

インドネシア・フローレス島地震による津波の特性とその教訓

河田 恵昭*

・都 司 嘉 宣**

・松 山 昌 史***

Syamusudin, A. R.****

・松 富 英 夫*****

今 村 文 彦*****

・高 橋 智 幸*****

1. はじめに

図-1 に示すように、インドネシア・フローレス島の北約 10 km を震源とする M 7.5 の地震が、1992 年 12 月 12 日 (金) 13 時 29 分 (現地時間) に発生し、その直後に津波が来襲して、地震と津波によってそれぞれ住民約 1,000 人が死亡したと言われている。震源域が沿岸陸上部に及んでおり、沿岸各地に津波がほぼ 5 分以内に来襲した。大部分の住民の反応は後述するアンケート調査などから、つぎのようであったと推定される。彼らには津波の知識がほとんどなかったため、地震直後に避難した人は皆無であった。地震の後すぐに潮が引き始め、海底が見えた後や、海から異音を伴って高波がやってくるのが観察されて大急ぎで逃げたと答えている。津波の規模としては、局所的に極めて増幅された地域を除いて、1983 年の日本海中部地震津波に相当するものであって、沿岸各地に想像を絶する津波が来襲したわけではない。しかし、自然海浜上とその背後に張り付くように集落が展開していたために、人的被害が広範囲に分布している。

さて、同じ地域に住んでいた住民の生死を分けたものは一体何であったのであろうか。助かった人のその時の行動はどうであったのだろうか。このような疑問を明らかにすることも 1 つの目的として、現地でアンケート調

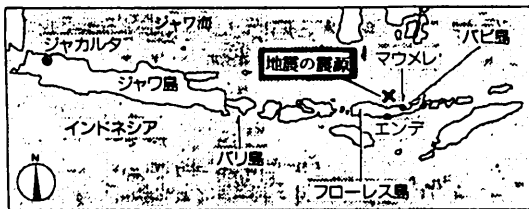


図-1 フローレス島の位置と震源

- * 正会員 工博 京都大学教授 防災研究所附属地域防災システム研究センター
- ** 理博 東京大学助教授 地震研究所
- *** 正会員 工修 (財)電力中央研究所
- **** 工博 インドネシア水工研究所
- ***** 正会員 工博 秋田大学助手 鉱山学部土木環境工学科
- ***** 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
- ***** 学生員 工修 東北大学大学院 工学研究科

査を実施した。現在、わが国では東海地震の発生がもっとも憂慮されているが、1854 年の安政東南海地震とよく似た震源位置であれば、駿河湾の西では瞬時に津波が来襲するし、その近辺でも今回のフローレス島と同じような状況下に置かれる。津波による人的被害の軽減には、まず津波の存在を知り、つぎに津波に関する豊富な知識をもつことであろう。そこで、本調査結果を示し、併せてどのような教訓が得られたかについて報告する。

2. フローレス島の地理と被害概要

フローレス島はジャカルタの東方約 2,000 km に位置する、東西 360 km、南北は 12 km から 70 km の大きさをもつ細長い火山島である。島の中央部には 2,000 m に達する山脈が東西に走っており、その北部は乾燥域、南部は湿潤域となっており、林相が明確に相違し、前者の山岳部では無木地帯も多く認められる。小規模なトウモロコシ畑が点在し、ココナツが至るところで植林・栽培されているほかは、樹齡が若く、樹高の低い雑木が未利用地を覆っている。全島人口は 140 万人で、バリ島のデンパサルやチモール島のクバンなどとのプロペラ機による 1 日数便の定期便の運行が行われているマウメレ (人口 4 万人) がこの島の中心である。

インドネシアでは 1900 年以降、マグニチュード 7 以上の地震が今回を含めて 20 回発生し、その内 12 回が津波を伴っている。今回の地震津波が死者数では最大である。この島の南部で南西方向に、アジアプレートの下にオーストラリアプレートが沈み込んでいる。震源がこのプレート境界から離れて島の北部で発生していることから、そのメカニズムも規模も前述の日本海中部地震とよく似ている。

死者数は、12 月 26 日の現地災害対策本部が公表していたデータによれば、2,080 名である。建物の全壊は、住居 28,118 戸、学校 785 棟、モスク (回教寺院) 307 棟、商店・事務所 493 店であり、ほとんどがレンガ造の建物で、地震による死者の大部分はこれで発生している。なお、回教国では金曜日は休日であって、幸いにも学童の被害がすくなかった。

3. 各地の津波被害とその対策私案

(1) ウリン地区：写真-1はヘリコプターで上空から撮影したものであり、空地の大部分は津波で流失もしくは全壊した住居跡である。この住居は、写真-2からわかるように、ほとんどが竹と木材による高床式で、地上1.2ないし1.5m付近に床がある。写真からわかるように、歯抜け状に家屋流失・全壊被害が表れているのは、海岸際で局所的に床まで津波で浸水した（したがって、津波による浸水深は1m強となる）家屋が破壊され、それがドミノのように隣接の家屋を破壊していったところである。また、係留されていた木造漁船が津波で打ち上げられて、家屋に衝突してこれを破壊し、やはり前述したと同じ過程で被害が伝播したものと推定される。なお、この半島状に突き出た地区の沖には東西方向に横たわる島があり、ここで回折した津波が東西両方向から来襲しており、アンケートに答えてくれた住民の多くはこれを2波と証言している。津波の波高は3m程度で、とくに西方向からの津波は、この半島の西側に広がった帽子のつば状のテラス地帯（幅約500m、当時の水深約1m）で少し増幅されたようで、東方向から来襲した津波による被害より大きい。流失せずに残ったモスクをはじめとする建物は、土台が高床式でなく、レンガ積みのような基礎をもつものであったが、津波による浸水と地震による壁の亀裂や屋根の落下などのため、建物として残ったものの、ほとんどが作り直す必要がある。ここでの（死者数/住民数）はおおよそ100/1,400であった。

対策は、現地の風土と経済事情を考慮して、床の高さを現状より50cm程度あげることと、漁船の泊地の整備が考えられる。

(2) バビ島：写真-3はバビ島を南側から撮影したものであり、直径約2.5km、標高350mの野球帽のような島であって、つばにあたる南側の部分に図-2のように2つの集落があった。ここでの（死者数/住民数）は263/1,093であった。写真-4は西側の集落跡を上空から撮影したものであるが、モスクをはじめ高床式の住居などのあらゆる建物はすべて津波で破壊され、その残骸が写真-5のように山際のココナツの林の中に5、6mの高さにギッシリと詰まっているという惨状であった。津波の様子については別の論文（今村ほか、1993）に詳しいのでここでは紹介しないが、津波は対岸で反射し、しかも回折波が重なった可能性があり、5から7m程度の津波が襲ったことは確かである。この規模では山の畑地で農作業していた住民以外はかなり高い割合で死亡したといえる。

州政府は今後バビ島での居住を禁止するということがあったが、百年以上に1回程度しか来襲しない津波に対



写真-1 高床式住居の流失跡（ウリン地区）



写真-2 被害を受けた高床式住居



写真-3 バビ島遠景（撮影方向は図-2参照）

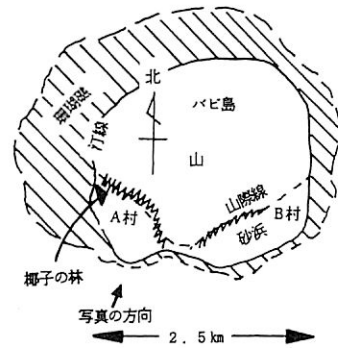


図-2 バビ島の概略

して日常生活の犠牲が余りにも大きすぎて、住民でなくともこの案に賛成できない。海岸の高さ 10m 程度のココナツの木はほとんど被害を受けずに残っており、そのことからココナツの林を沿岸にベルト状に作ると、津波の軽減にかなり役立つことは確かであり、さらに集落の中心部にコンクリート製の津波シェルターを兼ねたモスクや教会を建てればよいと思われる。

(3) クロコ地区：今回の津波で最大の津波のそ上高 26.2m が測定された所である。住民の大半にあたる 137 人が死亡している。らっぱ状に沖に向かった地区であり、地震動も激しかったようで、大規模な山崩れや地滑りも多発しており、写真一6の右手にもこれが撮影されている。津波対策は経済上の制約から立てようがないが、地震解析の成果などの援用を受けて、たとえば今後百年間は住居を許可し、それ以後は今回程度の規模の地震が起これるまで居住禁止するなどの行政指導も一案であろう。

4. 津波アンケート調査

アンケート調査票は、最初に英文で作り、これをインドネシア語に翻訳して、フローレス島に持参した。なお、本論文のページ数の制約上、アンケート調査票は、突発災害調査報告書の印刷時に付録として載せる予定であり、詳しくはそれを参照されたい。アンケート内容は地震と津波に関するものであり、ここでは津波に絞ってアンケート調査結果を紹介して考察することにした。調査項目は約 50 の設問からなっており、沿岸各地の約 150 名の住民と面談した結果を記入し、集計した。アンケートは、今回の津波の特性、津波に関する一般的な知識、そして津波から助かったときの状況を明らかにすることを主眼としており、今後の津波災害調査の標準となるように考えて作成した。

(1) 地震が発生したときに起こった現象：地震が発生したとき、回答者の周辺では、表一1のように、地割れや地盤の液状化が多数観察されている。また、地滑りや落石などが起こっていることから避難の途上が必ずしも安全でなかったことがわかる。これらは地震動そのものが大きかったことにも依存しているが、住宅地周辺の地形条件が人的被害の程度に密接に関係することを示している。

(2) 地震後、津来襲までの時間：住民の多くは腕時計を所持していないので、回答はあくまでも主観的であり、表一2にその結果をまとめて示した。これから、回答者 99 人中 1 人を除いて 5 分以内と答えており、地震直後に津波が来襲したことがわかる。この災害前に津波のことを知っていたのはわずかに 9 人であって、ほとんどの回答者は知らなかったといえる。そのことから、地震直後に津波を恐れてすぐに行動したものは極めて少なかっ



写真一4 バビ島の集落 A の遠景



写真一5 背後のココナツ林を埋める住居の残がい等



写真一6 津波高 26.2m を記録したリヤンクロコ地区

表一1 地震時の現象

特異現象	人数
地われ発生	105 人
噴水	102 人
噴砂	97 人
地すべり	22 人
落石	1 人

表一2 津波来襲時間

所要時間	人数
1 分	6 人
1～2 分	8 人
1～5 分	1 人
2 分	10 人
2～3 分	29 人
2～5 分	6 人
3 分	11 人
4 分	3 人
5 分	24 人
10 分	1 人

表一3 津波の開始状況

回答例	人数
引き波から始まる	95 人
海底が見えた	78 人
海底が見えない	10 人

たと判断され、津波が来襲するのを目撃して避難した人が圧倒的に多かったといえる。

(3) 津波の第1波：震源での地殻変動は、南東方向下がりの低角逆断層地震である。地域的には押波で始まった所もあるようだが、表-3の結果を見る限り被害の大きかった所では引き波から始まっている。それは、海底が見えたと答えている住民が多いことから裏付けられる。ただし、海底が見えたということは、実際に津波がやってくるのがわかって走って逃げたことを意味しており、このことから地震後、すぐに避難行動を始めたわけではないことがわかる。

(4) 津波来襲時の音：表-4は津波がやってきたときどのような音がしたかを聞いた結果である。ドーンという雷の音と聞いた人やそれが連続したドラムを鳴らす音と感じた人が多い。これらの異音が津波来襲の前触れとして、たとえば津波予報に使えるのである。なお、飛行機の音というのは、海岸付近の浅いところでザーという音がしたことを言っているものであり、砕けながらやってきた津波を指している。

(5) 海岸付近の津波の挙動：表-5にあるように、ボア状になって津波が来襲してきたとするものが多い。川のようなというのは、津波が陸上に遡上したときの様子を述べているものとも考えられる。

(6) 津波の来襲回数とその大きさの順位：表-6にあるように、来襲回数を3回としたものが圧倒的に多い。

これには、島による回折のため、島の両端を回り込んで異なる方向から来襲したものを2波と数えている場合も含まれている。複数回来襲した津波で、最大は第2波と答えた人が圧倒的で、59人、1回目と3回目はいずれも7人であった。

(7) 津波高：表-7からわかるように沿岸の至るところで巨大津波が来襲したわけではない。バビ島やクロコ地区は例外であって、3m前後というのが一般的である。津波の高さ分布を図-3にまとめて示した。

(8) 津波の来襲方向：表-8から、来襲方向が東西に分布していることがわかる。これは今回の津波の断層モデルからも予測される結果である。もちろん島による回折の影響のほか、バビ島の集落を襲った津波のように、対岸で反射して南側から来襲したという回答例も見られる。

(9) 災害経験：回答者の災害経験では、400km以上離れた対岸のフィリピンの火山噴火を含めて、噴火を知っていた例が31、小さな地震が日常的に起こっていたと答えた例が72あった。これらは、住民が異常な自然現象とは無縁でなかったことを示すが、この島の住民にとって生死に関わるような重大な事件ではなく、その意味で今世紀に初めて経験した自然災害といつてよいだろう。

(10) 津波の学習効果：表-9は今回の津波を経験して、住民は津波に関してどのような知識をもっているか

表-4 津波来襲時の音

音の種類	人数
ドラムの音	8人
飛行機の音	37人
雷の音	54人
ディーゼルエンジン	2人
音なし	1人
シャワーの音	2人

表-5 津波の挙動

回答例	人数
静かに上がってくる	10人
ボアのように	45人
川のように	18人

表-6 来襲回数

津波の来襲回数	人数
1回	1人
2回	11人
3回	56人
4回	2人
5回	4人
6回	1人

表-7 津波高

津波高 (m)	人数	津波高 (m)	人数
1	4人	6	20人
1.25	5人	7	3人
1.5	7人	8	1人
2	17人	10	3人
2~3	1人	17	1人
3	15人	17~18	1人
4	5人	20	1人
5	1人		

表-8 津波来襲方向

来襲方向	人数
W	39人
W and E	5人
E	6人
NE	14人
N	7人
NW	4人
SW	1人
S	4人

表-9 津波の学習効果

設問	はい	いいえ
1. 津波は地震によって必ず起こる	3人	70人
2. 高い波は津波と違う	64人	16人
3. 津波は1波である	1人	82人
4. 津波が来たとき走って逃げた	79人	6人
.....		
家にいた	7人	

を調べたものである。まず、1.の津波は地震によって必ず起こるか、という問に対して大多数がそうでないと答えている。住民は小さな地震をこれまで多く経験してきたから、このように答えることができたのである。高い波と津波との区別もかなりの住民ができるし、今回の津波を経験して、津波が1波でないことも学習したわけである。津波が来たとき走って逃げた人が圧倒的に多く、津波が来るのを見てあわてて走って逃げたというのが実情であろう。

(11) 海岸からの距離と助かったときの状況：表-10から、54名の回答中、45名は津波来襲時に海岸から100m以内に居たと答えるなど、大部分は海岸の近くに居たと言える。つまり、ほとんどの住民は津波の存在を知らなかったので、地震の後すぐに避難などの行動をとらなかったと言える。表-11は津波がやって来たとき、身体どの部分まで水に浸かっていたかを聞いたものである。津波が来たとき走って逃げた者は79名であったが、全身まで水に浸かると答えた者が大半であって、助かったものの危機一髪であったと考えられる。

5. 津波の教訓

今回の地震津波災害から、つぎのような幾つかの教訓が得られる。

(1) 今回は、局地的に津波高が大きくなったところを除いて、それほど大きな津波が襲ったわけではない。しかし、アンケート結果からもわかるように、そのような津波で助かった人でも、逃げるときには首まで水に浸かっている。間一髪で助かっているわけである。このように地震後すぐに津波がやってくる恐れのあるところでは、テレビ等を通して情報を得てから避難を始めては遅すぎるわけである。日頃より津波のことを知って、自分で判断して瞬時に安全な所まで避難する必要がある。

(2) 過去の震源分布から、将来起こり得る地震の震源を予想して対策を立てた場合、その震源位置が大幅に予想とはずれた場合のこともある程度想定して、津波対策を立てておく必要がある。とくに、避難の途中で崖崩れや落石が起こる恐れのあるところでは、避難経路もしっかりと決めておかねばならない。

(3) 津波は単に水位が上下するだけでなく、大きな運動エネルギーをもっていることを理解しておく必要がある。したがって、係留中の大型漁船や外洋ヨット、レジャーボートなどが津波で座礁・転覆後津波と一緒にあって沿岸部を襲い、防波堤や防潮水門を破壊する恐れがある。東京、横浜や大阪などでは大型フェリーやコンテナ船がこれに加わる可能性がある。

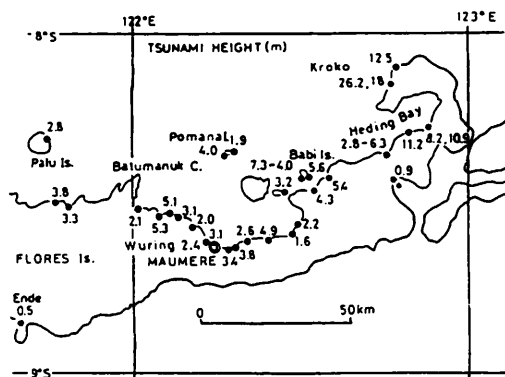


図-3 フローレス島各地の津波高の分布

表-10 津波来襲時の海岸からの距離

距離 (m)	人数	距離 (m)	人数
0	7人	50	3人
5	11人	100	2人
10	9人	250	2人
15	4人	400	1人
20	2人	500	1人
25	2人	1000	3人
30	5人	2000	2人
40	1人		

表-11 浸水状況

	人数
なし	9人
足首	5人
膝	4人
腰	14人
全身	45人

6. 結 語

ここでは、インドネシア・フローレス島の津波災害の被害の概要と、アンケート調査に基づき、津波の挙動、住民の災害時の行動などをまとめて紹介した。住民の大多数は津波のことを知らず、地震の後、津波がやってきたのを見て逃げだした人がほとんどであることがわかった。そのことから、統計には出ていないが子供や老人などの災害弱者の死者に占める割合が多かったと推察される。その教訓として、津波危険地帯に住む住民に津波に関する知識を普及させることと、その地域の津波の特性に関する情報を繰り返し提供することが急務であろう。

最後に、アンケート調査に当たってご助言いただいた東北大学工学部附属災害制御センターの首藤伸夫教授に謝意を表すとともに、ご助力いただいたインドネシア気象庁に感謝する。

参 考 文 献

今村文彦ほか (1993): 1992年インドネシア・フローレス島津波の現地調査とその解析, 第40回海岸工学論文集, pp. 181-185.