

2004 年スマトラ島沖地震津波調査報告

鎌 滝 孝 信* 西 村 裕 一**

Field Survey of the 2004 Off-Sumatra Earthquake Tsunami around the Banda Aceh, Northern Sumatra, Indonesia

Takanobu KAMATAKI* and Yuichi NISHIMURA**

Abstract

The 2004 off-Sumatra earthquake ($M_w=9.0$) was the largest subduction-zone earthquake in the world since the 1964 Alaska earthquake. The 2004 earthquake generated large tsunamis, which propagated across the Indian Ocean and caused the catastrophic disaster. Our international tsunami survey team investigated in the province of Nanggroe Aceh Darussalam, northern Indonesia, in order to clarify the magnitude of tsunami and distribution of tsunami deposits caused by this earthquake.

Key words : Indonesia, the 2004 off-Sumatra earthquake, tsunami, tsunami deposit

キーワード : インドネシア, 2004 年スマトラ島沖地震, 津波, 津波堆積物

I. はじめに

2004 年 12 月 26 日にスマトラ島の北西沖で $M_w9.0$ の地震が発生し、インド洋周辺に津波による被害を及ぼした。このスマトラ島北部、ナングロアチェ・ダルサラム州（以下アチェ州）の州都バンダアチェ（Banda Aceh）市周辺において国際津波調査団による現地調査が実施された。調査地域は今回の津波による最大被災地であるが、津波の波高や遡上高、浸水域についてまだ調べられていなかった。

また、津波堆積物を使って過去に生じた巨大海溝型地震の履歴や浸水範囲を推定する研究が、最近になって数多くおこなわれている（例えば、

Atwater, 1987; 箕浦ほか, 1997; Nanayama *et al.*, 2003; 藤原ほか, 2004 など）。これら歴史地震津波の調査は、地震発生や津波被害の将来予測をおこなう上で重要である。一方、津波堆積物の堆積学的な特徴も明らかにされつつある（例えば、西村・宮地, 1994; 七山ほか, 1998; 藤原ほか, 2003; Tuttle *et al.*, 2004）。しかしながら、津波堆積物の産状や分布範囲について、原因となった津波の波高や浸水域と比較検討した例は、これまでほとんど報告されていない。

今回の調査の目的は、実際に津波波高を測定し、さらに津波堆積物の分布様式や厚さとの関係を明らかにすることにある。以下に調査の簡単な報告を記す。なお、本稿は調査速報であり、詳し

* 産業技術総合研究所活断層研究センター特別研究員

** 北海道大学地震火山研究観測センター

* Active Fault Research Center, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

** Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

いデータを基にした議論は別稿にておこなう。

II. 2004 年スマトラ島沖地震津波と調査地域

2004 年 12 月 26 日の 7 時 58 分（現地時間, UTC; 0 時 58 分）, スマトラ島北端バンダアチェ (Banda Aceh) 市の南南東約 250 km, 深さ約 30 km を震源とする $M_w9.0$ の地震（スマトラ島沖地震）が発生した。地震の規模は 1964 年アラスカ地震以降では世界最大で, 余震域はスマトラ島北部からインド領アンダマン諸島まで, 約 1000 km に及んだ（図 1）。

スマトラ島沖地震は大津波を引き起こし, インド洋沿岸諸国に甚大な被害をもたらした。死者, 行方不明者は合わせて 30 万人以上, 過去に知られている最悪の自然災害となった。中でもインドネシアのアチェ州における被害が最も大きく, アチェ州の人口約 400 万人のうち 20 万人以上が犠牲となり, さらに 40 万人以上が被災したと報告されている。

スマトラ島沖地震の震源域では, インド洋プレートが, スンダ海溝においてアンダマン・ニコバル諸島やインドネシア各島が載るユーラシアプレートの下に斜めに沈み込んでいる（図 1）。スマトラ島西方沖では, 最近の約 200 年で津波を伴う地震が 1797, 1833, 1843, 1861, 1907 年に発生している（Soloviev and Go, 1974）。なかでも 1861 年には 2 月および 3 月に地震が発生し, それぞれ 905 人, 1700 人の津波による犠牲者を出した（Soloviev and Go, 1974）。

III. 現地調査

現地調査は, 2005 年 1 月 17 日から 2 月 1 日にかけて, バンダアチェ市を中心に実施された。国際津波調査団は, 東京大学地震研究所の都司嘉宣助教教授を団長とする日本人 7 名, 米国人 2 名, インドネシア人 6 名の計 15 名により構成された。本文の最後に, 構成員のリストを掲載する。団員の専門は理学・工学分野の多岐にわたった。現地ではそれぞれの専門を生かし, 津波の被害状況調査, 津波の規模や襲来時刻についての聞き取り, 痕跡に基づく津波の波高や侵入方向の測定, 津波

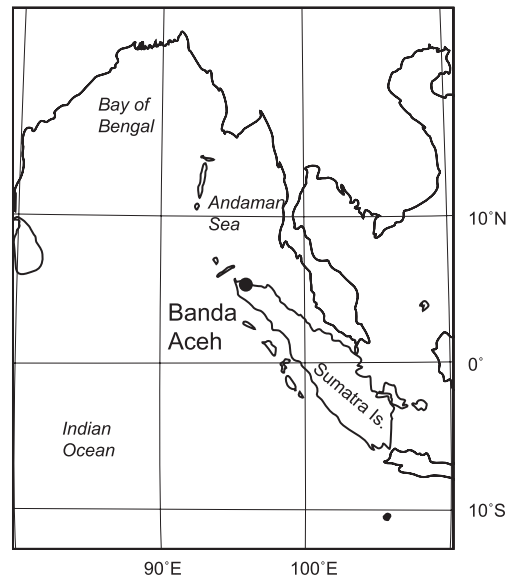


図 1 インド洋と周辺地域。
現地調査を実施したバンダアチェ市は, インドネシアのスマトラ島北端に位置する。

Fig. 1 Map showing the Indian Ocean and our survey site, Banda Aceh.
Banda Aceh city is located at the north end of the Sumatra Island, Indonesia.

の流速の推定, 津波堆積物の調査などが実施された。筆者らは堆積物調査班として, バンダアチェ市街地から 15 km 程南西に位置しスマトラ島西海岸に面したロックガ(Lhok Nga)地区を中心に, 津波波高および遡上高の測定と津波堆積物の分布の調査をおこなった。なお, 調査期間中, バンダアチェ市およびその近郊には営業しているホテルなどの宿泊施設はなく, 同市内にある民家の部屋を借りさせてもらい調査のベースキャンプとした。

被災後約 1 カ月が経過していたにもかかわらず, バンダアチェ市内の様子は道路や家の内部に泥が堆積し（口絵 3-写真 1）, 清掃もままならない状況であった。海岸から約 5 km 離れた市内中心部にまで船が打ち上げられていて（口絵 3-写真 2）, 津波がこれ以上内陸まで侵入したことを示している。また, バンダアチェ市北方のウレー海岸 (Ulee Lheue beach) 付近では建物が

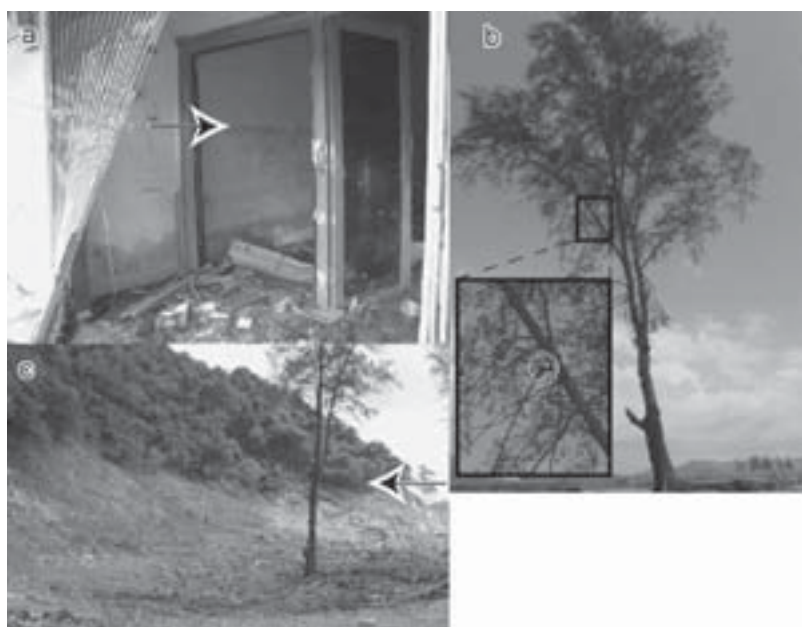


図 2 津波波高の指標。
a) 建物の壁に残された水の痕跡（矢印）。b) 折れた木の枝（円）。
c) 崖に残された痕跡（矢印）。

Fig. 2 An example of flow depth indicators. a) the water mark on the wall. b) the broken branches. c) the water mark at a hill.

ほとんど破壊され（口絵 3-写真 3 および 4），津波の破壊力の凄まじさを痛感させられた。

バンダアチェ市はスマトラ島の北端にあり，その北に連なる島々の影に位置している。一方，そこから約 15 km 南西，スマトラ島の西海岸にあるロックガ地区は，インド洋に面しているため津波の直撃を受けた。ロックガ地区における津波被害は，バンダアチェ市街よりさらに激しく，海岸付近の建物や構造物などはほぼ 100%が破壊され，家屋の断片すら残されておらず，数本の木が残されているのみの地域もあった（口絵 3-写真 9）。ロックガ地区より南，西海岸に沿った道路では，津波により川に架かる橋のほとんどが流失し（口絵 3-写真 7），被災者の救援活動，復興支援活動をいっそう困難なものにしていた。

1) 津波波高の測定

津波の浸水高，遡上高は，建物に残された痕跡（建物の壁に残された水の跡，図 2a），木に残

された痕跡（折れた木の枝，木の枝に引っかけた浮遊物など，図 2b），そして崖に残された痕跡（水流によって土壌や植生を削り取られた壁面および崖や地面に残された浮遊物など，口絵 3-写真 8 および図 2c）の海面からの高さを，レーザー式測距計を用いて測定した。建物に残された痕跡や木に残された痕跡は，津波の浸水高を示す。一方，崖に残された痕跡は，津波の遡上高を示す。浸水高の測定値は西海岸北方のランプーク（Lampuuk）地区にて 34.3 m（潮位補正前値：測定時の海水面からの高さ）を記録するなど，アチェ州西海岸では一様に 15 ～ 35 m という高い値を示した（潮位補正前値）。一方，同地域における遡上高の測定値は 25 ～ 35 m（潮位補正前値）であった。

2) 津波堆積物の調査

津波の浸水域には材などの浮遊物の他に，海から運ばれたと思われる直径 1 m を超えるサン

ゴの塊や岩石、すなわち「津波石」(口絵 3-写真 10)、そして海浜砂を主体とする「津波堆積物」(口絵 3-写真 11 および 12)が残されていた。津波堆積物の詳しい分布調査は、海岸から内陸方向へと流れと同じ方向の測線を 3 カ所で設定し、それぞれの測線沿いにおおよそ 100 ~ 50 m 間隔でトレンチを掘削し、堆積物表面から埋没土壌までの堆積物を観察し、厚さを計測した。測線の走向は、津波によって倒され運ばれた木の向きや木に引っかかった浮遊物、そして倒された草の向きなどから流れの方向を推定して決めた。この方向は海岸線の向きとほぼ直交する。今回の津波によって形成された堆積物の厚さは 0 ~ 70 cm で、堆積物の大部分は貝殻やサンゴ片を含む海浜砂からなり、土壌起源のものと思われる直径数 mm のリップアップクラストを含む。また、津波堆積物には複数のユニットが観察され、上位のユニットが下位のユニットを切削する構造がみられ(口絵 3-写真 11)、複数回の侵食、堆積作用によって形成されたことが示唆される。1 枚の堆積ユニットは正級化構造を示すものが多くみられた(口絵 3-写真 12)。津波堆積物の厚さは微地形の起伏等に影響され変化に富むが、総じて海岸から陸方向へと減少する傾向を示す。

IV. おわりに

今回の津波調査では、スマトラ島北部のバンダアチェ周辺で津波波高の測定と津波堆積物の分布に関する調査をおこなった。甚大な被害を受けた地域であったため数々の苦難があったが、調査団全員が無事に調査を終え貴重なデータを収集することができた。今後、本調査で得たデータの解析を進め、津波堆積物を使った古地震研究に役立てていきたい。

謝 辞

被災地の皆様には、甚大な被災の直後にもかかわらず、住居や移動手段そして飲食糧の提供をはじめ調査にご協力いただき、心よりお礼申し上げます。この地震津波で犠牲になられた方々のご冥福を心からお祈りし、被災地域の日も早い復興を祈念いたします。

インドネシア気象庁(Badan Meteorologi dan Geofisika/Meteorological and Geophysical Agency)には調査の際に様々な便宜を図っていただいた。インドネシア国際調査団の皆様には、調査中に様々な面でお世話になった。東京大学地震研究所の行谷佑一氏には、インドネシア調査に関して日本での情報のとりまとめなどお世話いただいた。杉山雄一センター長、佐竹健治副センター長、岡村行信チーム長をはじめとする産業技術総合研究所活断層研究センターの方々には、日々多数の配慮を賜っている。同地質調査情報センターの下川浩一シニアリサーチャーには、本報告の投稿を勧めていただいた。以上の方々にこの場を借りて感謝の意を表します。

本調査研究の一部は、科学研究費補助金(特別研究促進費)「2004 年 12 月スマトラ沖地震津波災害の全体像の解明」(研究代表者: 京都大学防災研究所河田恵昭, 課題番号: 16800055)の補助を受けておこなわれた。

最後に、2004 年スマトラ島西方沖地震津波インドネシア国際調査団の団員リストを記す。

都司嘉宣(団長), 東京大学地震研究所
松富英夫, 秋田大学
谷岡勇市郎, 北海道大学
西村裕一, 北海道大学
榊山 勉, 電力中央研究所
鎌滝孝信, 産業技術総合研究所
村上嘉謙, 関西電力
Guy Gelfenbaum, 米国地質調査所
Andrew Moore, ケント州立大学, 米国
Sindhu Nugroho, インドネシア気象庁
Budi Waluyo, インドネシア気象庁
Inyoman Sukanta, インドネシア気象庁
Rahmat Triyono, インドネシア気象庁
Alphonso, インドネシア気象庁
Yudhicara, インドネシア海洋地質研究所

文 献

Atwater, B.F. (1987): Evidence for great Holocene earthquakes along the outer coast of Washington State, *Science*, **236**, 942-944.
藤原 治・鎌滝孝信・田村 亨 (2003): 内湾における津波堆積物の粒度分布と津波波形との関連—房総半島南端の完新統の例—. 第四紀研究, **42**, 67-81.
藤原 治・池原 研・七山 太 (2004): 地震イベント堆積物—深海底から陸上までのコネクション—. 地

- 質学論集第 58 号, 日本地質学会.
- 箕浦幸治・中谷 周・佐藤 裕 (1987): 湖底底質堆積物中に記録された地震津波の痕跡—青森県市浦村十三付近の湖沼系の例—. 地震, 第 2 輯, **40**, 183–196.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・重野聖之・小板橋重一・宮坂省吾・石井正之 (1998): 遡上型津波堆積物の堆積相と堆積過程—1993 年北海道南西沖地震津波の研究例—. 月刊地球, 号外, **15**, 140–146.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Atwater, B. F., Shigeno, K., and Yamaki, S., (2003): Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril Trench. *Nature*, **424**, 660–663.
- 西村裕一・宮地直道 (1994): 北海道南西沖地震に伴う津波堆積物の分布及び粒度特性. 月刊地球号外, **7**, 139–147.
- Soloviev, S.L. and Go, Ch.N. (1974): *A Catalogue of Tsunamis on the Western Shore of the Pacific Ocean*. Academy of Sciences of the USSR, Nauka Publishing House.
- Tuttle, M.P., Ruffman, A., Anderson, T. and Jeter, H. (2004): Distinguishing tsunami from storm deposits in eastern North America: The 1929 Grand Banks tsunami versus the 1991 Halloween storm. *Seismol. Res. Lett.*, **75**, 117–131.

(2004 年 2 月 21 日受付, 2004 年 2 月 23 日受理)