

地震断層と海底地滑りを考慮した 1998 年パプアニューギニア地震津波の日本沿岸への適用

平石 哲也*・柴木 秀之**・原崎 恵太郎**
原 信彦**・三嶋 宣明***

1. はじめに

1998 年 7 月 17 日にパプアニューギニア (PNG) で M7.1 の地震が発生した。通常, M7 程度の地震では 2 m 程度の津波しか発生しない。しかし, PNG 地震では 10 m を越える津波が発生し, 大規模な被害をもたらした。この地震津波は, 地震断層の他に海底地滑りにより津波が生じた可能性が指摘された (藤間ら, 1999; 松山ら, 1999; 河田ら, 1999)。そして, 1999 年 1 月に JAMSTEC の調査船「かいれい」による海底地形探査により地滑り跡が確認されたことにより, 海底地滑りによる津波発生の確信度が高まった。この現象を日本に当てはめると, 日本沿岸は地震が多発するプレート境界に面し, PNG 地震津波のように地震規模は小さいが, 地滑りにより局所的に大規模な津波が発生することは十分考えられる。

そこで, 本論文では, PNG 地震津波の痕跡高を, 地滑りモデルを導入して再現する。そして, 同モデルを用いて日本沿岸で PNG 型地震津波発生の可能性がある地域を対象として津波数値計算を行い, その危険度について予測を行う。さらに, PNG 型津波来襲時における防波堤の津波遮蔽効果についてまとめる。

2. PNG 地震津波の再現計算

(1) 現地観測結果

現地調査から報告されている概要を以下に示す (藤間ら, 1999; 松山ら, 1999; 河田ら, 1999; 谷岡, 1998)。

- ①地震解析結果によると, M7.1 で, 低角の逆断層または高角の逆断層である。
- ②断層運動は, 津波地震ではなく, 典型的な地震である。
- ③余震域は, Sissano Lagoon の沖合い 50 km までの海域で発生し, 地震運動もこの海域内に限られている。
- ④地震規模 (M7.1) の地震にもかかわらず, 10 m を超える大規模な津波が発生した。
- ⑤沿岸方向に 20~30 km 程度の範囲に津波被害が集中した。

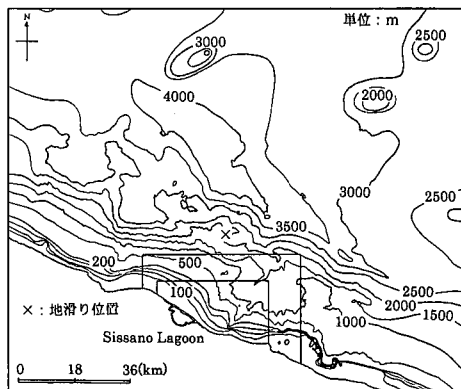


図-1 計算に用いる Sissano Lagoon 周辺の水深分布

⑥地震計で観測された地震は, 本震 (M7.1) と約 20 分後に発生した M6.1 の地震の 2 回で, その間に M4~5 の小さな地震があった。

⑦津波は引き初動で来襲し, 10 分程度の周期であった。

⑧来襲時間は, 本震発生から約 20 分後だと考えられる。

(2) 地震断層による PNG 津波の再現計算

現地調査結果を踏まえて, PNG 地震津波の再現津波計算を行う。図-1 に計算に用いる Sissano Lagoon 周辺の水深分布を示す。この水深分布は, JAMSTEC による現地海域の海底地形探査から描かれた海底地形図を基に作成した。なお, JAMSTEC 海底地形の調査は, 水深 200 m 以深で実施されており, それ以浅の水深情報はない。そこで, 海岸近傍の 200 m 以浅の水深海域については, オーストラリア海軍海図を基本データとし, より痕跡高の分布が表現可能なように微調整する。

まず, 断層モデルのみによる再現津波計算を行う。図-2 は, 地震発生後の東京大学地震研究所の情報と地震規模から推定される断層パラメータおよび津波初期水位分布である。なお, 本計算の基礎式は, 浅水長波理論の連続式・運動方程式を用い, 空間差分にスタッガード格子, 時間差分にリープ・フロッグ法を用いて差分化する。また, PNG 地震津波計算に用いる格子は, 波源域を 200 m, Sissano Lagoon 周辺海域を 50 m として計算を行う。

図-3 は, 図-2 の初期水位分布より計算された最大津

* 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所水工部波浪研究室長

** 正会員 工修 株式会社エコー 環境水理部

*** 工修 財団法人沿岸開発技術研究センター 波浪情報部

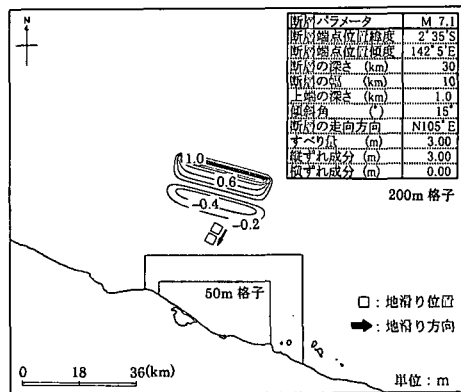


図-2 PNG 地震津波における初期水位分布

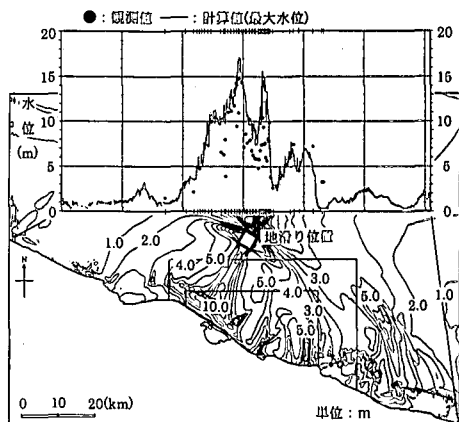


図-4 地滑りを考慮した津波高の比較と最大津波高分布

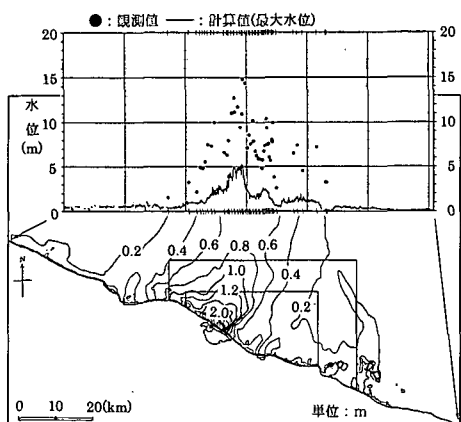


図-3 断層モデルでの津波高の比較と最大津波高分布

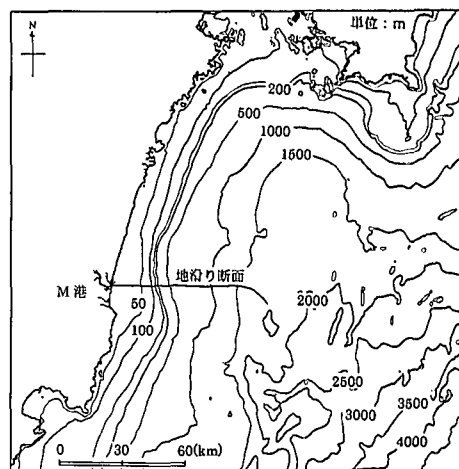


図-5 日向灘の水深分布

波高分布と、計算値と痕跡高の比較であり、M7規模の断層モデルによる計算結果は、最大で4.0～5.0m程度であり、痕跡高を説明することは困難である。

(3) 海底地滑りを考慮した PNG 津波の再現計算

次に、現地調査報告等により指摘されている地滑りに伴う津波を考慮し、地質断層と地滑りによる同時生起により発生する津波の数値計算を行う。

まず、図-2に示す、矢印で併記した海底地滑りが地震に伴って発生する状況を考える。矢印は地滑りの方向を表し、地滑り位置の海底斜面状況から判断して岸向きの滑りを仮定する。次に、地滑りモデルは、斜面に沿って5秒かけて5km×5kmの矩形範囲において高さ20mの土砂が斜面に沿って滑り、海底地盤が変位する。そして、その地盤変位と同等の水面変位が生じるものと仮定する。地滑り位置、地滑り方向の決定については、海底地形探査結果を参考に、位置を複数設定する試行計算を行い、最も痕跡高分布を説明し得るケースを選択する。図-4は、地滑り位置選定の試行計算により、最適な再現性を得たケースの計算値と痕跡高の比較および、最大津

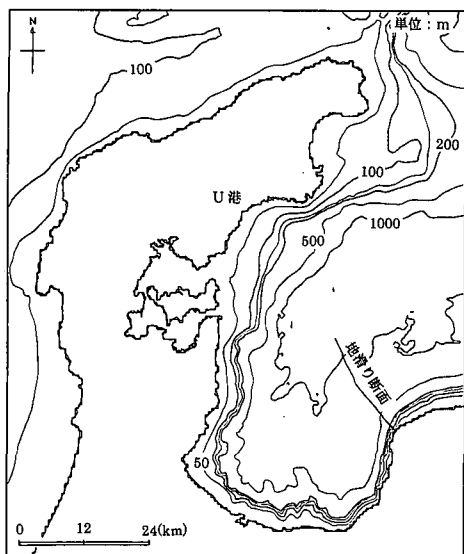
波高分布である。ここで、このケースにおける地滑り位置は、図-2の図中の四角に示す。地滑り位置は、海底地形探査結果の地滑り跡の1つとほぼ同じである。

3. PNG 型地震津波の日本沿岸への適用

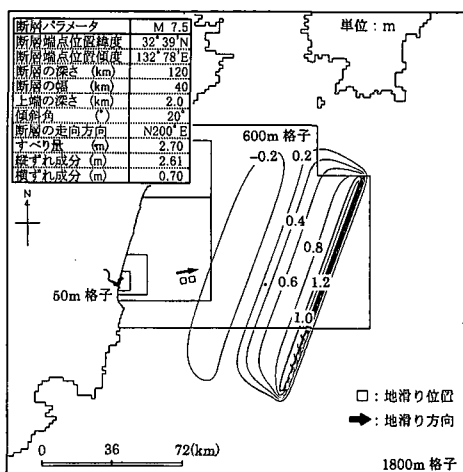
(1) 地滑り発生のある可能性のある海岸の抽出

地質断層と地滑りによる津波の同時生起により発生する津波(以下、PNG型地震津波)を日本沿岸に適用する。その適用条件としては、地滑りが生じ易い海底地形(①プレート境界またはトラフの隣接海域。②沖合に急勾配斜面が存在。③河川が流入し、軟弱堆積層が存在。)から判断し、日向灘、富山湾、釧路沖とする。

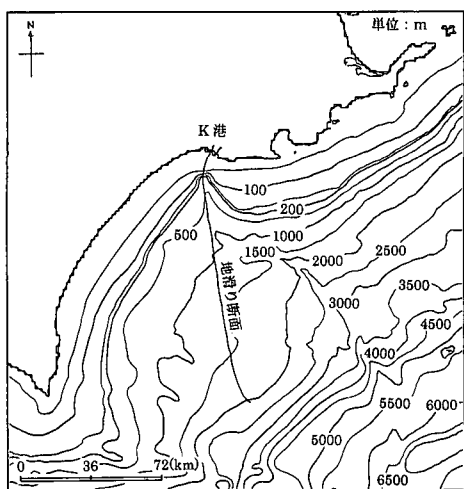
図-5～7は、抽出した3海域の水深分布を表している。選定した地滑り断面の勾配は、日向灘が約1/20、富山湾が約1/30、釧路沖が約1/50である。



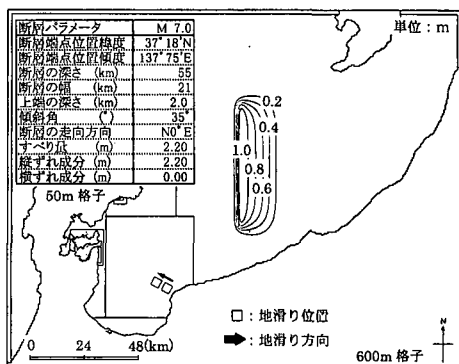
図一六 富山湾における水深分布



図一八 日向灘における想定断層による初期水位分布図



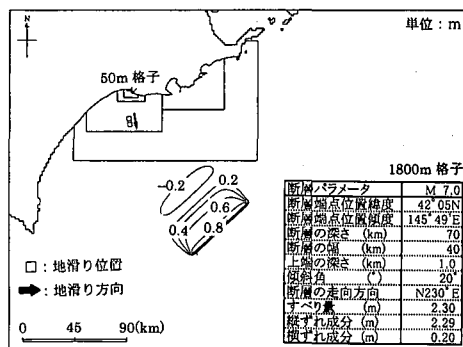
図一七 釧路沖における水深分布



図一九 富山湾における想定断層による初期水位分布図

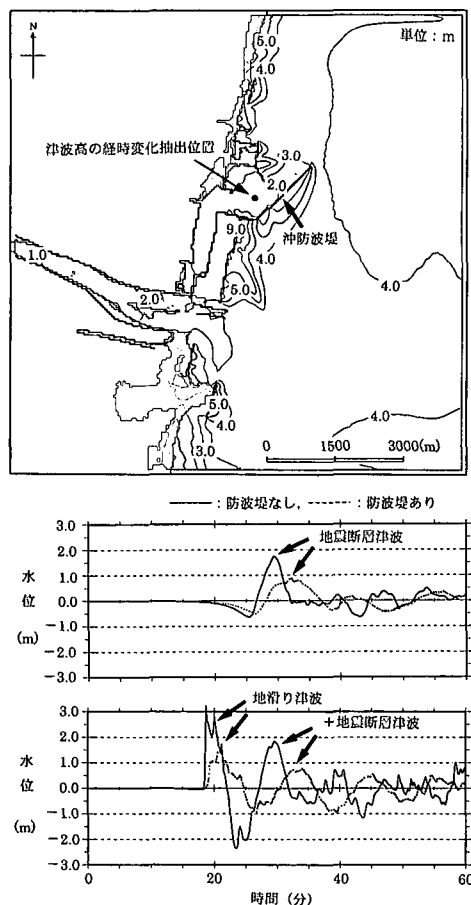
(2) PNG型地震津波の想定

抽出した3海域を対象に断層モデルと海底地滑りを考慮した津波計算を行う。地震規模は、PNG地震津波と同程度の、M7の想定地震を想定する。ただし、日向灘は、近年最大規模 M7.5の想定地震とする。想定地震は、三省庁の報告(1996)および、運輸省報告(1997)を参考に設定した。図一八～図一十は、抽出した3海域に設定した断層モデルの初期水位分布を表している。なお、図中に示す地滑り位置は、急勾配で、泥が多く堆積する海底とし、地滑り条件は、現地における地滑り情報がないことから、PNG地震と同様にする。ただし、地滑り方向は各々の位置における海底斜面の方向により判断する。津



図一十 釧路沖における想定断層による初期水位分布図

波数値計算に用いる格子は、波源域を600 m、対象とする港湾を50 mとし、地形近似精度を保持している。ここで、釧路沖に関しては、波源域の水深が他に比べ深いことから、1,800 m格子を用いている。計算は、地震断層のみとPNG型地震津波の2ケースを行う。そして、沖防波



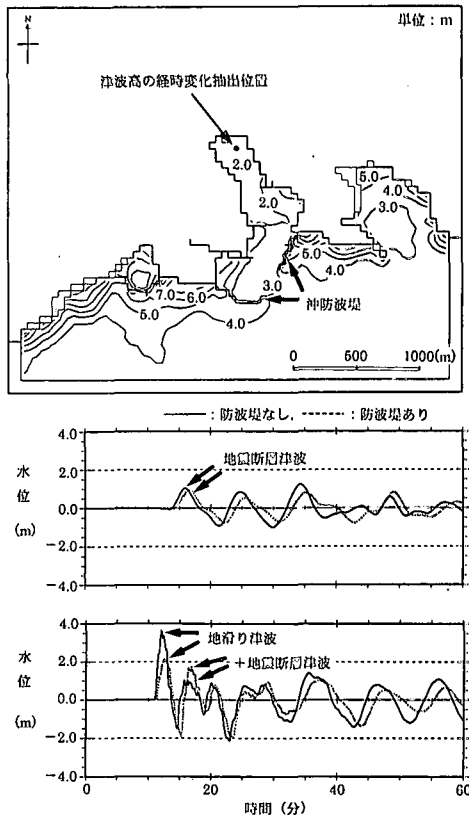
図—11 M 港における地震断層と地滑りによる最大津波高分布および、代表点における津波水位の経時変化

堤有無の効果についても予測計算を行う。

(3) PNG 型地震津波の数値計算

図—11 は、日向灘における PNG 型地震津波による津波計算結果の最大津波高分布および、港内代表点における地震断層のみと PNG 型地震津波の経時変化を表している。図より、対象とした M 港について、① PNG 地震津波と同様に (図—4 参照)、地滑りの辺と垂直な方向に津波高が大きく、M 港はその方向に位置している (図—8 参照)、地滑り津波による津波高が高い。② M 港周辺海岸における最大津波高は 4 m 以上となり、局所的に 9 m に達している。経時変化からわかるように PNG 型地震津波の方が、想定地震断層のみの津波よりも高い津波高となっている。③津波第 1 波の到達時間は地滑りにより発生し、地滑り発生後 20 分程度で到達する。その後、地震断層による津波が発生後 30 分程度で到達する。

また、沖防波堤の PNG 型地震津波に対する津波防護効果としては、①防波堤が建設されることにより、M 港内の津波高が低減する。②防波堤を建設することにより、



図—12 U 港における地震断層と地滑りによる最大津波高分布および、代表点における津波水位の経時変化

港内背後の臨海地域の浸水範囲が縮小する。③地滑りによる第 1 波目の港内津波高と、第 2 波目の地震断層による津波高ともに防波堤により低減される等が挙げられる。

図—12 は、富山湾における PNG 型地震津波による津波計算から求められる最大津波高分布および、港内代表点における津波水位の経時変化を表している。図より、対象とした U 港について、① PNG 地震津波と同様に (図—4 参照)、地滑りの辺と垂直な方向に津波高が大きい。U 港はその影響を直接受ける位置ではないが (図—9 参照)、地滑り津波による津波高は高いものとなっている。② U 港周辺海岸における最大津波高は 3 m 以上となり、局所的に 7 m に達している。そして、想定地震断層のみの津波より 4 倍程度高い津波高が発生している。③代表点に到達する第 1 波の到達時間は地滑りにより発生した津波であり、地滑り発生後 10 分程度で到達する。その後、地震断層による津波が発生後 15 分程度で到達する。また、沖防波堤の PNG 型地震津波に対する津波防護効果としては、①防波堤が建設されることにより、U 港内の津波高が 1 m 程度低減しており、効果が確認でき

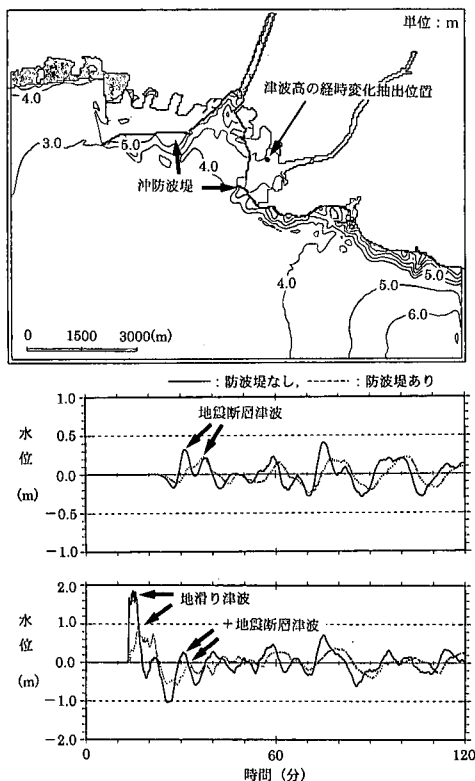


図-13 K 港における地震断層と地滑りによる最大津波高分布および、代表点における津波水位の経時変化

る。②地滑りによる第1波目の港内津波高は、防波堤により低減されており、代表点での津波高を見ると防波堤無しの場合に比べ、半分程度の津波高となっている。

図-13は、釧路沖におけるPNG型地震津波による津波計算結果から求められる最大津波高分布および、港内代表点における津波水位の経時変化を表している。図より、対象としたK港について、①PNG地震津波と同様に(図-4参照)、地滑りの辺と垂直な方向に津波高が大きく、その方向に位置しているK港は(図-10参照)、大きな影響を受けている。②K港周辺海岸における最大津波高は3m以上となり、局所的に5~6mに達している。想定地震断層のみの津波高よりも2倍程度高い津波高となっている。③津波第1波の到達時間は地滑りにより発生しており、地滑り発生後15分程度で到達する。その後、地震断層による津波が発生後30分程度で到達する。

また、沖防波堤のPNG型地震津波に対する津波防護効果としては、①防波堤が建設されることにより、K港西側と東側港内の津波高が低減している。②防波堤を建設することにより、港内背後の臨海地域の浸水域はほ

とんど見られない。ただし、西側港内では、防波堤の外側から回り込むような浸水域が見られる。③地滑りによる第1波目の港内津波高と、第2波目の地震断層による津波高はともに防波堤により低減されている。

5. おわりに

本論文では、PNG地震津波について地震断層と海底地滑りを考慮した津波計算により再現性の検討を行った。

そして、日本沿岸において、PNG型地震津波発生の可能性がある3海域を抽出し、各海域においてPNG型地震津波計算を行いその影響について検討した。さらに、地滑りによる津波に対して既存の沖防波堤による津波遮蔽効果について検討を行った。

以下に主要な結論をまとめる。

- ① PNG地震津波について地震断層と地滑りを同時発生させる津波数値計算を行った結果、痕跡高を良好に再現することができた。そして、PNG地震津波が地震断層と海底地滑りによる津波である可能性を示した。
- ② 日本沿岸において、PNG型地震津波が懸念される3海域を対象に地震断層のみとPNG型地震津波による津波数値計算を行うことで、地滑りによる津波は局所的に津波高を大きくするという結果を得た。そして、地滑りにより、海岸への津波の到達時間は短くなった。
- ③ 対象とした3港湾での沖防波堤は、PNG型地震津波に対して低減効果があることが確認できた。

謝辞：本研究を行うにあたり、パプアニューギニア型地震津波対策基礎調査検討委員会（(財)沿岸開発技術センターの野田節男理事長(委員長)より数々の御教授を頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 運輸省第二港湾建設局(1997):平成8年度太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査報告書, pp. 125-167.
- 河田恵昭・高橋智幸・新村文彦・松富英夫・藤間弘司・都司嘉宣・松山昌史(1999):1998年パプアニューギニア地震津波の現地調査, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 391-395.
- 谷岡勇市郎(1998):1998年パプア・ニューギニア地震-日本で観測された津波の解析から-, 1998年秋の地震学会予稿集, C61.
- 農水省・運輸省・建設省(1996):日本海東縁部地震津波防災施設整備計画調査報告書, pp. 56-60.
- 藤間弘司・松富英夫・都司嘉宣・河田恵昭・高橋智幸(1999):1998年パプアニューギニア地震津波の波源に関する考察, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 381-395.
- 松山昌史・新村文彦・橋和正・松本剛・都司嘉宣(1999):1998年パプアニューギニア・シッサノ津波の数値的解析, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 386-390.