

1996年2月17日 Irian Jaya 地震津波の現地調査

倉吉一盛*・今村文彦**・高橋智幸***・松富英夫****
Subandono Diposaptono*****・首藤伸夫*****

1. はじめに

Irian Jaya 北西部 Biak 島沖で、マグニチュード 8 と推定される地震により津波が発生し、その周辺域に來襲しただけでなく、4,000 km 以上離れた日本海沿岸にも到達、父島で最高 1 m 以上の津波を記録した。現地では少なくとも死者・行方不明者 100 名が報告され、各地に大きな災害を引き起こした。しかし、津波・地震の様子や被害に関しては、現地から断続的な情報しかなく、インドネシアの研究者と共に現地での津波調査を実施することとなった。本研究は、この現地調査で得られた結果を報告し、津波挙動の特徴や被害の原因について考察を行う。

2. 地震発生メカニズム

1996年2月17日現地時間14時59分、マグニチュード 8.0 の巨大地震が Biak 島沖で発生し、これにより津波が発生した(図-1 参照)。Harvard 大学の地震メカニズム CMT 解は、New Guinea 海溝部(プレートの沈み込み帯)での低角逆断層を示唆していた。17日の本震以降、M 6 クラスの余震が 20 回以上続き、しかも、地震の発震機構が逆断層だけでなく正断層や横ズレ断層も含まれており、極めて複雑な活動であった。Biak 島の南側に位置する Yapen 島を通る別の断層帯が図-1 に示すように存在しており、ここでの主要な運動は左横ズレであるが、これが前述の本震に刺激され、そこで異なったタイプの地震が誘発されたものと考えられる。このような地震活動は極めて珍しい。

過去のデータを見ると New Guinea 島東部では、1914 年(M=7.9)、1957 年(M=7.5)、1979 年(M=7.9)の三回、大地震が発生している。1914 年及び 1979 年の震源位置は図-1 に示してあるが、これらの地震の際には津波も発生したと言われる。1979 年の津波では Yapen 島で 100 名以上の死者と 400 戸以上の家屋が流出したと報

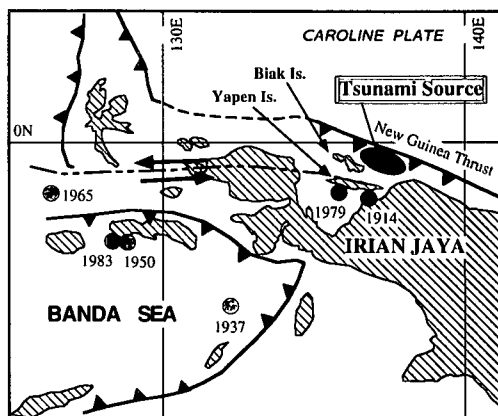


図-1 推定された津波波源とイリアンジャヤ周辺のテクトニクス

告されている(北沢, 1990; Lockridge & Smith, 1984)。

3. 調査の日程及び項目

調査期間は、被災後約 2 週間を経過した後の 3 月 4 日より 6 日間であった。対象範囲は、最も大きな被害が報告された Biak 島およびその周辺諸島であり、時間の制約と交通手段の制約から、他の Irian Jaya 本島をカバーすることが出来なかった。調査メンバーは、インドネシア、日本、アメリカより延べ 18 名の研究者・技術者であった。調査項目は、津波の打ち上げ高さ、被害、津波来襲状況や災害時の住民行動に関するアンケートである。特に今回は、Biak 島北部の Korim で大きな人的被害が報告されており、津波の規模と被災の関係を中心に調査を行った。

調査地点の選定には、現地での情報の他に、津波数値シミュレーション結果より予測されている津波高さを参考にしている。被害の報告されていない場所や住民がいない場所でも、非常に大きな津波が来襲することがあるためである。また、津波による土砂移動形態に関する項目も含めている。

* 学生会員 東北大学大学院工学研究科
** 正会員 工博 東北大学助教授 工学部災害制御研究センター
*** 正会員 工修 東北大学助手 工学部災害制御研究センター
**** 正会員 工博 秋田大学助教授 鉱山学部土木環境工学科
***** 正会員 インドネシア科学技術応用アセスメント庁海岸工学研究室主任研究員
***** 工博 東北大学助教授 工学部災害制御研究センター

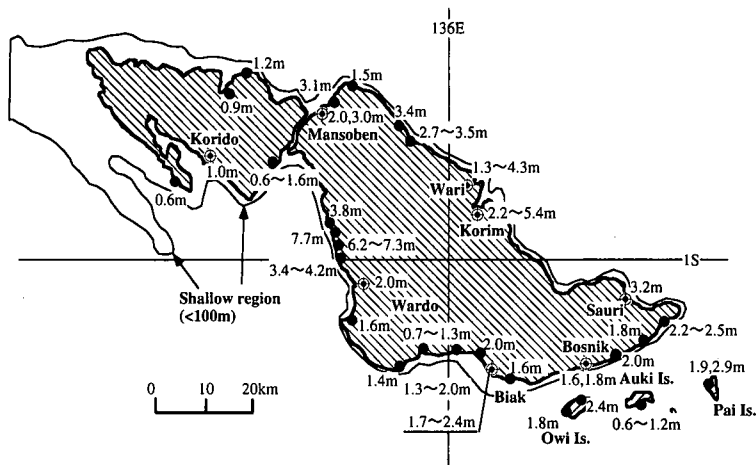


図-2 測定された打ち上げ高さ（潮位補正後）

表-1 津波数値計算に用いた断層パラメーター

震源位置	断層長さ	断層幅	すべり量	メカニズム 走行、傾き、 すべり角	深さ
0.6 S, 136.5 E	180 km	50 km	8.0 m	112°, 11°, 91°	15 km

ら7倍程度と異常に大きい事がわかる。なお、数値計算は東北大学 TUNAMI-N1 で行った。支配方程式は線形長波理論で、遡上の効果は含まれていない。津波初期波形の計算に用いた断層パラメータを表-1 にまとめる。使用した空間格子間隔は1 km であり、浅海域での津波の挙動を再現するには問題はあるが、それにしても Wardo での違いは大きい。

4.2 Wardo での津波遡上高さ

島西部は本震の波源に対し島背後に位置しており、通常であれば大きな津波は考えられない。この周辺部の地形的特徴は、図-4 に示されたように直線状海岸に沿って幅 200 m から 400 m のリーフ（珊瑚礁）が存在する。図中には、証言による津波の第一波と第二波の来襲方向及び津波浸水域の流木方向から推定した最大波の来襲方向（白抜き矢印）が示されている。住民の目撃によれば、第一波は引き波で始まり、地震から1〜3分で来襲しており、第2波が最大である。第一波の来襲方向は場所によりばらつきが大きい、第二波および推定される最大波はそれほどでもない。この証言からは、少なくとも第一波は本震以外の原因で生じたことが伺われ、さらに第二波の原因も、これからの検討課題である。

ここで示した津波痕跡高は、浸水が見られた場所での代表値である。7 m にも及ぶ最高痕跡の範囲はかなり限定されている。何らかの原因で局所的にエネルギーが集中したものと思われる。この海岸ではリーフが発達しているが、リーフは完全に連続している訳ではなく、間隙が開いている。こうした場所に何らかの原因で津波が集

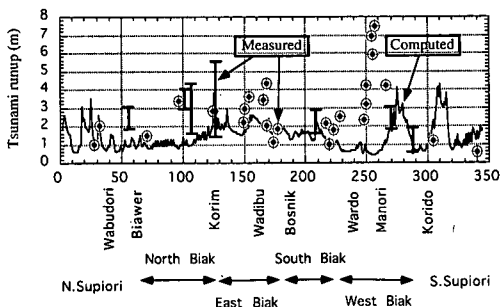


図-3 測定された津波高さと数値計算による推定値の比較

4. 津波遡上高さに関する調査結果

4.1 Biak 島での津波遡上高さ

最終的には4チームが延べ5日間の現地調査を行った。その第一の結果は島周辺部での津波打ち上げ高さであり、図-2 に測定された津波打ち上げ高さを示す。図中の値は、Biak 島 Korim での推算潮位を利用して、来襲当時の潮位からのものに補正してある。イリアンジャヤ本島の Sarmi (Biak 島から東へ 300 km ほど) と Korim での推算潮位の差はせいぜい 10 cm であるので、Korim での推算値をすべての場所に適用している。

測定された津波遡上高さの一般的な特徴として、波源に近い島北部で津波は大きく、西部及び東部が次いで大きく、南部での値が最も小さい。ところで、最高津波高さは西部 Farusi で得られ、7.7 m であった。測定された津波の規模は波源位置との関係からほぼ説明出来るが、西部での局所的に高い値は、現在の数値モデルでも再現できない。

図-3 に、打ち上げ高測定値と数値計算による最高水位の比較を示す。Wardo での実測値が計算結果の2倍か

表-2 津波・地震による人的及び家屋被害

場所名	人的被害					家屋被害		
	死者	行方不明	重傷	軽傷	人工	全壊	重破壊	軽破壊
Biak 島南部	10	9	50	25	54,498	195	547	499
Biak 島東部	11	0	0	34	12,625	183	192	75
Biak 島西部	16	4	13	124	7,625	46	554	0
Biak 島北部	64	18	2	15	11,816	376	28	28
Supiori 島南部	5	0	0	5	6,211	55	765	0
Supiori 島北部	1	20	0	22	3,841	0	7	0
Numfoot 島東部	0	0	0	0	4,712	2	0	0
Numfoot 島東部	0	0	0	0	2,961	5	0	0
合 計	107	51	55	225	104,289	855	2,093	603

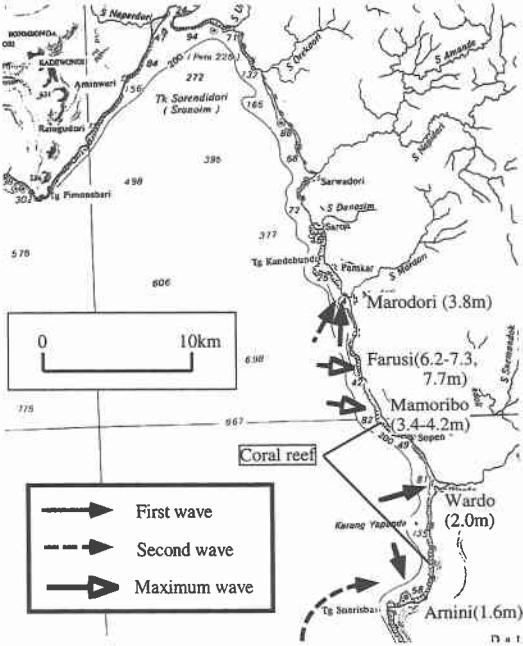


図-4 Biak 島西部 Wardo 付近の地形と津波来襲方向



写真-1 Biak 島西部 Wardo・Mamoribo での津波浸水域

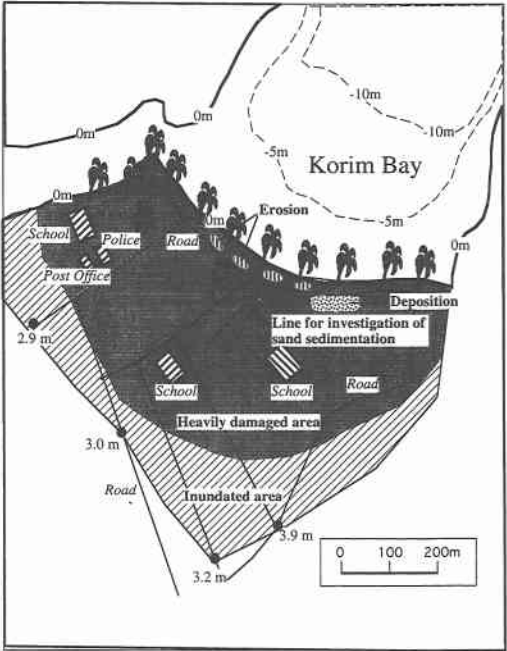


図-5 Korim での津波浸水域と土砂移動

中し、大きなはい上がりが生じたこともあり得る。今後の詳細な検討が必要である。

写真-1 は Mamoribo での浸水域で撮影されたもので、局所的に非常に大きな波力を伴って津波が進入したことがわかる。10 m 以上の立ち木の枝が無惨に折られていた様子も見られた。恐らく波が Splash 的にこの立ち木に衝突したものと思われ、その高さは 8 m 以上になるが、今回の測定値にはこのような非常に局所的な値は入っていない。さらに、この地域の沿岸には、浅瀬に直径 20 m 程度の小さな島が存在しており、1993 年北海道南西沖地震津波による藻内（最高 31 m の津波高さを記録し、沖には無縁島と平島がある）沖の地形特性と類似している。小さな島の存在は、津波を集めやすい海底地形

があることを示唆しているかも知れず、今後詳細な地形データの入手とともに、局所的な波高増幅機構を明らかにする必要がある。

5. 地震・津波による被害

地震・津波発生の翌日の新聞報道（The Jakarta Post, 1996）では、10 名以上の犠牲者と言われたが、この時点の被害状況の情報収集は十分でなかった。我々が現地に入った時点では、表-2 に示すように死者・行方不明者併せて 150 名以上になっていた。

島北部の Korim の被害は、今回の被災で最大規模のものであった。この村を中心に周辺部全体（北部 Biak 島）

で犠牲者 68 名を出し、380 戸が全壊しており、被災率は 100% である。津波高さは 2.2~5.4 m であるが、図-5 に示されるように浸水範囲は広く、海岸から 500 m 以上離れた場所でも津波痕跡が明確に見られた。

Korim の集落は、湾口幅 500 m 奥行 1 km 程度の矩形湾の奥に位置しており、しかも、陸上部は勾配 1/300 以下の平坦な地形となっている。従って、津波エネルギーが湾奥に集中し、陸上遡上後は、波高増幅は見られないものの大流速が保持され、浸水域を広げ、かつ家屋を破壊したものと思われる。現場で推定された浸水高さと流速との関係を他の例と比較すると、大きな流速が生じていたことが示される(松富ら、1996)。

図-5 中の斜線部は家屋浸水のみで破壊被害の無かった地域である。それより海側の地域では、通常の家屋は全壊などの被害を受けたが、この地域にあった学校などの建物は構造物強度が大きく、部分破壊で済んでいた。

写真-2 にその被害例を示すが、津波の進入に直面し



写真-2 Korim での学校被災状況

た壁はすべて抜け落ちていたが、平行する方向の両サイドの壁は残っていた。また、Korim 沿岸では多くの椰子の木が倒れおり、相当な津波の波力の大きさであったことが容易に想像ができる。

6. 津波による砂移動

Korim において顕著な砂移動が見られた。図-5 中に一点鎖線で示された測線に沿って土砂の侵食・堆積相を調べた。海岸線付近では局所的な侵食が見られ、陸側に行くにつれ砂の堆積があった。

図-6 には、堆積層厚さの結果を示す。顕著な堆積層は、侵食部のすぐ近く、及び汀線から 200 m 離れた場所の 2 地点で見られた。前者は、侵食直後に掃流砂として移動したものが剪断力の急激な低下により堆積したもの、後者は、浮遊砂として移動の後に堆積したものと思われる。採取した標本の粒径分布解析により、今後この 2 つの移動形態の違いが明確になるとと思われる。

ところで、この測線から離れた場所にある、図-5 に示された堆積域では、ほぼ 40 cm 厚さの堆積層が 50 m × 300 m の範囲で確認され、その体積は 3,000 m³ に及んだ。この周辺部では浸食された場所がなかったことから、陸上にはこの砂の供給源は見られず、海域から運搬されたものと予想される。

Korim 以外でも砂移動は見られた。島東部の Sauri で見られた海岸に沿った土砂の堆積を示す。この周辺にも侵食が見られないため、海域起源の砂が移動したと推定できる。

7. 津波以外の現象

東部の 2 集落で、地震後に満潮の水位が上がったこと

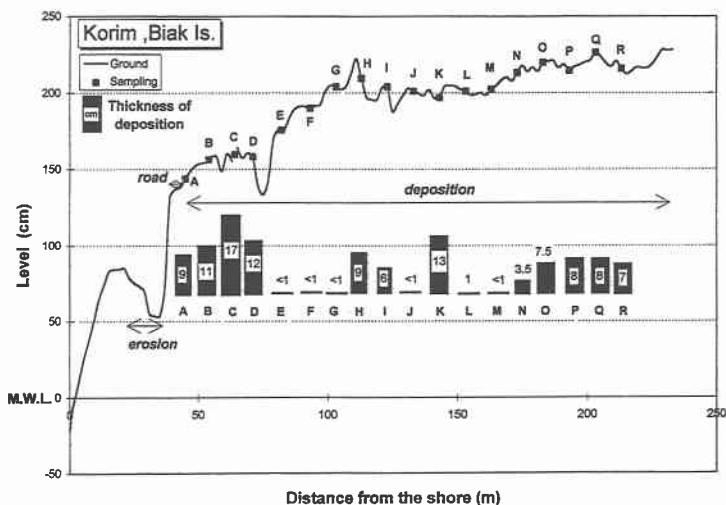


図-6 津波体積分布



写真-3 Bosnik での噴砂現象

が報告された。これは相対的に地盤が沈降したことを示す。断層モデルから推定される地盤変位は、Biak 島付近での沈降、その沖での大きな隆起であり、これの分布と一致している。

東部 Bosnik において強震動による家屋被害が見られた。ここでは、噴砂現象が多く見られることから(写真-3)、地盤が砂層軟弱であり、地盤動が非常に大きかったことを示している。他の地域での地震動による被害はあまり見られなかった。

8. おわりに

現地実測を行い、Biak 島周辺部での津波及びそれによ

る被害の状況を調べた。最大の被災地は Korim であり、約 5 m の津波が大きい流体力を保持して、集落を直撃したために被害が大きくなった。Biak 島西部では、7 m に及ぶ津波痕跡高が見られた。現在の波源モデル、及び数値モデルでは、この値を説明することが出来ず、今後の研究課題である。

謝辞： Biak 島警察署、市役所、軍災害本部ではデータ及び現地の情報を提供していただいた。NHK ジャカルタ支局長斉藤治男氏からは現地の情報を詳細に提供いただいた。調査に参加していただいた、Mr. Rahman Hidayat (BPPT, Indonesia), Dr. Nanang Tyas Puspito, Mr. Hamzah Latief (ITB, Indonesia), Mr. Fusuni (BMG, Indonesia), Mr. Andy Moore (Univ. Washington, USA), Mr. Utku Kanoglu, Mr. Jose Borrero (Univ. Southern Cal., USA), 小舟浩治氏 (港研), Dr. Gary Watson (京大), 都司嘉宣氏 (東大), Mr. Lee Ho Jun, 越村俊一氏, 堀内信哉氏 (東北大学大学院) に謝意を表す。また、本論文の公表にあたり小川記念基金の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 北沢一宏 (1990): 国際津波警報網の構築, 地震ジャーナル, 第 9 号, pp. 40-46.
- 松富英夫ら (1996): 1996 年イリアンジャヤ地震津波とその被害, 海岸工学論文集, 第 43 巻 (印刷中).
- Lockridge, P. A. and R. H. Smith (1984): Tsunamis in the Pacific Basin, NGDC & NOAA.
- The Jakarta Post (1996), 18-21 February 1996.