

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE
OF
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No. 1157 June 2007

2006年ジャワ島津波の現地被害調査報告

辰巳 大介

藤間 功司

Subandono Diposaptono

富田 孝史

高橋 重雄

独立行政法人 港湾空港技術研究所
Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan

目 次

要 旨	3
1. まえがき	4
2. 2006年ジャワ島津波とその被害の概要	4
2.1 地震の発生	4
2.2 津波の発生	4
2.3 津波による被害の概要	6
2.4 今回の津波に対する気象官署の対応	6
3. 現地被害調査による各地の津波被害	7
3.1 現地被害調査の行程	7
3.2 現地被害調査による各地の津波被害	8
4. 現地被害調査のまとめ	17
4.1 津波痕跡高さと津波被害の分布	17
4.2 今後の津波防災で留意すべき事項	18
5. 津波数値計算	19
5.1 数値計算方法	19
5.2 数値計算の結果	20
6. 結論とあとがき	22
6.1 結論	22
6.2 あとがき	22
謝辞	23
参考文献	23
付録A	24
付録B	24
付録C	29
付録D	31

Report of Field Survey on 2006 Java Tsunami

Daisuke TATSUMI*
Koji FUJIMA**
Subandono Dipoaptono***
Takashi TOMITA****
Shigeo TAKAHASHI*****

Synopsis

On July 17th, 2006, a tsunami was generated due to an earthquake off the south coast of Java Island, Indonesia. The tsunami attacked Java Island, killing over 600 people. This report is to summarize the result of our field survey which was conducted just after the tsunami. Major conclusions are as follows;

1. The area from 108.0 E to 110.25 E was affected by the tsunami with the wave height of 3-5 m.
2. Tsunami run-up and inundation around tombolo or sand dune are investigated. Some topographical or artificial factors in tsunami disasters are found out: tombolo, the places where river mouths cut across sand dunes, roads or paths leading to coast lines, and drifting fishery boats. Sand dunes are effective counter measures against tsunamis, however, once tsunamis overflow sand dunes, tsunami flow can be intensified due to the steep down slopes behind the sand dunes.
3. There is the area in oval shape with the water depth of over 3000m off the south coast of Java Island. Tsunami numerical simulation proves that the tsunami refracts toward north direction when it propagates out of this area. Such bathymetry and refraction can cause the tsunami to reach to the distant area like Yogyakarta.

Key Words: 2006 Java Tsunami, Field Survey, Numerical Simulation, Sand Dune, Tombolo

* Project Researcher of Tsunami Research Center

** Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, National Defense Academy

*** Directorate General of Marine, Coasts, and Small Islands, Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesia

**** Tsunami Research Director of Tsunami Research Center

***** Executive Researcher and Director General of Tsunami Research Center

3-1-1 Nagase, Yokosuka, Kanagawa, 239-0826 JAPAN

Phone : +81-46-844-5052 Fax : +81-46-844-1274 e-mail : tatsumi@pari.go.jp

2006年ジャワ島津波の現地被害調査報告

辰巳 大介*
藤間 功司**
Subandono Diposaptono***
富田 孝史****
高橋 重雄*****

要 旨

2006年7月17日に発生したジャワ島津波は、インドネシア国ジャワ島を中心に600名以上の方が亡くなられる、大きな津波被害をもたらした。本資料は、津波発生直後に著者らが実施した現地被害調査の結果を基に、ジャワ島津波の全体像を把握し、今後の津波防災に資する情報を提供することを目的とする。本資料で明らかになったことは次の3点である。

1. 現地被害調査および関連資料の分析から、ジャワ島南岸の東経108°から東経110°15′に至る広い範囲で、高さ3～5mの津波が来襲したことが分かった。
2. パンガンダランのような陸繋島や砂丘地形での浸水・津波被害を把握し、津波被害を拡大させる地形上の要因や構造物・漂流物関連の要因を明らかにした。トンボロ地形、砂丘を断ち切る河口部、海岸に通じる道路や路地、漂流した漁業用ボートは、津波被害を拡大させる要因である。また砂丘は津波防災上有効な地形であるが、津波が越流した場合は、砂丘背後の下り斜面で津波の勢いが増す危険性もある。
3. 初期波源の精度は悪いものの、津波がジャワ島南部に広がる水深3000m以深の袋地を東進し袋地の行き止まりで北側に屈折することにより、波源から離れたジョグジャカルタ特別区まで来襲することを、津波数値計算で示した。

キーワード：2006年ジャワ島津波，現地被害調査，数値計算，砂丘，トンボロ

* 津波防災研究センター特任研究官
** 防衛大学校システム工学群建設環境工学科教授
*** インドネシア国海洋漁業省
**** 津波防災研究センター主席津波研究官
***** 研究主監兼津波防災研究センター長
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人港湾空港技術研究所
電話：046-844-5052 Fax：046-844-1274 e-mail:tatsumi@pari.go.jp

1. まえがき

2004年スマトラ沖地震津波で大きな被害を受けたインドネシアで、2006年7月17日に再び津波の被害が発生した。

地震発生直後から当研究所はマスコミ等を通じて情報収集を開始し、津波発生3日後の7月20日には現地被害調査の準備のためインドネシアに職員を派遣した。当研究所と（社）土木学会は、7月22日から25日までの4日間現地被害調査を実施した。

本資料は、著者らによる現地被害調査の結果を中心に、2006年ジャワ島津波の被害の実態を報告するものである。また、あわせて関連資料の収集と津波数値計算を実施し、本津波の全体像を示すことが目的である。なお、調査結果の暫定的な報告は高橋ら（2006）、ジャワ島南西沖地震・津波災害現地調査団（2006）、辰巳（2006）で既に行われている。

本資料の構成は次のとおりである。

第2章ではマスコミやインターネット等を通じて得られた、本津波とその被害の概要を説明する。第3章では、現地被害調査の結果を基に、各地の津波被害を詳述する。第4章では、現地被害調査の結果を取りまとめ、本津波の全体像を解析する。第5章では津波数値計算を実施し、津波数値計算と現地被害調査の比較から本津波の分析を行う。

本文中の地名はカタカナで表記し、ローマ字表記との対応は付録Aのとおりである。

2. 2006年ジャワ島津波とその被害の概要

2.1 地震の発生

USGS（米国地質調査所、ホームページのURLは参考文献に記載、以下同）によれば、2006年7月17日15時19分（現地時間）、インドネシアのジャワ島南方沖200kmの地点（南緯9.222度、東経107.320度）でマグニチュード7.7の地震が発生した。震源とジャワ島の位置関係は図-1のとおりである。地震の発生した地点は、オーストラリア・プレートがスダ・プレートに沈み込む海溝軸（図-1中ほどを横断する線）に位置し、地震活動の活発な地点である。例えば今回津波が発生した地点の東方でも、1994年6月にマグニチュード7.8の地震が発生し津波がジャワ島に來襲した。

津波被災地を含むジャワ島全域において、今回の地震による地震動は、構造物に被害を及ぼすような激しいものではなかったと考えられる。USGSの実施した“CIIM”（Community Internet Intensity Map、質問表を用いた

地震動の聞き取り調査）によると、最大震度は修正メルカリ震度階級で4であった。震度階級4は「やや弱い」に相当し、窓・食器類・ドアがガタガタと揺れる程度の揺れの強さである。著者らによる現地被害調査でも、建物が損傷するような地震動を感じたという話は耳にしなかった。

地震動に比べて津波が大きい地震は津波地震と呼ばれるが、八木（2006）は震源が浅いことと地震の継続時間が長いことを根拠に、今回の地震が津波地震であったと判断している。しかし一方で山中（2006）は、3つの地震が連動して起こったためトータルの破壊継続時間は長いけれども、すべりは津波地震的でなかったと述べている。津波地震であったか否かを含め、今回の地震の特性に対する地震学的見地からの更なる解析が待たれる。

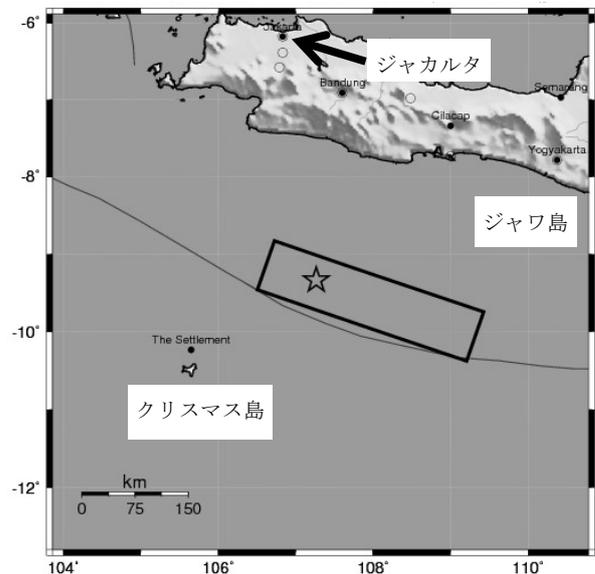


図-1 USGSによるジャワ島と震源の位置関係

2.2 津波の発生

この地震によって津波が発生し、ジャワ島をはじめ世界各地に津波が伝播した。ITIC（国際津波情報センター、ホームページのURLは参考文献に記載、以下同）のまとめによると、表-1のとおり世界各地の験潮所で今回の地震による津波が観測された。観測された津波の波高は数10cm以下である。図-2はクリスマス島（オーストラリア、位置は図-1を参照のこと）における潮位偏差の時系列記録であるが、地震発生18分後という早い時間に津波が観測されている。特筆すべき点は、震源から数1000kmも離れたモルディブやモーリシャスにおいても、地震発生から4時間以上経過した後に津波が到達したことである。

津波の被害が激しかったジャワ島南岸の験潮記録を確

認することは出来なかった。しかし、ITICのとりまとめた目撃情報によると、地震発生後30分から1時間の間に津波はジャワ島南岸に到達したようである。例えば、チアミス県パンガンダランでは地震発生21分後の15時40分、ジョグジャカルタ特別区パラン・エンドックでは地震発生30分後の15時49分、クブメン県アヤでは地震発生45分後の16時4分、チラチャップ県ブントンでは地震発生50分後の16時9分、チアミス県チケンプラン1では地震発生55分後の16時14分に第1波が到達したと、証言されている。

地震波の解析から得られた断層モデルから、第1波の位相は波源の北側に位置するジャワ島南岸で引き波、波源の南側に位置するクリスマス島で押し波であったと推定される。確かにクリスマス島の験潮記録は、第1波が押し波である。また、ITICのとりまとめた目撃情報では、チアミス県パンガンダラン郡やジョグジャカルタ特別区パラン・エンドックにおいて、第1波が引き波であったと証言されている。

なお表-1の験潮記録に示されたとおり、波源の北側（ジャワ島側）に位置するバリ島のベノアやスマトラ島北端のサバンでは、第1波が押し波となっている。しかしこれらの験潮記録は、ベノアやサバンが波源正面（波源短軸方向）の北側ではなく、波源側面の北寄りの遠方に位置することを考慮すれば、前段の推定とは矛盾しない。波源南側（クリスマス島側）の押し波成分は深海部を伝播するために、浅海部を伝播する波源北側の引き波成分より波速が速い。波源南側の押し波成分からベノアやサバンまでの距離は波源北側の引き波成分からと比較して長いけれども、伝播距離自体が長いために、伝播距離の差を上回って波速の差が影響すると考えられる。

チラチャップ漁港建設現場でいただいたチラチャップの潮汐表、および行谷佑一氏が公開している推算潮汐（参

考文献に記載したURLのホームページより引用）によると、ジャワ島に津波の第1波が到達した時刻を15時40分とした場合、その時刻のチラチャップの潮位は103cmであり、平均海面110cmを数cm下回る程度の潮位であった。

表-1 ITICによる津波の験潮記録

Site	Arrival Time (UTC)	Travel Time	First Wave Sign	Max Wave Height (cm)
Christmas I. Australia	08:37	0:18	+	82.7
Cocos I. Australia	09:50	1:31	+	11.9
Benoa Indonesia	09:48	1:29	+	24.3
Sabang Indonesia	12:06	3:47	+	11.9
Hillarys Australia	12:32	4:13	+	28.8
Broom Australia	13:02	4:43	+	4.5
Esperance Australia	~14:35	~6:16	?	19.5
Hanimaadhoo Maldives	~12:30	~4:11	?	21.4
Rodriguez Mauritius	15:04	6:45	+	73.8

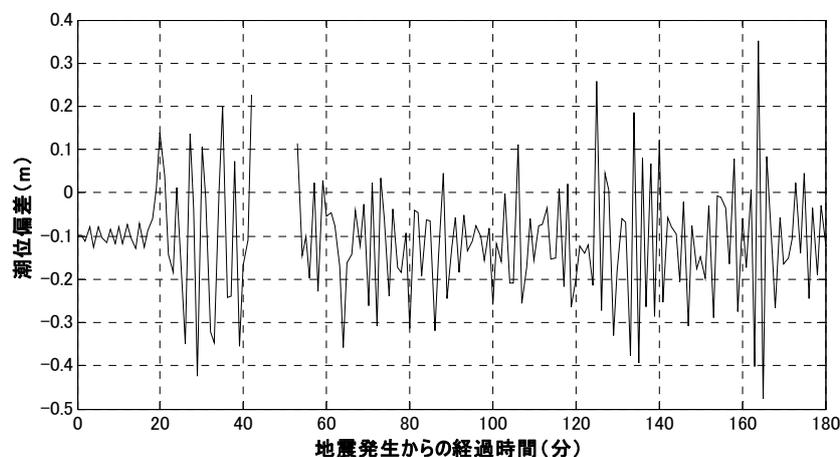


図-2 クリスマス島において観測された潮位偏差の時系列記録

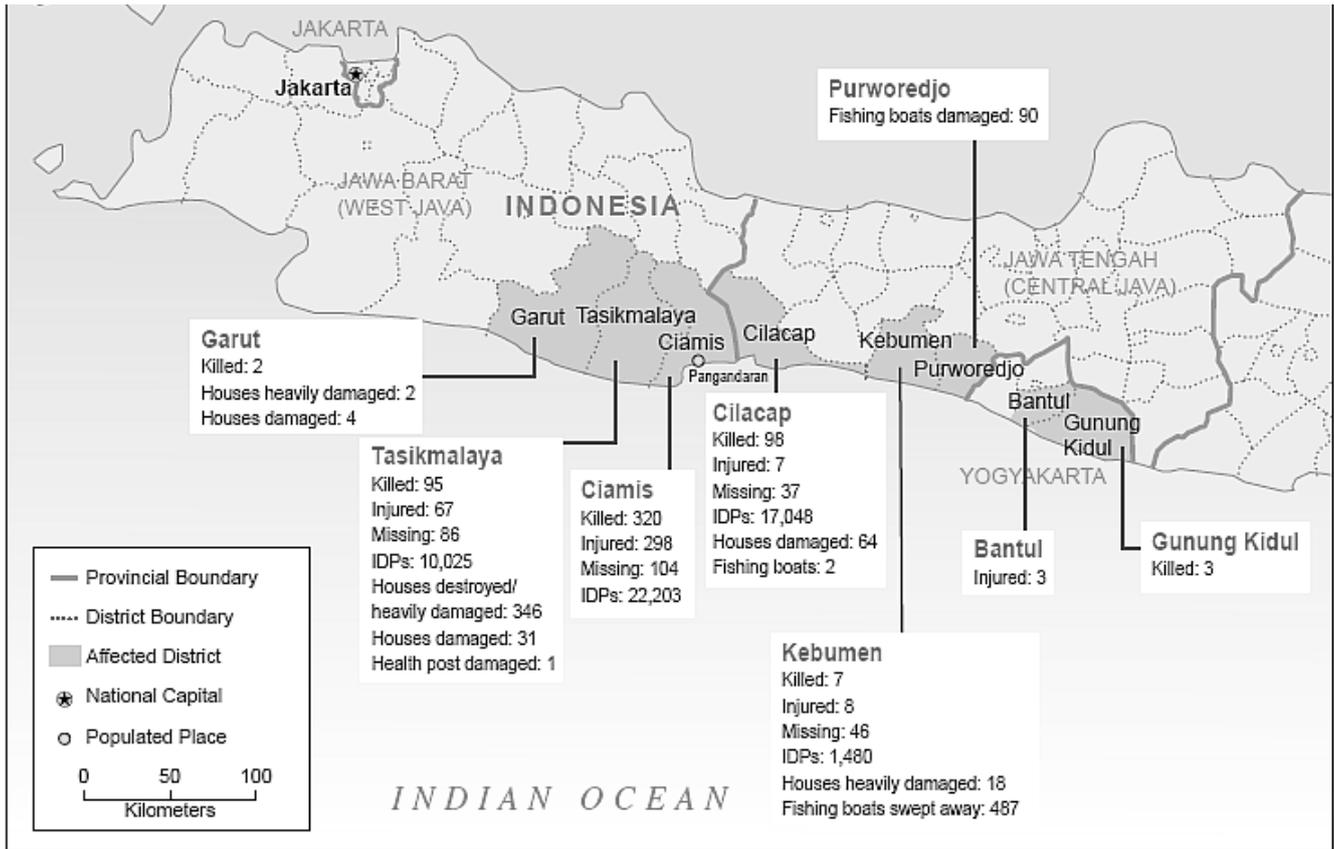


図-3 OCHAによる津波被害の7月19日時点の集計図

2.3 津波による被害の概要

USGSのまとめによると、600名以上の方が亡くなり、1500軒以上の家屋と1500隻以上のボートが破壊された。津波の被害はジャワ島中西部南岸に集中した。

OCHA（国連人道問題調整部、ホームページのURLは参考文献に記載）のまとめによると、7月19日時点のジャワ島南岸各県別の津波被害の一覧は図-3のとおりである。死者・行方不明者・家屋の重度の損壊は、タシクマラヤ・チアミス・チラチャップの3県に集中している。チラチャップ県より東側のクブメン・プルレジョの2県では、人的被害や陸上構造物への被害は余り発生しなかったものの、漁業用ボートに相当な被害が発生した。他方、タシクマラヤ県より西側では、津波被害がほとんど報告されていない。

2.4 今回の津波に対する気象官署の対応

ITICのとりまとめによると、今回の津波に対する世界の気象官署の対応は次のとおりであった。

15時19分に地震が発生した後、地震波の観測結果とマグニチュードの推定値に基づき、15時26分（地震発生7分後）にBMG（インドネシア国気象庁）は津波に対する注意

を関係機関に連絡した。連絡方法は電話およびSMS（Short Message Service）であり、連絡相手にはマスコミや地方自治体も含まれていた。しかしこの津波に対する注意喚起の連絡は、ジャワ島南岸の地方自治体まで届かなかったようである。これは、電話線の不通やSMSの宛先リストの不備によるものであったと考えられている。なお、同時刻までにJMA（日本国気象庁）およびPTWC（米国海洋大気局、太平洋津波警報センター）も、今回の地震に対する警戒・注意態勢を開始していた。

15時29分（地震発生10分後）にはNEIC（米国地質調査所、国立地震情報センター）が地震警戒情報を配信、15時36分（地震発生17分後）にはPTWCが津波警戒情報を配信した。PTWCの津波警戒情報は、クリスマス島（オーストラリア）とジャワ島のチラチャップ県（インドネシア）に津波来襲の恐れがあると発表した。このためPTWCはオーストラリア政府の危機管理部局とBMGに対し、電話でも説明を行おうと試みたが、結局オーストラリア政府のみとしか電話連絡が取れなかった。

上述したとおり、15時40分（地震発生11分後）、津波の第1波がチアミス県パンガンダラン郡に到達した。なお、JMAの津波警戒情報は15時46分（地震発生27分後）に発出

された。

今回の津波発生時の対応をふまえてBMGは、①新規電話回線の供用、②警察通信網・内務省の所管する地方自治体との通信網・マスコミ各社をBMGの通信網とリンク、という2点を改良した。

3. 現地被害調査による各地の津波被害

3.1 現地被害調査の行程

(1) 実施主体

- ・独立行政法人港湾空港技術研究所
- ・社団法人土木学会

なお、本現地被害調査は、Dr. Subandono Diposaptono を団長とするインドネシア国海洋漁業省の調査団と協力して実施された。

また土木学会は、ジャワ島南西沖地震・津波災害現地調査団として合計3班を現地調査に派遣した。本現地被害調査が第1班に該当する。第2班は金沢大学の宮島昌克教授を団長とする6名で、7月25日から28日までジョグジャカルタ特別区からチアミス県パンガンダラン郡までを踏査した。第2班は、第1班が踏査した地域の東側に隣接する地域を調査したことになる。第3班は秋田大学の松富英夫教授を団長とする5名で、8月4日から7日まで第1班同様チラチャップ県以西を踏査した。第3班は、第1班の未調査地とパンガンダランの家屋被害を重点的に調査した。

(2) 調査団員

- ・高橋重雄（団長）：港湾空港技術研究所津波防災研究センター
- ・藤間功司：防衛大学校システム工学群建設環境工学科
- ・辰巳大介：港湾空港技術研究所津波防災研究センター現地同行者

・高垣泰雄：前国際協力機構、現国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部

・Sigit Widaryoko：株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル

(3) 調査期間

2006年7月22日から25日（5日間）

(4) 行程（調査地点については、図-4を参照のこと）

7月20日：先遣隊が日本からインドネシア・ジャカルタへ航空機で移動。

7月21日：先遣隊はジャカルタのパシフィックコンサルタンツインターナショナル、インドネシア国海洋漁業省、国際協力機構で情報収集。後発隊は日本からインドネシアへ航空機で移動、先遣隊とジャカルタにて合流。

7月22日：ジャカルタからチラチャップへ航空機で移動（調査団の一部は陸路で移動）。チラチャップ空港でインドネシア国海洋漁業省の調査団と合流。その後チラチャップ県をチラチャップ・セラタン郡から東向きにビナンガン郡まで調査。主要な調査地点は4地点。チラチャップ・セラタン郡まで戻り宿泊。

7月23日：チラチャップの首長と25分程度の会談。チアミス県パンガンダラン郡へ移動しパンガンダランを調査。パンガンダランにて宿泊。

7月24日：チアミス県パンガンダラン郡から西向きにタシクマラヤ県チカロン郡まで調査。主要な調査地点は6地点。チカロン郡にて宿泊。

7月25日：タシクマラヤ県チカロン郡から西向きにガルトト県チクレット郡まで調査。主要な調査地点は6地点。昼過ぎに調査を終了し、陸路でジャカルタへ移動。

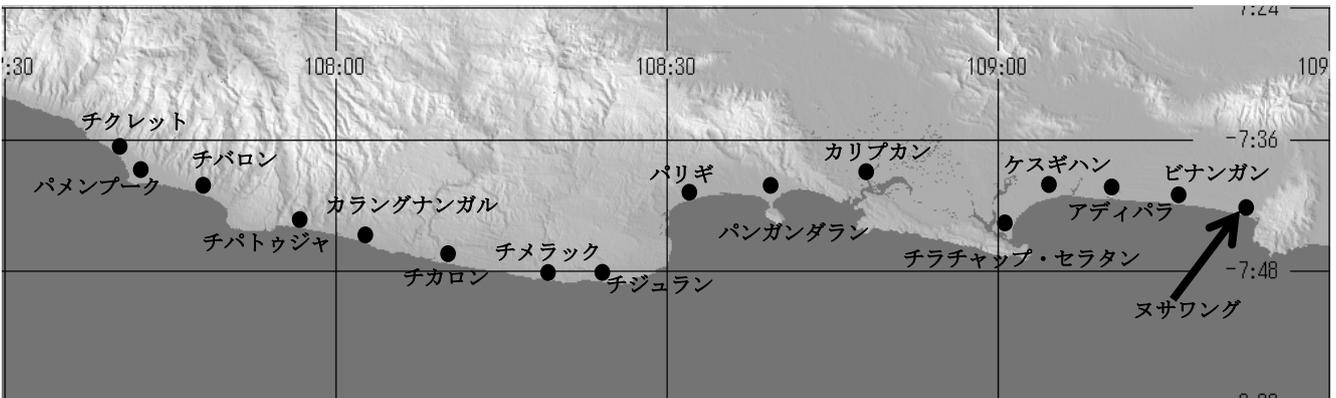


図-4 調査地点の位置図，便宜的に海岸線上に郡名を配置

NASA（アメリカ航空宇宙局）が公開している地形データ SRTM（Shuttle Radar Topography Mission）を基に作成

7月26日：午前中は調査結果のとりまとめを行い、午後からインドネシア国海洋漁業省と調査結果の検討。その後日本大使館へ報告を兼ねた表敬訪問。

7月27日：午前中ジャカルタ市内のホテルにおいて、インドネシア国海洋漁業省と合同の現地被害調査報告会。その後調査団の一部は帰国し、残りの者はスマトラ島沖地震津波詳細現地調査団に参加するためスマトラ島へ移動。

(5) 調査項目

津波被害の把握。特に、傾斜計内蔵のレーザー距離計と箱尺を用いた津波痕跡高さの水準測量。

3.2 現地被害調査による各地の津波被害

本節では、津波被害の激しかった地域、特徴的な津波被害が見られた地点を中心に、調査地点ごとに現地被害調査の結果を示す。各調査地点の調査結果は、東側から順に紹介される。

なお、現地被害調査で測定した津波痕跡高さの一覧は、付録Bを参照いただきたい。付録Bは津波痕跡高さの測定結果を、IUGG Tsunami Commissionの統一的なデータ形式に拠りとりまとめたものである。また、水準測量の結果明らかになった各調査地点の断面地形を、付録Cに整理した。さらに、データの検証や追加調査の便を考慮して、津波痕跡高の写真を付録Dにとりまとめた。

現地被害調査の結果の整理に際しては、2.2節で紹介したチラチャップの潮汐表を使用して天文潮位の補正を行った。津波到達時刻を一様に7月17日15時40分と仮定し、津波到達時刻の天文潮位を103cmとしている。

(1) ビナンガン郡ウィダラペイ・ウェタン村

今回の現地被害調査の調査地点の中で最東部に位置する、チラチャップ県ビナンガン郡ウィダラペイ・ウェタン村の調査結果を述べる。

a) 地形と土地利用の状況

調査地点は海浜公園として整備されている砂丘であり、断面地形は付録C図-C.3のとおりである。汀線から180mの位置に頂上部を持つ、高さ3.8mの砂丘が存在する。汀線より100m程度陸側からは樹木が生えているが、写真-1のように、樹木の合間にプールや休憩施設が整備されている。海岸や海浜公園の施設にアクセスしやすいよう、写真-2のとおり、砂丘の一部分を掘り下げて道路が作られている。

砂丘前面（海側）に比して砂丘背面（陸側）は急勾配であり、背後地は高さ1m程度の低地である。背後地は田畑として使用されていて、さらに内陸側には湿地帯があ

る。湿地帯を渡るために、海岸へのアクセス道路には橋梁が建設されている。

b) 津波被害の状況

砂丘の頂上部（地盤高3.8m）で浸水深は2.8mあった。写真-1のとおり、砂丘の頂上部に建設されていたコンクリート構造のプールや休憩施設は破壊されていた。屋根を持たない構造の施設が多かったためかもしれないが、壁面が根元付近から押し倒されたような壊れ方が数多く見られた。調査地点周辺に漁業用ボート等は無く、津波力か、あるいは倒壊した他施設の瓦礫の漂流・衝突が、破壊の要因と考えられる。

砂丘の背後にあたる、汀線から225m離れた地点においても浸水深は1.4mあり、津波が砂丘を超えたことが分かる。また計測はできなかつたけれども、砂丘の背後地にある田畑で、津波によって海から運ばれてきたと思われる魚の死骸を見つけた。

写真-3は砂丘頂上部から少し内陸寄りの下り斜面で撮影された写真である。樹木の根元の内陸側（写真では右側）が洗掘されている。洗掘地点の奥に見える坂道は写真-2で紹介したアクセス道路である。津波は掘り下げられたアクセス道路へ流入し、砂丘背面の急な下り勾配で流速を増大させて、アクセス道路側面に位置する写真-3のような地点を洗掘したと考えられる。

現地での聞き取り調査の結果、海浜公園には津波来襲時カニを採りに来ていた方が大勢いて、彼らを中心に60名の方が津波で亡くなられたことが分かった。津波に対する注意を促す放送等は無く、津波を目撃してから逃げたようである。



写真-1 破壊された海浜公園の施設
(ビナンガン郡ウィダラペイ・ウェタン村)



写真-2 海浜公園利用者のためにアクセス道路
(ビナンガン郡ウィダラペイ・ウェタン村)



写真-3 砂丘背面に位置する樹木根元の洗掘
(ビナンガン郡ウィダラペイ・ウェタン村)

また、津波が来襲した時、写真-3に写っている木造家屋の中に入ったと言う方からも話を聞くことができた。木造家屋の中に流入した津波は、椅子に座っていたその方を椅子ごと流す程度の勢いがあったようである。

この調査地点は周辺の調査地点と比べると、際立って津波の高さが高く津波被害も甚大であった。背後の湿地帯が津波の侵入路となるとは考えにくく、これほどまで局所的に津波が増幅された理由は不明であり、今後さらなる検討が必要である。

(2) ケスギハン郡メガンティ村

a) 地形と土地利用の状況

調査を行ったメガンティ村ラワジャリの集落は、付録C図-C.2の断面地形が示すとおり、高さ2.3mの砂丘の背後に広がった集落である。砂丘の前面に高木は生えていな

い。汀線から50~100m内陸側の砂丘頂上部には小屋があり、その背後にエビの養殖地が設けられて、人の居住は汀線から250mより内陸側である。人家のある辺りは地盤高1.5mの低地であり、田畑として使用されている。

写真-4は砂丘の頂上部から、海岸線に平行な方向を撮影した写真である。断面地形の計測結果が示すように平坦な地形である。

b) 津波被害の状況

汀線から50m内陸側の砂丘頂上部に存在したと思われるコンクリート構造の小屋は、基礎のみ残して流失していた。汀線から100m内陸側のコンクリート構造の小屋も、シャッター・ブレーカー・窓・ドアが破壊されていた。この地点の浸水深は低くとも1.8mである。

津波の痕跡は、汀線から280m内陸側の人家の付近でも見られた。聞き取り調査によると、付録C図-C.2の断面地形の右端、汀線から360m内陸側まで津波は遡上したようである。断面地形の右端には幹線道路が走り、その盛土のため上り勾配になっている。

人家の横に作られた田畑(汀線から250m内陸側)には、船舶から流出したと思われる油脂が広がっていた。これらの田畑は、写真-4に示されたような砂丘背後の平坦な荒地と直結しているため、容易に津波が流入すると考えられる。

なお、暴風浪時の侵食とも考えられるが、写真-4のとおり、砂丘の前面に20cm程度の侵食の跡を見つけた。津波による侵食の跡かもしれない。

4m程度の同じ高さの津波が来襲したにも関わらず、大きな砂丘の背後に位置するマンガラジャヤ村の集落(詳細は後述)と比較して、前面の砂丘が低いメガンティ村ラワジャリの集落は相対的に大きな津波被害を被った。



写真-4 海岸線沿いの平坦な地形、右手側が海
(ケスギハン郡メガンティ村)

(3) チラチャップ・セラタン郡

チラチャップ・セラタン郡では、セントロカワの漁港とチラチャップ漁港で調査を行った。

a) 地形と土地利用の状況

図-5に示すとおり、セントロカワ漁港は河口に作られた港であり、港口部には防波堤が設置されている。地盤高は2.1mである。

一方チラチャップ漁港は、外洋に面した掘り込み式の漁港である。現在、写真-5のとおり2基の防波堤を建設中であり、海に向かって右側の防波堤先端部が一部完成した段階である。防波堤の天端高は、完成後でCDL+5.3mであるが、建設中の現段階でCDL+3.3mである。工事中の2基の防波堤で囲まれた区域は現在砂浜であり、この砂浜の断面地形は付録C図-C.1のとおりである。



写真-5 建設中のチラチャップ漁港
(チラチャップ・セラタン郡)

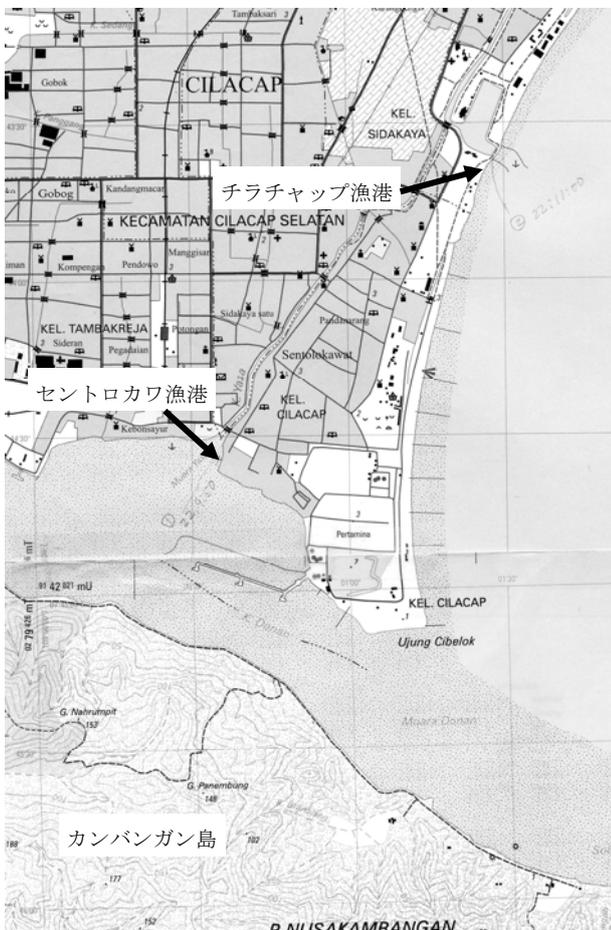


図-5 チラチャップ・セルタン郡の地形図，
BAKOSURTANAL（インドネシア国測量地図庁，以下同じ）
発行

b) 津波被害の状況

セントロカワ漁港では地盤高が2.1mと低いものの、津波の痕跡高さも2.7mとそれ程高くなく、大きな被害は見られなかった。

チラチャップ漁港でも、港内の砂浜において、汀線から80m内陸側の地盤高2.5mの位置まで遡上しただけである。

チラチャップ漁港の建設事務所で行った聞き取り調査によると、港の右側から津波は来襲し、建設中の防波堤を越流したようである。また地震の揺れが小さかったため、建設作業を中止して陸地に避難することを行わなかった作業員がいたそうである。防波堤に目立った損傷は見られなかった。

チラチャップ・セルタン郡はジャワ島南岸の主要都市の1つであり、港湾や発電所など臨海部の開発も進んでいる。しかし、周辺地域と比較して津波の高さが低かったため、大きな津波被害は生じなかった。これはチラチャップ・セルタン郡の前面に位置するカンバンガン島（図-5を参照のこと）により、津波のエネルギーが遮られたためだと考えられる。

(4) パンガンダラン郡パンガンダラン村

パンガンダラン郡パンガンダラン村は、図-6に示すとおり、トンボロとその先につながった陸繋島から成る村である。パンガンダラン村では4測線で津波痕跡高さの測量を行った。陸繋島に近い測線は、トンボロの西側から東側までトンボロを横断する形で計測された。

a) 地形と土地利用の状況

調査地点の断面地形は付録C図-C.4からC.7までのとおりである。図-C.6のみ左側が東になっていることに注意

いただきたい。地盤高はジャワ島側の高い場所でも3m、陸繋島近くの最も低い場所では2mしかない。トンボロの幅は数百メートルである。トンボロの西側には緩勾配の砂浜が広がり、東側は護岸が設けられている。

パンガンダラン村は漁村およびビーチリゾートとして人口集中度が高い村である。トンボロの両側には漁船が停泊し、砂浜が広がる西側を中心に宿泊施設が密集している。

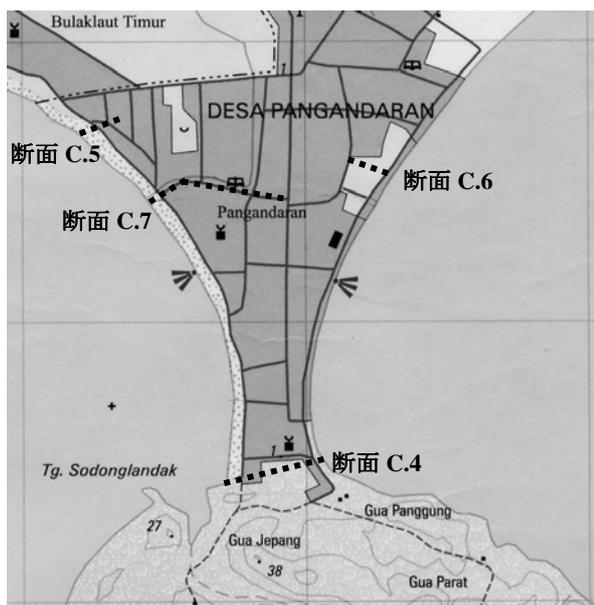


図-6 パンガンダラン村の地形図，BAKOSURTANAL発行

b) 津波被害の状況

調査の結果、最大で高さ5mの津波が来襲したことが判明した。陸繋島を回折して到達するために、陸繋島に近い地点では津波の高さは低下し、3.5mの津波が来襲している。図-C.4から明らかかなように、トンボロを横断する形で浸水が発生している。

サンプル数が4測線と十分ではないが、今回の調査結果から判断すると、トンボロの東側よりも西側の方が津波は高く、津波被害も大きかった。聞き取り調査によると、津波は3波あり、第1波と第2波は西側から、第3波は東側から来襲し、第2波が最大であるとの話であった。第3波は第2波の回折波と考えられ、また西側から到達した第2波が最大であったことは、上記の調査結果を裏付けるものである。

トンボロの東側では、写真-6のとおり護岸の破壊が見られた。他方トンボロの西側では、写真-7のような砂浜の侵食が見られた。また西側では、汀線から100m以内の最も海岸に近い地域に建てられた木造建造物が写真-8のように全壊していた。トンボロの両側に共通して、写真-

9のとおり漁業用ボートが漂着していた。このような漂流した漁業用ボートの衝突が、構造物の損壊を拡大させたと考えられる。

ただし、構造物の被害は比較的限定されたゾーンに発生していた。写真-10は図-C.7に示す測線に対応した写真である。汀線から50m程度内陸側には、海岸線に沿って村の中心となる道路が走っている。この道路に面した第一線の構造物は、写真中にもあるように、コンクリート構造であるにも関わらず壁面の破壊が起こっている。また、海岸にアクセスするよう海岸線に直交した道路に沿い、家屋が破壊されている。汀線から110m内陸において、1.9mの浸水深がある。けれども第一線の構造物の背後に位置し、海岸にアクセスする道路に面していない家屋は、被害が軽微であった。

周辺地域と比較して特異的に高い津波がパンガンダラン村を襲ったわけではない。しかし地盤が低く、人間・社会活動の基盤が海岸線近くまで発達していたため、大きな津波被害が発生した。

ところで津波痕跡高さや断面地形の測定は実施しなかったが、トンボロ周辺の津波被害状況として、写真-11を参照していただきたい。写真-11は、トンボロの付け根（ジャワ島と接続する地点）の西側に位置する、パンジャン村（およそ南緯7° 41' 25"、東経108° 38' 45"）で撮影されたものである。

コンクリート構造の家屋の1階部分は、壁面が打ち抜かれている。1階の天井部分も津波により損壊している。ただし、写真中の右の建物のとおり、2階は窓ガラスも無事であった。トンボロの本体とは異なり、撮影地点付近には船舶・ボートは停泊しておらず、津波力それ自身が家屋を損壊したと思われる。



写真-6 護岸の破壊（パンガンダラン村東海岸）



写真-7 砂浜の侵食 (パンガンダラン村西海岸)



写真-10 海岸にアクセスする道路沿いの津波被害
(パンガンダラン村西海岸)



写真-8 木造建築物の倒壊 (パンガンダラン村西海岸)



写真-11 1階部分の壁面が破壊されたコンクリート建造物
(パナンジャン村, トンボロの西側付け根)



写真-9 漁業用ボートの漂着 (パンガンダラン村東海岸)

(5) パンガンダラン郡スカルシック村

a) 地形と土地利用の状況

調査地点の断面地形は付録C図-C.8にあるとおりである。写真-12にも示すとおり、汀線から30mと離れていない木造家屋で津波の痕跡高を測定した。この木造家屋の前面には、ラグーンと砂洲（あるいは細長く伸びた砂丘）が広がっていた。

b) 津波被害の状況

木造家屋の構造には損壊が見られなかった。窓ガラスが破壊され、室内が浸水していた。調査地点の周辺では汀線近くに居住している方が少ない。



写真-12 ラグーンと砂洲の背後に位置する木造家屋
(パンガンダラン郡スカルシック村)

(6) パリギ郡チリアン村

パリギ郡チリアン村では、見晴台・公園として利用されている岬の東側と西側の2測線で津波痕跡高の測定を実施した。

a) 地形と土地利用の状況

調査地点の断面地形は、付録C図-C.9およびC.10のとおりである。図-C.9が岬の西側、図-C.10が岬の東側に位置する。どちらの調査地点も高さ3.5m程度の砂丘が海岸沿いに広がっているが、岬の東側の方が砂丘の幅は広く、汀線から130m内陸側まで3mの地盤高がある。

岬の東側は、砂丘の頂上部から砂丘背後の下り勾配斜面に(エビの)養殖小屋が建てられている。一方岬の西側では、砂丘の頂上部は道路として利用されているだけであり、砂丘の背後に商店や民家が建てられている。

岬の東側と西側の両地点とも、汀線から200mも内陸側に入ると、地盤高が平均海面と同程度の低さになる。集落背後に広がるこのような低地は、田畑として利用されていた。

b) 津波被害の状況

岬の東側では汀線から115m内陸側の砂丘頂上部で浸水深が1.25m、また岬の西側では汀線から90m内陸側の砂丘背後で浸水深が1mある。特に写真-13のとおり、砂丘背後に居住区域が集中していた岬の西側では、家屋に大きな被害が発生した。海岸に出られる家屋の間の細い路地が津波の侵入路となり、この侵入路に面した壁面から損壊が生じた様子が見て取れる。(1)項のウィダラパイ・ウェタン村と同様、砂丘背後の下り勾配で津波が勢いを増したことも、被害拡大の一要因となった。

聞き取り調査によると、写真-14のとおり、汀線から40m離れた砂丘の頂上部に駐車されていた普通自家用車

は、汀線から130m内陸側の水田まで運ばれた。砂丘背後の低地に作られた水田には、津波によって運ばれたと思われる瓦礫が漂着していた。



写真-13 砂丘背後で津波被害を受けた家屋、海岸に通じる細い路地に面す (パリギ郡チリアン村、岬の西側)



写真-14 砂丘背後の低地に漂着した自動車や瓦礫
(パリギ郡チリアン村、岬の西側)

(7) チメラック郡レゴックジャワ村

a) 地形と土地利用の状況

調査地点の断面地形は付録C図-C.11のとおり、汀線から180m内陸までほぼ一樣な上り勾配となっている。

b) 津波被害の状況

汀線から180m内陸側において、浸水深は50cmであった。石造建築に被害は見られず、植物の葉で建造された小屋が変形した程度であった。

(8) チメラック郡チパランティ村

a) 地形と土地利用の状況

調査地点の断面地形は付録C図-C.12のとおりである。汀線から40m内陸側から、幅40m高さ5mの急峻な崖状の地形が始まっている。この砂丘の前面はリーフである。砂丘の頂上部には高木が生え、樹木の合間に木造の家屋が建造されている。汀線から110m内側には自動車の対面交通も可能な舗装道路があり、道路を渡った内陸側に集落が広がる。

b) 津波被害の状況

汀線より120m内陸側で浸水深60cmを観測した。津波は5mの高さの砂丘を乗り越えて、遡上してきたことが分かる。しかし、津波痕跡が残されたコンクリート構造の商店には、損壊が見られなかった。また道路より内陸側の集落には、倒壊した家屋はなかった。汀線より80mから100m内陸側（道路の海側前面）に建てられた木造の家屋は、全壊しているもの、ほとんど損壊を受けてないもの、様々であった。

(9) チカロン郡チマヌク村

a) 地形と土地利用の状況

チマヌク村では、図-7に示す①と②の2地点で調査を行った。地点①の位置は南緯 $7^{\circ} 48' 37.4''$ ，東経 $108^{\circ} 18' 19.9''$ である。図-7中で海岸線に沿って走る黒い太線は、自動車の対面交通も可能な舗装道路である。地点①から②に至る海岸線には砂丘があり、砂丘の頂上部付近にこの道路が通っている。地点①周辺では、道路の位置する砂丘頂上部のすぐ背後が下り斜面であり、道路と平行する形で砂丘背後を水路が流れる。断面地形の測量は実施しなかったが、地点①の砂丘頂上部での地盤高は、4.2mである。

b) 津波被害の状況

地点①の道路の海側前面において、地表面から3.8mの高さに、折れた木の枝が樹木に引っ掛かっていた。従って8mの高さの津波が来襲したと推定される。

地点①において、海岸線沿いの道路から内陸側に入って上述した水路を渡ると集落があるが、この集落ではコンクリート構造の家屋も全壊するほどの大きな津波被害が見られた。集落の海側前面に流れる水路には、写真-15のとおり倒木や泥が堆積している。

4.2mという高い砂丘があるにも関わらず、汀線から離れた背後地の集落まで大きな津波被害が発生した要因は、2つ考えられる。

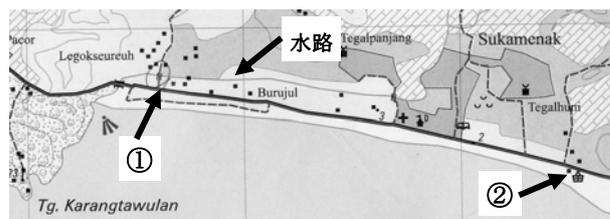


図-7 チマヌク村の地形図，BAKOSURTANAL発行



写真-15 砂丘背後の水路に溜まった倒木
(チカロン郡チマヌク村，地点①)



写真-16 コンクリート構造の家屋の壁面が破壊
(チカロン郡チマヌク村，地点②)

第1の要因は、チマヌク村周辺では津波の高さが8mと高かったため、津波が十分な破壊力を維持したまま砂丘を越流し、砂丘背後の集落まで到達したことである。砂丘背後の下り斜面で津波の勢いが増大した可能性もある。**写真-16**は地点②において撮影されたものであるが、砂丘頂上部に位置するコンクリート構造の家屋の壁面が打ち抜かれている。撮影地点周辺には漁業用ボートがあり、漂流した漁業用ボートの衝突による破壊と推定されるが、砂丘頂上部においても、津波の勢いが相当程度あったことをうかがわせる。

別の要因は、**図-7**にあるとおり、砂丘背後を流れる水路が砂丘を横断する河口部の存在である。このような河口部では砂丘が断絶しているため、津波が侵入しやすい。

津波被害の拡大の主たる要因が上記2点のどちらであるかを判断することは難しく、今後の更なる検討が必要である。

(10) チカロン郡マンダラジャヤ村

a) 地形と土地利用の状況

調査地点の断面地形は**付録C図-C.13**に示したとおりである。マンダラジャヤ村チジュランアデの集落の前には、汀線から頂上部までの距離が100m、高さが5mという砂丘がある。汀線から140mの内陸側に道路が走り、この道路の内陸側に集落がある。



写真-17 砂丘前面に1列に並んだ津波漂着物
(チカロン郡マンダラジャヤ村)

b) 津波被害の状況

写真-17に示すとおり、汀線から80m内陸側に、津波によって漂着したと思われる小枝が1列に並んでいた。

津波の高さは3.6mと決して低くないけれども、高さ5mの砂丘が存在していたため、汀線から80mの位置までしか

津波は遡上していない。(2)項で既に説明したメガンティ村ラワジャリの集落とは対照的に、チジュランアデの集落では、津波による人や構造物への被害は見られなかった。

(11) チパトゥジャ郡チパトゥジャ村

a) 地形と土地利用の状況

調査地点の断面地形は、**付録C図-C.14**のとおりである。汀線から50m内陸側まで上り斜面が続き、これより内陸側は地盤高さ4mのおおむね平坦な地形である。汀線より70m離れた地点から内陸側は、著者らも宿泊したホテルの宿泊施設が建てられている。

b) 津波被害の状況

汀線から50m内陸側で、70cmの浸水深を観測した。この津波痕跡の周辺にあった木造の家屋は損壊していた。浸水深は汀線から107m内陸側で50cmに低減し、140m内陸側まで遡上している。ホテルがある地点は地盤高さが4mあり、さらに高さ60cmの土台(盛土)の上に建設されているので、ホテルに損傷や浸水の跡は見られなかった。

(12) チパトゥジャ郡パサングラハン村

本調査地点では他の調査団との重複を避けるため、断面地形の測量は行わなかったが、大きな津波被害が見られたので説明する。

a) 地形と土地利用の状況

調査地点は南緯7° 44' 52.1"、東経108° 0' 40.5"に位置し、地盤高は2.2mである。海岸線近くまで人家があり、平坦な地形をしている。



写真-18 基礎のみを残して全壊した家屋
(チパトゥジャ郡パサングラハン村)

b) 津波被害の状況

写真-18は海側から内陸側に向かって撮影した写真である。奥に見える家屋より海側（写真手前）にあったと思われる家屋はほぼ全壊しており、家屋の基礎を残すのみである。奥に見える家屋において、90cmの浸水深を観測した。

(13) チパトゥジャ郡チヘラス村

a) 地形と土地利用の状況

調査地点は水田として利用されており、内陸側に向かって少し地盤の高くなったところに人家が建てられている。水田の前面には、ラグーンと砂洲（あるいは細長く伸びた砂丘）がある。調査地点の東側には河口がある。

b) 津波被害の状況

水田の畦の地盤高さは1.82mであるが、目撃者の証言によると、津波はこの畦を越流して水田に流入したようである。しかし人家は、水田よりさらに内陸側にあり、また水田より少し地盤が高いため、津波被害を受けなかった。汀線から人家までの距離が離れているため、津波の来襲に気付かなかったという住民の方もいた。

(14) チバロン郡カルヤムティ村

a) 地形と土地利用の状況

写真-19に示すとおり、調査地点は公園として利用されている。公園には川が流れ込み、海岸の前面には見晴台の建てられた岩礁がある。海岸周辺は公園として利用されているため、集落は汀線よりかなり内陸側に位置する。



写真-19 海辺の見晴台と公園
(チバロン郡カルヤムティ村)

b) 津波被害の状況

目撃者の証言によると、公園前面の海岸線に広がる砂

丘の途中（地盤高さ2.5m）まで、津波が遡上したようである。津波が砂丘を越流することはなく、汀線よりかなり内陸側に位置する集落にも津波被害は見られなかった。

なお、公園内に流れ込む河川を津波が遡上したことは十分に考えられるが、津波の河川遡上に関する物証や目撃証言は得られなかった。

(15) パメンプーク郡マンカガハー村

a) 地形と土地利用の状況

調査地点の断面地形は付録C図-C.15のとおりである。汀線から幅20m高さ4mの崖状の地形が始まる。この砂丘の前面にはリーフが広がり、砂丘頂上部は地盤高さ4mのおおむね平坦な地形である。砂丘の頂上部には木造家屋の商店があり、汀線から110m内陸側を道路が走っている。道路のさらに内陸側は荒地であり、人家は余りない。

図-8に示すとおり、調査地点は岬に位置する。

b) 津波被害の状況

木造家屋の商店は損壊していなかったが、66cmの浸水深を観測した。汀線から50m内陸側まで津波は遡上した。

周辺の調査地点と比較して、マンカガハー村は津波の高さが5mと際立って大きかった。マンカガハー村は図-8のとおり岬に位置しているので、屈折により津波が集中したためと考えられる。

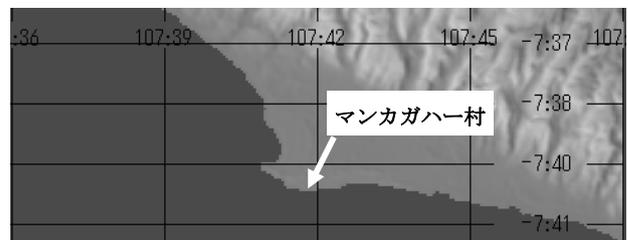


図-8 マンカガハー村の地形図，NASAのSRTMを基に作成

(16) チクレット郡チクレット村およびチガドック村

チクレット村とチガドック村の2地点においては、津波被害がほとんど見られなかった。写真-20に示すとおり、チクレット村では地盤高さ3.5m、チガドック村では地盤高さ5.1mの砂丘が海岸線に沿って広がり、津波はこれらの砂丘を越流しなかったからである。

また2地点とも、人の住む集落は汀線からかなり内陸側に入ったところに位置し、目撃者の証言を得ることもできなかった。

なお本現地被害調査の調査地点の中で、チガドック村が最も西側に位置する。



写真-20 海岸線に沿って広がる砂丘
(チクレット郡チガドッグ村)

4. 現地被害調査のまとめ

4.1 津波痕跡高さと津波被害の分布

本調査で測定された津波痕跡高さの分布は図-9のとおりである。2.3節図-3において県別の津波被害を示したが、図-9では郡の名前の横に郡別の死亡者数を追記している。

津波で亡くなられた方は、タシクマラヤ県チパトゥジャ郡からチラチャップ県ヌサワング郡までの広範囲に及び、人的被害に対応する形で、チパトゥジャ郡以東では全般的に3~5mの高さの津波が来襲した。他方、ガルート県チバロン郡以西では、目立った津波被害は無かった。2m程度の高さの津波に対して、3mを越す砂丘が沿岸部に広がっていたためである。

地盤高が3m以下のパンガンダラン郡で亡くなられた方が137名いるように、地盤高の低いところに死亡者が多いという一般的な傾向は成立している。しかし、地盤高の高さと津波被害は単純に反比例の関係にあるわけではない。人間・社会活動が集中するチラチャップ・セルタン郡は地盤高が低いにも関わらず、街の前面にあるカンパンガン島が津波を遮蔽したため、それ程津波被害は大きくなかった。逆にタシクマラヤ県チカロン郡やチラチャップ県ビナンガン郡のように地盤高が4~5mと相対的に高くても、津波による被害が拡大した地域はある。津波被害の拡大した原因は、海底地形の影響により津波が増幅した、あるいは河川が砂丘を横断する地点から海水が流入した、などが考えられる。

今回の津波の全体像を把握するために、著者ら以外によって実施された現地被害調査の結果も合わせて、津波

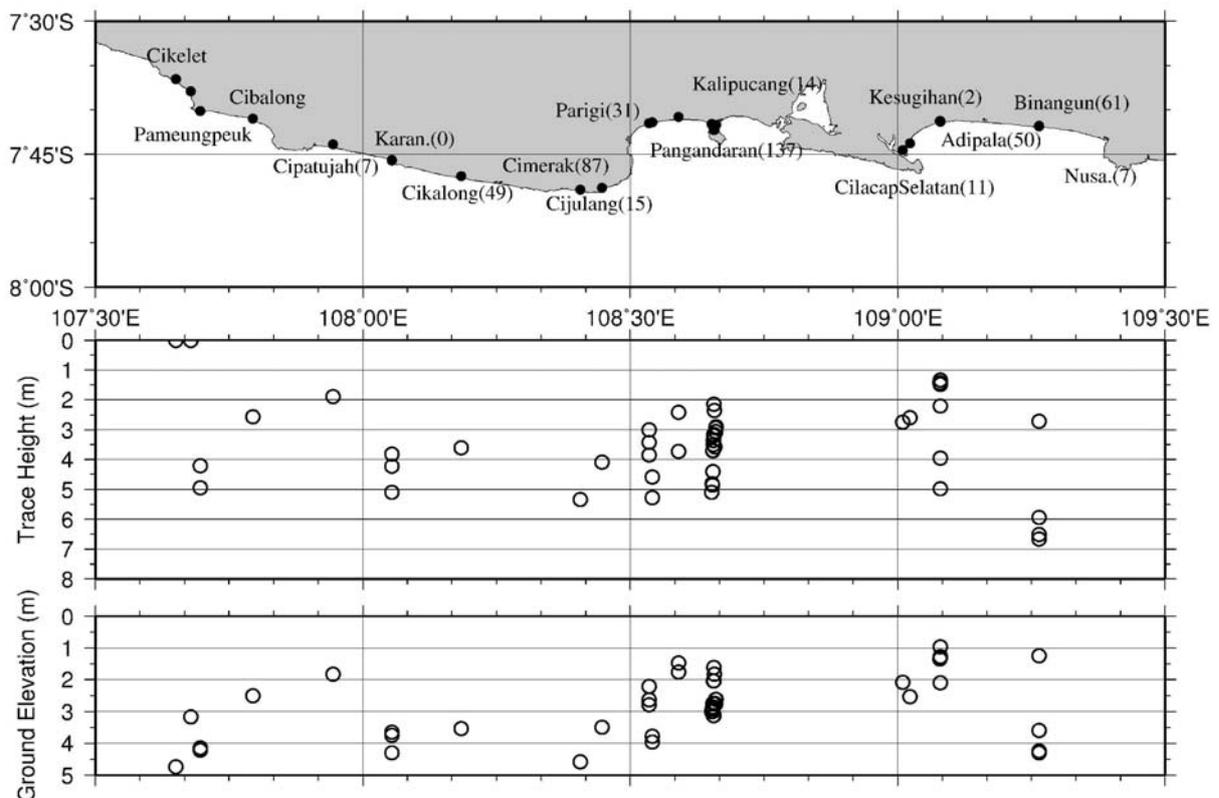


図-9 津波痕跡高、地盤高の分布、地図中カッコ内の数字は7月20日現在の郡別の死亡者数

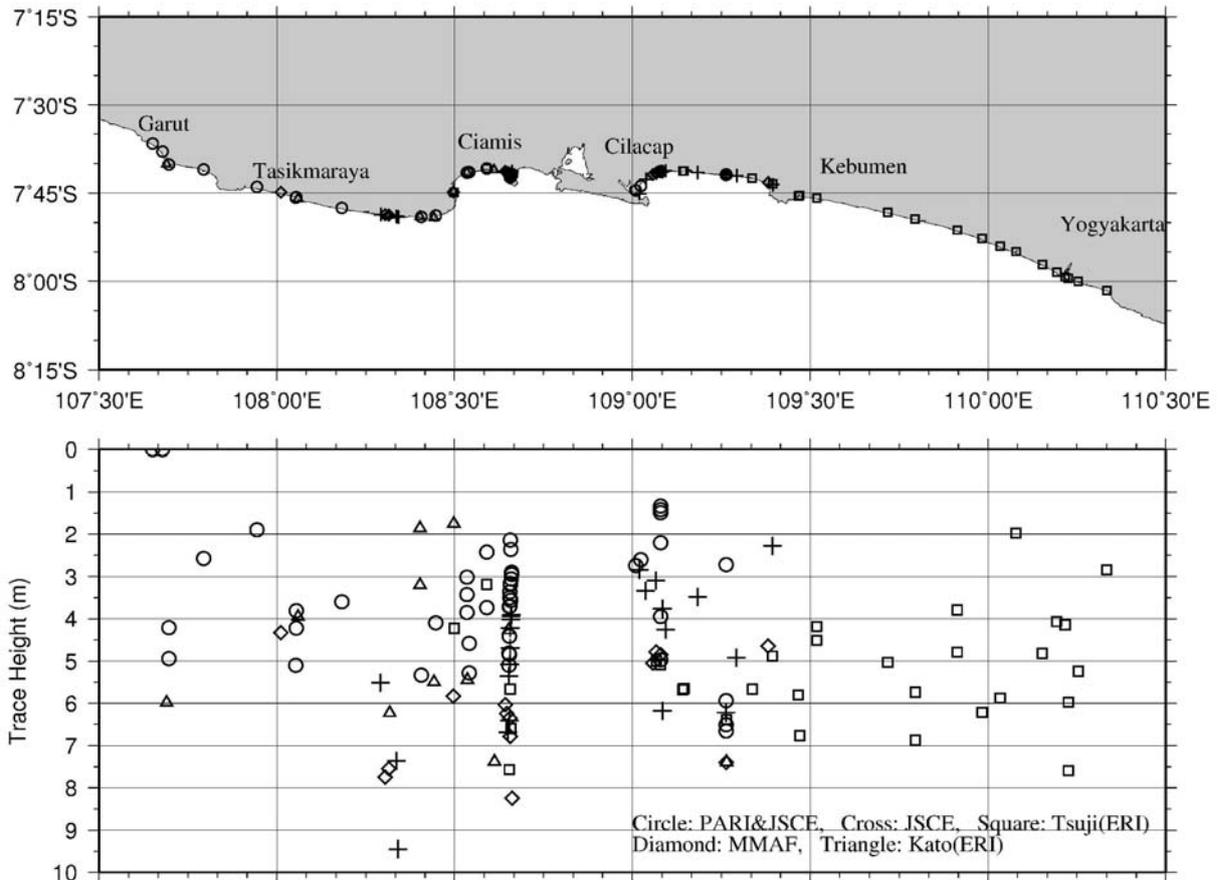


図-10 津波痕跡高の分布（他の調査団の調査結果を含む）

痕跡高さの分布を図-10にプロットした。使用したデータは、土木学会のジャワ島南西沖地震・津波災害現地調査団第3班（調査結果は辰巳ら（2007）を参照）、著者らと合同で調査を実施したDr. Subandono Diposaptonoを団長とするインドネシア国海洋漁業省の調査団（調査結果は7月29日付けKOMPAS紙を参照）、東京大学地震研究所の加藤照之氏らで構成された調査団（調査結果は参考文献にURLを掲載したホームページより引用）、東京大学地震研究所の都司嘉宣氏らで構成された調査団（調査結果は参考文献にURLを掲載したホームページより引用）、の4つの調査団の調査成果である。

図-10では、著者らが調査を実施しなかったチラチャップ県ヌサワング郡以東まで含まれている。ジョグジャカルタ特別区まで3~5mの津波が到達したことが明らかである。しかし2.3節でも説明したとおり、チラチャップ県以東の地域で亡くなられた人の数は、合計しても20名以下である。チラチャップ県以東において、津波の高さに比して人的被害や陸上構造物への被害が小さかった原因を、地形や土地利用の視点から更に検討する必要がある。

結論として、今回の津波は東経108° から110° 15′ までの広範囲にわたり、3~5mの高さの津波を発生させたと言える。

4.2 今後の津波防災で留意すべき事項

(1) 津波に対する警戒情報の発出

ビナンガン郡ウィダラペイ・ウェタン村で海浜公園にカニを採りに来ていた人やチラチャップ・セラタン郡チラチャップ漁港の建設作業員の方などから、津波を見てから避難を始めた、あるいは身近に津波が迫るまで津波の来襲に気付かなかった、という体験を耳にした。今回の地震は体感できないほど揺れが小さかった訳ではないけれども、構造物に被害をもたらすほどの激しい揺れは起きず、地震に気付かなかった、あるいは地震の発生と津波の来襲を結びつけられなかった人がいたと思われる。また、津波警戒情報は必ずしも一般市民までは伝達されていなかった。

2.4節で述べたとおり、予測精度に課題は残るものの、津波に対する警戒情報を津波来襲前に準備することは可能である。気象官署から地方自治体等を通じて沿岸域の

住民・来訪者へ、速やかに津波警戒情報を伝達する必要がある。そのためには、沿岸域にサイレン・スピーカーの設置が有効であろう。

また、「海の近くで揺れを感じたら高いところへ逃げる」を徹底させることも重要である。

(2) 津波被害を拡大させた地形上の要因

まず、地盤高の低い地点は津波に対して脆弱であることを、改めて思い起こされた。特にトンボロは地盤高が低く、トンボロの両側から津波が来襲することも十分想定されるので、津波に対して大変危険な地域である。さらにトンボロでは、津波から避難する場所もほとんど存在しない。どうしてもトンボロを住居地として利用する必要があるならば、避難場所を確保しなければならない。パンガンダラン村では陸繋島に上って助かったという人もいたので、陸繋島も避難場所の候補になりうるが、津波避難ビル等を建設・指定することも有効であろう。後述するとおり、建造物や路地の配置を工夫することにより、特定の建造物の津波に対する抵抗力を高めることは可能である。

次に、砂丘は津波防災において、有効な地形である。チカロン郡マングラジャヤ村をはじめ、砂丘によって津波から守られた集落は多い。ただしビナンガン郡ウィダラペイ・ウェタン村やパリギ郡チリアン村のように、津波が砂丘を越流すると、砂丘背後の下り斜面で津波の勢いが増し、津波被害を拡大させる危険性がある。砂丘背後が下り斜面となっている地点では、砂丘背後に低地が広がり、田畑として使用されていることも多い。もし可能ならば、砂丘のすぐ背後ではなく、砂丘とその背後に広がる低地のさらに内陸側を、住居地として利用する方が安全である。

また、砂丘が断ち切られている河口部は、津波の侵入経路となりやすいので、そのような河川の周辺は津波被害を特に警戒する必要がある。

(3) 津波被害を拡大させた構造物・漂流物関連の要因

海岸線にアクセスする道路や路地は、津波の侵入経路となりやすく、瓦礫や漁業用ボートなどの漂流物も流れ込んで、津波被害が発生しやすい。場合によっては海岸線に出られるよう、砂丘を断ち切る、あるいは砂丘を掘り下げていることもあり、一層津波に対して脆弱なポイントとなっている。

また、漂流した漁業用ボートの衝突により、木造家屋だけでなくコンクリート構造の家屋も損壊する事例が、パンガンダラン村をはじめ数多く見られた。

なお、海岸線にアクセスする道路や漁業用ボートが津波被害を拡大させることが分かったので、津波に対して抵抗力のある地点を選定することは可能である。これらの知見は、津波避難ビルの指定などに際し役立つと思われる。

5. 津波数値計算

5.1 数値計算方法

(1) 基礎方程式と地形データ

基礎方程式は、鉛直方向に物理量を積分した2次元非線形長波方程式である。遡上は考慮されておらず、海岸線での完全反射を仮定した。差分スキームは、空間差分に対してスタガード格子、時間差分に対してはリーブ・フログ法を採用している。初期水面変位は、地震波の解析から得られた断層パラメータを入力として、Mansinha and Smylie(1971)の方法に拠り計算されている。

計算に用いた水深データは、Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas(2003)が提供する1分間隔の水深データを、UTM直交座標系に変換したものである。格子間隔は1850mであり、計算範囲は南北方向に南緯7°から南緯11°まで、東西方向に東経105°から東経112°までである。数値計算に使用した水深データの等深線図を図-11に示す。

計算ステップの時間間隔は1秒とし、津波発生後2時間後まで計算した。

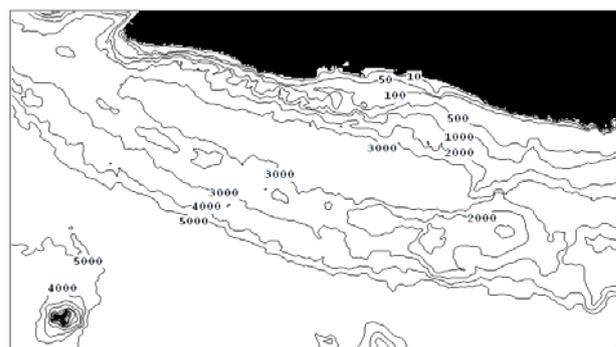


図-11 数値計算に使用した海底地形の等深線図

(2) 断層パラメータ

表-2に示すとおり、地震波の解析から得られた3通りの断層パラメータを使用した。

表中で「NIED」と書いた列の断層パラメータは、独立行政法人防災科学技術研究所国際地震観測網（ホームページのURLは参考文献に記載）の解析結果を引用した。

「USGS」および「Harvard」と書いた列の断層パラメータ

は、USGSおよび米国ハーバード大学の解析結果に基づく東北大学災害制御研究センター津波工学研究室（ホームページのURLは参考文献に記載）の計算データを引用した。NIEDの解析結果には断層の長さ・幅・滑り量が記載されていなかったため、佐藤（1989）に拠る式（1）の方法で、マグニチュードから算定した。式（1）中のL, W, D, Mはそれぞれ、「L(km)：断層の長さ」、「W(km)：断層の幅」、「D(cm)：滑り量」、「M：地震のマグニチュード」を意味する。

震源位置も若干異なるが、NIED, USGS, Harvardの3種類の断層パラメータで最も異なるのは、断層の長さ・幅、および滑り量である。すなわち、断層の長さ・幅、滑り量の積で表される地震モーメントの大きさが異なるのである。地震モーメントが最も大きいのはHarvard、最も小さいのはUSGSである。

表-2 数値計算に使用した断層パラメータ

	NIED	USGS	Harvard
緯度	-9.78	-9.4	-9.6
経度	107.26	107.5	107.92
深さ (km)	10	10	10
走向	285	270	289
傾斜角	30	7	10
滑り角	75	67	95
長さ (km)	83.18	45	84.8
幅 (km)	41.59	20	42.4
滑り量	1.59	2.3	3.71

$$\begin{aligned} \log L &= 0.5M - 1.88 \\ L &= 2W \\ \log D &= 0.5M - 1.40 \end{aligned} \quad (1)$$

5.2 数値計算の結果

(1) 3種類の断層パラメータの精度検証

3種類の断層パラメータの精度を検証するために、まず図-12のとおりクリスマス島（南緯10° 30.0′，東経105° 40.0′）の験潮記録と計算結果を比較した。クリスマス島の験潮記録は観測間隔1分間で取得されている。験潮記録はITICのホームページから引用したが、提供元はオーストラリア気象庁である。なお図-12では、験潮記録から天文潮汐を除去し潮位偏差をプロットしている。

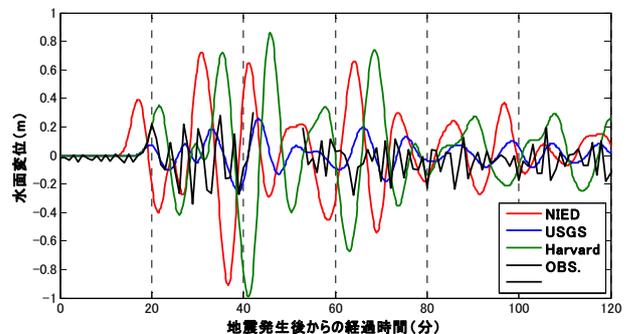


図-12 クリスマス島の験潮記録と計算結果の比較

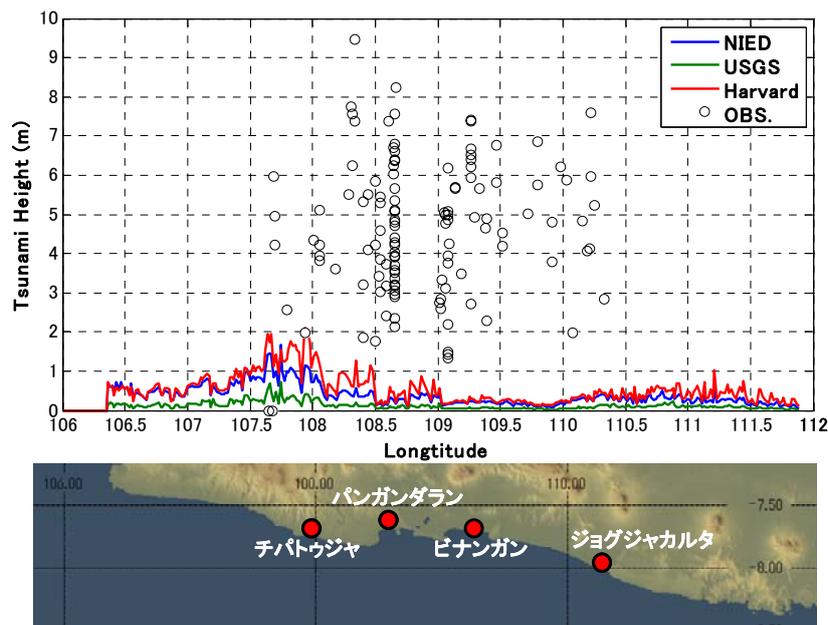


図-13 計算結果と調査結果における、沿岸の最大水位分布の比較

NIEDの断層パラメータは初期波到達時刻・振幅の両者において験潮記録の再現性が低い。USGSとHarvardの断層パラメータは験潮記録の初期波到達時刻をよく再現しているものの、振幅に関してUSGSは過小評価、Harvardは過大評価である。

次に図-13のとおり、計算時間内における沿岸の最大水位の分布をプロットし、前述した津波痕跡高の分布と比較した。なお今回の津波数値計算では遡上が考慮されていないので、数値計算結果として出力される最大水位は、遡上高をも含む津波痕跡高とは必ずしも一致しない。しかし、測定された津波痕跡高の幾つかは潮位偏差である最大水位分布と一致するし、計算結果である最大水位と測定結果である津波痕跡高の沿岸方向の分布を比較することは有意義である。

計算結果から、東経107° 30′ から東経108° 30′ までの範囲に、高い津波が来襲したことが読み取れる。また東経109° から東経110° までの範囲で津波が小さい点も特徴的である。一方津波痕跡高は、東経108° から東経110° 15′ までの範囲が高い。3種類の断層パラメータ間で比較を行うと、地震モーメントの大きいHarvardから順にNIED、USGSへと最大水位は小さくなる。

調査結果と比較して、計算結果では津波高さの大きい領域が西寄りに位置する。震源位置に大きな誤りがあるとは考えにくいので、断層内の滑り量が不均一であり、震源の東側の方がより多く滑りを発生させたと推定できる。

海底地形の精度も十分とは言えないが、クリスマス島の験潮記録、および津波痕跡高分布との比較から、今回使用した3種類の断層パラメータはいずれも修正の必要があると考えられる。

(2) 今回の津波の伝播特性

上記(1)項で説明したとおり初期波源域の精度に課題はあるけれども、津波数値計算により今回の津波の伝播特性を解析することは有用である。

なお以降の説明では、断層パラメータとして地震モーメントが最大となるHarvardのモデルを使用した。

a) 初期水位分布

図-14は津波数値計算の初期水位分布である。震源の北側(ジャワ島側)が引き波となっている。2.2節でも説明したとおり、ITICのとりまとめた目撃情報で、チアミス県パンガンダラン郡やジョグジャカルタ特別区パラン・エンドックにおいて第1波が引き波であったと証言されていることと整合的な計算結果である。また、津波波源域の短軸方向の正面にジャワ島が位置し、ジャワ島中

西部南岸に津波のエネルギーが集中的に来襲したと察せられる。

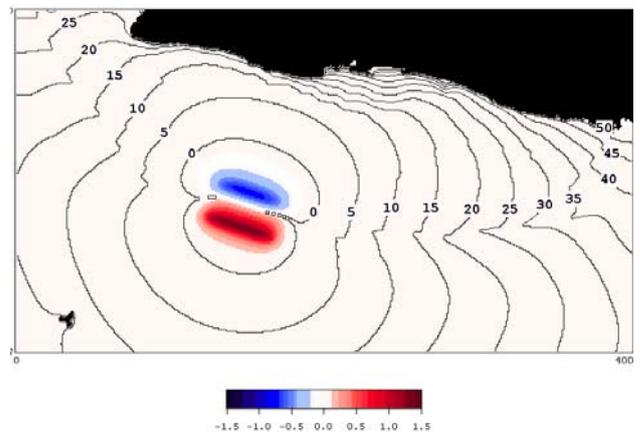


図-14 津波数値計算の初期水位分布(赤が正、青が負)、および第1波到達時刻の等時線図

b) 第1波到達時刻

図-14には第1波到達時刻の等時線図も示されている。第1波は「水面変動が初めて1cmを越えた時刻」として定義した。

震源に近いチアミス県パリギ郡以東やチラチャップ県と、震源から離れたジョグジャカルタ特別区の双方において、ほぼ同時刻となる地震発生40~50分後に第1波が到達するという計算結果が出た。図-11の等深線図のとおり、チアミス県パリギ郡以東とチラチャップ県の前面には水深100m以浅の陸棚が広がっていて、この陸棚で津波の伝播速度が低下するためと考えられる。

なお、初期波源域に問題があるため、チアミス県パンガンダラン郡における第1波の到達時刻は15時40分(地震発生21分後)である、という目撃情報とは残念ながら整合しない。計算結果では地震発生40分後程度に、第1波がパンガンダランに到達している。

c) ジャワ島南岸の海底地形と津波の伝播特性

第1波の到達時刻の等時線図からも分かるとおり、ジャワ島南岸の前面に広がる海底地形が今回の津波の伝播特性に大きく影響すると推察できる。ジャワ島南岸前面の海底地形の特徴は、①チアミス県チジュラン郡以西およびクブメン県以東の前面では水深100m以浅は急勾配の海底地形である、②他方チアミス県パリギ郡以東とチラチャップ県の前面には水深100m以浅の陸棚が広がる、という2点である。

上記のような海底地形が津波の伝播にどのような影響を及ぼすか把握するため、津波の波向線をプロットした。ここで簡便的に、波向線は「水面変動が初めて1mmを超え

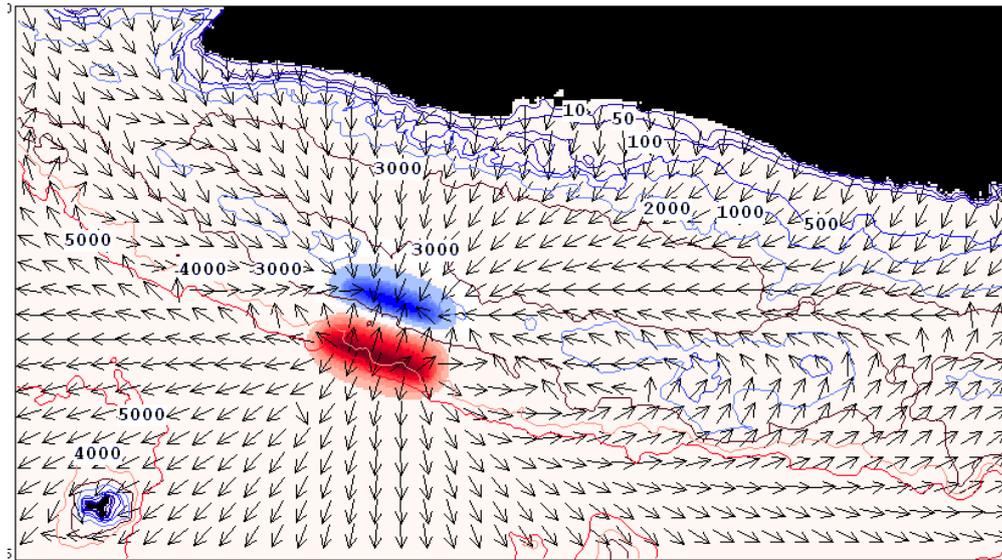


図-15 津波の伝播特性を表す波向線

たときの線流量ベクトルをつなげた線」として算定した。このような算定方法でプロットした波向線は図-15のとおりである。なお波向線を見やすくするために、正規化した線流量ベクトルを使用している。

図-15より、津波波源から伝播した波の一部が水深3000m以深の袋状の地形を東進し、袋状の地形の先端部で北側に屈折し、ジョグジャカルタ特別区など津波波源から東方に離れた地域へ到達することが示された。ジョグジャカルタ特別区まで津波が到達したという観測結果に対し、津波の伝播経路を説明するものである。

また、ジョグジャカルタ特別区に相当する東経110°から東経112°の地域では、最大水位の計算結果を表す図-13のとおり、若干津波が高い。海底勾配が急なため碎波波高が大きく、浅水変形により津波の高さが大きくなった可能性がある。

チアミス県チジュラン郡以西では、津波波源から波が屈折することなく直に入射し、津波のエネルギーが平面的に分散しなかったため、大きな津波が沿岸部に来襲したと考えられる。

チラチャップ県ビナンガン郡に大きな津波が来襲した要因は、チアミス県パリギ郡以東とチラチャップ県の前面に岬上に張り出した水深100m以浅の陸棚への波の集中と考えられた。しかし波向線がこの陸棚に集中する伝播特性は見られず、図-13のとおり計算結果における当該地域の津波は余り高くなかった。チラチャップ県ビナンガン郡で観測された大きな津波の原因は、更なる検討が必要である。

6. 結論とあとがき

6.1 結論

本資料では次の3点を明らかにした。

(1) 現地被害調査および関連資料の分析から、ジャワ島南岸の東経108°から東経110°15'に至る広い範囲で、高さ3~5mの津波が来襲したことが分かった。

(2) パンガンダランのような陸繋島や砂丘地形での浸水・津波被害を把握し、津波被害を拡大させた地形上の要因や構造物・漂流物関連の要因を明らかにした。トンボロ地形、砂丘を断ち切る河口部、海岸線にアクセスできる道路や路地、漂流した漁業用ボートが津波被害を拡大させる要因である。また津波防災上有効な砂丘についても、津波が越流した場合、砂丘背後の下り斜面で津波は勢いを増すという危険性が分かった。

(3) 初期波源の精度は悪いものの、津波がジャワ島南部に広がる水深3000m以深の袋地を東進し袋地の行き止まりで北側に屈折することにより、波源から離れたジョグジャカルタ特別区に来襲することを、津波数値計算で示した。

6.2 あとがき

以下の事柄は本資料内では解決できなかった問題点であり、津波防災対策の上で今後の更なる調査・研究が待たれる。

(1) チラチャップ県ビナンガン郡やチアミス県チメラック郡では、地盤高は高いにも関わらず、大きな津波被

害が生じた。砂丘を断ち切る河口部から津波が進入したという説もあるし、海底地形等により津波が増幅された可能性も考えられる。このような地域における津波被害の発生メカニズムは未解明である。

(2) チアミス県パリギ郡以東およびチラチャップ県において、当該地域で大きな津波被害が発生したという調査結果と数値計算結果が整合しない。初期波源域や海底地形データの精度と合わせて、津波数値計算による本津波の再現計算を検討する必要がある。

(2007年2月9日受付)

謝辞

今回の現地被害調査は港湾空港技術研究所と社団法人土木学会の合同で行われたものです。両機関の関係者の方々には、調査の実施に際し様々なご支援を賜りました。本資料に掲載した数値計算は、そのデータ作成を港湾空港技術研究所の東野特別研究員、増田実習生、吉藤実習生の3氏に手伝っていただきました。

インドネシア滞在中は現地に駐在されている、国際協力機構（現国土技術政策総合研究所）の高垣泰雄氏、幕田一郎氏やSigit Widaryoko氏をはじめとする株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの方々に温かいご支援をいただきました。

現地被害調査はインドネシア国海洋漁業省の調査団と合同で行われ、Subandono Diposaptono氏をはじめとするインドネシア国海洋漁業省の方々には、大きなご協力をいただきました。

調査の全般にわたり、国土交通省港湾局および在インドネシア日本大使館の関係各位には温かいご支援をいただきました。

関係者の方々に、ここに記して心からの感謝の意を申し上げます。

最後になりましたが、今回の津波で亡くなられた方、被害に遭われた方に深い哀悼の意を表すとともに、被災地の早期の復興をお祈りいたします。

参考文献

Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas(2003),
British Oceanographic Data Center

ITICの2006年ジャワ島地震・津波に関するホームページ,
http://ioc3.unesco.org/itic/categories.php?category_no=287

KOMPAS（インドネシアで発行されている日刊新聞紙）、

Tsunami Purba Diteliti, July 29, 2006, p.13

Mansinha and Smylie(1971), The displacement fields of inclined faults, Bull. Seismological Society of America, Vol.61, No.5, pp.1433-1440

OCHAの2006年ジャワ島地震・津波に関するホームページ,
<http://www.reliefweb.int/rw/RWB.NSF/db900SID/AHAA-6RUPT4?OpenDocument&rc=3&emid=TS-2006-000087-IDN>

USGSの2006年ジャワ島地震・津波に関するホームページ,
<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqinthenews/2006/usqgaf/>

加藤照之氏らの調査報告のホームページ,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/kato717.pdf>
佐藤良輔（1989）, 日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会, pp.82-92

ジャワ島南西沖地震・津波災害現地調査団（2006）, インドネシア ジャワ島南西沖地震・津波（速報）, 土木学会誌, Vol.91, No.10, pp.54-55

高橋重雄ら（2006）, 2006年ジャワ津波に関するインドネシア・日本合同調査, 土木技術, Vol.61, No.10, pp.87-92

辰巳大介（2006）, 2006年ジャワ島沖地震・津波の現地報告, 日本地震学会広報誌なみふる, No.58, NOV.2006, pp.2-3

辰巳大介ら（2007）, 2006年ジャワ島津波の現地被害調査報告（仮題）, 海岸工学論文集第54巻に投稿予定
都司嘉宣氏らの調査報告のホームページ,
http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/tsunami/javasurvey/index_j.htm

東北大学災害制御研究センター津波工学研究室の2006年ジャワ島地震・津波に関するホームページ,
http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai2/disaster/06_Java/July17_Java.html

独立行政法人防災科学技術研究所国際地震観測網の2006年ジャワ島地震・津波に関するホームページ,
http://www.isn.bosai.go.jp/events/SWofJava_20060717/index.html

行谷佑一氏のジャワ島の推算潮汐のホームページ,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/tsunami/javatide/>
八木勇治（2006）, 地震のホヘト 第2回 津波地震, 日本地震学会広報誌なみふる, No.58, NOV.2006, p.4

山中佳子（2006）, 2006年7月17日ジャワの地震（M7.7）, EIC地震学ノート, No.181,

http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2006/EIC181.html

付録A 地名ローマ字・カタカナ表記対応表

表-A.1 ジャワ島南部の郡名
ローマ字・カタカナ表記対応表

ローマ字表記	カタカナ表記
Daerah Istimewa	特別区
Provinsi	州
Kabupaten	県
Kecamatan	郡
Desa	村
以下、東側より順に郡名を記載	
Cilacap	チラチャップ県
-Nusawungu	-ヌサワング郡
-Binangun	-ビナンガン郡
-Adipala	-アディバラ郡
-Kesugihan	-ケスギハン郡
-Cilacap Tengah	-チラチャップ・テンガ郡
-Cilacap Selatan	-チラチャップ・セラタン郡
Ciamis	チアミス県
-Kalipucang	-カリプカン郡
-Pangandaran	-パンガンダラン郡
-Parigi	-パリギ郡
-Cijulang	-チジュラン郡
-Cimerak	-チメラック郡
Tasikmaraya	タシクマラヤ県
-Cikalong	-チカロン郡
-Karangnunggal	-カラングナンガル郡
-Cipatujah	-チパトゥジャ郡
Garut	ガルート県
-Cibalong	-チバロン郡
-Pameungpeuk	-パメンプーク郡
-Cikelet	-チクレット郡

ったと思われるもの、海辺より離れていて測定誤差が大きいものを示す。信頼度極小のDは、高潮、台風などの影響で痕跡が重複し、不明瞭なものを示す。

地盤高はチラチャップの平均海水面110cmを基準に掲載される。他方痕跡高さは、津波到達時刻15時40分のチラチャップの天文潮位103cmを基準にしていることに注意いただきたい。

付録B 津波痕跡高さの計測結果

津波痕跡高さの測定結果を、次ページから4ページに分けて表形式で記載した。

「浸水と遡上の別」の列では、次の略号を用いている。

「I」：浸水を示す。「I」の文字に続くカッコの中のアルファベットは、「F」が建物前面、「B」が建物背面、「S」が建物側面、そして「I」が建物内部のそれぞれ浸水痕跡であることを意味する。

「R」：遡上を示す。

「信頼性」の列では、信頼度大のAから順に信頼度極小のDへ信頼性が低下する順序となっている。信頼度大のAは、痕跡が明瞭で測定誤差が小さなものを示す。信頼度中のBは、痕跡は不明だが、聞き込みや周囲の状況などから信頼ある水位を知ることができ測定誤差が小さなものを示す。信頼度小のCは、砂浜などで異常に波が這い上が

番号	村名、郡名、県名	観測地点	緯度	経度	実測値 (m)	汀線距離 (m)	浸水と測 上の別	痕跡の種類と注意	信頼性	測定日時	測定時の潮 位、MSL基 準(m)	浸水深 (m)	地盤高 (m)	痕跡高 (m)	浸水域の汀 線からの距 離(m)
1	Cilacap Selatan, Cilacap	河口近くの小漁港, Sentolokawat	7° 44' 33.2"S	109° 0' 35.6"E	2.87		I(F)	倉庫の礎石上端、目撃者証言(痕跡なし)、海水面(汀線)のごく近く	B	22 10:05	-0.20	0.59	2.08	2.74	
2	Cilacap Selatan, Cilacap	Cilacap漁港	7° 43' 46"S	109° 1' 24.3"E	3.05	81.06	R	石の側面に泥水の痕跡有り	A	22 12:15	-0.52	0.00	2.53	2.60	81
3	Cilacap Selatan, Cilacap	Cilacap漁港			3.09		I	防波堤天端上で腰高(1m)、現場において水をかぶった建設作業員の証言(痕跡なし)、天端高は完成時にCDL+5.3mだが、建設中のためCDL+3.3m	B	22 12:15	-0.52	1.00	1.57	2.64	
4	Cilacap Selatan, Cilacap	Cilacap漁港			3.24		I	防波堤の付け根で腰高(0.5m)、上記作業員の証言(痕跡なし)	B	22 12:15	-0.52	0.50	2.22	2.79	
5a	Menganti, Kesugihan, Cilacap	Rawajaritの集落	7°41' 22.2"S	109° 4' 47.8"E	4.45	94.28	I(D)	建物室内に泥水の線	A	22 13:20	-0.57	1.78	2.10	3.95	
5b	Menganti, Kesugihan, Cilacap	Rawajaritの集落	7°41' 22.2"S	109° 4' 47.8"E	5.47	94.28	I(F)	家主の推測(目撃証言と痕跡共になし)、5aの建物の前面	C	22 13:20	-0.57	2.80	2.10	4.97	
6	Menganti, Kesugihan, Cilacap	Rawajaritの集落	7° 41' 16.8"S	109° 4' 46.2"E	2.7	294.5	I(S)	建物外壁に泥水の線	A	22 13:20	-0.57	0.85	1.28	2.20	
7	Menganti, Kesugihan, Cilacap	Rawajaritの集落	7° 41' 16.2"S	109° 4' 46.4"E	1.99	294.5	I(S)	建物外壁に泥水の線	A	22 13:20	-0.57	0.12	1.30	1.49	
8	Menganti, Kesugihan, Cilacap	Rawajaritの集落	7° 41' 16.4"S	109° 4' 46.8"E	1.83	294.5	I	建物外壁に泥水の線	A	22 13:20	-0.57	0.30	0.96	1.33	
9	Menganti, Kesugihan, Cilacap	Rawajaritの集落	7° 41' 16.7"S	109° 4' 46.0"E	1.92	294.5	R	周囲の建物外壁に泥水の線、この泥水の線が地面と交差すると推測できる地点	B	22 13:20	-0.57	0.00	1.35	1.42	363.49
10	WidaparayangW etan,Binangun,Ci lacap	海浜公園, Kampung tengah	7° 41' 52.6"S	109° 15' 52.6"E	6.54	97.44	I	ヤンの木に傷	A	22 17:05	-0.10	2.85	3.59	6.51	

11	Widarapayung Wetan, Binangun, Cilacap	海浜公園, Kampungtengah	7° 41' 52.4"S	109° 15' 52.1"E	6.69	97.44	I(F)	浸水により壊れたと考えられる、家屋の屋根	C	22 17:05	-0.10	2.30	4.29	6.66	
12	Widarapayung Wetan, Binangun, Cilacap	海浜公園, Kampungtengah	7° 41' 50.3"S	109° 15' 52.5"E	5.97	182.01	I	ヤシの木に傷	A	22 17:05	-0.10	1.63	4.24	5.94	
13	Widarapayung Wetan, Binangun, Cilacap	海浜公園, Kampungtengah	7° 41' 48.4"S	109° 15' 52.0"E	2.75	226.15	I	ヤシの木に傷, デューンを陸側に降めた地点	A	22 17:05	-0.10	1.40	1.25	2.72	
14	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	トンボロの鳥害りを横断する測線	7° 42' 17.3"S	108° 39' 21.9"E	3.71	70.6	I	建物外壁に泥水の跡, 西岸から東岸までの距離は389.28m, 14~18番の汀線からの距離は西岸を基準。	A	23 11:45	-0.42	1.26	2.03	3.36	389.28
15	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	トンボロの鳥害りを横断する測線	7° 42' 16.4"S	108° 39' 23.7"E	3.51	126.94	I(F)	建物の海側前面に泥水の跡	A	23 11:45	-0.42	1.05	2.04	3.16	
16	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	トンボロの鳥害りを横断する測線	7° 42' 16.3"S	108° 39' 23.9"E	2.49	126.47	I(S)	↑15番の建物の側壁に泥水の跡	A	23 11:45	-0.42	0.45	1.62	2.14	
17	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	トンボロの鳥害りを横断する測線	7° 42' 15.2"S	108° 39' 27.4"E	2.71	224.59	I(S)	建物外壁に泥水の跡	A	23 11:45	-0.42	0.47	1.82	2.36	
18	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	トンボロの鳥害りを横断する測線	7° 42' 13.7"S	108° 39' 30.1"E	3.92	339.34	I(O)	ホテルの室内に泥水の跡, 東岸からは49.94mに位置する	A	23 11:45	-0.42	0.76	2.74	3.57	
19	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	トンボロの陸寄りの測線	7° 41' 37.4"S	108° 39' 9.4"E	5.63	182.07	I(O)	建物の室内に泥水の跡, 19番と20番の汀線からの距離は西岸を基準	A	23 14:45	-0.60	2.04	2.99	5.10	
20	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	トンボロの陸寄りの測線	7° 41' 37.4"S	108° 39' 10.2"E	5.34	182.07	I(O)	建物の室内に泥水の跡	A	23 14:45	-0.60	1.81	2.93	4.81	
21	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14~18と測線19~20の中間①	7° 41' 43.6"S	108° 39' 38.2"E	3.35	40.73	I(S)	建物の側面に泥水の跡, 21~23番の汀線からの距離は東岸を基準	A	23 15:50	-0.52	0.22	2.61	2.90	
22	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14~18と測線19~20の中間①	7° 41' 43.1"S	108° 39' 37.2"E	3.4	72.05	I(S)	建物の側面に泥水の跡	A	23 15:50	-0.52	0.27	2.61	2.95	
23	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14~18と測線19~20の中間①	7° 41' 43.5"S	108° 39' 35.2"E	3.51	126.03	I(S)	建物の側面に泥水の跡	A	23 15:50	-0.52	0.24	2.75	3.06	

24	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14～18と測線 19～20の中間②	7° 41' 46.1"S	108° 39' 24.6"E	3.4	398.02	R	目撃者証言(痕跡なし)、ただし周辺の 建物外壁に削減していく泥水の跡は あった、24～29番の汀線からの距離は 西岸を基準	B	23 17:10	-0.27	0.00	3.13	3.20	398.02
25	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14～18と測線 19～20の中間②	7° 41' 45.2"S	108° 39' 21"E	3.7	297.2	I(S)	建物の外壁に泥水の跡	A	23 17:10	-0.27	0.30	3.13	3.50	
26	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14～18と測線 19～20の中間②	7° 41' 44.6"S	108° 39' 18.7"E	3.9	215.43	I(S)	建物の外壁に泥水の跡	A	23 17:10	-0.27	0.64	2.99	3.70	
27	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14～18と測線 19～20の中間②	7° 41' 44.5"S	108° 39' 16.8"E	3.91	151.54	I(S)	ホテルの門柱に泥水の跡	A	23 17:10	-0.27	0.90	2.74	3.71	
28	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14～18と測線 19～20の中間②	7° 41' 44.6"S	108° 39' 16"E	4.61	114.64	I(O)	破壊された建物の室内に泥水の跡	A	23 17:10	-0.27	1.48	2.86	4.41	
29	Pangandaran, Pangandaran, Ciamis	測線14～18と測線 19～20の中間②	7° 41' 45.7"S	108° 39' 15.6"E	5.05	114.64	I(O)	破壊された建物の室内に泥水の跡	A	23 17:10	-0.27	1.90	2.88	4.85	
30	Sukaresik, Pangandaran, Ciamis	河口, Karangtirta	7° 40' 48.2"S	108° 35' 25.8"E	1.65		I(B)	家屋の背後の外壁に泥水の跡、前面に ラグーンとデューン	A	24 7:40	0.70	0.88	1.47	2.42	
31	Sukaresik, Pangandaran, Ciamis	河口, Karangtirta	7° 40' 48.5"S	108° 35' 25.7"E	2.96		I(F)	家屋の海側前面の外壁に泥水の跡、前 面にラグーンとデューン	A	24 7:40	0.70	1.90	1.76	3.73	
32	Ciliang, Parigi, Ciamis	岬の西側, Bathiu	7° 41' 30.6"S	108° 32' 7.8"E	3.16	93.85	I(O)	家屋の室内に泥水の跡	A	24 8:50	0.62	1.00	2.78	3.85	
33	Ciliang, Parigi, Ciamis	岬の西側, Bathiu	7° 41' 30.1"S	108° 32' 7.7"E	2.74	93.85	I(O)	家屋の室内に泥水の跡	A	24 8:50	0.62	0.73	2.63	3.43	
34	Ciliang, Parigi, Ciamis	岬の西側, Bathiu	7° 41' 29.7"S	108° 32' 8"E	2.32	125.18	I(S)	家屋の外壁に泥水の跡	A	24 8:50	0.62	0.74	2.20	3.01	
35	Ciliang, Parigi, Ciamis	岬の東側, Bathiu	7° 41' 24.5"S	108° 32' 29.2"E	4.81	115.03	I(F)	養殖小屋の天井が浸水により破壊、最 低4.81mの浸水があった	C	24 10:05	0.40	1.25	3.96	5.28	
36	Ciliang, Parigi, Ciamis	岬の東側, Bathiu	7° 41' 23.8"S	108° 32' 29.1"E	4.11	115.03	I(O)	養殖小屋の室内に泥水の跡	A	24 10:05	0.40	0.74	3.77	4.58	

37	Legokjawa, Cimerak, Ciamis	民家, Legok	7° 48' 49.8"S	108° 26' 49.5"E	4.67	181.91	I(F)	目撃者証言(痕跡なし), 民家の礎石上 端まで浸水したとのこと	B	24 13:30	-0.65	0.53	3.49	4.09	
38	Ciparanti, Cimerak, Ciamis	商店, Citotok	7° 48' 59.3"S	108° 24' 23.6"E	5.98	121.1	I	商店の前に泥水の跡	A	22 14:15	-0.72	0.68	4.58	5.33	
39	Mandalajaya, Cikalong, Tasikmaraya	砂浜, Cjulangngadeg	7° 47' 30.6"S	108° 11' 1.4"E	4.03	82.48	R	砂浜の斜面に漂着したゴミが 一列に並んでいる, 目撃証言もあり	A	24 16:55	-0.50	0.00	3.53	3.60	82.48
40	Cipatujah, Cipatujah, Tasikmaraya	ホテルの裏手, Cibarengkok	7° 45' 43.5"S	108° 3' 15.4"E	4.4	49	I	ヤシの木に漂流ゴミが引 つかかっている	A	25 6:45	0.63	0.73	4.30	5.10	
41	Cipatujah, Cipatujah, Tasikmaraya	ホテルの裏手, Cibarengkok	7° 45' 41.4"S	108° 3' 16"E	3.52	107.36	I(S)	建物の礎石表面に泥水の跡	A	25 6:45	0.63	0.50	3.65	4.22	
42	Cipatujah, Cipatujah, Tasikmaraya	ホテルの裏手, Cibarengkok	7° 45' 40.3"S	108° 3' 16.6"E	3.11	144.15	R	目撃証言(痕跡なし), 漂着 ゴミの列	A	25 6:45	0.63	0.00	3.74	3.81	144.15
43	Ciheras, Cipatujah, Tasikmaraya	河口付近, Alur	7° 43' 54.6"S	107° 56' 39.4"E	1.02		I	目撃証言(痕跡なし), 田んぼ のあぜを越流したとのこと, 最低 1.02mの浸水があった, 観測 点の前面はラグーンと フェーンがある	C	25 8:15	0.80	0.00	1.82	1.89	
44	Karyamukti, Cibalong, Garut	見晴台, Cibaregbeg	7° 40' 59.9"S	107° 47' 41.1"E	1.8		R	目撃証言(痕跡なし), 砂浜 の斜面まで遡上したとのこと, 観測点の前面には岩礁 がある	B	25 9:30	0.70	0.00	2.50	2.57	
45	Mancagahar, Pameungpeuk, Garut	民家, Sayangheulang	7° 40' 8.2"S	107° 41' 47"E	4.42	30.25	I(O)	建物の室内に泥水の跡, 建物の前面にはリープと 3.5m程度の段丘, 岬に 位置する	A	25 10:30	0.45	0.66	4.21	4.94	
46	Mancagahar, Pameungpeuk, Garut	民家, Sayangheulang	7° 40' 7.4"S	107° 41' 47.5"E	3.69	50.33	R	目撃証言(痕跡なし), 漂着 したゴミは溜まっている	A	25 10:30	0.45	0.00	4.14	4.21	

付録C

現地被害調査の測量結果を基に、調査地点の断面地形と津波痕跡高さをプロットした。地盤高さと津波痕跡高さは、津波到達時刻7月17日15時40分の水位を原点とする。白抜きの正方形が地盤高さ、中黒の三角形が津波痕跡高さを示す。

測線は可能な限り汀線に直行する方向に直線で伸ばして行くようにした。また津波痕跡は必ずしも測線上に位置するわけではなかったため、この場合は津波痕跡から最も近い測線上に存在したものと扱った。

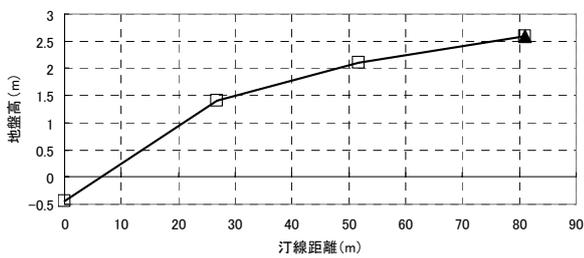


図-C.1 チラチャップ・セラタン郡チラチャップ漁港内 (痕跡2)

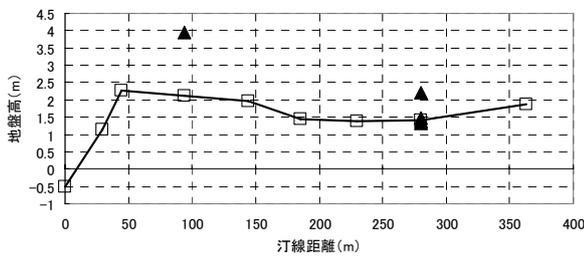


図-C.2 ケスギハン郡メガンティ村 (痕跡5~9)

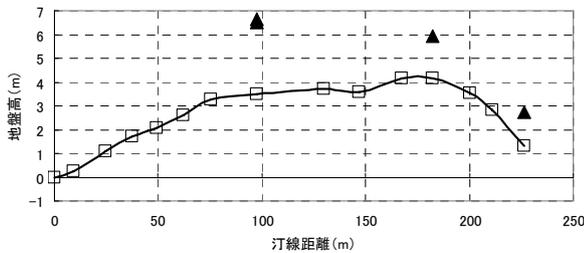


図-C.3 ビナンガン郡ウィダラペイ・ウェタン村 (痕跡10~13)

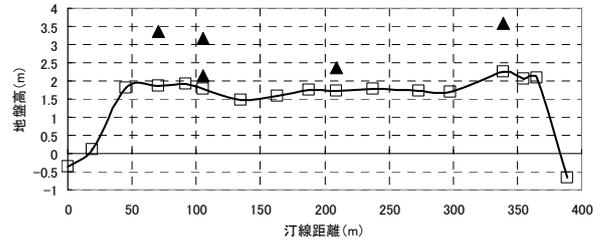


図-C.4 パンガンダラン郡パンガンダラン村 海側の測線 (痕跡14~18, 左側が西)

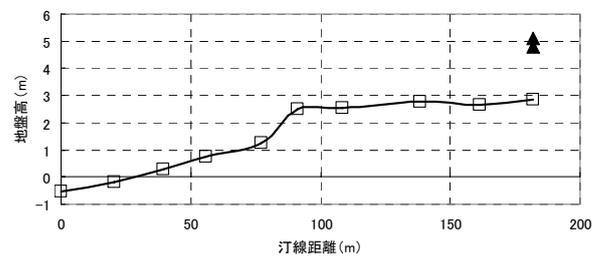


図-C.5 パンガンダラン郡パンガンダラン村 陸側の測線 (痕跡19と20, 左側が西)

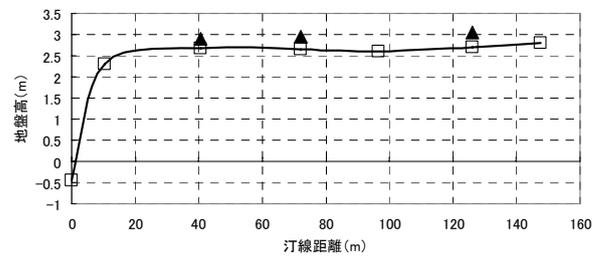


図-C.6 パンガンダラン郡パンガンダラン村 陸と海の間測線① (痕跡21~23, 左側が東)

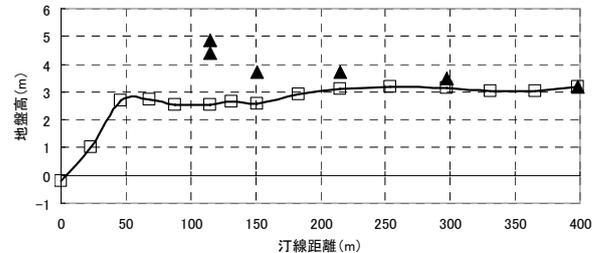


図-C.7 パンガンダラン郡パンガンダラン村 陸と海の間測線② (痕跡24~29, 左側が西)

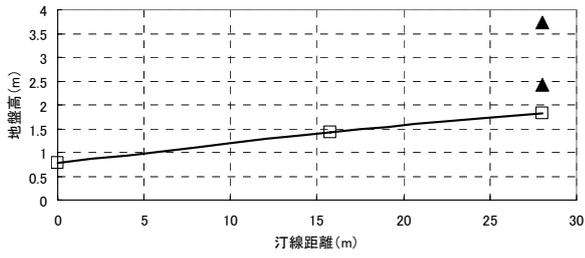


図-C.8 パンガンダラン郡スカルシク村
(痕跡30と31)

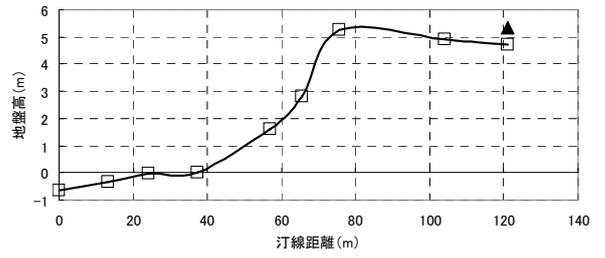


図-C.12 チメラック郡チパランティ村
(痕跡38)

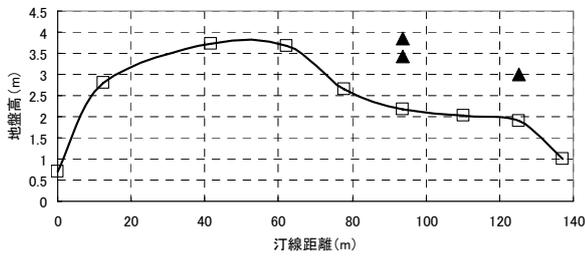


図-C.9 パリギ郡チリアン村①
(痕跡32~34)

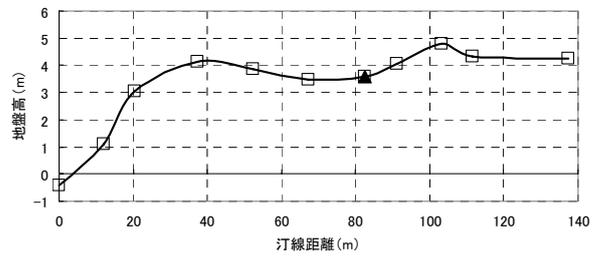


図-C.13 チカロン郡マンダラジャヤ村
(痕跡39)

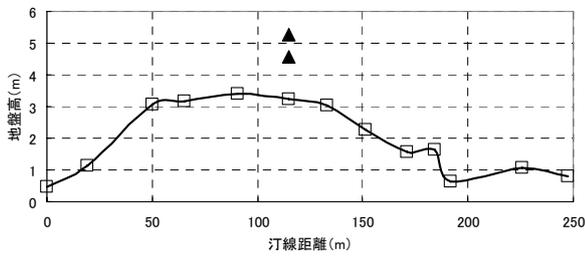


図-C.10 パリギ郡チリアン村②
(痕跡35と36)

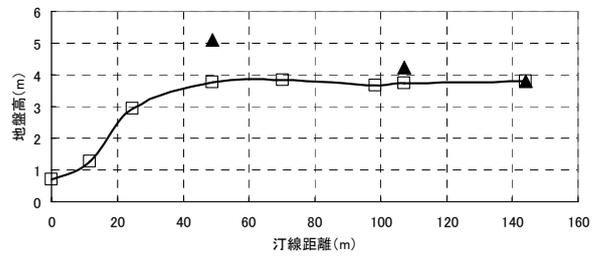


図-C.14 チパトゥジャ郡チパトゥジャ村
(痕跡40~42)

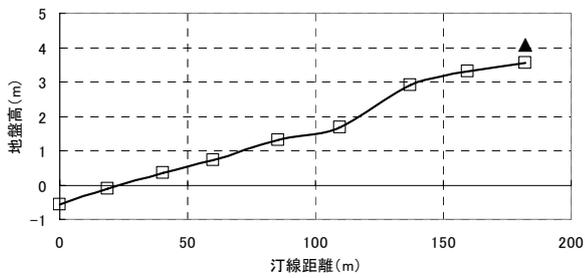


図-C.11 チメラック郡レゴックジャワ村
(痕跡37)

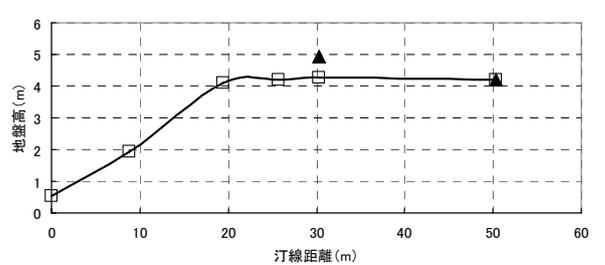


図-C.15 パメンプーク郡マンカガハー村
(痕跡45と46)

付録D

データの検証や追加調査の便を考慮して、今回の調査で測定した津波痕跡高の写真一覧を掲載する。



写真-D.1 痕跡1



写真-D.2 痕跡2・3・4



写真-D.3 痕跡5・6・7・8・9



写真-D.4 痕跡5a



写真-D.5 痕跡6



写真-D.6 痕跡7



写真-D.7 痕跡8



写真-D.8 痕跡9



写真-D.12 痕跡14



痕跡 10, この右奥に痕跡 11
↓
矢印の方向に測線
痕跡 12・13 は写真奥

写真-D.9 痕跡10・11・12・13



写真-D.13 痕跡15・16



写真-D.10 痕跡13



写真-D.14 痕跡17



矢印の方向に測線とる

写真-D.11 痕跡14・15・16・17・18



写真-D.15 痕跡18



写真-D.16 痕跡19・20



写真-D.20 痕跡24~29



写真-D.17 痕跡21・22・23



写真-D.21 痕跡24



写真-D.18 痕跡21



写真-D.22 痕跡25



写真-D.19 痕跡22or23



写真-D.23 痕跡26



写真-D.24 痕跡27



写真-D.27 痕跡30・31



写真-D.25 痕跡28



写真-D.28 痕跡32・33・34



写真-D.26 痕跡29



写真-D.29 痕跡32



写真-D.30 痕跡33



写真-D.31 痕跡34



矢印に沿って測量

写真-D.35 痕跡37 (1)



写真-D.32 痕跡35・36



写真-D.36 痕跡37 (2)



写真-D.33 痕跡35



写真-D.37 痕跡38 (1) 海側前面のリーフと段丘



写真-D.34 痕跡36



写真-D.38 痕跡38 (2)



写真-D.39 痕跡39



写真-D.43 痕跡42



写真-D.40 痕跡40・41・42



写真-D.44 痕跡43



写真-D.41 痕跡40



写真-D.45 痕跡44 (1)



写真-D.42 痕跡41



写真-D.46 痕跡44 (2) 観測点前面に位置する岩礁

痕跡 45 は建物室内、痕跡 46 は写真枠
外左手（建物の陸側背後）



写真-D.47 痕跡45・46



写真-D.48 痕跡45

港湾空港技術研究所資料 No. 1157

2007. 6

編集兼発行人 独立行政法人港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人港湾空港技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号
TEL. 046(844)5040 URL. <http://www.pari.go.jp/>

印刷所 新高速印刷株式会社

Copyright © (2007) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI.

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾空港技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。