

## 1992年ニカラグア地震とその津波の調査

阿部邦昭<sup>1)</sup>・阿部勝征<sup>2)</sup>・都司嘉宣<sup>2)</sup>・今村文彦<sup>3)</sup>・片尾 浩<sup>4)</sup>  
飯尾能久<sup>4)</sup>\*・佐竹健治<sup>5)</sup>・J. BOURGEOIS<sup>6)</sup>  
E. NOGUERA<sup>7)</sup>・F. ESTRADA<sup>8)</sup>

<sup>1)</sup> 日本歯科大学新潟短期大学

<sup>2)</sup> 東京大学地震研究所

<sup>3)</sup> 東北大学工学部災害制御センター

<sup>4)</sup> 京都大学防災研究所地震予知観測センター

<sup>5)</sup> Department of Geology, Geological Sciences, Michigan University, USA

<sup>6)</sup> Department of Geological Sciences, University of Washington, USA

<sup>7)</sup> Asociacion Nacional de Geologos y Profesionales Afines, Managua, Nicaragua

<sup>8)</sup> National Institute of Environmental and Natural Resources, Managua, Nicaragua

(1993年1月5日受理)

### *Field Survey of the Nicaragua Earthquake and Tsunami of September 2, 1992*

Kuniaki ABE<sup>1)</sup>, Katsuyuki ABE<sup>2)</sup>, Yoshinobu TSUJI<sup>2)</sup>, Fumihiko IMAMURA<sup>3)</sup>,  
Hiroshi KATAO<sup>4)</sup>, Yoshihisa IIO<sup>4)</sup>, Kenji SATAKE<sup>5)</sup>,  
Joanne BOURGEOIS<sup>6)</sup>, Evelyn NOGUERA<sup>7)</sup> and Francisco ESTRADA<sup>8)</sup>

<sup>1)</sup> Niigata Junior College, Nippon Dental University, Niigata, Japan

<sup>2)</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan

<sup>3)</sup> Disaster Control Research Center, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan

<sup>4)</sup> Research Center for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute,  
Kyoto University, Uji City, Kyoto, Japan

<sup>5)</sup> Department of Geology, Geological Sciences, University of Michigan,  
Ann Arbor, Michigan, USA

<sup>6)</sup> Department of Geological Sciences, University of Washington, Washington D.C., USA

<sup>7)</sup> Asociacion Nacional de Geologos y Profesionales Afines, Managua, Nicaragua

<sup>8)</sup> National Institute of Environmental and Natural Resources, Managua, Nicaragua

(Received January 5, 1993)

### Abstract

A survey study of the Nicaragua Earthquake and Tsunami on September 2, 1992 was carried out on the Pacific coast of Nicaragua. Interviews of the residents and measurements of tsunami trace height revealed only a small seismic intensity in a sharp contrast with a large tsunami. Tsunami height of 2-10 meters above mean sea level was obtained along the whole Nicaraguan coast, although the seismic intensity was only 2 or 3 in the modified Mercalli scale. The small seismic intensity suggests that the present event was a

\* 現在勤務先: 国立防災科学技術研究所

Present address: National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Tsukuba, Ibaragi, Japan

tsunami earthquake characterized by small excitation of short period seismic wave in comparison with large excitation of the tsunami.

The maximum tsunami height of 9.9 meters was observed at El Transito, 50 kilometers west of Managua, nearly at the center of the coastline. The aftershock area extends in an elliptically shaped sea region with the long axis parallel to the Middle America Trench. The size of the aftershock area is 200 km (long axis)  $\times$  100 km (short axis). The aftershock area is generally juxtaposed with the part of the coast seriously damaged by the tsunami.

On the tide gauge record at Corinto, a small downward wave was recorded as the initial motion followed by a big peak, which shows that a subsided area with a small displacement existed near the coastline with an uplifted area and big upheaval beyond it. Seismic data show that the earthquake was of a thrust type; the upper crust of the Caribbean Plate went over the lower crust of the Cocos Plate. The initial motion of the tsunami record coincides with the mechanism deduced from the seismic data.

Witness data show that the first wave reached the Nicaraguan coast 44 to 70 minutes after the main shock and that waves attacked the coast three times at several places. The total number of persons killed was announced as 137 by the Foundation of Augusto Cesar Sandino (FACS), but it is necessary somewhat to regulate, because we found out several victims at a few places not listed in the table of FACS, and moreover a journalist of the Barricada, Nicaragua mentioned the number of killed persons as 117 or 118 about two month after the event. Little children occupied the majority of the victims. In our interview at the refugees' tents at El Transito some survivors replied that the sea wave came into houses without much violence and that except for small children and handicapped persons, almost all residents could afford to escape to safe places.

## 1. はしがき

1992年9月2日0時16分(世界時, ニカラグア・サマータイム時刻では1日19時16分)に中米ニカラグア国の太平洋海溝付近で発生した地震 ( $M_s=7.2$ ) (Fig. 1) によって大きな津波が発生し, 約 300 km にわたるニカラグアの太平洋側海岸のほぼ全体に被害

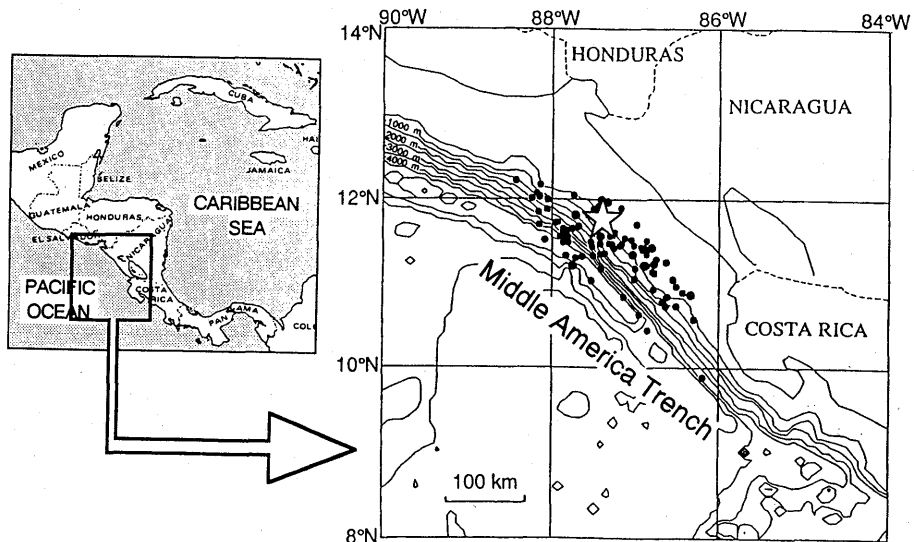


Fig. 1. Map of the Pacific side of the Nicaraguan sea region and the locations of the epicenters of the main shock (star) and aftershocks (solid circles) up to 7 days after the main shock. Data provided by NEIC.

を生じた。ニカラグア沖の海溝のところでは、ニカラグア本土を載せたカリブ・プレートの下にココス・プレートが潜り込んでおり、この地震はこれら両プレートの境界面での弾性ずれによって生じた低角逆断層型の地震であると見られている (IDE *et al.*, 1993)。日本列島東部の太平洋側海域では日本海溝の海溝軸で、太平洋プレートが北米プレートの下面に沈み込んでいて、1896年明治三陸地震、1968年十勝沖地震津波などが起きている。また西南日本の太平洋側沖合い海域では、駿河・南海トラフのところでフィリピン海プレートがアジアプレートの下面へ潜り込んでいて、やはり、両プレートの境界面で弾性反発によって、大きな津波をともなう巨大地震が歴史上しばしば起きている。今回のニカラグア地震は、これら日本列島の太平洋側海域に生じてきた一連の巨大地震と同じような機構によって起きたことになる。後に詳しく述べるように今回の津波は陸上で感じられた地震動が弱かった割に津波の異常に大きな、いわゆる「津波地震」であって、1896年の明治三陸地震津波に類似している。この地震の機構、津波発生過程、被害発生の様子を被災地が人為的に変更されないうちに調査、状況を把握しておくことは、日本の津波防災に資することが大きいであろうと考えられた。

このようなことから今回の津波災害にたいして、筆者の一人(阿部邦昭)を団長とする6名からなる文部省の調査団が結成された。われわれの調査団は、9月18日に成田空港を出発し、米国ダラスで乗り継いで、現地時間19日に首都マナグアの空港に到着した。マナグアでは、現地ニカラグアの研究者2名、および米国から個々に参加してきた研究者を加えて、津波発生の18日後の9月20日から24日までの5日間、現地調査を実施した。ニカラグア国側でわれわれの対応をしてくださったのは、ニカラグア国国土研究所 (Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales, 以下 INETER と略す) であった。同研究所では、本震の地震記録、同国の海岸線に沿った地域の5万分の一詳細地図などの資料の提供を受けたほか、レンタカー、通訳氏の手配をお世話いただいた。

調査団は、ニカラグアの北部海岸、中部海岸、南部海岸を対象とする3つの班に分けられた。日本人各2人に、ニカラグア、および米国から研究者が適宜加わって班が編成された。各班は班ごとにレンタカーに分乗し、通訳1人を載せて各受け持ちの被災地の海岸調査にあたった。調査にあたっては首都マナグア市の Inter Continental Hotel を基地とし、毎朝、このホテルを出発して、被災地の海岸を往復し、夕刻にはこのホテルに戻り、毎夜夕食後、当日の成果情報の交換、翌日の計画の検討を行った。9月23日の午前に中部班は、ヘリコプターを動員して、首都 Managua に最も近い沿岸集落である Masachapa から最大被災地となった El Transito にいたる海岸の上空からの視察調査を行った。

このような調査体制で、ニカラグア国の太平洋海岸線にそって北端 Punta Nata (プンタ・ニャタ) から、南は El Ostional に至る約 300 km の海岸線を調査した。途中、米国からの参加者は、調査の最初のうちはわれわれのどれかの隊に加わり、後には独自に1班を編成して調査の足を南に隣接するコスタリカ国の海岸にまで延ばした。

調査班が調査の対象とする集落に到着すると、まず海岸の居住地域で住民に聞き取り調査を行い、本震による地震動の大きさ(震度)、津波第1波到達するまでの時間、到達状況、海水が浸水して達した位置、津波による人や建築物の被害などの質問を行った。ニカラグアの住民はスペイン語が母国語であって、英語の通じないことが多く、聞き取り調査の大部分は、Noguera および Estrada の両氏、および Managua 市の観光会社から

派遣された専任の通訳氏の通訳を介して行った。

そのような口頭質問の津波浸水の回答証言や、浸水痕跡に基づいて、レベル、あるいはハンドレベルと標尺によって、津波浸水高が測定された。ニカラグアには、日本のような地図の基準となる水準点の標識（ベンチマーク）などはないので、津波の浸水高さは調査時の海水位を基準として測定された。この値は、後に潮汐表により天文潮位の補正を行い、各場所での平均海水面を基準とした津波浸水高の値に換算された。以下には、こうして得られた、各場所での平均海水面を基準とする津波浸水高の値を掲げることにする。調査点ではまた、絶対位置を確定するため GPS 装置によって、北緯西経の座標値の観測を行った。砂浜の海岸では、砂浜の斜面勾配の概略値をハンドレベル、および 50 m 巻尺、あるいは歩測によって求めた。

同時に、被害状況、痕跡などの写真がとられ、さらに集落での家屋配置、道路、川などの配置の概略が記録された。

ニカラグアの太平洋海岸には Corinto と Puerto Sandino に検潮所があるが、両所から津波当日の検潮記録を手に入れることができた。

このほか、地下 50 cm までの砂層の鉛直プロファイルを化学的、古生物学的に分析して、過去の津波発生履歴を検出することを試みたが、土壌検疫の問題からサンプルの日本国内搬入が認められず、この方面の研究は実現しなかった。

本稿では、第 2 章は、地震の震度分布、余震分布など地震に関する概観、第 3 章から第 5 章までで津波の浸水高の分布とそれによる全般的な状況被害を説明した。第 6 章では、個々の調査地点での津波状況を、証言、踏査、測量などの結果を交えて述べた。

ニカラグア地震津波は、明治三陸津波と同じような「津波地震」であり、100 名余りの人が津波の犠牲となり、また津波の高さが最高 10 m にも達した。そのほかにも、沿岸の密集居住集落を津波を直撃したにもかかわらず、死者数が意外に少なかった、という点でも特徴ある出来事であった。

本稿の意図は、災害発生の 3 週間後に現地をおとずれ、密で広域な調査を行う機会があたえられたわれわれが、できるだけ災害直後に踏査、口頭質問、などを通じて得られた情報を、現状に即した忠実な記録として残し、将来の研究の材料とすることにある。したがって、流体力学や地震学、あるいは建築、土木工学などの視点に立った本格的な研究姿勢は意識的にひかえて、考察は簡単な作図、グラフ作成によって知られる範囲にとどめた。このため、本稿の主要な部分は野帳、および被害状況を示す写真の提示であって、他の論文のように法則性の指摘を主旨とするものではないことを、あらかじめお断りしておくことにする。

## 2. 震度分布

今回の地震では、ニカラグア国の海岸線上の各集落では、どこにもまったく地震の揺れによる被害は生じていない。地震を感じたと答えた人も、すべての人が家具の倒壊や棚の上のものが落ちるほどの強さではないと回答した。また多くの場所で、地震の揺れに気づかない人も多くいた。また、口頭質問のさい、「地震は津波来襲とほとんど同時刻に感じた」という回答が少なからずあった。これは津波の最初の押し波が海岸にぶつかる時に生じた衝撃の振動を感じたものと考えられ、そのような人は本震による地震の揺れを感じていないことを暗に証言していることになる。

今回の調査では、改正メルカリ震度階（以下、MM 震度階と略す）の定義をスペイン語に訳したアンケート・シートを日本出発前に 200 部用意して、現地に持参し、口頭質問調査の基準とした。アンケートシート上には震度階の定義をスペイン語訳した各文を記しておいたが、MM 震度を問い直す際、その文を直接現地の住民にみせるのではなく、通訳者がいく人かの人にこのシートをもとに質問をして、最終的には通訳者に判断してもらって記録に残した。その理由は、たとえば「半数程度の人を感じる程度の揺れ」という地震動の強さを、特定の一人に質問しただけで判断を下すことは原理的に不可能だと考えたからである。

なお、アンケートシートには、津波の高さ、地震発生後津波第 1 波来襲までの時間、来襲時の様子、その集落での被害状況など、津波に関する質問項目のスペイン語訳文も載せた。その全文は阿部（邦）ら（1993）を参照のこと。

各地の MM 震度階は、3 が El Transito, La Boquita, San Juan del Sur, Masachapa, 2 が Mechapa, Jiquilillo, PoneLOYA, Salinas Grandes, Puerto Sandino, Miramar, El Velero, Pochomil, Casares である。MM 震度 2, および 3 は、日本の気象庁震度階に直すとそれぞれ 1 ないし 2 に相当する。首都 Managua の INETER 内の地震観測を専門的にしているスタッフたちには、振動は感じられていない。すなわち首都 Managua で MM 震度 1（つまり無感）であった。

今回津波の被害を受けたニカラグアの海岸区域の震央距離は 100 km 程度であることを考えると、今回のような大きな被害を伴った津波のわりには、沿岸各地で感じられた地震動は異常に小さかったことになる。これについて IDE *et al.* (1993) は、断層面上での破壊が完了するまでに要した時間が 100 秒と長いことにあるとして、これを「津波地震」であったと判定している。津波地震とは短周期地震動から推定したマグニチュードに比べて、断層のずれから推定したマグニチュードが異常に大きい (KANAMORI, 1972) ものをさし、断層での食い違い (Dislocation) が断層面全体に行き渡るのに長い時間かかるときに起こる。すなわち、この時間が 1 ないし 2 分程度に長い場合には、短周期地震波の励起が抑えられるが、最終的なずれによる変位の絶対量が大きく、海底面の隆起あるいは陥没の垂直変位による津波励起は瞬間的に変位の完了する「普通の」地震と変わらず、大きな津波が引き起こされると考えられるからである。その結果、陸上では弱い地震動しか感じられないのに、非常に大きな津波が襲って来ることになる。このような津波地震の発生例は多くはない。渡辺 (1985) によると、1926 年から 1984 年までに日本近海に発生した 64 例の津波のうち、4 例 (6.3%) が津波地震である。1896 年の明治三陸地震、1946 年の Aleutian 地震などが津波地震の代表的なもので、いずれも海溝付近で発生している逆断層型の地震であった。

余震の震央分布を Fig. 1 に示す。これによると余震域は Middle America Trench の海溝に平行に伸びており、海溝軸から陸側よりの海域に、海溝と平行方向に長い断層面が形成されたことを物語る。余震域の大きさは長さが約 200 km、幅約 100 km ほどである。余震域の最南端はニカラグア・コスタリカ国境線の沖合い海域であり、北端はニカラグア・ホンジュラス国境付近にあって、ちょうどニカラグア国の海岸線の沖合いが、ほとんど余震域であったことになる。本震のメカニズムは東側下がり断層面上に起きた、低角逆断層型で、走向は海溝軸に平行である。

### 3. 津波来襲状況

この節では検潮記録と証言・痕跡による津波の様子を論ずるが、その前にニカラグアで使われている時刻について述べておこう。ニカラグアは西経 90 度線にもとづくローカル時間 (世界時に対して -6 時間) を使用する国である。これによると今回の地震の発生時刻は 18 時 16 分に起きたことになる。ところが、今回の津波の発生した 9 月 1 日は、ニカラグアではサマータイム実施中であって、ニカラグア・ローカル時間に 1 時間を加えた時間 (世界時 -5 時間) が日常生活では使われていた。これによると、地震が発生したのは、19 時 16 分ということになる。しかし検潮記録紙上は、このサマータイム時間では表記されず、ニカラグア・ローカル時間によって表記されている。つまり、地震が発生したのは、記録紙上の 18 時 16 分ということになる。以下に詳しく述べるように、津波は地震発生のおおむね 30 分から 1 時間余りの後、すなわちローカル時間で 18 時 45 分から 19 時 30 分ころ海岸に達している。したがって、地震が発生した時刻にはニカラグアの太平洋海岸は日没時刻のころで、まだ十分野外が明るい時刻であった。また津波が猛威をふるっていたころは、野外がかなりうす暗くなった時刻であったことになる。

Fig. 2, および Fig. 3 は、それぞれ Corinto と Puerto Sandino のそれぞれ検潮記録である。これらの検潮所のおよその位置は Fig. 5 を参照のこと。また検潮点付近の詳細地図は Fig. 13, および Fig. 17 に、それぞれ示した。これら検潮記録によると、ほぼ満潮時の 19 時 08 分、19 時 21 分 (ニカラグア・ローカル時間) に、それぞれ引き波で始まっている。地震発生後の 52 分、64 分後に、津波の初動がこれらの地点で観測されたことになる。

初動の小さな引きの後に大きな押し波が来ているが、Puerto Sandino の検潮記録は、この押し波によって振り切れている。Corinto では振幅の絶対値が小さかったために完全な波形が記録された。その記録では、大きな押し波に先だつ、小さな引き波がより明瞭に見られる。ニカラグア本土を載せる Caribbean プレートが、Cocos プレートの上に

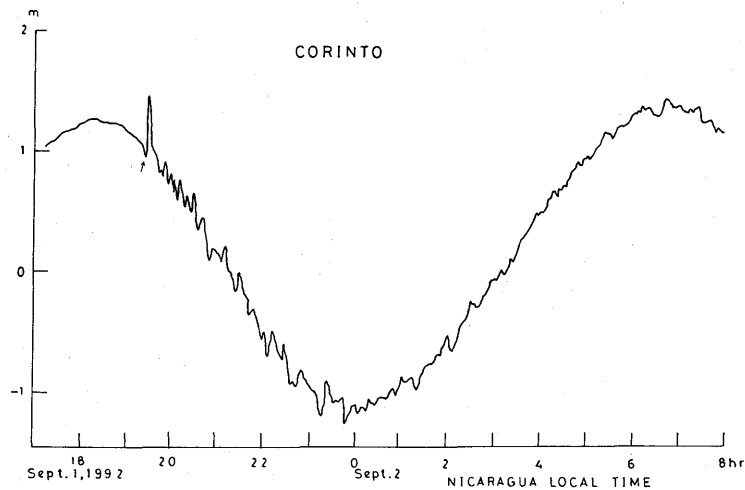


Fig. 2. Tide gauge record at Corinto. The location of the station is shown in Figs. 8 and 13. Notice that a small downward wave appears as an initial wave before a big peak. Arrival time of the initial motion was 19h 08m in Nicaraguan standard time, that is, 52 minutes after the main shock.

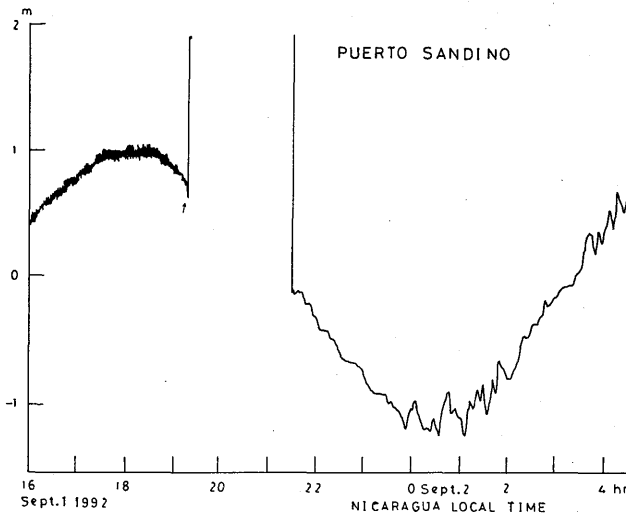


Fig. 3. Tide gauge record at Puerto Sandino. The location of the station is shown in Figs. 8 and 17. After the initial small downward wave, scale out took place on the record due to the first peak. Arrival time was 19h 21m in Nicaraguan standard time, 64 minutes after the main shock.

乗り上げる形の低角逆断層型の地震であった今回の場合、海底の垂直変位分布を断層理論に基づく計算によって求めてみると、海溝軸に近いところには広く大きな海底隆起が現れるが、陸よりには小さな陥没の海域が現れる。両方の検潮記録に現れた最初の小さな引きは、この陸よりの小さな陥没の海域から来たものであると判定することができる。

水位が最初の小さな引きを記録し始めてから、大きな押し波を記録したあと、ふたたびもとの水位に戻るまでの時間を「第1波の周期」とみなして、それを Corinto の記録から読み取ると 15 分であった。波源域は余震域とほぼ一致することは経験的に知られており、また津波の第1波は、波源から直接最短距離の経路でやってきた波で、海底の鉛直地変の分布を忠実に反映していると考えられる。波源域での海の水深を 2000 m とみなすと、波源域の短軸方向の広がり は 126 km と計算され、余震域のそれと概略一致する。

なおこの津波は、ニカラグア海岸の検潮所だけではなく、エクアドル沖の Galapagos 島、Hawaii 諸島をはじめ太平洋の各地で遠地津波として観測されている。Fig. 4 は日本の宮城県気仙沼湾入り口にある杉野下漁港で、気仙沼市役所設置の超音波式津波計によって記録されたもので、地震発生から約 17 時間後に、津波によると思われる全振幅 13 cm の特徴ある波形の水位変動を記録している。ただし、これは波源から直接到達した第1波ではなくて、ニカラグア海岸からの反射波である可能性がある。反射波はコヒーレントで幾何学的減衰が小さいからである。

各地で得た津波に気づいた時刻に関する証言によると、Corinto 郊外で 20 時ちょうど (時刻はサマータイム時間。以下同。本震発生後 44 分に相当する)、El Velero で 20 時 20 分 (本震後 64 分)、El Transito で 20 時から 20 時 30 分の間 (同 44 分から 74 分)、Masachapa で 19 時 45 分から 20 時 (同 29 分から 44 分)、San Juan del Sur で 20 時 10 分 (同

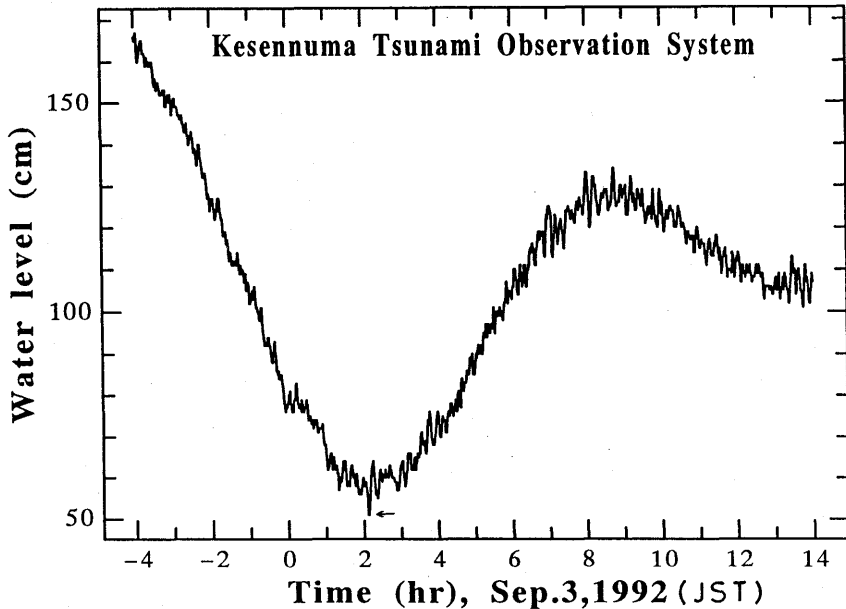


Fig. 4. Tide gauge record at Kesennuma ( $38^{\circ}54'N$ ,  $141^{\circ}35'E$ ), Miyagi Prefecture, Japan. Small disturbance with double amplitude 13 cm was recorded from 2h05 m in Japan standard time, about 16 hours 50 minutes after the main shock. The disturbance was observed up to 10 hours (or more) after the initial motion. The record was provided by the courtesy of Mr. Ken'ichi Sato, an officer of Kesennuma City Hall.

54分)などとなる。津波に気づいた時刻とは押し波の始まりか、さらにそのすこし後の、やや水位の増加した時刻をさすと考えられるが、検潮記録でのその時刻に近い値になっているので、20時10分から20分あたりが押し波の到達時刻と考えられる。これらの結果は北から南まで走時にほとんど差がなかったことを示している。なお津波に気づいた時刻を、テレビ番組の切れ目と関連付けて記憶していた人がいた。そのような証言による時刻は信頼性が高いものと考えられる。なかにはこれらの結果とかけ離れた時刻を言っている人もいたことを付け加えておく。

つぎに津波が何波からなるかという波数であるが、Corintoの検潮記録は主要なものは1波だけであることを示している。Corinto港の入り口には海岸に平行に岩礁があって、入口をせばめている。この岩礁が後続波の侵入を妨げたためにこのような単純な波形になったと推定され、このような1山目だけがなくて後続波が格段に小さいというのは、この場所の特殊な地形条件によって生じたものと推定される。

証言調査の結果によると、El Transitoでは「何回もひたひたと来て、1回でおわった」と証言されている。Masachapaでは15分後に2波が、最北の測定点のMechapaでは3回波が来て第3波が最大、Nicaraguaの南端近くのEl Ostionalで3回波が来た、とそれぞれ証言された。この結果から被災海岸のほぼ中央に位置するEl Transitoを起点として、そこから南北に離れるにつれて波数が増えていき、同時に最大水位を示す波が第1波ではなく、第2波、第3波と遅れて来たもののほうが高くなる傾向があったと判



断される。

このような傾向は、波源域つまり断層が海岸に平行に延びていて、最大被災地となった El Transito は長さの半分の位置にあるとすれば説明できる。波が2波以上になるのは断層の長さ方向と幅方向とで、波長の異なる2種類の波が観測されうるからである。また、細長い波源域の短軸の延長方向では、海底地形に南北差がなければ、長さ方向の両端から出た波が同時に到達するため、結果的にそこで観測される波数が少なくなると考えられる。

#### 4. 津波浸水高

ニカラグアの沿岸は、砂浜が広く、スロープが非常に緩やかであり、居住地は砂浜を前面に持つ地域が多く、居住地域の敷地の標高は砂浜の標高と比べてほとんど差がないため多くの居住域が津波によって浸水した。また日本の海岸集落のような堤防で砂浜と居住区域とが区切られているというところが少なく、ほとんどの集落が直接砂浜に面しているため、海水が容易に居住地への浸入したことも見逃せない。このようなところでは浸水の他、家のドアや壁の破れ、家屋の流失、人の死傷などの被害を生じた。津波の痕跡は津波が入り込んで、一時停滞した所で明瞭に残っており、多くの居住地域で住民の指示するレベル近くに水位を示す痕跡を見つけることができた。痕跡の種類は、壁に残る海水による変色、ドアの破れ、金網などに付着する海藻、植物の一定レベル以下での変色、立木に付いた傷跡、居住地区の表土とは異質な海岸砂の覆土などである。

これらさまざまな津波痕跡の標高を津波浸水高として測定した (Table 1)。これを測定時の天文潮位を補正して平均海面上の値に直してプロットしたのが Fig. 5 である。津波の高さを測定した地点の詳細地図上での位置については6章を参照のこと。なお位置の確認は携帯用 GPS 測位装置による。

津波の浸水高は測定結果によると El Transito で 9.9 m と最も高く、これより南では 6~7 m のレベルを保ったまま San Juan del Sur まで推移し、それから先は急減衰する。一方、北ではそのすぐとなりの El Velero での 6 m から北端近く Corinto や Jiquillio などでの 2~3 m へと徐々に減衰するという分布になっている。このような分布は断層が長いことと海岸線が単調であることから生じていると考えられる。減衰領域の midpoint を断層の端にあたる点とすると断層の長さは 200 km 程度になる。なお IMAMURA *et al.* (1993) はこの津波の数値実験において  $200 \times 100 \text{ km}^2$  の大きさの断層を仮定して、食い違いの量を適当に仮定すると観測された津波浸水高の分布のパターンを説明できるとしている。この断層面の長さ 200 km という値は、地震のマグニチュードが 7.7 であった 1983 年日本海中部地震の場合の 120 km (SATAKE, 1985) と比較するとマグニチュードの割に長いことが理解される。さらに、日本で生じた同程度の地震規模の津波と比較してみると、1968 年十勝沖 (e.g., TSUNAMI RES. GROUP TOHOKU UNIV., 1968), 1964 年新潟地震津波 (相田他, 1964), 1983 年日本海中部地震津波 (ABE and ISHII, 1987) の高さ分布と比較すると、今回のニカラグア地震津波では、4, 5 m 以上の高い津波浸水値を示した海岸線の区域がきわだって長いことがわかる。

Masachapa, と San Juan del Sur では海岸に直交する方向で2点以上の浸水高測定点をとることができた。これによると、津波が上陸してから、居住地域に浸入して減衰したことがわかる。Masachapa では中央部で 4.4 m から 3.5 m, その南では 4.1 m から 3.3 m

Table 1. Measured tsunami inundation heights and tsunami heights above mean sea level.

Fig. No.	Locations	Surveying data/time	Measured tsunami height (m)	Tsunami height above MSL (m)	Reliability rank	Tide station reduced
10	Mechapa	Sep. 22	14:00 4.47	4.1	A	Corinto
			14:00 4.27	3.9	A	
12	Jiquilillo	Sep. 22	16:30 3.48	2.5	A	
			16:30 3.05	2.1	A	
13	Corinto	Sep. 21	14:30 4.23	3.5	A	
			13:50 4.50	3.9	B	
			12:30 2.98	2.7	A	
15	Poneloya	Sep. 21	16:50 5.68	4.8	A	P. Sandino
17	Salinas Grandes	Sep. 23	11:10 3.97	4.5	A	
			11:10 2.75	3.3	A	
			11:10 4.43	4.9	C	
—	Almendo	Sep. 23	12:30 3.75	4.3	B	
			12:30 3.20	3.7	B	
			12:30 2.80	3.3	B	
17	Puerto Sandino	Sep. 21	12:59 3.80	3.5	A	
			13:45 4.20	3.7	A	
17	Miramar	Sep. 23	14:25 5.29	5.3	A	
			14:27 5.19	5.2	A	
			14:30 5.93	5.9	C	
21	El Velero	Sep. 23	15:38 5.4	5.0	B	
			16:00 6.00	5.4	A	
21	Playa Hermosa	Sep. 28	16:30 2.57	3.6	A	
21	El Transito	Sep. 21	15:15 7.08	6.4	A	
			15:20 8.28	7.5	A	
			15:30 10.68	9.9	A	
		Sep. 28	14:30 5.64	6.4	B	
23	Julio	Nov. 24	13:35 7.23	7.6	A	
23	Montelimar	Nov. 24	12:25 4.85	4.5	A	
23	Masachapa	Sep. 20	14:15 7.0	6.2	C	
			14:15 6.6	5.8	B	
			14:15 5.70	4.9	B	
			13:12 4.00	3.3	A	
			12:55 4.90	4.4	B	
			12:16 3.90	3.5	A	
			13:12 4.70	4.1	A	
23	Pochomil	Sep. 20	13:12 4.00	3.4	A	
			15:30 5.83	5.0	B	
			15:50 5.46	4.6	A	
26	La Boquita	Sep. 21	15:30 5.40	4.5	A	S.J.d. Sur
			13:10 3.30	2.7	A	
			13:10 6.40	5.8	A	
26	Casares	Sep. 21	14:00 3.26	2.5	B	
		Sep. 21	14:30 7.69	6.8	A	
		Sep. 22	13:45 5.05	4.7	A	
			13:45 5.85	5.5	B	
			14:15 5.10	4.5	A	
			14:15 5.65	5.1	A	
28	Huehuate	Sep. 21	15:30 6.42	5.4	A	
31	Las Salinas	Sep. 26	16:15 6.37	6.7	A	

Table 1. (continued)

Fig. No.	Locations	Surveying data/time	Measured tsunami height (m)	Tsunami height above MSL (m)	Reliability rank	Tide station reduced	
31	Popoyo	Sep. 23	16:30	5.00	4.1	A	S.J.d. Sur
			16:30	6.55	5.6	A	
			15:15	5.00	4.4	A	
			14:15	3.33	3.1	A	
			14:15	4.63	4.4	A	
			14:15	4.68	4.5	A	
32	Marsella	Sep. 22	14:12	8.60	8.1	B	
			13:48	5.45	5.0	B	
32	San Juan del Sur	Sep. 22	11:10	3.40	4.0	A	
			11:10	4.18	4.8	A	
			12:15	3.42	3.6	A	
			12:15	2.72	2.9	A	
			12:15	1.80	2.0	A	
35	Playa El Coco	Sep. 22	15:31	3.55	2.7	A	
35	El Ostional	Sep. 22	16:08	1.83	0.9	A	
—	Puerto Soley	Sep. 24	15:30	1.23	0.6	A	
			15:30	1.43	0.8	A	
—	Cuanjiniquil	Sep. 24	16:30	2.55	1.6	A	
—	Puerto Mora	Sep. 24	16:45	1.2	0.2	A	
			16:45	1.6	0.6	A	

Reliability rank, A: Values by clear traces and clear indication by witness; B: Values by traces or indication by witness; C: Unaccurate or unreliable tsunami height.

になっている (Fig. 24). また, San Juan del Sur では湾奥の砂浜のすぐ後ろのところで 3.6m, 市街地内で浜から離れるにつれて, 順次 2.9, 2.0m と, 浸水高さが低下している (Fig. 34). これは海水が上陸していた時間が長くなかったことを示し, 周期が短い津波であったことを示している.

### 5. 津波による被害の性質

津波の被害は浸水高や周期のみならず, そのときの潮位, 住居構造, 住民の警戒度などにも左右されると考えられる. まず, 検潮記録に見るように, 今回の津波の海岸来襲時刻が, ほぼ満潮時と一致したことが被害を大きくした1つの要因であったといえる. 津波によるニカラグアでの死者の総数は直後における Foundation of Augusto Cesar Sandino (アウグスト・シーザー・サンディノ基金, 以下 FACS と略す) の調べで 137名 (Table 2) である. いっぽう地震発生の2カ月後の Barricada (バリカーダ) 紙記者の口述による 117または 118名の数字がある. われわれが調査で得た結果を足し合わせると, 死者の総計は 93名であり, 測り残した点もあったことを考えると, 合計 100名を越す死者がでたことはほぼ確実である.

われわれが調査で得た各集落の死者数と, そこでの津波の浸水高を比較したのが Fig. 6 (上) である. 1集落で資料によって異なる死者数が記録されている場合には, 大きいほうの値を使った. これによるとわれわれが津波の浸水高さを測定した地点のうち死者

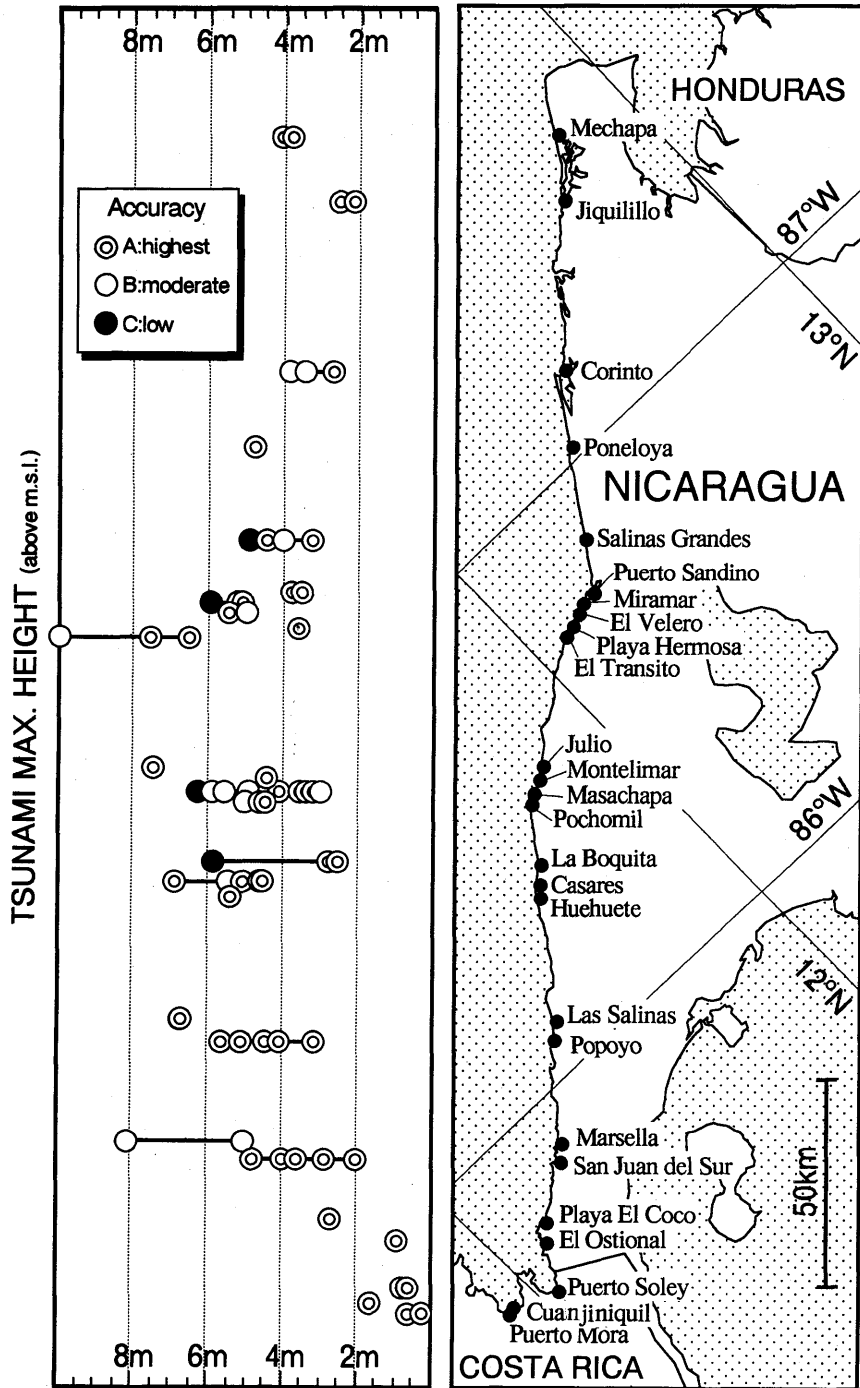


Fig. 5. Distribution of tsunami inundation height above mean sea level. We measured inundation heights at several points in residential area in some towns. In such cases tsunami height is shown with circles and connecting bars. The maximum height was 9.9 meters at El Transito.

Table 2. Statistics of human and building damages, according to the Foundation of August Cesar Sandino (FACS).

Locations	Killed	Injured	Entirely destroyed houses
Corinto, Chichigalpa and El Realejo	3		
Poneloya and Las Penitas	11	80	480
Salinas Grandes	4	53	80
Puerto Sandino		5	
Miramar		21	
El Velero		5	
El Transito	16	151	200
Tecolote	1		2
Miraflor			35
San Rafael del Sur (Pochomil and Masachapa)	19		
La Boquita	5	31	
Casares	5		
Huehuete	2		
Manzanillo	2		
Gigante	4		
Astillero	16		
Las Salinas	26		
Papayo*	15		
Bocade Brito	2		
San Juan del Sur	4		
Jal	2		
Total	137	346	797

\* Papayo: Probably misprint of Popoyo.

が10人を越したのは San Juan del Sur, Popoyo, Masachapa, El Transito の4カ所である。この図を見ると、津波高4mを境に、急に死者数が増加するのが認められる。同じ傾向は Fig. 6 (下) に示すように、1983年日本海地震の津波でも認められる。両者の間には前者は居住者、後者は行楽または仕事の人々という違いはあるものの、ともに4mから急に増加している。たとえば海岸近くに標高2m程度の平坦な土地があったとき、数年に1度だけ起きるような高波や洪水程度では被害を受けることがないとわかれば、人はそこに住居やレストランなどを作って住んでしまう。そして、数十年はさほど大きな災害にみまわれることがなく過ぎてしまう。こうしてそこに住居を構えて定住した人たちが安心して暮らしているとき、それを越えるような津波などが起きる。すると、そこに安住していた人たちの中に、多くの死者が生ずるのであろう。4mの浸水高というのが、数年一度の「ありふれた災害」と、「その場所の人たちが予測していた以上の災害」との境界にあたっていると解釈される。

今回の津波の被害で特筆すべきもう一つのことは、死者総数の中に占める子供の多さである。Fig. 7は総死者数を確認した中で、子供の死者数がわかっている地域だけを取り上げて分布図に示したものである。これらの地域では全死者数の90%余りを子供が占めている。今回の津波で最大の被災地となった El Transito の生存者たちは、浸水域にあたったほとんどの家が全壊、流失したため、集落の背後の丘の上の平坦地でテント生

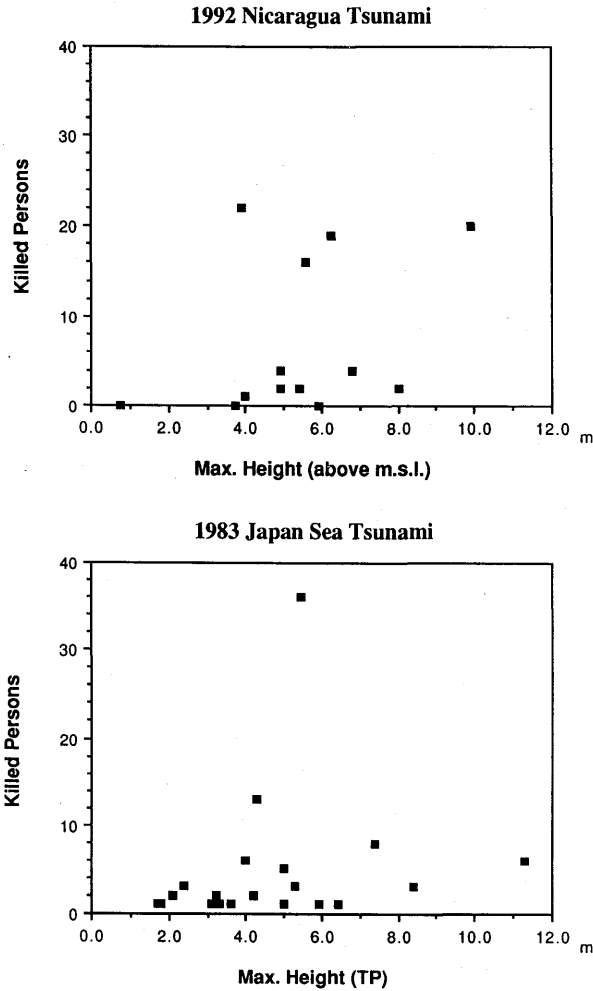


Fig. 6. Relationship between numbers of persons killed by the tsunami and inundation heights at coastal villages for the Nicaragua Tsunami of 1992 (upper figure) and for the Japan Sea Tsunami of 1983 in Japan (lower figure). The highest value was selected when tsunami heights were measured at several points in the same village. Persons were killed in villages with tsunami height of more than 4 meters by the Nicaragua Tsunami of 1992.

活をしていた。われわれは、そのテント村で住む生存者たちに、津波はどのような具合に集落に浸水してきたかと質問した。意外なことに明治、昭和の三陸津波のように、強い勢いをもって集落に侵入し、家を一瞬のうちに破壊したのではなかった。「海水は、家のなかに静かに上昇してきた」、「海水がひたひたと増加した」と表現された。そのため、「健康な大人であれば、十分泳いで逃げることで助かった」とされた。このような証言によれば、すくなくとも El Transito の集落では、津波水位の集落内への浸水はそれほど急激なものではなかったと考えられる。証言のなかに、「小学生以上の子供は皆助かったが、幼児のなかに助けることのできなかつたものがある」「幼児を抱きかかえて逃げる

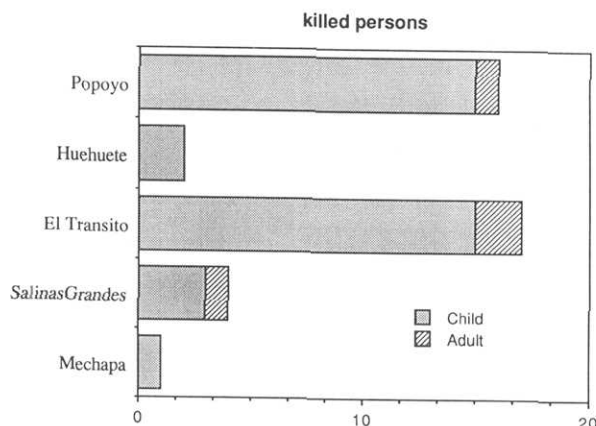


Fig. 7. Numbers of children and adults killed in several coastal towns. In the present event, children were the majority of the victims.

うち、幼児を誤って水の中へとり落としした」というのがあった。El Transitoの死者は16人とされ、2人は老人、14人は幼児であり、健康な大人で死んだ人はゼロであった。

El Transitoは、家屋数が200から300戸ほどで、人口約1,000人の集落であったと見られる。その居住地域の地盤高はせいぜい2,3mである。集落は浜に直接面していて、集落を防御すべき堤防もなにもない。そこへ最高9.9mにも達する大津波が襲った。しかるにそこでの死者はわずかに16名にとどまったことは驚くべきことである。

ヘリコプターによって上空から撮影された写真を見るとEl Transitoの居住地内には、木があちこちに植えてある。津波によって木造家屋はほとんど流されたし、煉瓦を積み上げて築かれた家にも全壊したものを幾つも見ることができる。しかし、居住地の中の樹木は、直立して残ったものが多数見られた。ただし、木肌にこすれによるすり跡は多くの樹木に見られた。津波が居住区域に勢いのある水流として入ってきたのではなく「静かに揚がってきた」ようにみえたのは、あるいは居住区域内に数多く植えられた樹木によるエネルギー減衰の効果があったのかもしれない。また生き残った人の中に樹木につかまって助かったと言う人がいた。これは樹木が津波に遭遇したときの生命保持のささえになりうることを示すものである。津波による災害の被災被害の軽減策のひとつとして、「居住区域内に樹木をたくさん植えなさい」さらに、「海岸砂浜と居住区域の間に2,3列椰子の木を植えなさい」というアドバイスが真剣に考慮される値打ちがある。

## 6. 各地の調査結果

### 6.1 調査方法

ニカラグア国の太平洋側海岸線は約300kmの長さがある。現地調査は、日本からの調査団の構成員6人が2人ずつ、「北班」、「南班」および「中班」の3班に分かれ、この海岸線の北部、中部、および南部をおおのこの調査担当区域とした。北部班は、阿部(邦)・飯尾・Noguera, 中部班は、阿部(勝)・今村・Estrada, そして南部班は都司・片尾, およびニカラグア国入国後に観光会社から派遣された通訳氏で編成された。個人的に参加してきた米国の津波研究者たち4名は、毎日適宜自分で判断をして、これらの3つ

の班のどれかを選択して参加した。後には米国の参加者たちは独自に班を編成して、ニカラグア南部の Popoyo 海岸やコスタ・リカ国側の調査などを行った。

ニカラグア到着の翌 20 日は、首都マナグアから最も近く、しかも最大被災地の一つであると報道された Masachapa とその南に隣接する Pochomil の保養地の調査を全員で行った。

われわれは、首都マナグアのコンチネンタル・ホテルを本拠とし、毎朝ここを出て夕刻にはここに戻るという原則で調査を進めた。夜はホテルで野帳整理、その日得られた情報の交換と、翌日の各班の行動予定を議論した。

ニカラグア国には「Pan American 道路」という、幅の広い舗装の行き届いた道路が南北に縦貫して内陸部を走っている。時速 100 km で移動しうる快適な道路であるが、この道路から海岸線に出る枝線道路は舗装がないか、あっても穴だらけの悪路であることが多かった。また海岸に沿って走れる道路はきわめて部分的にしか存在していない。このため、1 日の調査点は、1 班で 2, 3 点以上は確保できず、作業能率には自ずと限度があった。

## 6.2 各班の行程

各班の調査の、9 月 21 日以後の行程は次のとおり。

北部班は、9 月 21 日は、Corinto にでかけ、市街地の複数の点の浸水高を測定し、この検潮所の津波観測記録のコピーを入手した。そのあと PoneLOYa の調査をした。22 日は、まず最北端に突き出た、Punta Nata (プンタ・ニャタ) を視察し、その後南下して Mechapa, Jiquilillo (ヒキリヨ) を調査した。23 日は Salinas Grandes, Miramar, および El Velero を調査した。24 日は、午前中に、鉱山研究所と駐ニカラグア日本大使館に出かけ、午後には最大被災地である El Transito の避難民キャンプに出かけ、被災者たちに口頭質問調査を行った。

中部班は、21 日に Puerto Sandino と El Transito を訪れた。El Transito の居住地域の家屋が全滅状態であることを見だし、ここの市街地の詳細調査が必要であることを確認した。22 日には前日の南部班の報告 (後述) を受けて La Boquita (ラボキータ), Casares および Huehuete (ウエウエテ) の再調査を行った。Huehuete では海水が市街を流れ抜けて、背後の湖に侵入したことを突き止めた。23 日はヘリコプターによって、マナグアを出発して南西に進行し、Masachapa で海岸に達し、そのあとは海岸線沿いに西北行して、El Transito に至り、おなじルートをマナグアに戻った。写真、およびビデオカメラによる上空からの連続撮影が行われた。

24 日は、ふたたび El Transito に入り、市街の平面的地盤標高の測定と、街路交点間の距離の実測、および複数の点での地上冠水高を測定した。

南部班は、21 日は La Boquita, Casares および Huehuete の調査を行った。22 日には、ニカラグア南部の貿易港 San Juan del Sur (サンフアンデルスール) の港湾地区の被害、市街区の浸水状況を測定したのち、その北西の Marsella (マルセジャ) 湾の保養地、および同国最南端に位置する El Ostional に足を延ばした。途中、Playa El Coco 地域で、道路面が海砂に覆われているところを通過し、そこでの津波浸水高も測定した。

23 日、24 日は中部班の 21 日の調査によって居住地家屋の全滅が伝えられた El Transito の居住地の、詳細調査を行った。この調査は、ここでの浸水線を完全追跡するとともに、ここにあった 200 戸あまりの家屋の 1 軒 1 軒の被害状況を個々に評価するというも



のであった。

米国からの参加者たちは、21, 22日はわれわれの3つの班の調査に同行し、23日には Bourgeois に Dr. H. Yeh (米ワシントン大)、および Dr. Synolakis (南カリフォルニア大) で独自の調査班をつくり、南部海岸の重大被災地 Popoyo の調査を行った。24日はミシガン大の Dr. K. Satake (佐竹健治) が加わり、南側国境を越えてコスタリカの3点の調査を実施した。

われわれ日本隊6名は9月25日の昼、ニカラグアを離れたが、J. Bourgeois はその後数日マナグアにとどまり、26日に Popoyo のすぐ北にあって、死者を最も多くだした Las Salinas を調査し、28日に El Transito, の測点を1点追加し、そのすぐ北の Playa Hermosa (プラヤ・エルモサ) を新たに調査した。

阿部(邦)は、帰国後2ヶ月過ぎた11月21日から28日までの間、INETERでの報告のため単独でふたたびニカラグアを訪れた。その日程中の11月24日には、Noguera とともに Masachapa の北にある Julio (フリオ) と Montelimar の2つの測定点を加えた。

Eltransito と Julio 間、Huehueté と Las Salinas 間にそれぞれ25kmほどの調査測定の空白区域があるが、この間は自動車によって入れる道路がなく短期滞在の外国人にとって容易には近づけない。Eltransito と Julio 間については、23日に中部班によるヘリコプターから撮影されたビデオ映像があるが、痕跡も証言も得ることの難しい、民家のない急勾配の海岸がほとんどであった。

### 6.3 各調査地点の状況

以下に、調査した各点での津波の状況について述べるが、Fig. 8に、調査地点の全体分布図を示しておく。また、津波高測定点の正確な位置を表示するために、5万分の1縮尺図を用いたが、その本稿での図の範囲と図番号を併せて同図に示しておく。それらの図には格子目が入っているが、その間隔は1kmごとである。したがって、とくにスケールはどの図にも入れなかった。以下の記述では、ニカラグア・ローカルタイムではなく1時間を加えたニカラグア・サマータイムで時刻を表示する。

それでは、各地の調査結果を北から順に示すことにしよう。ニカラグア国の国情から、沿岸地方に住む人で腕時計をしている人は非常に少ない。このためか、「地震発生から津波来襲までの時刻は15分程度」というような、理学的には一見不合理と思われる証言しか得られなかった場所がある。IMAMURAら(1993)の津波の数値計算によれば、実際には、津波到達はニカラグアの海岸線のどの地点に対しても地震発生の30分以上後であるはずである。口頭質問調査のさい、人間の感覚による経過時間の証言として、この程度に正確さが失われるのはやむを得ないが、このような回答があったところは、意識的に「」を付けて証言そのままであることを表現した場合がある。同じように、客観的事実と認めるには躊躇される証言内容を含む場合にも同じ表現を用いた。通訳を介しての証言採取のやりかた、および野帳記載様式に調査者の個人差があることから、以下の文では地点によって多少の表現の差を生じたことは寛恕されたい。

また、津波浸水高は、直接には調査時の潮位を基準として浸水点の標高を測量した。その値を天文潮汐表によって調査時潮位を補正をして、平均海面上の浸水高に換算した値を、10cmの未満の位を四捨五入して記した。なお、今回の津波は Corinto の検潮記録 (Fig. 2) からわかるように、満潮時刻に近いときに発生していた。そのときの天文潮位は、平均海面上約1.0mであった。したがって、正味の津波による水位上昇分は、こ



Fig. 8. Index map of surveyed points and detailed figures. Squares with crosses show locations of tide gage stations.

に記した値からさらに 1.0m さし引いた値ということになる。

#### Punta Nata (プンタ・ニャタ, Fig. 9)

ニカラグア国最北端に突き出た岬。付近は断崖海岸で、崖上は比較的平坦な地形が広がっている。「地震は 18, 19, 21 時の 3 回感じられた。4, 5 回感じた人もいる。岩を打つ波の音が 22 時に聞こえた」という。別の人の証言では、津波の時刻は「19 時。次の日、岩の壁が壊れているのが発見された」という (模式図, Fig. 9)。

地震は現地のある時間帯の 19 時 16 分に起きているので、この証言にいう最初の地震発生時刻には不正確さがあることになる。津波が直接的、あるいは間接的原因となって、崖面の崩落が誘発されたか、この付近は崖地形のため汀線にたどりつくことができず、津波高を測定することはできなかった。

#### Mechapa (GPS 計測による位置は $12^{\circ}50.06'N$ , $87^{\circ}34.99'W$ , Figs. 10, 11)

海岸に沿った砂丘上の小集落。地震は 2 度感じたと証言する人と、まったく感じなかった人とがいる。津波来襲は「19 時 30 分頃」という。来襲時「爆発音」、あるいは「ウー」という音が聞こえた。津波は 3 波来て最初のは小さく、第 3 番目が最大。第 2 波は強く来た。最大波が来たときには約 40 秒で集落全域が海水でおおわれ、肩の高さまで水がきた。集落の 26 軒中 6 軒が完全に壊れた。われわれの証言を受けた人は木につかまって助かった。津波は最大 4m という。

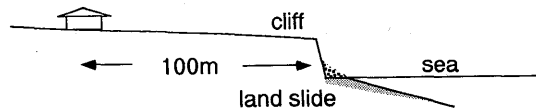


Fig. 9. Schematic illustration of coastal cliff sliding at Punta Nata, the northern most point of the Nicaraguan coast.

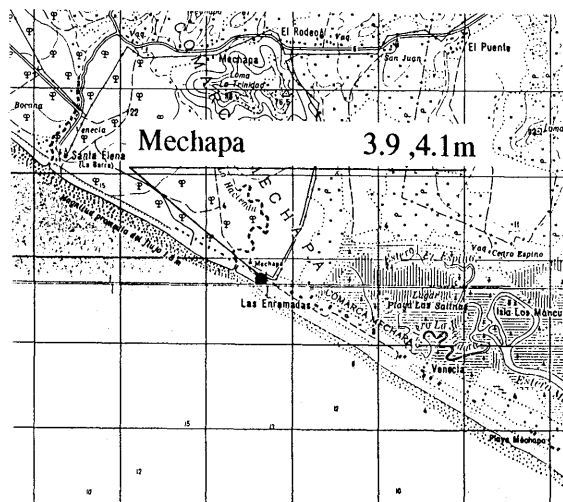


Fig. 10. Map of Mechapa. Grid interval is 1 km. The scale of the original map is 50,000 to 1.

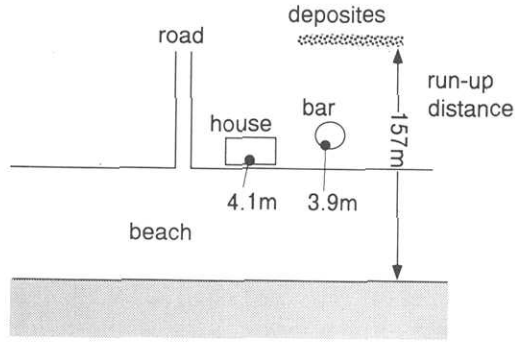


Fig. 11. Illustrated map of tsunami inundation in Mechapa. Exact location is shown by the black circle in Fig. 10. Run-up distance was measured at 13 h 40 m, 22 September.

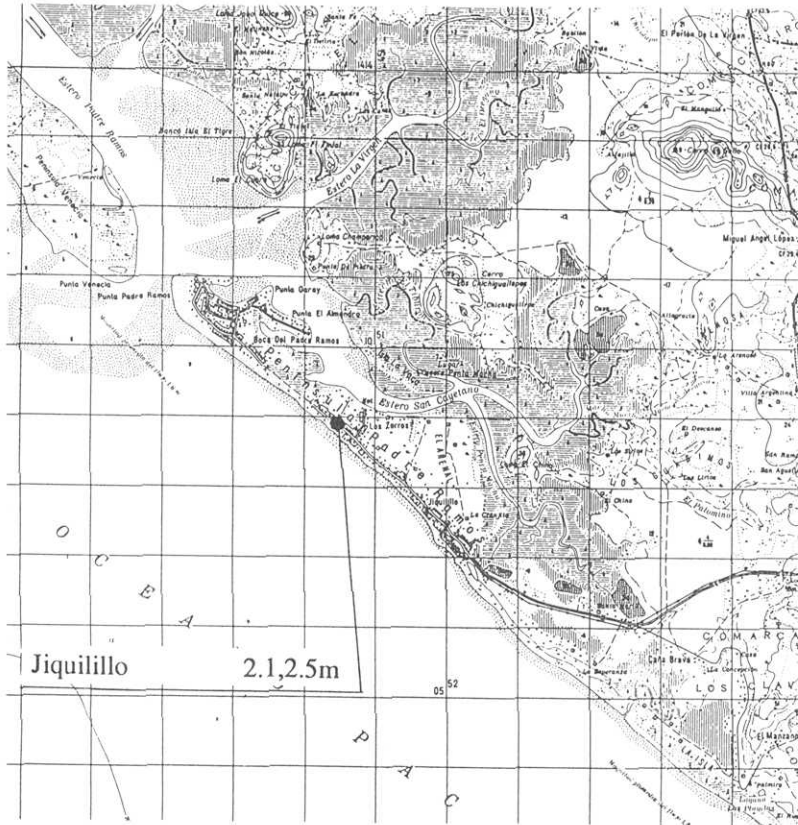


Fig. 12. Map of Jiquillo. Scale is the same as Fig. 10.

バー内の柱に津波の浮遊物によるキズがあり、これを測定して津波高 4.1 m (天文潮位を補正した平均海面上の値、以下同、Fig. 11) を得た。また電柱の変圧器外面に海水による汚れの跡があった (3.9 m)。浸水限界の土の地面上に浮遊物の堆積あり。9 月 22 日



Photo. 1. Trace of tsunami on a wall at Jiquilillo.

13時40分に測った、汀線から堆積までの距離は157mであった。汀線までの斜面勾配は4.0%であった。

**Jiquilillo** (ヒキリジョ, GPS 12°44.75'N, 87°27.37'W, Fig. 12)

証言者3人のうち、1人は地震に気づかず、2人は感じていた。そのうち地震を感じた1人は、「音を聞き、2分間静かになった後津波を見た。津波は約4mの高さで、胸の高さまでであった。150m走って逃げた。2日間水が貯っていた」という。

床の上50cmに黒ずんだ色の痕跡があって水の貯った跡と見られる(2.1m) (Photo. 1)。証言者の家はコンクリート製で、ドアは破られたが、窓は壊されてはいない。窓の高さは地上約1.2m。窓に残る海草のレベル(2.5m)を測る。このレベルは地上での胸の高さになる。痕跡のレベルはこれより低い。ここの被災者は留守番役を除いてキャンプ生活中である。汀線までの斜面勾配は4.0%。

**Corinto-1** (GPS 12°28.60'N, 87°10.45'W, Fig. 13)

浜辺の椰子の葉ぶきのレストランの老人の話では「津波の来た時刻は19時30分から20時0分の間で、一直線が入ってきた。7~8mであろう。砂浜は30cmの水に洗われた」という。建物の壁に海草が付いていたのが観察された(2.7m)。バナナの葉が地上27cmのところまで枯れていた。

**Corinto-2** (GPS 12°28.91'N, 87°10.72'W, Fig. 13)

道路が砂で埋まった跡のある集落で村人に聞く。「地震は感じなかった。盛り砂の堤防を越えて津波が来た。現在堤防をブルドーザーで修復中。津波後、堤防を高くした」。津波来襲時の堤防高(その場所での地盤上約2.6m)を浸水高とする(3.9m) (Fig. 14)。

**Corinto-3** (GPS 12°30.03'N, 87°11.18'W, Fig. 13)

砂丘をこえた平地の庭のある家で主婦が、砂浜を越えて水が入り込むのを見たとき、テレビ番組の切れ目の時刻(20時)であったことに気づいている。つまり、ここでは、津波被災時刻は地震発生後の44分後ということになる。海水は彼女の庭にある木の地上74cmのところまで来たと言われ、これを測定して津波高の値3.5mを得た。

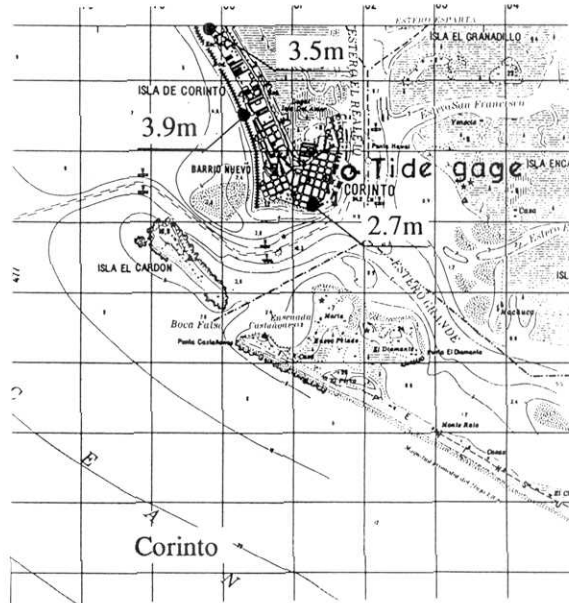


Fig. 13. Map of Corinto. Scale is the same as Fig. 10.

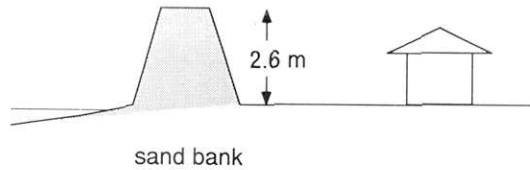


Fig. 14. Sea water overflowed the bank and destroyed it at Corinto. Inundation height is estimated as 3.9m by measuring the previous height of the top of the bank. Exact location is shown by the black circle with 3.9m in Fig. 13.

#### Poneloya (GPS 12°22.35'N, 87°02.27'W, Figs. 15, 16)

海水浴場のレストランでは、「19時30分に路上にいた人のうちいく人かが地震を感じた。海水はへその上まで来た（約1m）。石や車が津波で運ばれ、レストランを壊した。La Bocana（1km北）で6人が死んだ」と証言され、また「20時前後に来た。第一波が強く、これが壊した。柱につかまって助かった。ここがこの辺で最高である」という。

レストランの背後の道路に面した家に残る痕跡（Fig. 16のB点、Photo. 2）（3.10m）は停滞水位であろう。Fig. 16のA点（4.8m）は堤防が途切れていて砂浜に出れるところである。

#### Salinas Grandes (GPS 12°16.17'N, 86°52.64'W, Figs. 17, 18)

河口近くの草葺きの家では「19時（18時30分か）と20時の2回地震を感じた。テレビを見ていたので時間がわかる。1回目の地震から30分後に津波を見た。15～20mの高さである。茅ぶきの家は倒れたのでなおした」と証言された。また、漁師の Tomas Rod-

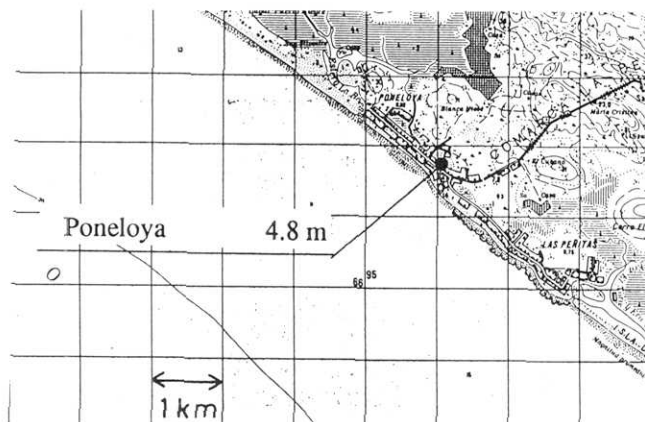


Fig. 15. Map of Poneloya. Scale is the same as Fig. 10.

riguez 氏の話では、「働いていて津波を見た。最初水位が引いた。高さ 15~20 m 近くあった。白かったので見えた。水をかぶって、150 m 流され、小さな山に上って助かった。第 1 波のみを見た。流された後、3 波来た。ボート（魚をとる）は流されて行方不明。6 軒ある家はすべて移動した。4 人死んだ（うち大人 1 人、子供 3 人）。大部分は漁師で泳げるので助かった」という。

家の軒先で浸水の到達点が証言され（Fig. 18 中の A 点）4.6 m を得た。また、路上に残るゴミ（B 点）で 3.3 m、屋根のめくれ（C 点）で 4.9 m、木の上に乗るブロック（D 点）で 4.4 m を得た。

**Almendro** (GPS 12°15.82'N, 86°52.13'W, Fig. 17)

Salinas Grandes の東方約 500 m にある。廃虚に痕跡を探し、木の上の枯れ葉で 3.7 m、鉄条網に付いた漁網から 3.3 m、別の木の葉で 4.3 m を得る。

**Puerto Sandino** (Figs. 17, 19)

港湾管理人 Jorge Sotomayor 氏（38 才）によれば、「オフィスでテレビを見ていたらカタカタとゆれ、警備員と地震かなと話をした（19 時 20 分頃）。（港の位置は Fig. 19 中の A 点）。その後仕事を事務室で続けていたところ、いつもと違うゴーという音がしたので、外へでたら港に波が入ってきたのでびっくりして逃げた。栈橋の船は岸壁にたたきつけられ、はしけはもやいが切れ流された。2 波目が大きかった。いきなり盛り上がってきた。ボアではない。地震はいつも感ずるが、津波が来たのに驚いた。初めての経験であった。津波は栈橋の上 0.6 m まで来た。検潮儀が振り切れたのは 20 時 10 分である。」

この証言にいう「栈橋の上 0.6 m」は平均海面上 3.7 m に相当する。バナナ工場前の海岸（Fig. 19 中の B 点）で、サボテンを主とした枯れた植物が散在していた。根元から

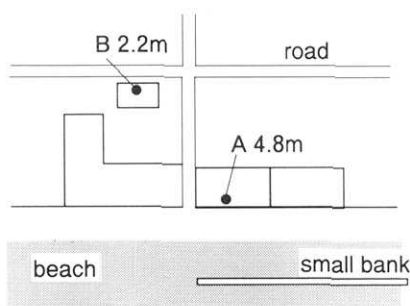


Fig. 16. Sea water invaded from the open beach into the residential area and reached the road in Poneloya. Location of the illustration area is shown by a black circle in Fig. 15.

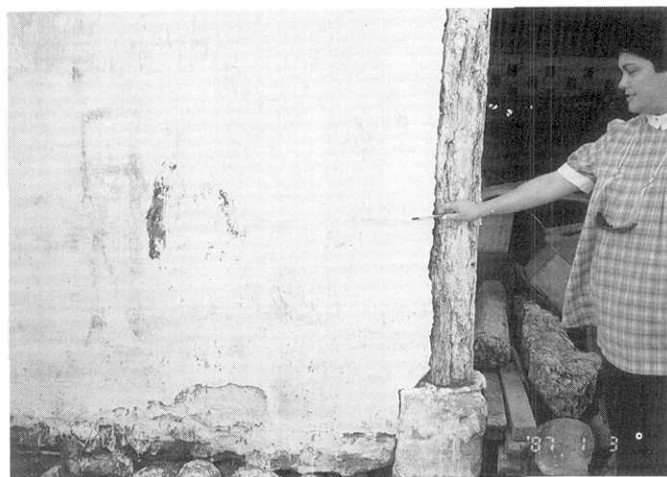


Photo. 2. Trace of submergence on wall of a house beside the road at Poneloya. Sea water rose up to the level of the pen (B in Fig. 16).

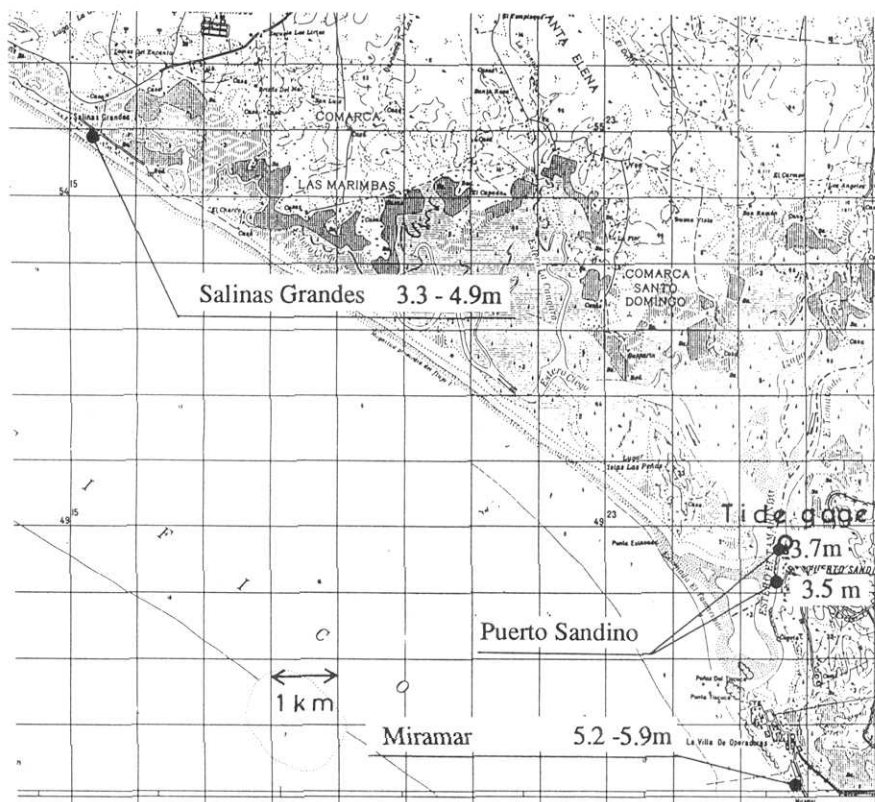


Fig. 17. Map of Puerto Sandino and its vicinity. Scale is the same as Fig. 10.



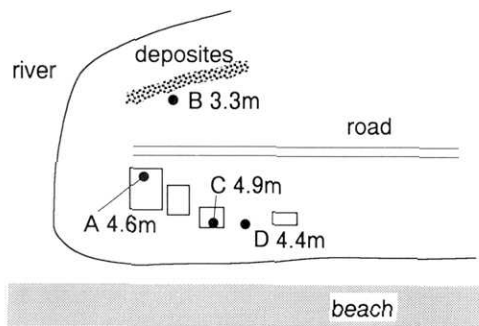


Fig. 18. The tsunami wave left a line of deposit of scum (B), which shows the limit of the inundation area. Inundation heights were also estimated from residents' accounts (A), by a destroyed roof (C), and by a transported concrete block on a tree (D) at Salinas Grandes, the location of which is shown in Fig. 17.

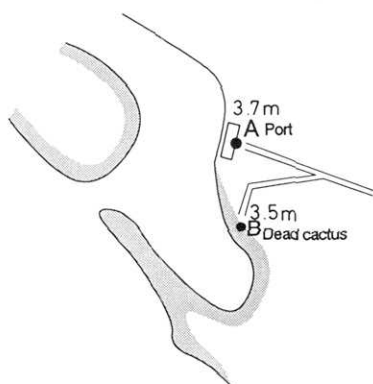


Fig. 19. Illustration of Puerto Sandino. We estimated the tsunami inundation height from the account of the port management officer at point A, and by dead cactus (B).

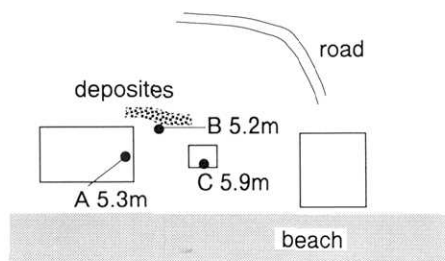


Fig. 20. Illustrated map of Miramar, whose exact location is shown in Fig. 17. We estimated tsunami heights from a submerged house (A), a line of deposit of scum (B), and a destroyed cabin (C).

引き抜かれたものもあり、明らかに津波による痕跡である。この高さは平均海面上3.5mである。

#### Miramar (GPS 12°10.17'N, 86°45.74'W, Figs. 17, 20)

海岸の高台にたつ家の主人(40才位)に聞く。「19時20分に地震は感じたが、振動は弱かった。家が動いた。戸を開けたが家にいた。家具はなんともなかった。数回地震を感じた。津波の前に強風のような音を聞いた。5分後第1波を見た。高さ5m、水は白色、沸騰するように4波が次々に来た。最後の波が家の土台の下約20cmまできた。第4波が最大。40年間住んでいて初めての経験である。被害は死者なく、36軒壊れた(全壊または半壊)」。

床面の浸水証言 (Fig. 20のA点) から5.3m、庭で津波到達限界に線状に堆積したごみ (B点) から5.2m、壊れた壁 (C点) から5.9mの津波高をそれぞれ得た。

**El Velero** (GPS 12°08.38'N, 86°44.82'W, Fig. 21)

高台の公園事務所の管理人に聞く。「オフィスにいて、19時15分1回地震を感じた。他の人に感じたかを聞いたが感じなかったという返事。帰ってきて仕事を続けた。20時にオフィスを出て食事をした。食事を終わって20時20分頃誰かが来て、津波が公園に入ってくるのを見つけた。水が公園にあふれた。下を見ると階段9段目まで来ていた。3分間そのレベルを維持した。公園の中にあるシャワールームの小さな建物が壊された (Photo. 3)」。

この階段9段目の高さは5.4mである。シャワールームの壁に、津波で運ばれた石がぶつかったのもと思われる付いた傷がみられる。この痕跡の高さは5.0mである。

**Playa Hermosa** (GPS 12°06.31'N, 86°44.135'W, Fig. 21)

痕跡から3.6mを得る。

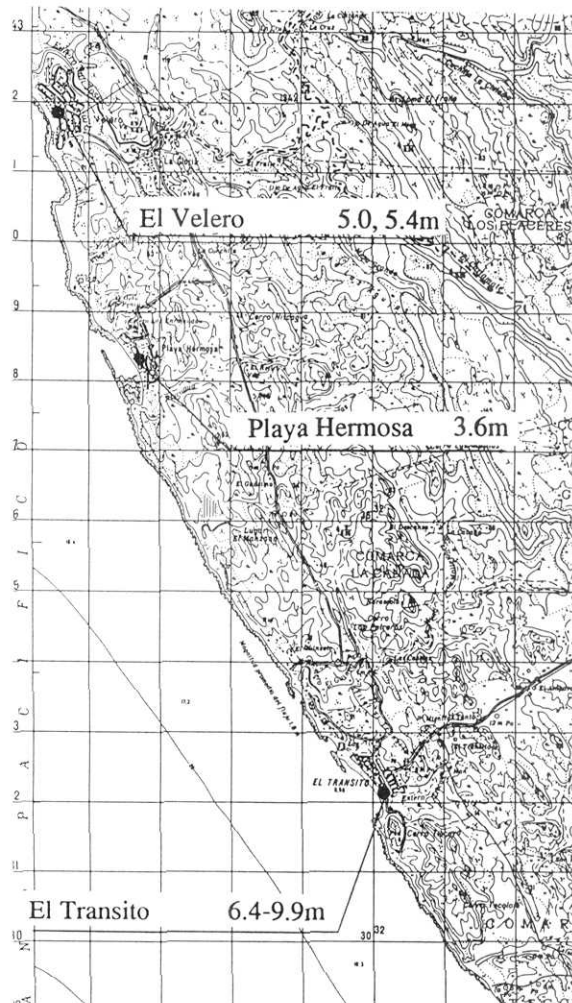


Fig. 21. Map of El Transito and its vicinity. Scale is the same as Fig. 10.

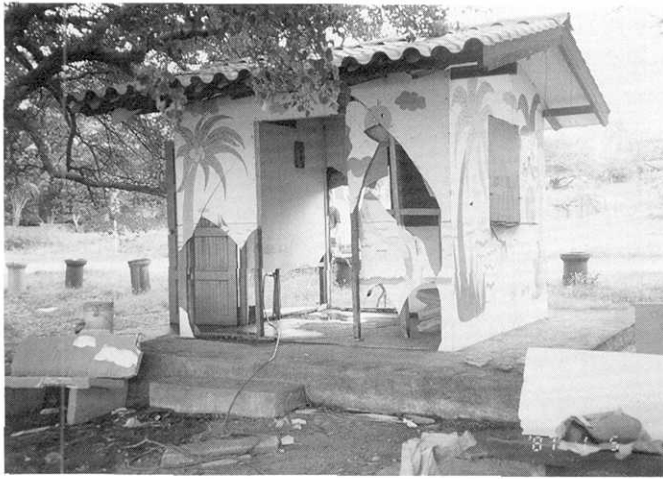


Photo. 3. Shower hut destroyed by the tsunami at the bathing beach at El Velero.

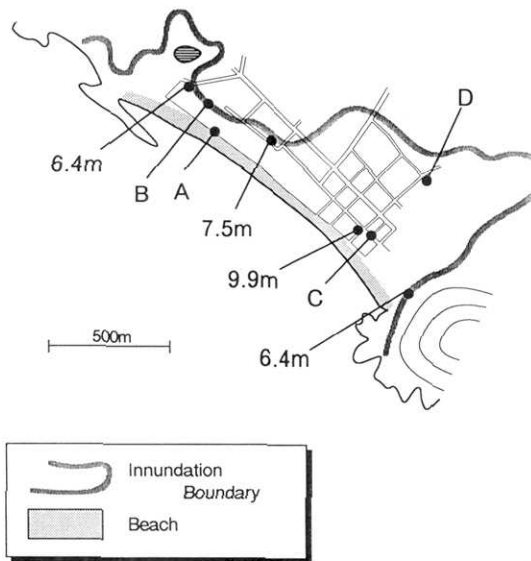


Fig. 22. Locations of points where heights were estimated from witness accounts (A-D) at El Transito. We also estimated tsunami heights from scratched bark of trees, a line of deposit and color change of weeds. Location of the town is shown in Fig. 21. About 220 houses had been in the residential area; nearly 80 per cent of them were swept away or entirely destroyed. Only one house and one stone storehouse remained in the residential area. Two handicapped old persons and 16 (or 18) children were killed here; no non-handicapped adults were killed here.

**El Transito** (エル・トランシト, GPS 12°02.99'N, 86°42.27'W, Fig. 21, 22)

Puerto Sandino の 19 km 南東, 海岸に面した平坦部で, 小学校を持つほどの大きな集落で, 今回の津波の最大被災地となった。

この集落は9月21日に中部班が入り、9月23日、24日に南部班が家屋ごとの調査と浸水範囲の調査を、中部班が地盤高、街区の長さ、津波浸水高の調査を行い、北部班が24日の午後避難民テントで避難民たちの証言調査を行った。

家屋ごとの被害調査の結果の詳細については、後日に論ずるが、この集落は総戸数200から300ほどの集落で人口は1000人程度と見られる。総家屋の80%以上が浸水域に入り、そのうち1戸の民家と1棟の石造りの倉庫を除いて、すべての家屋が被害を被った (Photos. 4-6)。流失家屋、完全倒壊家屋はそのうち80%以上に及ぶと推定される。21日から24日にかけて、ブルドーザによる整地作業が進められて、急速に被災直後の原状把握が困難となって行った。

この集落は、砂浜の海岸に面した集落であるが、集落全体が砂丘の上にあり、その背後に低地があって、海岸から侵入した津波が居住地区を通り抜けてこの背後の低地に流れ込んだためであると推定される。この集落では複数の点で津波高さを測定した (Fig. 22)。最高値は集落中央部での9.9mであって、この値が、今次のニカラグア地震津波の



Photo. 4. Scattered construction materials brought by tsunami at El Transito.



Photo. 5. About 200 houses were entirely destroyed or swept in the residential area of El Transito.



Photo. 6. Broken down block fence at El Transito.

確実な最高水位となった。

避難民は、El Transito のもとの集落の背後の海拔 40m ほどの丘の上にテント村を作り、テント生活をしていた。南班はここで 24 日の午後ここを訪れ、被災者たちにインタビューを試みた。以下は、その結果である。

被災者の 1 人の Ernestina Garcia Gomez (20 才位女性) に聞く。「地震は感じなかった。津波が来たとき、海岸を歩いていた。第 1 波は 19 時 30 分 (ニカラグアローカルタイムであろう。サマータイムでは 20 時 30 分) に来た。この時刻はテレビの番組から推定した。高さは 10m 位であった。ゆっくり水位が上がった。壁のようではなかった。子供を抱えて逃げたが水につかまった。しかし、鉄条網にぶつかって止まった。けがだけです。1 波だけを見た。木、コンクリートのかけらなどの混じった水であった。爆発のような音を聞いた。主人は別の家の 2 階にいて、2 階にのったまま流された」。

別の 50 才位の婦人に聞く。「2 回地震を感じた。2 回目の振動の後、飛行機のような音を聞いた。その 20 秒後に家の中から津波を見た。ほとんど連続的に来た。津波がきたと誰かが叫んだ。何かが壊れる音がした。スプラッシュを受けた。その後水に浸かった。腰まで浸かりながら逃げた。子供を抱いて逃げたが、転んだ人は子供をさらわれた。水に混じったものでけがをした。20 時頃停電した。ライトがなかった。成人、子供の死体をライトでみつけた。死者、子供 15 人、成人 2 人、220 軒のうち 10 軒残ったが、これも部分的に壊れた。神のおかげで明るいうちに津波に会い、犠牲が少なくです。今はブルドーザーが入って整地したため、家の位置は立木によってしか識別できない。現在飲み水は車が運んでくるが、車が故障して困っている」。

Porfirio Ernesto Catin Burgos 氏 (男性、30 才位) に聞く。「別の家でテレビを見ていて 19 時 25 分、40 分の 2 回地震を感じた。20 時にその番組が終わって、歩き始めた。自宅から 100m のところで (Fig. 22 の A 点) で月明かりにより正常な海が見えた。それから 2 回爆発音を聞いた。水が徐々に増してきた。津波を見たことがなかったので水が増してくると思った。逃げたが水にうたれた。泳ごうとしたが流された。200m 流されて B

点 (Fig. 22) に至った。家は完全に壊された。夫人と子供が入り江まで流され、7カ月の子供を1人失った。波は海岸に直交する方向より少し南よりの方向から来た。家に帰ったとき胸まで水が来た。入り江まで来たときは身長 (150 cm) より高かった。戻りは速かった」。

Gioconda Sanchez 氏 (20才位の女性) に聞く。「3回揺れを感じて最後は19時57分である。20時ちょうどに停電があった。強い音を聞いた。風か地震か不明だった。バー (Fig. 22 中 C) にいてテレビをみていたので、自宅にいる子供が心配になり、そこを出た。多くの人が水がくると叫んだ。家の前に来たとき水が来た。地上 1.2 m まで水につかって、ワイヤーに引っかかり、けがをし、1 m 位に引けてから歩いて家 (図中 D) についた。3人子供がいて、ベッドに寝ていたが、1 m の高さのベッドの2人は背中が濡れていただけでなんともなく、0.3~0.4 m の低いベッドの子供はゴミにおおわれていたが無事だった。津波は何回もひたひたときた」。

Josefa Solis 氏 (30~40才位の女性) に聞く。「地震は知らなかった。テレビを見ていて、20時に番組が終わり、音を聞いた。隣の家にいき子供をつれて戻った。20時02分に停電があった。その後津波が来た。子供とともに流されて、7カ月の子供をさらわれた。第1波は約 0.8 m、第2波が彼女を飲んだ。津波は非常に速くて、浮いて、足が地に着かなかった。2つの家も完全に壊された。家はニカリエット (会社の名前で、波板トタンに吹き付けのしてあるもの。) でできている。約 400 m の長さにわたって浸水した。

注: 19時から20時 (月~金) までテレビではメロドラマの“Rubi”が放映されていて、見ている人が多いらしく、時刻をこの番組の切れ目と関係ずけて記憶している人が多い。

集落の入口にほとんど無事な喫茶店がある。この場所からは海は直接は見えない。ここは床上 5 cm ほど浸水した。ただしこの水位は、集落を縦貫した海水の後背地での滞留水の水位である。2,3人の人に聞く。地震の揺れは、通訳氏が総合的に判断して MM 震度 3 程度。津波は地震の 30 分ほど後にきた。飛行機のような音がした。津波が来る前に海面の引くのを見た人がいる。津波は汀線から 200 m ほど侵入した。El Transito では 13 人の子供と 2 人の老人が死んだ。

復興作業の中にいた少年の話によれば、「第1波で腰まで浸かって皆逃げ、第2波で家がメチャメチャに壊れた。テレビを見ていたら、ぐらぐらと揺れ、津波が来た。時間はわからない」という。また「ここでは 50 棟が破壊し、死者 25 名、負傷者 9 名、(人口 160 人) であるという」が、正確な数字ではなく概数であろう。人口 160 人は El Transito 全体の住民数を意味するとすれば、明白に誤りである。

以上が9月21日から24日にかけて得た証言であるが、阿部 (邦) が11月下旬に再びニカラグアを訪れ、23日に再び El Transito に入った。そのとき避難キャンプ内にある市役所事務所のサブチーフの Rolando Palacios Garcia 氏によると、死者は20名で内2名は成人、2名は依然不明。負傷者多数。100軒失われた。大部分は漁師であり、全部が借家であった。今、テント村裏手の高いところに住宅を再建中である。植物が緑から黄色への変色している限界線の標高から、この町の東端での津波高 6.4 m (Fig. 22) を得た。

以上の証言を総括すると、つぎのような事実があったことになるであろう。

(1) 本震は屋内でテレビを見ている人の半数程度が感じている。MM3 程度であろう。

- (2) 19時16分(現地サマータイム)の本震のあと、19時40分ごろ、19時57分の2回、有感の余震があった。
- (3) 津波は引きで始まっている。
- (4) 20時02分に電気が止まった。津波の侵入によるショートがあったか。
- (5) 津波の市街地侵入直前に、爆発音、あるいは飛行機のような音が聞こえた。
- (6) 最初に津波が来たとき、海は次第に水が増す感じで、「壁」をなしては来なかった。津波は沖合いや南寄りから来た。
- (7) 第1波目は市街地内で地上0.8mから1m程度。このとき、身体健全な大人はある程度自由に移動することができた。この第1波は家屋破壊には至らず、多くの家で浸水にとどまった。
- (8) 第2波が大きく、多くの家はこれによって倒壊、流失した。地上冠水深さは「大人の背が立たない」程度。
- (9) 死者は20名、2人が老人。残りは子供(幼児)で、大人で死んだ人はいない。

津波の最初の押し波の市街地への来襲時刻は20時02分となろう。この5分ほど前の19時57分に3回目の余震があった。他の場所で「津波は地震の5分前に感じた」という証言があるが、これはその証言者の時刻の記憶間違いではなく、この3つ目の余震を感じている可能性がある。

市街地で地上冠水高が1m内外であった第1波が、少なくとも人身被害を出すほど烈しくはなく、「家の中で見ていると海水がゆっくり上がってきた」とも証言されている。第1波がこのように比較的穏やかであったため、次の強烈な第2波が来る前に、子供を移動させるなど、ある程度の自衛的行動がなされた。このため、第2波以下で9.9mもの高さに密集市街地が襲われたのにもかかわらず、死者数が20名程度と、人身の遭難が非常に少なくなったものと考えられる。津波第1波の市街地侵入が20時02分であるとすると、それは地震発生の46分後であったことになる。時計を見ていた数少ない人の証言として貴重である。

#### Julio (フリオ, Fig. 23)

海岸の砂浜で木をきっている男の人に聞く。「津波にのまれて100m流されたが、助かった。津波が来たのは20時15分である。腕時計をもっていた。第1波は小さく2波は大きく、これで運ばれた。引き波は少ししかなかった」。

木の上に引っかかっている網の切れ端が津波によって運ばれたものであるという証言からこれを測る。その結果この高さは地上冠水高5.13mで、平均海面上7.6mになる。

#### Montelimar (Fig. 23)

リゾートでレストランの店員に聞く。「公園が水でおおわれた。建物に浸水した」  
白い建物に残る痕跡の測定し、平均海面上4.5mを得る。

#### Masachapa (Fig. 23)

ニカラグア太平洋海岸線上の集落のなかで、首都マナグアからもっとも近い町である。マナグアの南西45kmのところにある。証言によると、本震の振動は感じた人もいないし感じなかった人もいる。証言を総合して震度はMM3と判断する。

現地の証言によると、ここでは津波の死者19、全壊流失20戸であった。FACSの被害表では、次項に述べるPochomilと併せて、死者19人となっている。

津波の来襲時刻は19時45分から20時。19時45分に地震があったという人もいる。

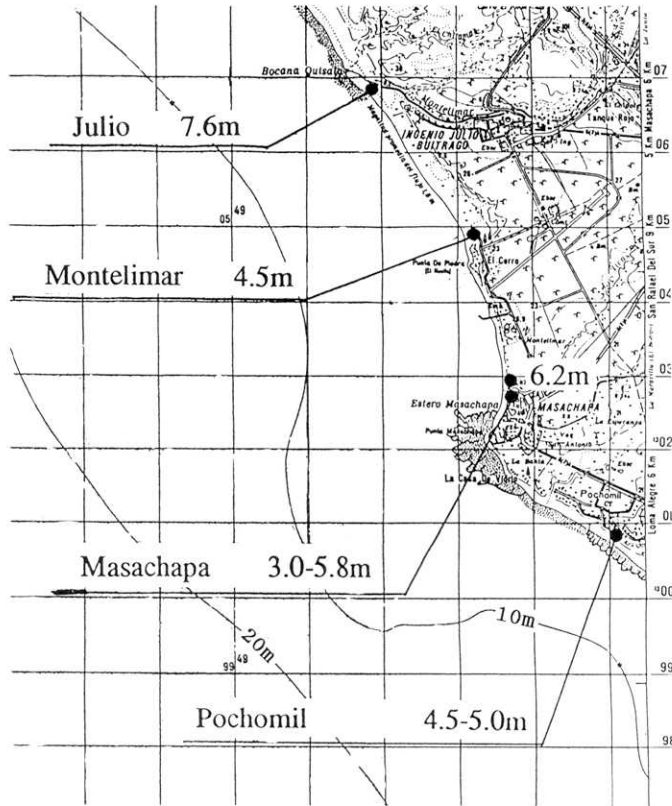


Fig. 23. Map of Masachapa and its vicinity. Scale is the same as Fig. 10.

津波の来襲時にはヘリコプターの爆音のような音、ないしはトラクターのブォーというような音が聞こえた。電線のショートに気づかれている。波は海の壁のように見えたが、壁の上部は「オーロラのように光っていた」という。

「地震は19時にゆれ、津波は20時に来た」、津波は2度来た。最初のは19時45分に南（別証言南西）から来たが、これが最大で、海水は10分間集落にとどまっていた。その15分後の20時に、第2波が北（別証言北西）から来た」という。

この付近は遠浅であり、幅広い砂浜（200～300m）が続いている。磯浜が突き出た鈍角の岬をなしているところに町がある（Fig. 24）。磯浜の北側は弓なりの砂浜が広がっているが、ここが最も大きく被災した。砂浜から標高2mほどの椰子樹林のリゾート風の居住地があり、その背後（東側）が小さな崖になっていて、その上に地元民が住んでいる。津波はほぼこの崖の中途まできているが、崖の上には達していない。

このような地区の北に幅3mほどの川があり、その北岸は急な崖でその上は10mほどの標高がある。津波はこの川の川筋に沿って河口から約200m奥まで遡上した。この川原には多くの民家があったが、すべて流失した。この崖を切り開いたようなわずかの平地の上に1軒だけ民家（Fig. 24のA）がある。この家は、瓦屋根で海側に鳥居のように梁が突き出ている。津波はこの梁の上面に達したとされ、その高さは6.2mであった。しかし、この家全体がこの水準まで浸水したわけではなく、家の内部の床面にある



竈の灰には海水が浸入した形跡はない。この家の敷地面に上がる石段は津波のために破損していた。「地震は感じなかったが目の不自由な家内が、外でトラクターのブオーと言うような音が聞こえると言って起こした。起きあがったら、屋根あたり(6m)まで津波がきて、川の上流へ流された。自分の舟は流され、1隻は川の200m上流まで流され、壊れた。流された後、裏山へ逃げた。第1波の15分後に2波が到達した。家のドアの下半分が流失した」と、この家の主人(64才)が証言している。

B. は赤い柱に正面壁が黄色く塗られた、小さな中国レストランのようなつくりのブロック壁の建物で、海岸側が正面であるが、その屋根をなす波板スレートが一部めくれ上がって破損している。この高さを計って、ここでは浸水高 5.8m とする。この建物の北側壁は上端から 30cm あたりまで、ま新しい海水による浸水を示す海の砂がこびりついており、屋根近くまで浸水した痕跡があった。この建物の後方北側に広葉樹(C)があり、下の枝の葉は海水に漬かって褐色に変色していた(4.9m)。

B. の建物の南側はちょっとした窪地であって、調査時まで津波時に海から運ばれてきた海水の水たまりがあった。D. の坂は浜から崖上の居住地へ入る道路をなしているが、その途中で、真新しく積もった海岸砂と、居住地に本来あった黄色い粘土質砂とが境をなすところがあった。その境界は津波の浸水の範囲を示すものであるが、その高さは、3.4m であった。

E. のところに3本椰子の木があり、一番陸側の椰子の表皮に物がぶつかって削られた痕跡が2ヶ所があり、その高い方の上端の高さを計ってここでの津波高を4.4m とした。ここで、海水は、もっと上の葉のあるあたりまで来たとか、津波の高さは15m である、という人もいたが、おそらく報道に影響された結果であって、どちらも事実ではないと考えられる。Fig. 24 の図中、破線で囲った3つの長方形で示した位置に流失家屋の跡を示す基礎土台が見られた。以下の図においても、基礎だけ残した流失家屋は、これと同じ表示で表す。

ここから、コンクリート柱列にバリケードを張った所有地の境界標識に従って、陸側へ進むと東側の小さな崖面にいきあたる。そこにコンクリート塀が海岸に平行して立てられていて、海水はその背後、急斜面の途中(F点)まで浸入した痕跡があり、証言でもここまでの海水浸入が裏付けられた。この津波高さは3.5m であった。

G. は別荘風のやや高級な木造の建物であるが(Photo. 7)、壁板が津波が来た高さまで運び去られている。この高さを計って4.1m を得た。この家の裏庭に網小屋風の木造建

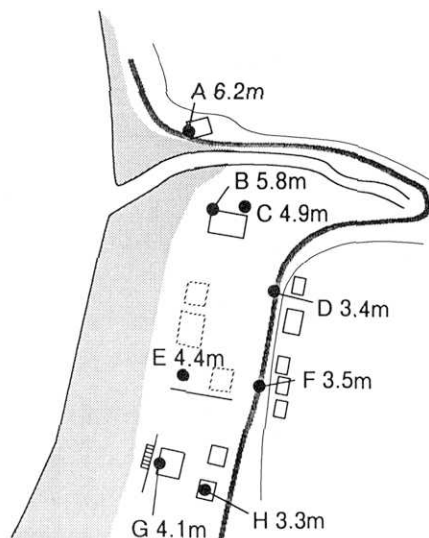


Fig. 24. Illustrated map of the coastal residential area of Masachapa (location in Fig. 23). The hatched line shows the inundated area, and locations of measured points (A-H). For details see the text.

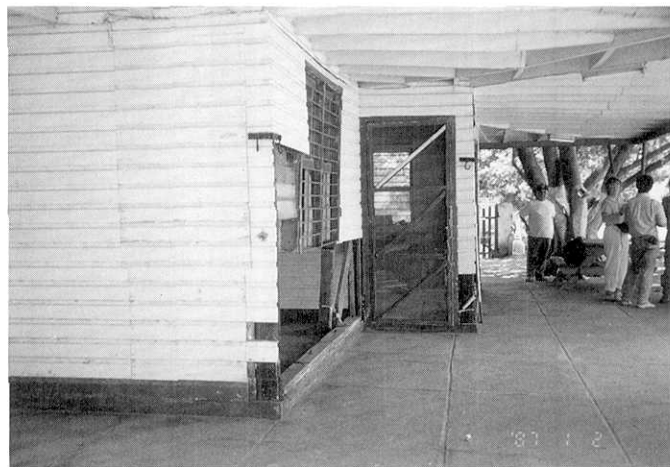


Photo. 7. Destroyed wall of a house facing the sea at Masachapa (G in Fig. 24).

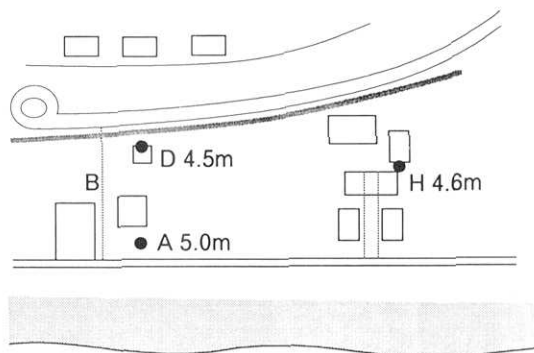


Fig. 25. Illustrated map of the coastal residential area of Pochomil (Fig. 23). Sea water reached the roadside, and traces of water level were left on scratched bark of a tree (A), fence, and on walls of buildings (B, D, and H).

物 (H) があり、内部に滞留海水の跡が付いていた (3.3m)。

#### Pochomil (Figs. 23, 25)

Masachapa から約 1.5km 南東の海岸に Pochomil のリゾート地がある。

Abraham Mejia Hernandez 氏の証言によると、まず地震を感じ (MM2 程度) 雷のような音を聞いた。その数秒後に津波が来た。「津波は地震の 5 分後に来た」。平常水位から (引きはなく) いきなり水位が上昇した。波は壁のように見えた。1 人死に、6 人が負傷した。ただ家の倒壊破損はなく、ほとんどの家が浸水した。船に被害を生じた。ここで死者は 2 人という証言がある。

この地区は、旧来の住民の民家は 10m ほどの標高の上高台の平坦地の上にあり、こちらには津波は浸水していない。旧来の市街地から海岸に下がるところにゲートがありここから浜辺のリゾート地区へ下りることができる。道路は最後はロータリーになっている

る (Fig. 25). 海水はこの道路面には上がらず、この道路の海岸側の歩道の外側縁石の段差のところまで来た。A のところの木に物の衝突による表皮のめくれがあり、その上端の高さは 5.0m であった。B は金属網目の背の低いフェンスであるが、ここに落葉やゴミが付着があり、津波の浸水を示していた。D はトイレであるが、この東側（海と反対側）の壁面に水位痕跡があり、4.5m であった。その 50m ほど南に清涼飲料を提供する店がある。建物の外壁、および内部の部屋の壁にも明瞭な水位痕跡が見られた (3.8m)。また、H の建物の内部、海側の窓のブラインド状の短冊型ガラスが途中の高さまで流失しており、津波がその高さまできたことを示している (4.6m)。

Masachapa と同じくらいの高さであるが、家屋被害は小さかった。リゾート地で家屋がしっかりしていたこと、背後が急斜面であるため、海水が背後の土地にまで突きとることがなく、流速が小さかったためであろう。

#### La Boquita (ラ・ボキータ, GPS 11°40.67'N, 86°23.00'W, Figs. 26, 27)

Casares の北西約 5 キロに位置する。リゾート居住地域の建物が海岸線に並んでおり、前は砂浜海岸である。ここでは、死者 5 名を出している。地震の揺れは、19 時 30 分に棚の瓶が揺れた程度 (MM3) で、20 時に津波が来た。この証言は時計で確認されており時間精度は高い。

ゲートから入るとロータリーにでる (Fig. 27)。ここにやや大きなホテル兼用のレストラン (A) があり、レストラン内で海水は床上 50cm まできた (2.7m)。レストラン内は、椅子やテーブルが流失した程度で、大した被害はなかった。レストランの女主人は本震に気が付いていない。その南隣の家 (B) は、木造 2 階建てで、ここは 2 階の床面に海水が達し (5.8m)、1 階は海水の勢いで海に面した側の壁が流失した。津波は 3 回来て、1 回目はゆっくり水位が上昇した。3 回目のが最大であった。南方から押し寄せた。

ホテル前面には砂浜におりる石段 C があり、周囲の砂が津波のために洗い流されて、石段を構成する石はずり下がっていた。

D. 付近に中国の門を模した、高さ 3m、2m×5m ほどの構造物あり、その門から砂浜に降りる階段を構成する石はずり下がっていた。またこの付近、1m×1m 程度の大きさの瓦屋根の 1 本柱の「亭」が海岸に平行して配置されている。いずれもそれを支える「台」を構成する石組の石が津波によってずり下がり、一部内部の砂の流失が観察され

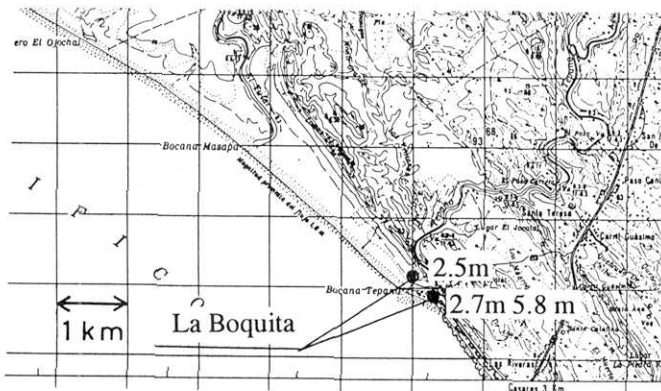


Fig. 26. Map of La Boquita. Scale is the same as Fig. 10.

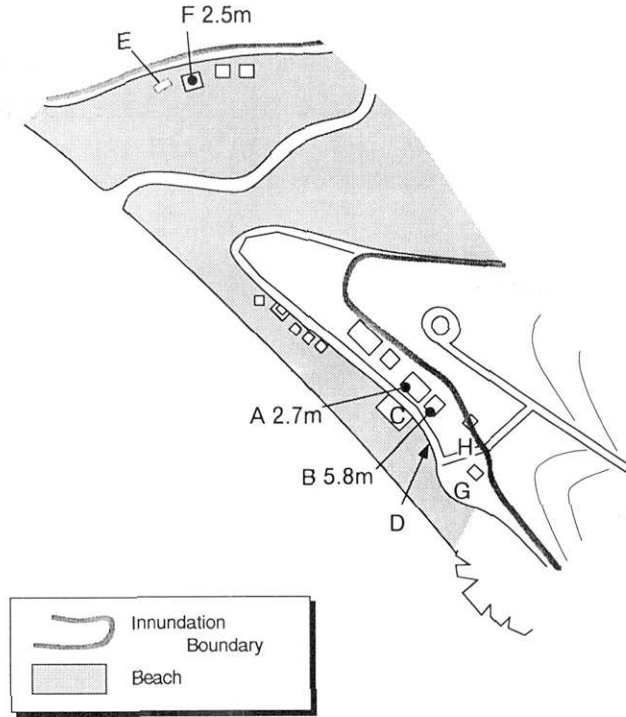


Fig. 27. Detailed map of La Boquita. Sea water invaded a restaurant (A) and reached the second floor of the house next door (B). Sea water eroded the basements of stone steps (C and D), and destroyed the wall of storehouse (G). A destroyed boat was carried to the inundation limit (H).

た。この前面の砂浜の斜面勾配は 8.5% である。

海岸に沿って北西側の保養地集落のつきたところで海岸は川にいきあたる。その対岸に住民の小さな家が叢林のなかに 10 軒ほど点在する。この家々は、どれも、5m×5m 程度の小さな木造家屋である。E のところにあった 1 軒（一番海岸に近い家）が 3 本の柱を残して完全流失した。F の家は Victor Queas Perrales 氏の家で、敷地床上 1.8m の所まで海水が上昇して家の支柱、屋根、奥の壁を残して、前面の壁板、床板、側壁の壁板が流失した。この水位の高さは 2.5m となる。ここでの証言によると、いま（9月21日）は海岸線から 100m ほど沖まで海水の色が褐色ににごっているが、津波前はこうではなかった。同氏の証言では地震を感じて 10 分ないし 15 分後に津波がきた。津波の前に潮が引くのが見られた。波は 3 度来た。

G. のところにコンクリートブロック壁でできた倉庫様の建物がある。前面（海に面する側）の壁面が津波のため中央部分に大穴があき、面全体の 70% ほどが開いていた。H. のところに破損して引き上げられた船があった。

**Casares** (GPS 11°38.83'N, 86°21.54'W, Figs. 28, 29)

津波の 30 分前に地震があった。この地震動に気づけなかった人が多く、MM 震度は 2 とする。津波来襲直前に海水の退却（引き）があった。ここでは津波によって 4 人死亡、15 人負傷。街の北側に西側に屈曲した川の河口があり、この河口の向かい側の砂浜の平

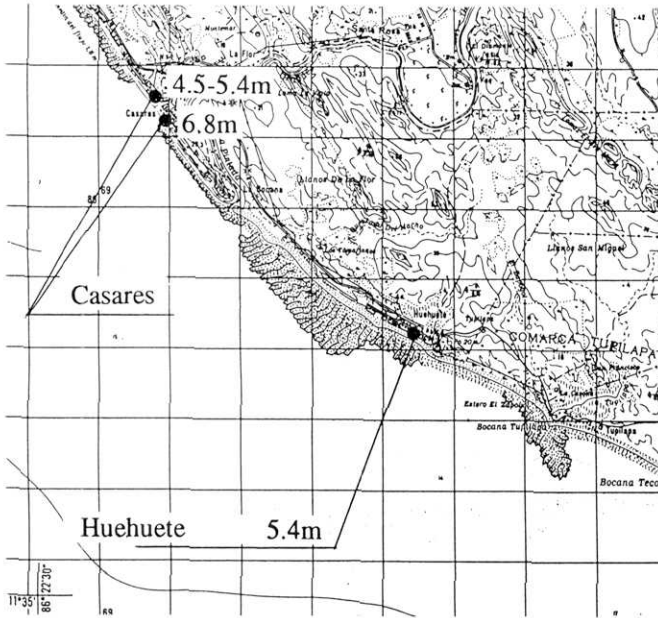


Fig. 28. Map of Casares and its vicinity. Scale is the same as Fig. 10.

平地の上にも居住地がある。Fig. 29 の B.には津波によって壊れた家があり、その浸水痕跡から津波高 5.1m を得た。C.では木が根こそぎ抜けて、南から北へ 20 m 流されていた。D.の木の表皮の痕跡から 4.7m、木の葉の変色から 5.5m の値をそれぞれ得た。

E は酒場風の木造家屋であるが、1 階が津波で四方の壁が失われていた。ただし 2 階はまったく無事であった。F, G は大きな建物であったらしいがコンクリート基礎のみ残って、上の屋舎は完全に流失して柱も何も残っていなかった。K の家屋も、やはり土台のみ残っていた。

H の電柱の「上から 4 分の 1 付近まで海水が上昇した」といい、津波高は 15m ほどではなかったかというが、やはり報道された津波の高さを鵜呑みにして証言しているものと判断される。

I では、フェンスの支柱の倒されたものがあった。その支柱の鉄筋は 4 本で、フープ鉄筋は見られなかった。I と J の

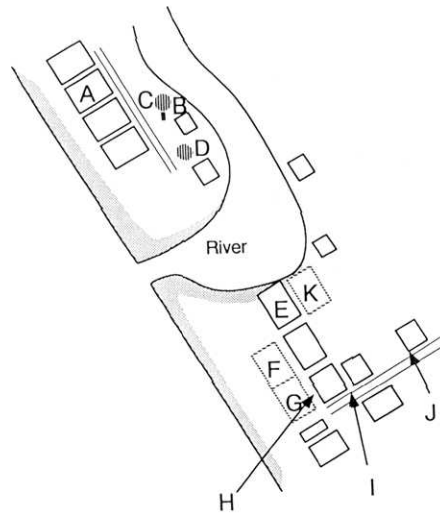


Fig. 29. Illustrated map of Casares, whose location is shown in Fig. 28. The destroyed house (B), transported tree (C), tree with brown colored leaves (D), building with destroyed first floor wall (E), house with concrete basement swept away (F), and broke down fence (I) were surveyed. K and G are traces of swept away houses. We measured tsunami height at point J, where the sea water limit was pointed out by a witness.

間はJ側が高くなった坂道である。その北側に白い壁の道路壁のある家があり、その玄関前の白壁の1点まで海水が上がったと証言された(6.8m)。

A. の家の庭にいた Marcos Asaz (25才)氏は、「地震は感じなかった。20時頃、海鳴りが聞こえて、振り返ってみると、高い波が20m後ろに近づいて来た。あわてて立ち上がり、必死に逃げ、家の前で津波は自分の体の2m後ろまで来た。その後、腰まで浸かり、木に上った。海はゴーゴーとなり続けていた。引いて行く波の力は強かった」と証言している。実測によって彼が全速で走った距離は47mであった。この距離を彼は7秒ほどで走ったということから、そこでの波の進行速度は7m/s程度と思われる。なお、庭の前は海岸に続く砂浜である。さらに、「津波被害としては3人死亡、3人行方不明。地震は少し感じたようだ。音は聞こえた。どのような音かは不明。人から3波来たと聞いた」と証言している。

注: Casares 死者数は FACS の被害表では4人であり、Marcos Asaz 氏の証言では3人死亡、3人行方不明となっていて一致していない。前者の表は被災直後の9月3日に急遽まとめられた統計表であり、後者の証言は、被災後約20日を経過した後の地元の街の安定した知識であることから、後者が真相に近い事実を述べているものと考えられる。

**Huehuete** (ウエウエテ, GPS 11°37.13'N, 86°19.59'W, Figs. 28, 30)

Casares から一度内陸に入って非舗装の道を7キロほど海岸に平行に南下すると、海岸に細長く伸びた直線状の砂丘の上に築かれた Huehuete の集落に出る。この集落は内陸側に湖がある(図30)。集落の東半分は、湖と太平洋とに挟まれた格好になっている。

町は無事な家は一軒もなく、2,3戸を残してほぼ全滅状態と証言され、事実そのような悲惨な光景がみられた。ここでは子供が2人死亡し、3,4人負傷。ここも El Transito と同様に海水は集落を通り抜けて、背後の湖に入り込んだ。

A. の家に住む Jose Mercedes Balcorano Cruz 氏(73才)は本震を感じず、津波来襲1分前に振動を感じている。振動はその1回しか感じなかったと明言した。同氏宅に隣接する B. の家は木造壁の家屋であるが、敷地上1mぐらいまでやはり吹抜けけになった。吹き抜けけになった部分の10cm上まで浸水した、と証言され、この高さを測定して、5.4m という値を得た。その東にある C. の木は同じ高さまで葉が変色していた。中心通り

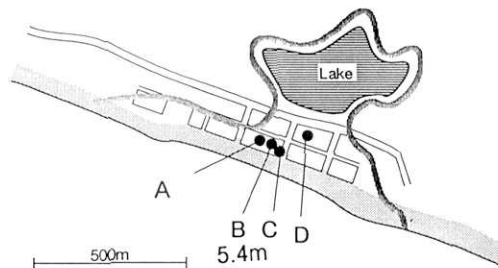


Fig. 30. Illustrated map of Huehuete, whose location is shown in Fig. 28. The hatched line shows the submerged area. Sea water passed over the whole village on the sand bank and rushed into the lake behind it. We measured tsunami height by trace on wooden house at point A. A tree discolored leaves (C), and wall which fell down at D, were surveyed. Almost all houses in the village were seriously damaged or entirely swept away.

は両側の石積みの塀のブロックの散乱があり、両側の家屋は、完全流失には至っていないが、ほとんどが全壊状態。D. は2階建てのやや大きな木造家屋であるが、1階は柱と階段の一部のみ残って壁はすべて流失して吹抜け状態。ただし2階はかなり完全な状態で残っていた。従来の居住者はほとんど他所の知人宅に避難して、5, 6人が集落に残っているだけであり、証言者となりうる人がほとんどいなかった。

175m 先の後背地に塩田として使用していたところへ津波が入り込んだ。

**Las Salinas** (GPS 11°27.44'N, 86°06.46'W, Fig. 31)

J. Bourgeois によって日本調査団帰国後の9月26日調査され、痕跡による津波浸水高6.7m が得られた。FACS の被害統計表によると、ここで津波による最大の26人の死者数を出している。

**Popoyo**

J. Bourgeois, Harry Yeh, および C. Synolakis の3人の米国人班によって9月23日の1日かけて調査され、3点の津波浸水高が証言された。

Popoyo の集落は前に海、後ろに沼沢地をひかえた、直線上の細長い島状の砂州の上に集落があり、津波に襲われると逃げる場所もない。また集落にはいるには、かろうじてつながっている砂州の上の歩道をわたって行くより方法がなく、自動車で集落内に行く手段はない。

Popoyo に行くには、El Limon Dos から自動車で海岸に進むが、Popoyo の住民の一部は一部はここで避難生活をしている。調査はここで証言を得て行われた。Popoyo に入る手前、上述の自動車道が海岸に達したところ(海岸T字路)に、教会と小集落があり、GPS による位置は、(11°23.72'N, 86°05.35'W) である。ここを第1測点として、津波高の測定がなされ、椰子の木の痕跡から、3.1m、建物の2階の破損痕跡から、4.5m、岩屑による家の窓上部の壊れから 5.1m、家の後ろの木に着いた痕跡から 4.4m の値が得られた。T字路から Popoyo に行く砂州上の道の途中には盾状の大きな岩のあるところがあ

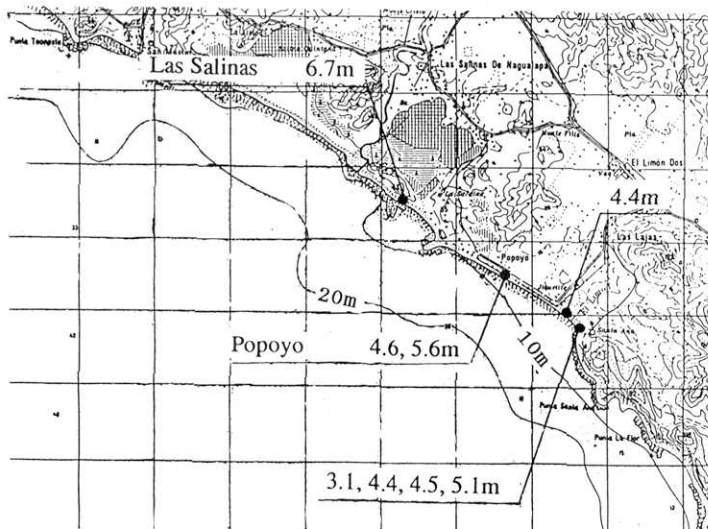


Fig. 31. Map of Las Salinas and its vicinity. Scale is the same as Fig. 10.

り、地点2とした。GPS測定値は(11°26.67'N, 86°05.25'W)であった。この木の皮のはがれから測定して津波高は4.4mであった。

Popoyo集落(GPS 11°26.94'N, 86°05.79'W)では、大部分の家が浜辺の自然堤防の上に家があったが、海岸から運ばれた岩やコンクリートを含む碎屑物のためにほぼ完全に破壊された。海岸から集落までの距離は200mで、案外急傾斜の海側の砂浜の斜面勾配は13.3%。ここでの津波高は木に着いた印から4.4m、浜辺の行き止まり道の右手の家の2階の被害から測定値は5.6mであった。

**Marsella** (マルセジャ, GPS 11°17.16'N, 85°54.20'W, Figs. 32, 33)

ニカラグア南部の貿易港 San Juan del Sur 港から北西へ約5キロのところに、湾口約600mほど Marsella 湾があり、湾奥はゆるやかに弓なりになった砂浜海岸になっている。ここはまとめて人が住んでいる集落はなく、浜辺の林間に別荘風の家の散在する保養地の海岸である。砂浜の背後に数軒の別荘風の家屋があったが、5軒の完全流失が確認され、2軒の大破損がみられた。Fig. 33に概略の状況を示す。San Juan del Surでの話によると、この地区では2名の死者を出した。この死者はFACSの被害統計表からは洩れている。

Fig. 33のA点の崖面の途中で、まだ倒されてから日が浅い緑色をしたサボテンが津波でなぎ倒されているのが見られた。その高度からここでの津波高は8.1mと測定された。



Fig. 32. Map of San Juan del Sur and its vicinity. Scale is the same as Fig. 10.



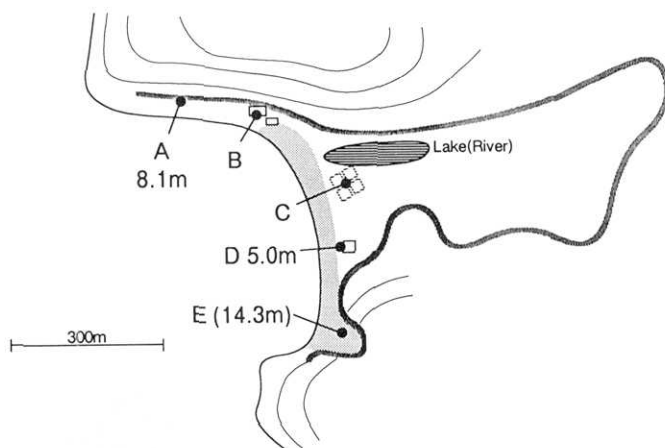


Fig. 33. Illustrated map of Marsella Bay, whose location is shown in Fig. 32. Dead cactus (A), house with slate roof lost (B), swept away house (C), two floor house with first floor side walls lost (D), and sand cone (E) were surveyed.

B点には、コンクリート製の円柱を用いた家があり、背後は崖である。海側（西側）の部分はスレート波板の屋根まで津波のために失われていた (Photo. 8)。ここではコンクリートの柱が折れていた。その向かいに、基礎と折れて完全に倒れたコンクリート円柱だけを残して完全に流失した家がある。この付近でGPSによる測定を行い、(11°17.16'N, 85°54.20'W)を得た。

C. 付近には4, 5軒の別荘風の住居があったはずであるが、いずれも敷地基礎と倒された柱が残っている以外、家屋材は完全に流失している。

Cの背後に津波の浸入したことが明らかかな湖がある。

D. の家は、2階建ての大きな家であるが、1階部分が津波のために持ち運ばれ、「吹抜け」状態になっていた (Photo. 9)。

2階部分はほぼ原形をとどめている。1階の天井まで海水が達したことは確実で、その高さは5.0mであった。ただし海水はそれより高いところまで揚がったはずである。

E. のところには、崖面に砂の吹き寄せたような海岸砂の崖錐状の堆積があった。頂上の高さ14.3m、長さ50mぐらいで、この砂の堆積をよじ登ろうと足を斜面にのせると足が20cmほどめり込むぐらい柔らかかった。津波によってできたものとも推定されるが、必ずしも断定できない。この砂山が津波によって形成されたものであるなら、この



Photo. 8. Sea water swept away plants on the slope at Marsella Bay (A in Fig. 33).



Photo. 9. Seriously damaged house on the coast of Marsella Bay (D in Fig. 33). Sea water passed through the first floor of the house.

14.3mの値が、今回の津波測定値の最高点ということになるのであるが、津波によるものとの確証がないので参考としてみるにとどめる。F. I. Gonzalez 博士 (NOAA, 太平洋海洋環境研究室) がわれわれと同じホテルに滞在していて、9月21日には、航空機によってニカラグア国の全海岸線をビデオ撮影した。われわれが Marsella 湾でみた砂の崖錐と同様のものは、航空映像にも海岸線上の数ヶ所の地点に見ることができた。

#### San Juan del Sur (Figs. 32, 34)

ここは、天然の良港を抱いたニカラグア屈指の国際貿易港で、繁栄した市街地をひかえた町である。この港の管理者ある港湾局長 (Contador) の Ronie Calderon Manager 氏に面会して津波当日の港と町の様子を聞くことができた。

地震動は19時30分の1度だけであった。「津波の5分から7分位前であった」という。この震動はあるいは本震ではなく、El Transito で証言された3つ目の有感余震であろうか。同局の他の職員からの返答を考え合わせて、震度はMM2であろう。津波が来る前に、湾の半ばあたりまで海水が引いた。

Fig. 34 の A の港湾区域の中の倉庫で、中に保存されていた漁具その他の資材が60%流失した。ここでは、敷地コンクリート面の床上151cmまで冠水した (Photo. 10)。これは平均海面上3.6mに相当する。Bの岸壁面は、元来から小破していたが津波で被害が大きくなった。Cは海に面した5mほどの崖の上にある小屋であるが、この付近は敷地の地面も浸水しなかった。Dでは海に面した高さ5mほどの崖が侵食され、海側が削られて崖の上に植えられていた木が根を出して傾いていた。Eのところには、長さ7~8mの小船が海からうち上げられていた。この標高は約4mである。Fの港湾局の東隣の建物の前の道路に面した高さ約1mのコンクリート壁面のところまで海水が浸水したという証言を得た。海水はここで道路面の63cm上のところまで上がってきた (4.8m)。

さらに「津波の来襲時には嵐のような音がした。津波ののち、海辺が真水でおおわれたようである。津波は11フィート (3.3m) であった。海岸先からの浸水域の長さは100~150mであったろう。この San Juan del Sur での死者は5人、行方不明17人、負傷

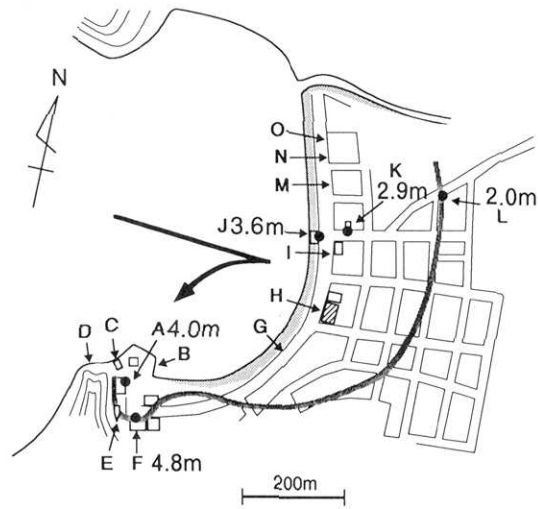


Fig. 34. Illustrated map of the port city of San Juan del Sur. We measured tsunami height at the submerged storehouse in the port area (A), roadside concrete step (F), signboard at J, drugstore "Martua Lila Alonso" at K (sea water climbed up to 68 m above the floor of the inside of the shop), and the limit point of submergence L. A cliff eroded at D, and a boat was carried up to point E in the port area. Concrete face of a pier was slightly eroded at B. A stone bench was destroyed at G. Several houses were entirely swept away at H. A wooden building of a bar (I) suffered damage to its first floor walls. A store shutter, and electric and lamp posts were broken at points M, N, and O, respectively.

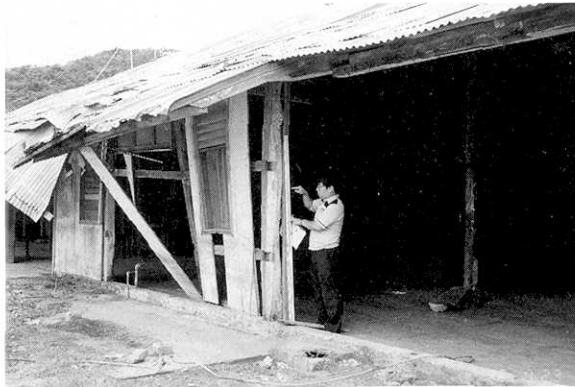


Photo. 10. Storehouse in the port area of San Juan del Sur. Sea water inundated it and rose up to the pointer level (4.0 m, A in Fig. 34).

者は多数であった」という説明を受けた。

職員の一人は局長の談話につけ加えて「津波は20時10分に来た（この人は時計で時刻を確認している）。San Juan del Surの街は海沿いの1列だけ流失し、流失家屋数は25戸であった。海岸前面からおよそ2街区目までが浸水した」と語った。

岸壁近くで見ていた人の話では第1波は湾奥に向かって進み、その反射波が港地域に浸水を引き起こしたので、波の動きを太実線で示すと図の矢印曲線ようになる。

なお、港湾局長の話によると、この港での検潮観測はときどき INETER の人がやって来て臨時的に測定しているが、恒常的な観測施設はない、とのことであった。

港の調査を終えたあと、われわれは、街へと移動した。この街は海岸沿いに中央分離帯のある幅の広い道路が走っている。

G 付近で、道路中央帯に石のベンチがあり、そのうち1個が津波に流されていた。Nacional Desarroll 銀行の南隣の H のところで、1区画分の家屋が基礎と散乱した「がれき」を残して流失していた。ここに数軒の家屋があったと推定される。

海岸道路と、Pan American 道路へ通ずる国道との T 字路交点に、酒場風の大きい木造家屋 (I)、がある。やはり、2階はほとんど無傷で、1階前面の部分が柱を除いて壁を構成していた板木材が津波に運び去られて吹き抜けになっていた。この T 字路交点の浜辺側に喫茶店がある。この PEPSI の看板の下の縁まで水が来た (3.6 m, Photo. 11)。

K は Martua Lila Alonso という薬局であるが、この女店主 Dr. Fermaceo Tila 女史 (28 才) が店の壁にもたれかかっているとき、ことごと、弱い地震を感じた。「注意していないとわからなかったであろう」と彼女自身証言した。津波が来る約 30 分前であって、店の薬が棚から落ちることを心配しなければならないような強さではとうていなかった、という。震度は MM で 3 か、それは 7 時 30 分ころであったと思う。津波は 20 時頃来た。木の葉の騒ぐような音が聞こえた。津波の来る前に潮が引くのが見られた。その後、5 m の「壁のような」海の水をみた。海岸から 200 m、8 番目のブロック (街区) まで浸水した。彼女の薬局の、すぐ隣に住んでいた知り合い 2 人が死んだ。彼女の薬局のコンクリートの床面も浸水した。指をさして壁面を示してくれ、薬局の床面上 68 cm であった。この高さを平均海面基準で測って、ここでの津波浸水高の値 2.9 m を得た。

Fig. 34 の L のところで、海水はここまで浸水したという証言があった (2.0 m)。

海岸沿いの広い道路に沿った M, N, O の場所で、家屋の壁の壊れ、電柱が曲り、街灯柱の中折れが、観察された。このあたりで地上冠水高 1 m から 1.5 m ほどに達していた模様である。



Photo. 11. Sea water rose up to the lower side of the Pepsi signboard (3.6 m) at San Juan del Sur (J in Fig. 34).

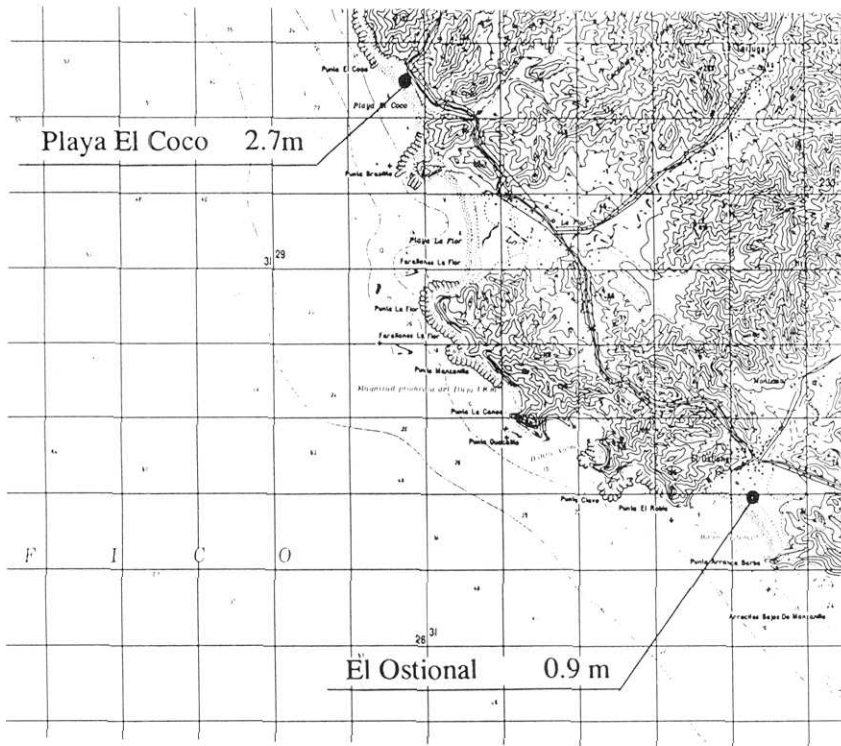


Fig. 35. Map of El Ostional. Scale is the same as Fig. 10.

#### Playa El Coco (GPS 11°09.35'N, 85°48.12'W, Fig. 35)

San Juan del Sur より El Ostional までは約 35 km, 車で約 1 時間強を要する非舗装の悪路である。ほとんどが山岳をぬって走っているが, 途中 San Juan del Sur から乗って 45 分ほど進んだ Playa El Coco ところで, はじめて道路は海岸近くを走ることになる。ここで灌木の林を抜けて走る非舗装の道路の表面が, 海岸の砂で覆われているのが見いだされた。道路から約 100 m の灌木帯をはさんで海岸の砂浜に至る。この灌木帯の中も一面真新しく海の砂覆われた形跡がある。掘ってみると, 地表から 10~15 cm の深さまで海岸から新たに運ばれてきた砂が乗っており, その下が本来の粘土質の表土であった。この砂が津波によって運ばれ, 堆積したものであることは, 雑草が塩水によって枯れた範囲が, 砂の覆っている範囲とほぼ一致することからまずまちがいないと判断された。道路面上の海岸砂の標高を測って, ここでの津波浸水高として 2.7 m という値を得た。海岸の砂浜の斜面勾配は, 緩やかで 2.0% であった。

#### El Ostional (GPS 11°06.45'N, 85°45.82'W, Fig. 35)

San Juan del Sur から海岸線に平行に車で悪路を 1 時間強揺られると, Costa Rica 国境に近い El Ostional に着く。集落は海とマングローブ帯を隔てており, やや海岸線から離れたところにある。したがって, 地図では海岸線上の集落であるように見えるが, マングローブの林に阻まれて集落中心から海は見えない。

地震は 19 時 30 分頃で, 揺れを感じたのはこの 1 度のみである。震度は MM2 とする。

「津波が来たのと同時刻」とも証言されたが、ここでの津波の高さが小さかったので津波の到来によって地面の振動が誘発された、とは考え難く、本震またはどれかの余震の揺れを感じたものとみなすべきであろう。津波が来る前に海が干上がった。川の流れるような音がして津波がやってきた。海水は海岸線から 100m 陸側に入った。波は 3 回来た。死者はなく、負傷者 2、水没家屋 1、船の被害あり。

砂浜と林の境界に有棘鉄線によるバリケード柵が作られていたが、津波のためにバリケードが陸の方に 20m ほど移動した。木の生えているところではバリケード線が木によって移動をおさえられて、「ピン止め」状態になっていた。その場所の陸側 100m ほどのところの砂地の上に巨木片が横たわっていて、下半分が海岸の砂にまみれ、上半分が清浄で浸水した形跡がなく、津波による浸水高はその境界で、それによって測った平均水面上の津波の高さはわずか 0.9m であった。

砂浜勾配はわずかに 1.71% 勾配。陸側も勾配はゆるく「海岸線から 100m 海水が上ってきた」、といっても、垂直方向にはわずか 1m そこそこの水位上昇にしかない。

#### Costa Rica

米国から調査に参加した J. Bourgeois 女史、佐竹、C. Synolakis の 3 名が班を作って、9 月 24 日にニカラグア南国境を越えて Costa Rica 国の海岸線上の 3 点の調査を行った。

##### Puerto Soley (GPS 11°02.46'N, 85°40.08'W)

目撃者の証言から、0.6m と測定され、またフェンスの板の折れ曲がりから、0.8m。この場所の津波被害はこれだけである。

##### Cuanjiniquil (クワンヒニキル, GPS 10°57.14'N, 85°42.55'W)

漁師の証言によると、船がドックのレベルまで上昇した。津波高は 1.6m。

##### Puerto Mora (GPS 10°57.04'N, 85°42.10'W)

浜辺のポートが木と家の間まで運ばれた。他に被害なし。0.2m、および 0.6m の浸水高の値を得た。

## 7. 結 論

1992 年 9 月 2 日に中米ニカラグア国太平洋側沖合い海域に発生したニカラグア地震と津波の野外調査を行い、ニカラグアの太平洋海岸での震度と津波浸水高の分布図などを得た。沿岸の各集落での修正メルカリ震度は 2 または 3 にすぎず、地震動による被害はまったく生じなかった。揺れは気がつかない人も多数いるほどであった。これに対して、津波の浸水高は、南部海岸で 100km の長さにわたって、平均海面上 6~7m にも達したことが明らかとなり、今回の地震が 1896 年の明治三陸津波の地震と同様の、地震動のわりに津波規模が異常に大きな「津波地震」の典型例であることが判明した。今回の津波で水位値の最大値を示した確実な場所は、El Transito での 9.9m であったことになる。本震発生の直後の余震分布から判断すると、震源の広がり、ニカラグアの太平洋側海岸線に平行に西北西・東南東に走る海溝軸にそった長さ約 200km、幅約 100km の海域と判断される。津波の被害を生じたのもほぼこの震源域と相応した海岸区域であった。また地震波の解析からこの地震は、ココスプレートがニカラグア本土を載せたカリブプレートに沈み込むさいの、両プレートの境界面でのずれのよって生じた低角の逆断層型の地震であることが判明しているが、ニカラグアの 2 カ所で得られた検潮記

録、および引き波から始まったと各地で証言されている津波初動の傾向は、この地震メカニズムと調和的である。検潮記録、証言、および津波伝播の数値計算結果によると、津波は地震が発生して44~70分後に、まず小さな引き波が来て、その直後に大きな押し波が押し寄せるといふ形で海岸を襲った。沿岸各地では15分周期で2ないし3波継続したと証言されている。津波は上陸後急激に減衰し、水位が1/2近くになって遡上が止まることが市街地における密な測定から明らかにされた。また浸水高が4mを越すと急激に人的被害が増加すること、津波による建築物の被害の割に死者数が少なかったこと、死者数のうち子どもの占める割合が高いことが今回の津波被害の特徴であった。周期が短い割には、住民には海水が急激に押し寄せたという認識ではなくて、比較的冷静に対処していることがうかがわれる。たとえば最大被災地となったEl Transitoの避難テントで行った生存者へのインタビューで、津波が居住地に侵入したとき、海水は強い勢いをもって家に押し寄せたのではなく、「海水がゆっくり上がってきた」と証言された。小学生以上の五体健全な人は、十分逃げおおせる事ができたのである。他の集落でも建築物被害の多さに比べて死者数の少ない傾向が見受けられることから、他の集落でもこのような「おとなしい津波」があちこちで経験されたものと思われる。歴史事例も含めて、日本で過去に起きた津波の例を全部調べてみても、このように「浸水高は大きい、おとなしく襲ってきた津波」というのはあまり例がない。この点も今回の津波の特異性の一つに数えられよう。今回の津波がなぜそのような「おとなしい津波」という形で、ニカラグアの太平洋海岸に住む人たちの前に姿を表したのか、その説明は興味ある今後の課題ということになるであろう。

死者については、FACSの被害表はわれわれが現地に住む人の証言などから断片的に得た死者数と大きな隔たりはなかったので、死者総数が137人と書かれているのも大きくは間違っていないであろうと推定される。しかし、たとえばMarsella湾での2名の死者がリストにあげられていなかったように、不完全なところも指摘することができる。このFACSの統計は被災後わずか3日目の9月3日に作成されたもので、被害の最終確定数とは隔たりがあるのは当然であろう。FACSの統計表は、9月3日をもって最終発表とされ、その後は新たな数字が発表されていない。Barricada(バリカーダ)紙の記者の117人ないし118人というものはFACSの数字より19人ないし20人少ない。この数字の根拠は不明であるが、災害発生後2カ月半以上経過した時点での、現地国のジャーナリストの知識であるので、こちらのほうがより真実に近いと判断すべきであろう。

## 謝 辞

今回の調査にあたり、情報を提供してくださいました地域住民の方々、検潮記録や5万分の1地形図の提供をはじめ、調査全般にわたり協力してくださいましたニカラグアのINETER(国土研究所)所長Gutierrez氏はじめスタッフの方々に感謝いたします。またこの調査ではHarry Yeh(ワシントン大)、Costas Synolakis(南カリフォルニア大)両氏にはPopoyo、およびコスタリカ国での調査を手伝っていただきました。Frank Gonzalez(NOAA)氏には海岸線の航空撮影のビデオを見せてもらい調査の参考にしました。William Martinez, Darce両氏には計画の段階で協力をえました。またMartinez氏にはMontelimar、およびJulioでの調査に手伝っていただきました。

MM震度と津波の状況などを現地で質問するため、日本出発前にアンケートシートの

スペイン語訳文を作成しましたが、その作成には小野茂氏、および地震研究所に留学中の Rovere Adaniya Elizabeth 女史の御助力を得ました。日本放送協会 (NHK) の姫野浩氏には被害者数の調査で協力をいただきました。また気仙沼市水産課の佐藤健一氏からは検潮記録を提供してもらいました。あわせて感謝いたします。なおこの調査は文部省科学研究費課題番号 0430631 によって行われた。

#### 参考文献

- 阿部邦昭・阿部勝征・都司嘉宣・今村文彦・片尾 浩・飯尾能久・佐竹健治・J. BOUGEOIS・E. NOGUERA・F. ESTRADA・井出 哲・吉田康弘・首藤伸夫, 1993, 1992年ニカラグアにおける地震とその津波に関する研究, 科学研究費報告書, pp. 106.
- 相田 勇・梶浦欣二郎・羽鳥徳太郎・桃井高夫, 1964, 1964年6月16日新潟地震にともなう津波の調査, 震研彙報, **42**, 741-780.
- ABE, Ku. and H. ISHII, 1987, Distribution of maximum water levels due to the Japan Sea Tsunami on 26 May 1983, *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **43**, 169-182.
- IDE, S., F. IMAMURA, Y. YOSHIDA and Ka. ABE, 1993, Source characteristics of the Nicaraguan Tsunami earthquake of September 2, 1992, *Geophys. Res. Lett.*, in press.
- IMAMURA, F., S. IDE and Ka. ABE, 1993, The tsunami source of the 1992 Nicaraguan earthquake estimated from tsunami, *Geophys. Res. Lett.*, in press.
- KANAMORI, H., 1972, Mechanism of tsunami earthquake, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **6**, 346-359.
- SATAKE, K., 1985, The mechanism of the 1983 Japan Sea Earthquake as inferred from longperiod surface waves and tsunamis, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **37**, 249-260.
- SATAKE, K., J. BOURGEOIS, Ku. ABE, Ka. ABE, Y. TSUJI, F. IMAMURA, Y. IIO, H. KATAO, E. NOGUERA and F. ESTRADA, 1992, Tsunami field survey of the 1992 Nicaragua Earthquake, EOS, in press.
- Tsunami RESEARCH GROUP, FACULTY OF SCIENCE, TOHOKU UNIV., 1971, Analyses of the tsunami accompanying the Tokachi-oki Earthquake of 1968, General Report on the Tokachi-oki Earthquake of 1968, 153-188, Keigaku Publishing Co., Ltd.
- 渡辺偉夫, 1985, 日本被害津波総覧, 東京大学出版会, pp. 206.

#### 要 旨

1992年9月2日に中米ニカラグア国太平洋側沖合い海域に発生したニカラグア地震と津波の野外調査を行い、ニカラグアの太平洋海岸での震度と津波浸水高の分布図などを得た。沿岸の各集落での改正メルカリ震度階では震度2または3であって、まったく地震動による被害も生じず、揺れは気がつかない人も多数いるほど小さかった。これに対して、津波の浸水高は、南部海岸で100kmの長さにわたって、平均海面上6~7mにも達したことが明らかとなり、今回の地震が1896年の明治三陸津波の地震と同様の、地震動が小さかった割に津波規模が異常に大きな「津波地震」であることが判明した。本震発生の直後の余震分布から判断すると、震源の広がり、ニカラグアの太平洋側海岸線に平行に西北西・東南東に走る海溝軸にそった長さ約200km、幅約100kmの海域と判断される。津波の被害を生じたのもほぼこの震源域と相応した海岸区域であった。また地震波の解析からこの地震は、ココスプレートがニカラグア本土を載せたカリブプレートに沈み込む際の、両プレートの境界面でのずれのよって生じた低角の逆断層型の地震であることが判明しているが、ニカラグアの2カ所で得られた検潮記録、および引き波から始まったと各地で証言されている津波初動の傾向はこの地震メカニズムと調和的である。検潮記録、証言、および津波伝播の数値計算結果によると、津波は地震が発生して44~70分後に、まず小さな引き波が来て、その直後に大きな押し波が押し寄せるといって海岸を襲った。沿岸各地では15分周期で2ないし3波継続したと証言されている。また津波の被害に関しては、浸水高が4mを越すと急激に人的被害が増加すること、津波による建築物の被害の割に死者数が少なかったこと、死者数のうち子どもの占める割合が大きいことが今回の津波被害の特徴であった。