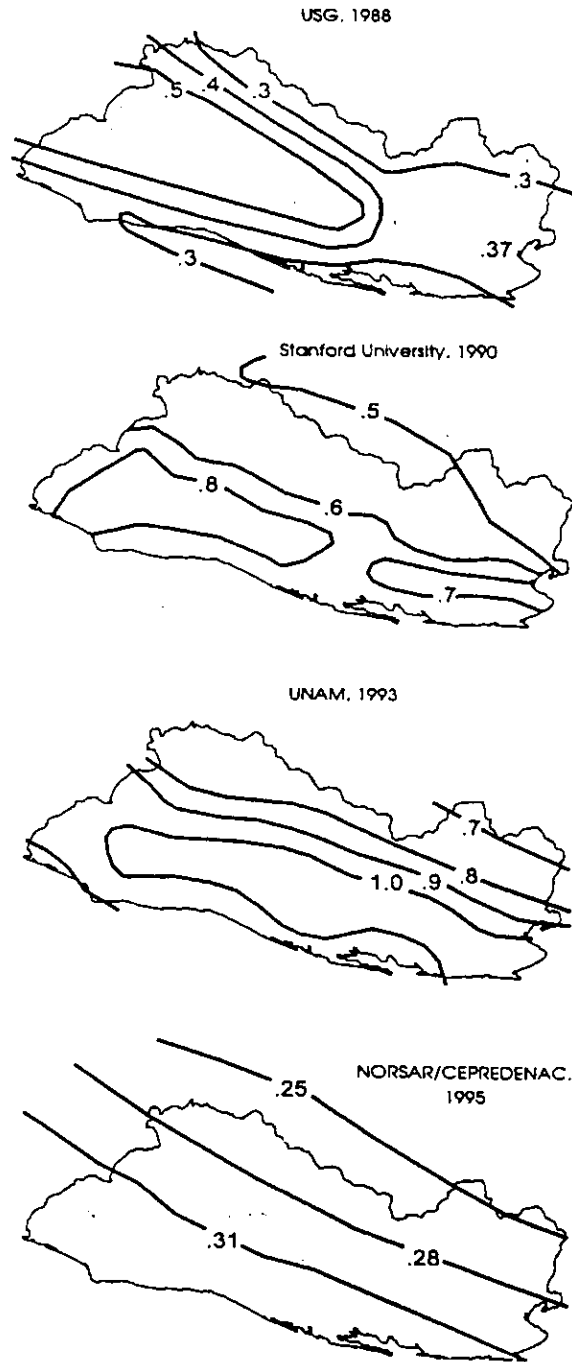
Fuente : Alvarez, 1982

PRINCEMA

出展: W.M.S.Guerra(2000), UCA より入手

図 4-9-10 エル・サルヴァドル国の等震度線図

Mapas de peligrosidad sísmica
para El Salvador.



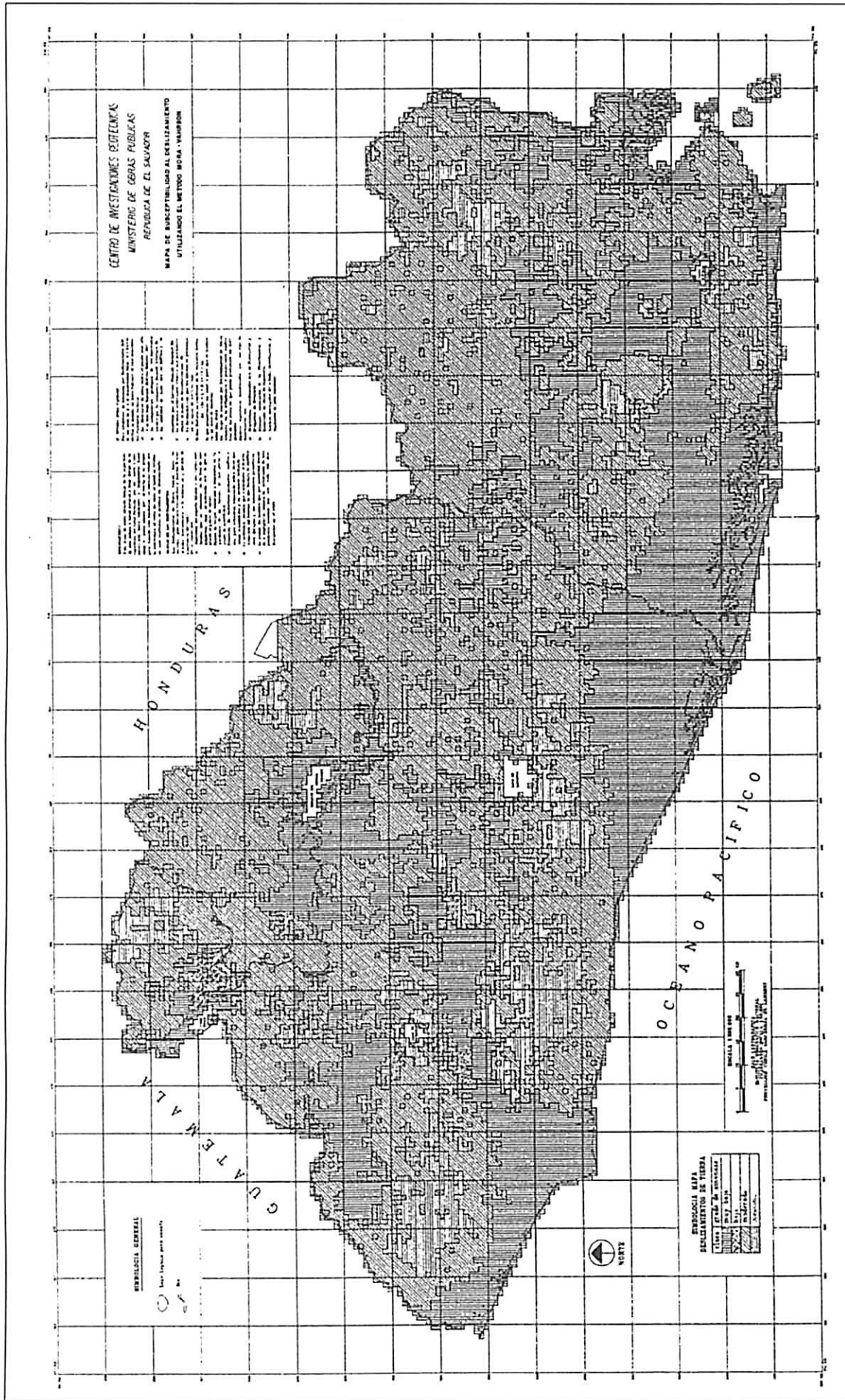
Las curvas de isoaceleración se encuentran como proporción de la gravedad (g) y corresponden a un período de retorno de 475 años.

Fuente: Bommer y otros, 1996.

Riesgo sísmico en la
Región Metropolitana de San Salvador

出展: W.M.S.Guerra(2000), UCA より入手

図 4-9-11 諸解析法による等加速度曲線の多様性



出展: CIG(2000), MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO

図 4-9-12 エル・サルヴァドル国の地滑り発生の可能性区分図

(5) 対象地域の地勢

対象地域は、エ国の一連の地勢単位および地理区のうち主として“内陸連山帯または北部火山連山帯”に属し、そのほか不明瞭ではあるが、トロラ川の流路中流～下流域が“内陸沈降帯”に属する可能性を残している。

1) 内陸沈降帯

内陸沈降帯はレンパ川の中流域で広い地域を占め、レンパ川中流の“5 de Noviembre ダム”近辺、カバナス州から北方ホンジュラス国側に方向を転ずる。地形や地質の状況から、同ダムの下流でレンパ川からトロラ川が分岐するあたりから内陸沈降帯が再びエ国に現れる可能性が考えられるが、当調査ではこれらに関する詳細な資料を得ていない。

2) 内陸連山帯または北部火山連山帯

トロラ川の大部分がこの地帯に属する。内陸連山帯または北部火山連山帯では、トロラ川の南北両岸の広域に古第三紀暁新世の火山性の Morazan 層群が分布し、Morazan 層群が対象地域の実質上の基盤岩になっている。

Morazan 層群を広域の基盤岩として、これを新第三紀中新世ないし鮮新世の火山性の Balsamo 層群が局所的に覆い、対象地域の東部で第四紀更新世の Cusucatlan 層群の下部層が小規模に、さらに東方で比較的広範囲に覆っている。

チャパラル地区からラオンダ地区に至る地域の Cusucatlan 層群は、Morazan 層群上部層が形成する比較的低位の山稜部分に同上部層を覆って小規模に点在し、本案件に大きな影響はない。

Morazan 層群および Balsamo 層群は、削剥が進みトロラ川の両岸に見られるような急峻な地形を呈する。なかでも Balsamo 層群にはコニーデ状の火山体が激しい削剥を受けたものが含まれ、火山体が急崖や急地形を形成し、各所に急壁に形成された小規模の滝が見られる。

対象地域の Balsamo 層群は、トロラ川の南岸 10 数 km に位置する標高 1,663m のカカウアティケ火山だけに分布する。この火山は Balsamo 層群のうち中部～上部の火山岩類からなる。前述のような急崖を形成し、サンイシドロ村付近ではトロラ川南岸にまで達している。

ラオンダ地区のダムサイト予定地点はトロラ川南北両沿岸を占める Morazan 層群が形成し、ダムサイトに適した地形を呈している。

(6) 対象地域の地質

対象地域は次のような地質で構成される(図 4-9-13)。これらの層序については表 4-9-4 に示す。

- ⑥ Morazan 層群
- ⑦ Balsamo 層群
- ⑧ Cusucatlan 層群
- ⑨ San Salvador 層群

1) Morazan 層群

対象地域の全域に分布し実質上の基盤岩である。新第三紀中新世ないし鮮新世の火成岩からなり、対象地域にはそのうち上部に属する中性の火山岩類が分布する。主として灰黒色の安山岩質

火山岩類からなる。ラオンダダムサイト候補地点東方のアグアカリエンテ村の、さらに東方では堅硬緻密な安定した溶岩流の岩相を呈する。しかし、アグアカリエンテ村からラオンダダムサイト予定地点の下流に至る地区では、溶岩自体は安定しているものの、板状節理が高い密度で発達する部分があり、プレF/S調査報告書ではこれらの板状節理の一部が剪断帯として記載されていることがあると思われる。

チャパラルダムサイト予定地点付近から下流域の調査では、Morazan 層群の“溶岩流”の形態が安定せず、角礫状溶岩の岩相部分が大部分を占め、その上位を同層群の凝灰岩あるいは凝灰角礫岩が覆っている。

角礫状溶岩は風化に対する抵抗が弱く、そのため Morazan 層群の風化作用を強く受けて赤褐色や灰白色を呈する部分があり、このような風化作用のために、角礫状溶岩分布地域の地形は小丘体が不規則に集合する独特の形態を呈している。類似する地形はチャパラルダムサイト予定地点からラオンダダムサイト予定地点に至る間に連続して分布しており、さらにチャパラルダムサイト予定地点から西方にも広域に見られる。

Morazan 層群は、アグアカリエンテ村の北東方、トロラ川の標高 210m 付近からさらに上流側で、第四紀更新世の Cusucatlan 層群最下位の礫岩層に覆われ、Cusucatlan 層群の分布はさらに東方で広域に広がる。

当調査では Morazan 層群を貫く貫入岩は観察されていないが、プレF/S調査では貫入岩類の存在が報告されている。

Morazan 層群は、対象地域の実質上の基盤岩であるため本案件工事実施時に対象となる主要な地層群である。

2) Balsamo 層群

中新世あるいは鮮新世の Balsamo 層群に属する火山岩類は、対象地域の実質的な基盤岩である Morazan 層群を覆う。

対象地域ではトロラ川南岸の標高 1,663m のカカウアティケ火山以外に Balsamo 層群の大きな分布はない。この山は本来コニーデ型の火山と考えられるが、山体の南側の削剥が進行しているため全体としてはコニーデの形態を残していない。山体に多数の直線的な溪流が形成されているため各所で急壁に小規模な滝が形成され、これらの地形に沿って形成された山腹の道路は、屈曲が多く、山腹の崩壊による通行遮断が頻繁に起こっている。

ラオンダダムサイト建設に直接的な影響は無いが、作業時のアクセス道路については影響が大きな地層単位である。

3) Cusucatlan 層群

対象地域には、本層群のうち最下部の沖積堆積物および湖成堆積物が分布する。第四紀更新世の無層理の厚い大礫¹⁵大の礫岩層からなり、その上位を、層理を伴う細粒層が覆う。礫は大礫大以下の垂角礫からなり、固結の程度は比較的進んでいるが、河川の流路以外の部分では風化を受けた部分が脆弱になっている。礫と基質の存在比が7：3程度におよぶ地区がある。

Cusucatlan 層群はアグアカリエンテ村北東方のトロラ川河岸では、標高 210m 付近から国道

¹⁵ ; Cobble gravel

7号線のトロラ橋付近にかけて観察され、さらに東方のトロラ川上流で広域にわたって分布する。その地域の Cusucatlan 層群分布域には、考古学的な洞窟壁画遺跡が存在するという情報がある。

4) San Salvador 層群

対象地域のサン・サルヴァドル層群は、同層群最上部の沖積層である。小規模には大小河川の流域に分布するが、まとまって分布する地域は、トロラ川が開けたラオンダダム候補地域からチャパラルダムサイト候補地点に至る地域である。

主として Balsamo 層群由来の硬質の大礫(Cobble gravel)からなり、時にそれ以上の大きさの礫を伴う。

(7) 対象地域の地質学現象

ダム建設上の注目すべき地学現象として断層、リニアメント、温泉・噴気・変質帯、地震、地滑り等の現象があげられる。プレF/S報告書では、これらの地質現象を地質学的に互いに因果関係があると見なしている。特に断層、リニアメント、温泉・噴気・変質帯等については、本案件の実施に関連付けているので注意を要する。

1) 断層

対象地域の断層系の傾向はエ国全土の傾向と整合的である。南東-北西系統および東-西系統の断層が卓越する断層系であり、それらに付随して南西-北東系統および南-北系統の断層系が派生している。プレF/Sでは、最近の断層や貫入岩に関するデータからこれらの断層系は、南東-北西系の最大水平圧縮応力、南西-北東系の最小水平圧縮応力で形成されたと解釈している。

これらの断層のなかで特に、南東-北西系統の断層系が卓越し、それらはカロリナ、ラオンダで観察され、そのほか本案件関連地区ではマロマ、ラスクルサスやその近辺に存在することが報告されている。

前述の応力系の説に従うと、南東-北西系統及び南西-北東系統の断層は開放性の割れ目を形成する傾向が強いため、この系統の割れ目に注意を要する。特にカロリナ地区やラオンダ地区周辺では、トロラ川沿岸の温泉とその熱源推定の関係で、南東-北西系統の割れ目について慎重な調査が必要である。

プレF/S報告書によると、トロラ川流域の断層構造は、一般的に幅数 m から数 10m 程度の間で変動して破壊された岩石や角礫化された岩石の分布として見られ、それらの方向性はリニアメント解析結果と整合的である。

2) リニアメント

対象地域のリニアメント解析図を図 4-9-14 に示す。

この図によるとトロラ川沿岸には、南東-北西系統および南西-北東系統のリニアメント群が見られ、南東-北西系統のものが特に卓越している。図の下部中央の放射状リニアメント群は、新第三紀中新世あるいは鮮新世の Balsamo 層群で構成されるカカウアティケ火山体である。この火山体から北西方向に断続して伸びる一連のリニアメント群が見られる。

3) 温泉・噴気・変質帯

トロラ川沿岸では自噴する温泉や噴気孔・変質帯の存在が報告されている。当調査で温泉や噴気孔が確認されたものは、カロリナ町のトロラ川河岸およびラオンダダムサイト候補地点の東方1km からさらに南岸側へ 300m 程度奥まったアグアカリエンテ村の小沢のもので、合計2ヶ所である。これらの地区は5km 程度隔たっている。大きな変質帯は確認していない。

カロリナ町ではトロラ川河岸の岩盤の数箇所から温泉と噴気が噴出しており、それらの温度は80~100℃程度であると報告されているが、利用に供されている気配はない。

アグアカリエンテ村では小沢の岩盤割れ目から温泉が湧き出しており、温度は指感で45~50℃程度と思われる。ここでも温泉が利用に供されている様子はない。

カカウアティケ火山体から北西方向に断続する南東-北西系統リニアメント群は、カロリナ町の方向に伸びており、アグアカリエンテ村はこれらの南東-北西系統リニアメント群が形成する带状域の北東側の帯域に含まれる。

4) 地震

中央アメリカの震源地記録では、中央アメリカの震源域は、太平洋沿岸に沿う南東-北西方向の带状に配列する地域と、ホンジュラス中央部分を同方向に伸びる带状の地域の2地域である。エ国の東部~中部ではこれらの带状の地域は隔たっているものの、それらの带状の地域はエ国中部~西部付近から次第に接近して、グワテマラ国西部で完全に会合する。

トロラ川沿岸は、上記の隔たった带状の2地域に挟まれた震源地の記録の無い地域に位置している。

5) 地滑り

地滑り災害予測については、公共事業省作成の地滑り発生の可能性区分図では、特に危険地域には指定されていない(図4-9-12)。

6) その他

対象地域周辺は地下資源に乏しい地域で(図4-9-15)、得られた情報内では鉱業権等の設定は無い。

(8) 対象地域の周辺状況

1) ベースキャンプ

チャパラルダムサイト予定地区およびラオンダダムサイト予定地区の両地区へのアクセス条件や本案件に対する町村落の社会基盤条件等を考慮して、サンミゲール州、シウダッドバリオス県、シウダッドバリオス町がベースキャンプの候補地としてあげられている。

2) 首都圏からベースキャンプへのアクセス

サンサルヴァドル市からシウダッドバリオス町への道程は、サンサルヴァドル市→新クスカトラン橋(15 de Septiembre ダム)→モンカグア町→チャペルティケ町→シウダッドバリオス町、である。

サンサルヴァドル市→新クスカトラン橋(15 de Septiembre ダム)→モンカグア町の手前、まではCA道路1号線(パン・アメリカンハイウェイ)を2時間30分程度で達する。この間は快適に移動できる。

そこからCA道路1号線を外れて北上し、20分でチャペルティケ町へ、さらに20分でシウダ

ッドバリオス町に達する。この間も片側 1 車線、舗装されており容易に移動が可能であるが、C A 道路 1 号線より道幅がやや狭く、道路の屈曲がやや急である。両町内は時間によっては雑踏に注意を要する。

3) 道路建設・改修¹⁶

エ国には現在厳密な道路等級区分の基準はないが、暫定的に国道級、農道級、隣道級¹⁷のように区分を行っている。

道路建設、改修にあたっては、施工者は公共事業省道路局へ申請が必要で、道路局は申請に基づき暫定等級のどれに相当するかを判定し、判定の結果に基づいて申請に対する許可、非許可の検討を行う。施工者は建設、改修終了後道路局に届け出が義務付けられており、届出によって公共事業省地質工学調査所(CIG)が検査を行う。道路建設、改修の責任はあくまで施工者が負う。

国道級道路建設基準についてはアメリカの A A S H T O や A S T M の基準が準用され、農道級道路建設基準については地質工学調査所策定の農道建設基準が採用される。

隣道級道路建設・改修資金については、農村開発社会投資基金(FISDL)が地方公共団体に融資し公共事業省は関与しないが、現在地質工学調査所がガイドラインのようなものを策定しており、これが完成した時点で地方公共団体を指導する計画がある。

発電ダム敷地内の作業道については申請の必要はないと思われるが、将来にわたって一般道として残るような作業道の場合には、道路局への申請が必要である。

4) 骨材採取候補地点

トロラ地区の骨材候補としては、①河川礫、②Morazan 層群の安山岩質溶岩流、③Balsamo 層群、④Cusucatlan 層群があげられる。しかし、それぞれ次のような問題点が予想される。

- ① 河川礫はトロラダムサイト予定地点の上流で大量に入手できる候補地がない。
- ② Morazan 層群の安山岩質溶岩流は、骨材としては最良質であるが破碎コストが高くなる。板状節理が発達する部分では、大塊が採取できない。
- ③ Balsamo 層群の利用では、火山砕屑岩を大量に伴うため実収率が悪く、材質的に安定しているかどうか不明。火山地質の状態が不安定なため碎石時の災害防止対策コストが高くなる。降雨期に注意を要する。
- ④ Cusucatlan 層群の利用では、実収率が低い。遠距離運搬となる。

これらの中で採石場確保上最も容易なものは、トロラ川南岸にまで迫るカカウアティケ火山体の Cusucatlan 層群の利用である。

Morazan 層群の安山岩質溶岩流については、地形や地質の関係で、採石場の候補地をトロラ側の北岸に選定したほうが有利と考えられる。Morazan 層群の候補地としては現在までのところ、プレ F / S 報告書で取りあげられているトロラダムサイト予定地点下流のトロラ川北岸の採石場候補地以外に他の候補地はない(図 4-9-16)。

地形的条件からは、骨材採取候補地点はエルチャパラル地区の方が有利と考えられる。

¹⁶ ; 公共事業省地質工学調査所(CIG)談。

¹⁷ ; 村間を連絡する道路の意と思われる。

当調査では、エルチャパラルダムサイト予定地点へは下流側から移動した。ダムサイト予定地点の下流側 1km 程度の範囲では兩岸の川幅は開けていないため規模の大きな河川礫の堆積が見られず、この範囲では河川礫の採取は不可能である。またサイト予定地点下流の 200～300m 間はエ国の領土であるが、それより下流では北岸側がホ国領になるため、このことから河川礫の採取や砕石が困難である。

しかし、プレF/S報告書はチャパラルダムサイト予定地点上流 1.5km 付近の河川礫採取を提案し、その上流 4km に位置するカロリナ町の温泉や噴気孔分布地点からさらに上流 1km 付近、さらにそこから上流 2.5km 付近を含む合計 3ヶ所からの河川礫採取を提案している(図 4-10-4)。それらうち最上流に位置する地区の北岸では山腹の採石場が提案されているが、この地域一帯は地熱地帯に属するため、採石を検討する場合にはボーリング調査やX線回折試験を含む骨材試験を行う必要がある。

エルチャパラル地区には Morazan 層群に属する角礫状溶岩が広範囲に分布すると思われる。この岩相の岩石は多孔質であることが多く脆い部分を含んだり、風化作用を受けて粘土物質に変化しやすい性質を持っている。採石自体は行いやすいが、骨材として不適格であったり実収率が低くなったりすることも考えられるため、エルチャパラル地区で採石場を計画する場合にもボーリング調査やX線回折試験を含む骨材試験を行う必要がある。